

# Diseño del prototipo

La Figura 4.1 muestra el diagrama a bloques que representa el funcionamiento del sistema; el sistema está conformado por un “driver”, diversas placas de circuito impreso, canales de transmisión, piezas y otros elementos.

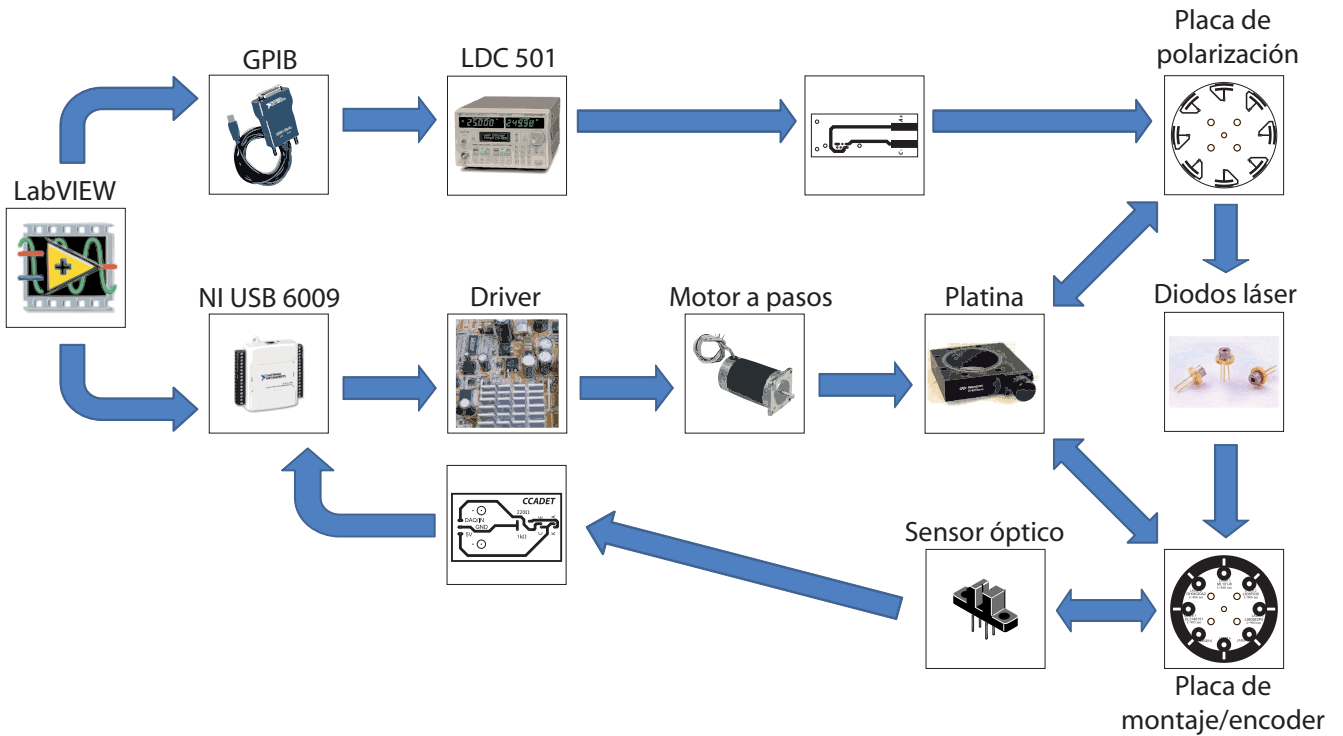


Figura 4.1: Diagrama a bloques del sistema.

El revólver de diodos láser se inicializa desde LabVIEW, mandando una señal proveniente de este hacia el driver para alimentar el motor, que mediante una flecha hace girar a la platina de precisión en un rango de 360°, la cual se va a sensar. La platina consta de dos placas circulares montadas en ella que sirven para la polarización y montaje de los diodos láser, así mismo una de ellas cuenta con un encoder. Dicho encoder tiene un sensor óptico como elemento de control, el cual recibe una señal que entrega a la tarjeta de adquisición de datos. La tarjeta DAQmx se encarga de procesar el pulso que registra el sensor y se encarga de procesar cada señal recibida con el sensor óptico, pues al recibir esta señal la convierte en una palabra de control que es enviada al driver del motor a pasos para detenerlo. Una vez el revólver se encuentra en la posición correcta, se procede a alimentar cada diodo láser con sus especificaciones pertinentes, mandando una instrucción desde LabVIEW al controlador de diodos láser LDC501 a través del cable GPIB con el fin de encender o apagar cada diodo láser.

## 4.1. Hardware

En este capítulo se describe todo aquel medio físico o tangible con el cual se trabajó en el proyecto, además se exponen sus especificaciones de diseño, ideas, razonamiento y el proceso de ensamblado y montaje, para formar el sistema objetivo de la mejor manera posible.

### 4.1.1. Diseño del controlador del motor a pasos

Buscando en la red, encontramos una página web de sistemas de corte, diseñados con motores a pasos, de manera que al ser en parte de tipo educativo, los creadores facilitan el programa para el PIC en formato hexadecimal (.HEX), la lista de materiales y la imagen del circuito impreso propuesto. El circuito mencionado es un controlador diseñado para trabajar con el puerto paralelo de la computadora y manejar hasta 4 motores a pasos al mismo tiempo (Figura 4.2). Por tal motivo, nos dimos a la tarea de modificar el circuito a nuestra conveniencia, de manera que se adaptara a nuestras necesidades.

La primera parte consistió en analizar el circuito de manera que pudiéramos descomponerlo para controlar un solo motor, después a través de las descripciones de funcionamiento que se dan en la página web, nos percatamos que el puerto paralelo cumplía con dos funciones, la primera mandar pulsos a una frecuencia tal que se obtuviera una velocidad adecuada en el motor, ya que

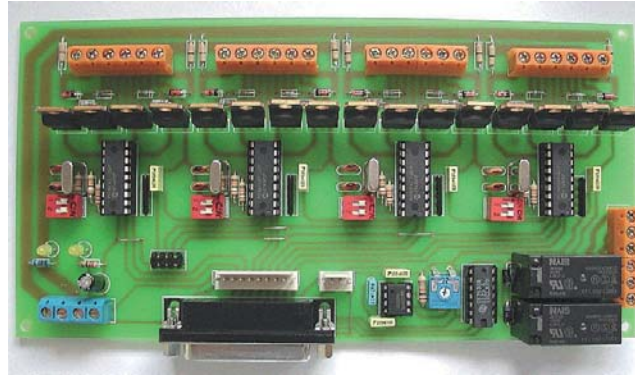


Figura 4.2: Circuito propuesto en la página web de sistemas de corte.

cada pulso enviado se asigna a una salida distinta con lo cual se polarizan las bobinas del motor y por otra parte la segunda función es únicamente mandar un “uno” o un “cero” lógicos para controlar la dirección. Después de rediseñar el circuito impreso para controlar un solo motor y ensamblarlo, nuestra primera idea fue sustituir las funciones del puerto paralelo con nuestra tarjeta de adquisición de datos (DAQ), fue entonces que realizamos un programa nuevo en Labview, pero al momento de realizar las pruebas, nos dimos cuenta que no era posible generar una señal de alta frecuencia, lo que nos llevó a consultar a un ingeniero de National Instruments quién nos explicó que al ser un dispositivo de completo carácter educativo, difícilmente íbamos a poder alcanzar incluso 1 [kHz].

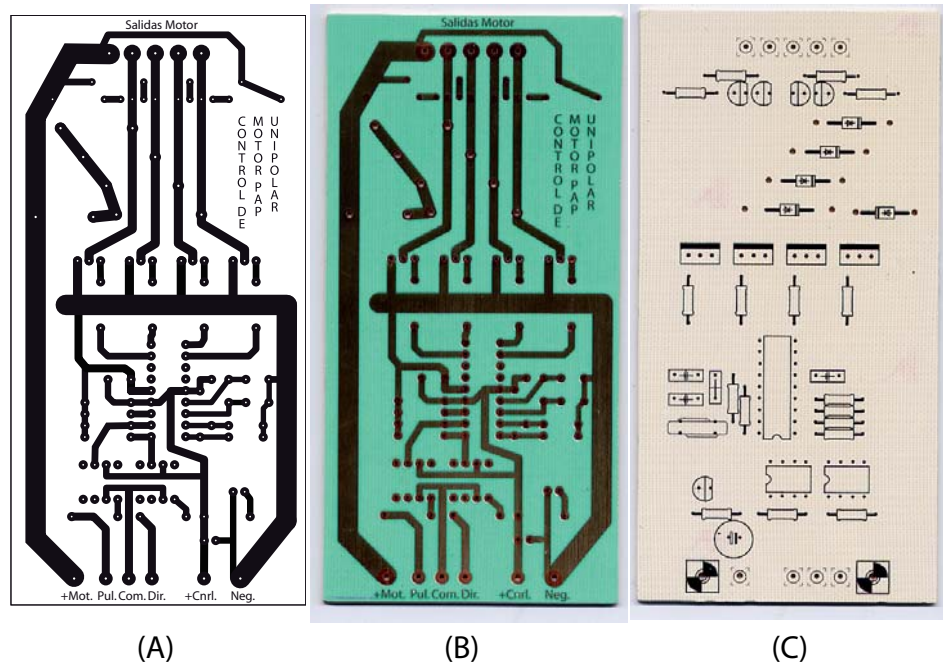


Figura 4.3: Diseño hecho en Adobe Illustrator (A), circuito impreso con máscara antisoldadura (B) y la impresión de la máscara de componentes en el lado opuesto del circuito impreso (C).

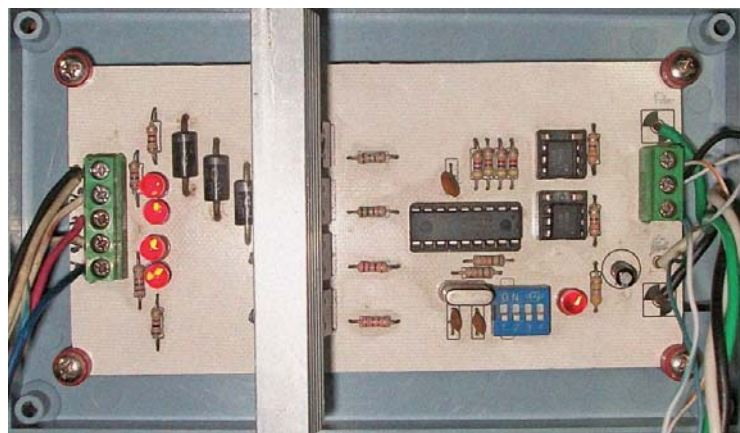


Figura 4.4: Foto del controlador del motor a pasos.

### 4.1.2. Control de velocidad

Debido a lo anterior, pusimos en marcha la idea de hacer un generador de pulsos cuadrados con el circuito integrado 555 y después de construirlo nos dimos cuenta que la velocidad mínima del motor que requeríamos se alcanza a partir de los 1.6 [kHz], con lo que rediseñamos el circuito para que estuviera en un rango de operación más estrecho (Aproximadamente de 700 Hz - 10 [kHz]), para que nos permitiera tener un control más sensible de la velocidad a través de un potenciómetro. Regresando al control por Labview, realizamos un programa donde un puerto de salida controla la dirección y otro puerto controla la polarización del circuito generador de pulsos, de manera que al prenderlo el circuito comienza a mandar pulsos sin necesidad de generarlos en la DAQ.

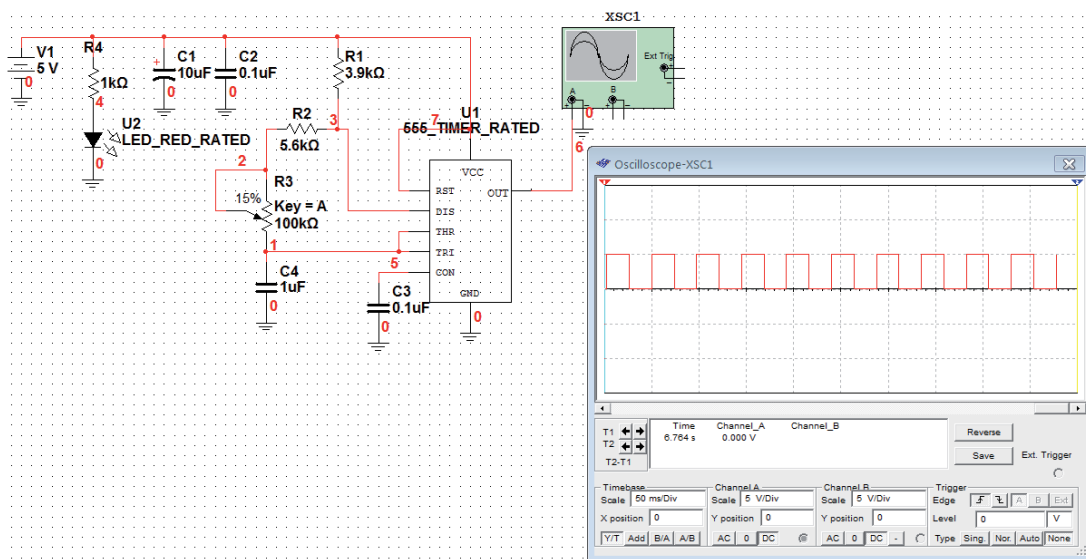


Figura 4.5: Simulación del circuito generador de pulsos en Multisim.

Una vez resuelto el problema, realizamos el circuito impreso, comprobamos su correcto funcionamiento, lo montamos y finalmente, le conectamos a la entrada un puerto de la DAQ y la salida se conectó a la entrada de pulsos del controlador de motor a pasos unipolar, donde cabe resaltar que fijamos el potenciómetro en un punto, donde la velocidad nos pareció la adecuada.

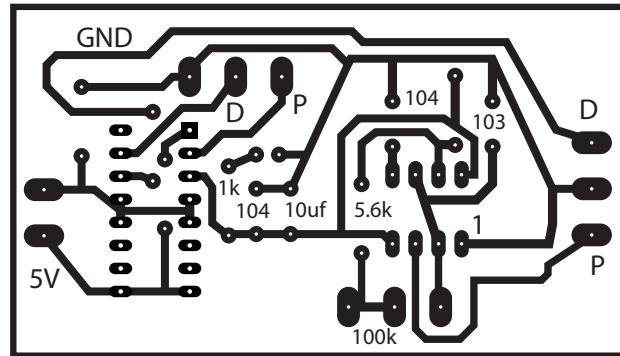


Figura 4.6: Diseño de circuito impreso en Adobe Illustrator del generador de pulsos.

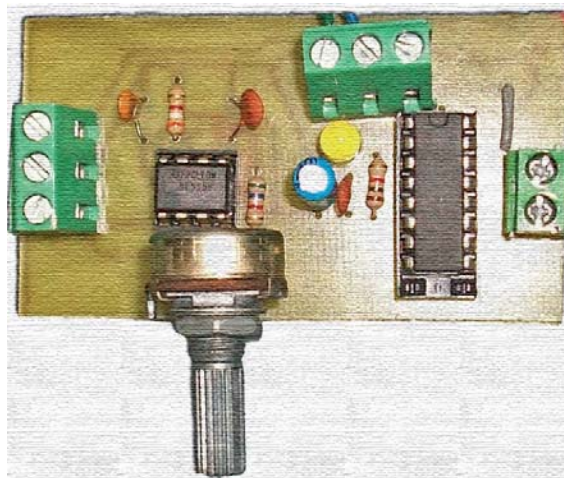


Figura 4.7: Foto del generador de pulsos.

### 4.1.3. Platina de precisión

La parte fundamental de este proyecto y del cual surgió la idea es la platina de posicionamiento M-472 que es un modelo métrico. Este es útil en el posicionamiento de instrumentos ópticos con gran precisión y para la manipulación de otro tipo de óptica. El elemento principal es rotatorio establecido en 360 grados, con una escala graduada, mientras que la perilla de control del micrómetro es lectura en centésimas de grado.



Figura 4.8: Platina M-472.

Y el relleno 471-I está hecho para cubrir la abertura en la platina M-472 que consta de una serie de etapas rotatorias, o cualquier otra fase rotatoria con una abertura de 82 mm.



Figura 4.9: Relleno 471-I.

La figura 4.9 es muy parecida a un clip rotatorio de 8 tiros, el que se usa como recarga para pistolas comúnmente llamado barrilete. A partir de esta platina es como simularemos el fun-

cionamiento mecánico de un revólver, el cual funciona de la siguiente manera, cuando el barrilete tiene munición:

1. Se hace retroceder el martillo; a ese acto se le llama amartillar; el amartillamiento provoca el giro del barrilete para alinear una recámara cargada con el cañón del revólver.
2. Finalmente, al apretar el gatillo con el dedo índice, el martillo retorna abruptamente a su posición original. El martillo posee un pequeño pincho, llamado percutor, que durante el retorno golpea violentamente y provoca el disparo de la bala.



Figura 4.10: Revólver con clip rotatoria de 8 tiros.

En nuestro caso emulando el funcionamiento de un revólver, el acto de amartillar será provocado por el motor a pasos el cual hará girar la platina de posicionamiento y la alineación del barrilete estará encargada por un sensor óptico y el encoder. Finalmente cuando se disponga a encender la fuente de diodos láser a través del ambiente de programación LabVIEW, emulará el comportamiento de un gatillo de pistola, accionando el encendido del diodo láser que se encuentre posicionado en la recámara del revólver, provocando así la emisión de radiación del diodo. Con este proceso se pretende simular el funcionamiento de un revólver de 8 tiros, donde las cargas serán los diferentes diodos láser con los que se cuente, dichas cargas serán intercambiables, tal como funciona un revólver teniendo así 8 posibilidades de disparo, convirtiendo nuestras posibilidades infinitas.

Pretendiendo tener las ventajas que un revólver nos proporciona:

- Su facilidad de uso.



- La posibilidad de emplear municiones variadas. (En este caso, para manipulación y estudio de láseres con diferentes longitudes de onda).
- Alta puntería.

#### 4.1.4. Acoplamiento mecánico

Un acoplamiento o cople es un dispositivo que se utiliza para unir dos ejes en sus extremos con el fin de transmitir potencia. Los acoplamientos tienen por función prolongar líneas de transmisión de ejes o conectar tramos de diferentes ejes, estén o no alineados entre sí. Si dos ejes se pudieran alinear perfectamente, podrían ser conectados con dos tubos con bridas o pernos. Es un hecho real que siempre habrá alguna desalineación entre un eje impulsor y un eje impulsado, por lo cual deben ocuparse “acoplamientos flexibles”. Es decir el propósito fundamental de los acoplamientos flexibles es transmitir el par de torsión requerido desde el eje impulsor, al impulsado y compensar el desalineamiento angular, paralelo o una combinación de ambos, con numerosas funciones complementarias como proporcionar desplazamiento axial y así mismo restringirlo.

#### Importancia del acoplamiento

En los montajes mecánicos se presenta el problema de la transmisión del movimiento entre los ejes. El acoplamiento es la forma más sencilla de conseguir esta transmisión ya que opera uniendo los extremos de dichos ejes, transmitiendo de esta forma la rotación del uno al otro. De una buena resolución de dicha transmisión depende, no sólo el correcto funcionamiento del equipo, sino también la vida útil de los encoders o máquinas acopladas.

Tipos de Acoplamiento:

##### 1) Rígidos

Los acoplamientos rígidos se diseñan para unir dos ejes en forma apretada de manera que no sea posible que se genere movimiento relativo entre ellos. Este diseño es deseable para ciertos tipos de equipos en los cuales se requiere una alineación precisa de dos ejes que puede lograrse; en tales casos el acople debe diseñarse de tal forma que sea capaz de transmitir el torque en

los ejes. Los acoplamientos rígidos deben emplearse solo cuando la alineación de los dos ejes puede mantenerse con mucha precisión, no solo en el elemento en que se instala, sino también durante la operación de las máquinas. (Desalineación angular, radial o axial).

## 2) Flexibles

Los acoplamientos flexibles son diseñados de tal manera que sean capaces de transmitir torque con suavidad, en tanto permiten cierta desalineación axial, radial o angular. Desde este punto, podemos decir que optaremos por un acoplamiento flexible ya que no podemos asegurar al 100% que tanto el motor que usaremos, como el revólver (platina de posicionamiento) estén perfectamente bien alineados.

### Selección

La selección de un acoplamiento debe ser un compromiso entre factores como el coste, el espacio de montaje, la duración prevista y las prestaciones de transmisión, que deben satisfacer los requerimientos tales como:

- Absorción de las desalineaciones y carga sobre los ejes.

Debido a los errores dimensionales inherentes a todo montaje mecánico, los ejes correspondientes a los ejes a unir mantendrán entre sí unas diferencias posicionales o “desalineaciones” que dificultan la transmisión del movimiento. Estas desalineaciones pueden ser axiales, radiales o angulares.

En todos los casos el sistema de acoplamiento utilizado para la transmisión deberá ser capaz de absorberlas, evitando los efectos nocivos de cargas sobre los ejes, rodamientos, apoyos y bastidores. Las desalineaciones también provocan fatiga o desgaste en el acoplamiento, por tanto, al escogerlo deberá tenerse en cuenta la velocidad de rotación, disminuyendo los desalineamientos máximos admisibles que se adjuntan en las tablas para cada modelo.

- Velocidad de rotación

Para cualquier acoplamiento se debe tener en cuenta que la vida útil de los mismos está en función de la fatiga y, por tanto, de la velocidad a la que operan.

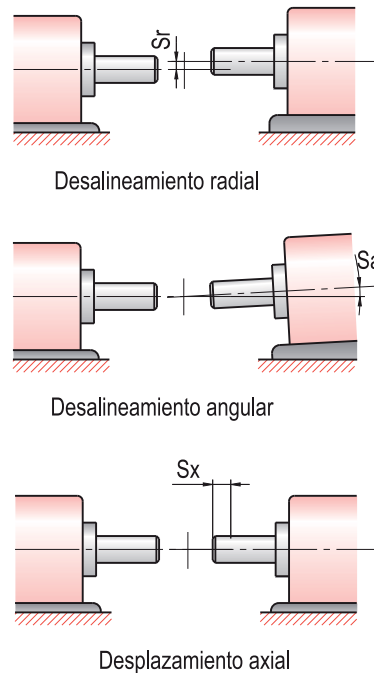


Figura 4.11: Tipos de desalineación.

- Fijación a los ejes

Los acoplamientos pueden suministrarse con fijación por prisioneros ( $2$  a  $90^\circ$ ) o con abrazaderas. La fijación por abrazadera tiene la ventaja que no produce marcas en los ejes, resistiendo mejor la inversiones bruscas y las vibraciones. La fijación por prisioneros resulta más económica y permite utilizar diámetros de eje mayores para un mismo acoplamiento. El inconveniente de los prisioneros es que estos pueden producir deformaciones o hendiduras sobre los ejes. Además pueden aflojarse debido a vibraciones, lo cual puede evitarse fijándolos con un adhesivo semi-permanente.

Después del previo análisis se optó por usar el acoplamiento flexible ranurado de aluminio el cual nos ayuda a absorber los dealineamientos antes mencionados, además es un tipo de acoplamiento fácil de conseguir en la pedacería de motores inservibles y de manera general su costo es bajo. Posteriormente tuvimos que hacer una pequeña modificación para fijarlo a nuestro motor perforándolo por uno de sus extremos para igualar el mismo diámetro que tenía el eje de nuestro motor y poder así acoplarlos, el eje del motor con el eje de la platina.

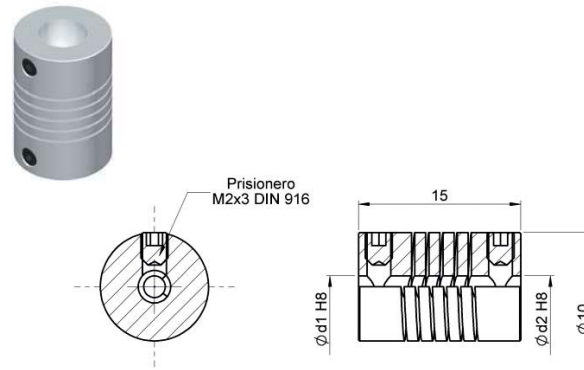


Figura 4.12: Acoplamiento flexible con prisioneros.

Además este tipo de acoplamientos flexibles son simples, de una sola pieza, mecanizados en aleación de aluminio endurecido. Dentro de sus características encontramos

- No tienen juego, es decir no presentan movimientos indeseables.
- No producen variaciones de velocidad en la transmisión.
- Elevada rigidez torsional.
- Disponibles con prisionero y con abrazadera.
- Resistentes a aceites y productos químicos.
- Protección mecánica ante pares excesivos.



Figura 4.13: Acoplamientos flexibles ranurados de aluminio.

Estos acoplamientos resultan apropiados en sistemas de medición y control. Permiten una transmisión del movimiento con gran precisión cinemática, sin juego y con una baja elasticidad torsional. El acoplamiento absorberá los errores de alineación o de montaje de los ejes.

#### 4.1.5. Excellon

Una de las problemáticas del prototipo, era poder polarizar y montar los diodos láser con una buena alineación, fue así que decidimos usar una serie de placas de montaje que debían cumplir con detalles de gran precisión y ser visualmente atractivas, tales como el hecho de ser redondas, tener ranuras para encoder del tamaño justo, máscara antisoldadura y perforaciones para los láseres donde encajarán perfectamente, nos dimos a la tarea de dirigirnos a la empresa Luminiscencia Dinámica, la cual se encarga de realizar circuitos impresos profesionales, donde obtuvimos el apoyo para programar una máquina de control numérico por computadora (CNC) llamada Excellon, la cual perfora y rutea en placas de cobre para circuito impreso, entre otras aplicaciones. El proceso consiste en diseñar en Adobe Illustrator el circuito deseado, acto seguido tomar las coordenadas de las perforaciones y las áreas de ruteo y finalmente pasarlas al lenguaje de programación de la Excellon.



Figura 4.14: Excellon Mark V.

En la Figura 4.15-(b) es posible apreciar 3 muescas en la circunferencia de la placa, el espacio entre cada una, es una ruta y las muescas sirven para lograr el corte sin necesidad de algún

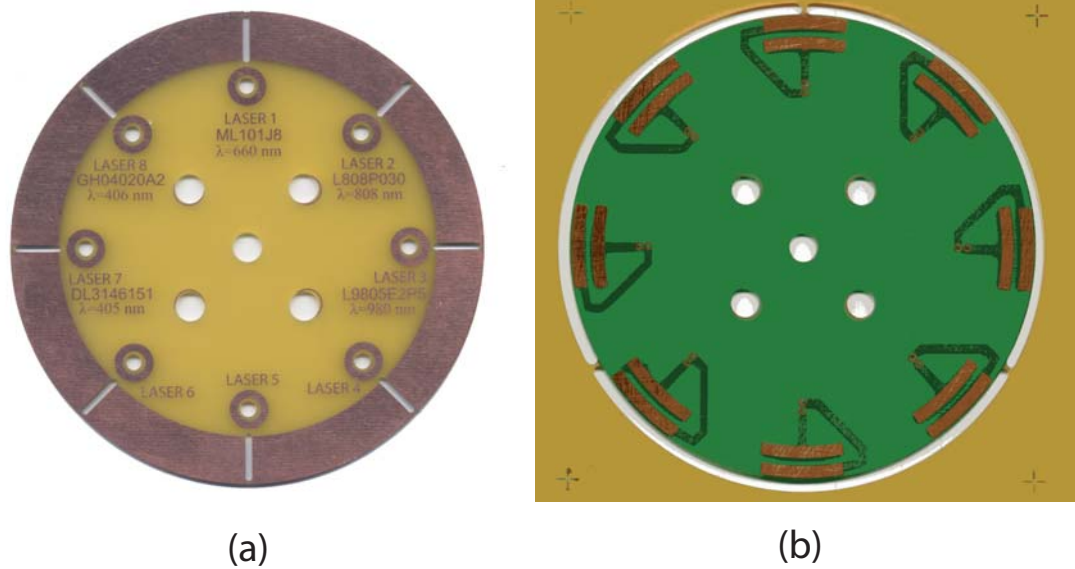


Figura 4.15: Vista física del ruteado para encoder (a) y muescas de ruteado en la circunferencia (b).

otro soporte. En el lenguaje de programación de la Excellon, se exponen como el punto inicial de la ruta, el punto final y el diámetro de la circunferencia, de manera que el mismo programa calcula el arco y entonces empieza a cortar o rutear con una broca especial. En el caso de las 8 ranuras que se observan (8 rutas), el proceso es similar, un punto inicial y uno final, sin especificar algún dato más. En cuanto a las perforaciones, simplemente son puntos dados en el plano XY, los cuales lucen en el lenguaje de programación como coordenadas que se especifican en pulgadas.

Lo anterior, es el primer paso para la fabricación de circuitos impresos, ya que posteriormente viene la impresión con tinta ultravioleta mediante un marco de malla porosa previamente expuesto, acto seguido quitar el cobre que no está dentro del área de impresión con cloruro férrico y por último quitar la tinta con sosa, cortar y afinar detalles. En nuestro caso, la placa de polarización, como la de montaje y encoder, se realizaron con el proceso previamente expuesto, los demás circuitos se hicieron con el mismo proceso de impresión, pero con la diferencia de que los perforamos a mano, ya que no se requería mucha precisión y tampoco muchas piezas, por lo cual era lo más sencillo y rápido.

#### 4.1.6. Placa de polarización

Esta placa tiene la función de llevar la corriente que viene desde la fuente de diodos láser para que pase a través de las placas de los “limit switch”, a las terminales de los diodos láser, de manera que se va polarizando según la posición del láser, siendo de esta manera una polarización dinámica.

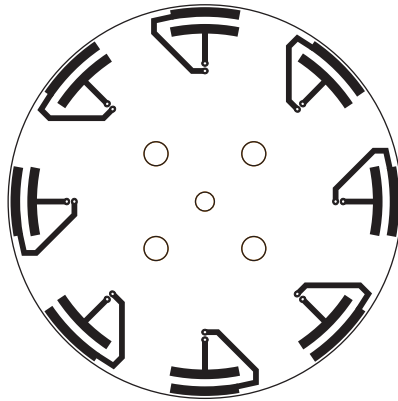


Figura 4.16: Placa de polarización en su forma simple.

Pensando en que muy probablemente en algún punto con respecto al diseño anterior, podría ocurrir un circuito corto mientras las escobillas o terminales del limit switch se desplazaban, tuvimos la necesidad de diseñar su máscara de verde anti soldadura, con la cual se vuelve un elemento confiable. Las perforaciones al centro, tienen la función única de montaje a la platina de rotación.

#### 4.1.7. Placa de montaje y encoder

Eventualmente se nos presentó la cuestión de controlar el giro del motor de manera precisa, se requerían ocho posiciones donde se encuentran los láseres montados y necesitábamos lograr que se posicionaran siempre en la misma posición o área, por lo cual vino la idea de un encoder. Un encoder es un codificador rotatorio, también llamado codificador del eje o generador de pulsos, suele ser un dispositivo electromecánico usado para convertir la posición angular de un eje a un código digital, lo que lo convierte en una clase de transductor. A fin de no limitarnos por la a veces no muy confiable precisión de un motor a pasos y pensando en el funcionamiento de los

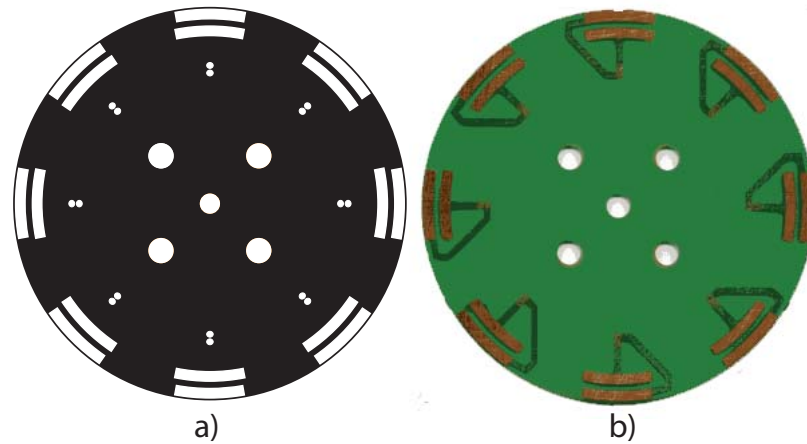


Figura 4.17: Diseño de la máscara antisoldadura (a) y circuito impreso final (b), que se percibe como una fusión entre las pistas a bloquear y la tinta verde.

servomotores, creamos esta placa, por medio de la cual podíamos obtener realimentación en el sistema, en conjunto con la DAQ, labVIEW y el sensor infrarrojo, de manera que el sensado tenga precisión de máquina.

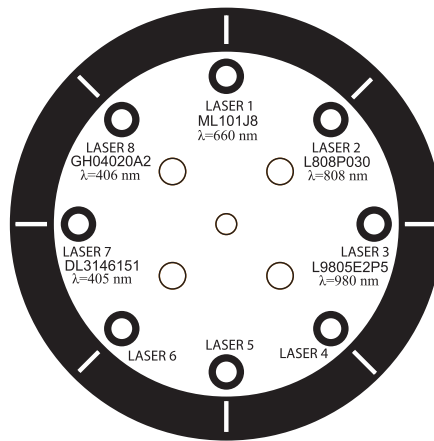


Figura 4.18: Placa encoder, la cual nos asegura un posicionamiento más confiable.

En esta placa también es donde se montan los diodos láser, los cuales entran semiforzados de manera que quedan perfectamente alineados. Se añadieron sus etiquetas para 5 de estos, tan solo para evitar posibles confusiones o simplemente para visualizar rápidamente las características básicas del modelo con el que se está trabajando. Los 3 espacios libres son para añadir el diodo láser a ser probado o estudiado, siendo este de libre elección.



### 4.1.8. Montaje del revólver láser

Los primeros pasos a seguir en la elaboración de este proyecto fueron:

- Buscar información sobre las características técnicas del objeto que deseabamos hacer o de objetos similares.

El objetivo es diseñar y construir un revólver de diodos láser y en el departamento de óptica y microondas del CCADET-UNAM contamos con dos láseres multilínea de baja potencia: Ión-Argón y He-Ne, así que se analizaron estos dos tipos de láseres para tener una idea de cómo debíamos construir nuestro prototipo.

#### Láser Ión-Argón Stellar-Pro 457/10

Con su tubo láser fuertemente sellado, el láser 457/10 stellar-Pro ofrece distinción en su clase. La alta potencia de salida en relación con su tamaño, junto con un rendimiento excepcional, hace que el stellar-Pro sea ideal para muchas aplicaciones.

Especificaciones:

Longitud de Onda	457.9nm
Máxima potencia de salida	10mW
Peso (lbs / kg)	14lbs / 6.4kg Aproximadamente
Consumo de energía	100VAC - 265VAC / 50Hz - 60Hz

Tabla 4.1.8-1: Especificaciones del láser Ión-Argón Stellar-Pro 457/10.

#### Láser multilínea He-Ne

La empresa REO ha construido láseres por más de 20 años, y ahora es el fabricante líder a nivel mundial de alto rendimiento de láseres Helio-Neón para aplicaciones tales como la microscopía confocal, elipsometría, conteo de partículas, la clasificación de alimentos y otros exigentes usos de la instrumentación.

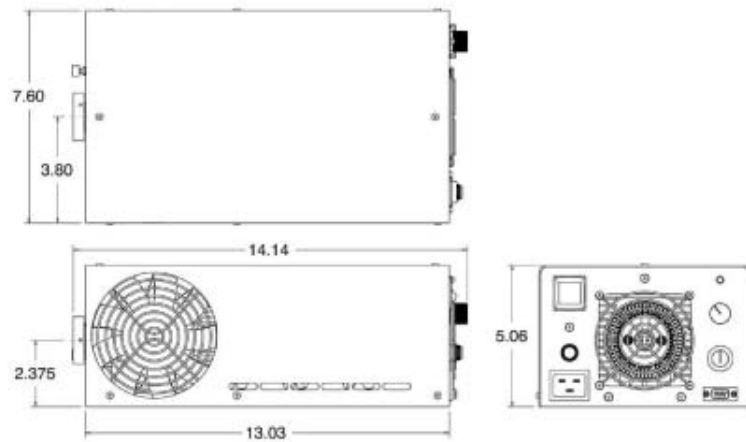


Figura 4.19: Dimensiones del láser Ión-Argón Stellar-Pro 457/10.

Especificaciones:

Longitud de Onda	633nm
Máxima potencia de salida	10mW
Peso (gramos)	5000
Consumo de energía	200VAC / 30 Hz - 10 MHz

Tabla 4.1.8-2: Especificaciones del Láser multilínea He-Ne.

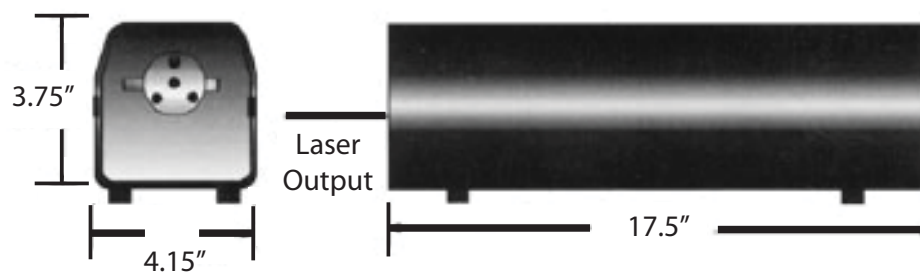


Figura 4.20: Dimensiones del Láser multilínea He-Ne.

- Realizar un boceto de los componentes principales: dimensiones aproximadas, número de piezas, estructura, etc.

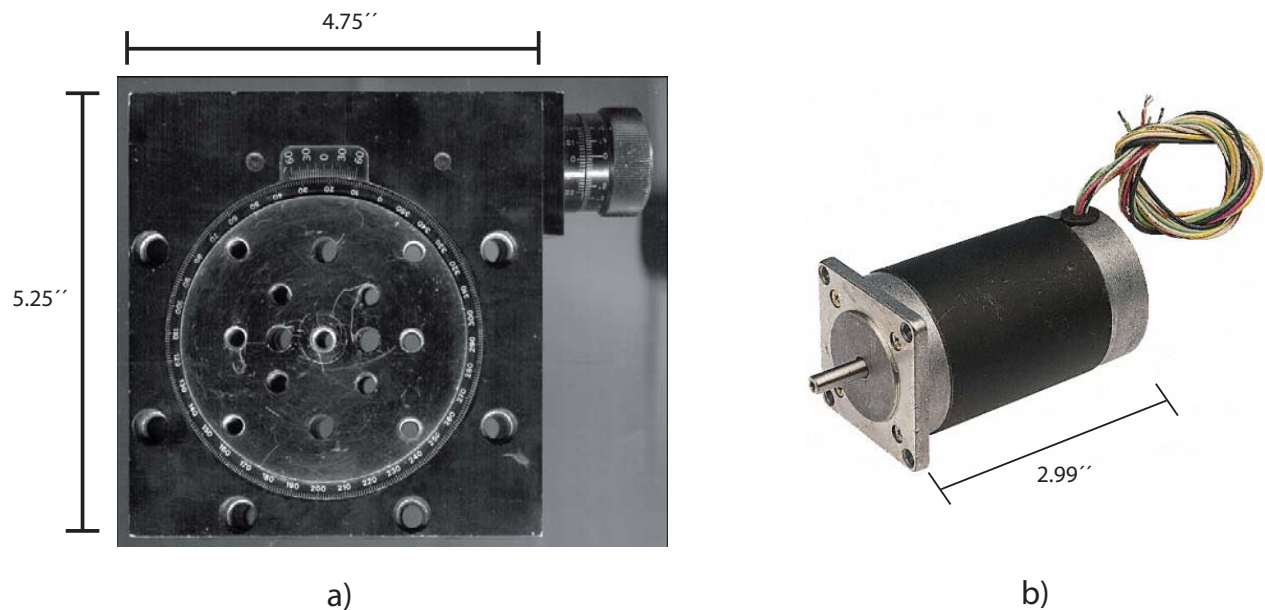


Figura 4.21: Dimensiones de la Platina de precisión(a) y el Motor a pasos(b).

Como piezas fundamentales de este proyecto se tienen la platina de precisión, la cual funge como el revólver en el cual se colocaron los diodos láser y el motor a pasos el cual se utiliza para poder automatizar el prototipo.

Para poder montar la platina y el motor en una misma estructura se colocó a la platina como se ve en la figura 4.21a y así poder utilizar sus agujeros roscados que tiene en la parte frontal (6 agujeros roscados), para montarla a una estructura rectangular a la cual se fijó también el motor, con esto se pretende tener un mejor aseguramiento de ambas piezas. Además, teniendo la platina en esta posición, igualamos la forma en que los láser (Ión-Argón y He-Ne) tienen su emisión de radiación. (Véase figuras 4.19 y 4.20)

Y para que toda la estructura antes mencionada pueda mantenerse en pie, se colocó otra placa rectangular como base, fijando esta base con los 4 agujeros roscados con los que cuenta la platina en la parte inferior.

- Discutir la conveniencia de un tipo de material u otro.

Para la placa que sostiene a la platina y al motor nos decidimos por una placa de madera, con dimensiones en las cuales pudieran ser montadas ambas piezas, dejando su respectivo espacio entre ellas para poder acoplar ambos ejes. Además se optó por la madera por ser un material liviano y poder fijar el motor con pijas, ya que la tarea de esta placa solo es mantener en posición vertical ambas piezas. Para la placa base pensamos en una placa de aluminio, que es un material más rígido el cual sostiene todo el sistema, esto nos asegura que no sufrirá deformación alguna por el peso y por la unión de esta placa con la platina. Y con una máquina fresadora, realizamos ranuras en la placa, las cuales nos permitieron fijar el proyecto a las mesas ópticas que se tienen en el laboratorio.

- Diseño de los planos técnicos. Trazar de manera exacta la forma y dimensiones del prototipo.

En la figura 4.22 se muestra el prototipo caracterizando sus dimensiones en donde se coloca a la platina y el motor.

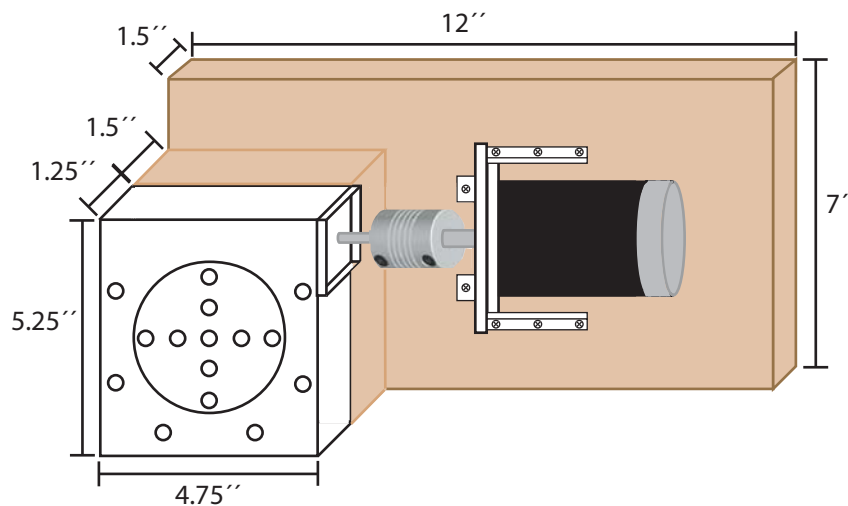


Figura 4.22: Plano dimensional del prototipo.

En la figura 4.23 se muestra la base de aluminio donde se pueden observar las ranuras de montaje a la mesa óptica y las cuatro perforaciones donde se colocaron tornillos Allen de cabeza plana para sujetar esta placa con la platina de precisión.

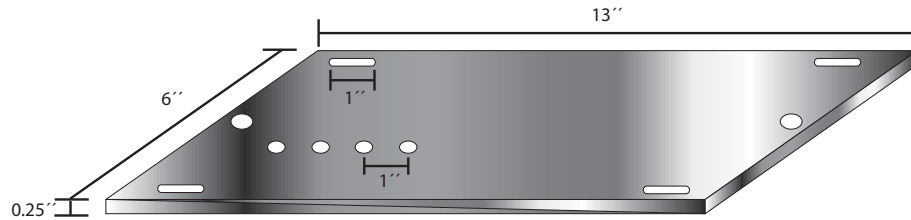


Figura 4.23: Placa base de aluminio.

- Listado completo de todos los materiales necesarios.
- ▷ 10 Tornillos Allen 1/4" x 1/2".
- ▷ 4 Tornillos Allen de Cabeza Plana 1/4" x 1/2".
- ▷ 1 Tabla de madera de 12" x 7" x 1.5" (0.3048 [m] x 0.1778 [m] x 0.0381 [m]).
- ▷ 1 Placa de aluminio de 13" x 6" x 0.25" (0.3302 [m] x 0.1524 [m] x 0.00635 [m]).
- ▷ 1 Varilla roscada de 1/4".
- ▷ 24 Tuercas de 1/4".
- ▷ 8 Pijas para madera de 1/2".
- ▷ 6 Rondanas.



Figura 4.24: Materiales usados en el montaje del prototipo.

Teniendo todo el prototipo montado, se cortaron 3 tramos de varilla roscada de 1/4" (0.00635 [m]) de grosor y 3" (0.0762 [m]) de longitud, esto fue para poder montar las placas de polarización y montaje/encoder de los diodos láser en los agujeros de la platina (véase figura 4.9). Estas placas se sujetaron y se dio el debido espaciamiento entre ellas con tuercas de 1/4" (0.00635 [m]).

- Problemas y soluciones.

Es prácticamente imposible que el montaje discorra sin tener que hacer correcciones y ajustes no esperados en un principio. El primer problema que se tuvo fue el de alinear perfectamente ambos ejes, el del motor y el de la platina, esto se solucionó colocando una calza a la platina de dimensiones iguales a esta. Obviamente no se pudo tener un alineamiento perfecto, pero los posibles desalineamientos existentes fueron absorbidos por el acoplamiento ranurado de aluminio, mencionado en este capítulo. Otro problema fue acoplar los tornillos Allen de cabeza plana que fijaban la base con la platina, ya que estos estaban un poco largos, esto se solucionó cortando con segueta y usando un esmeril para rebajarlos y suavizarlos poco a poco hasta tener la medida ideal.

- Lista de herramientas empleadas.

- ▷ Taladro de banco.
- ▷ Fresadora.
- ▷ Sierra eléctrica.
- ▷ Esmeril.
- ▷ Desarmadores.
- ▷ Pinzas.

- Fotografías del prototipo.



Figura 4.25: Foto del prototipo con placa de polarización.

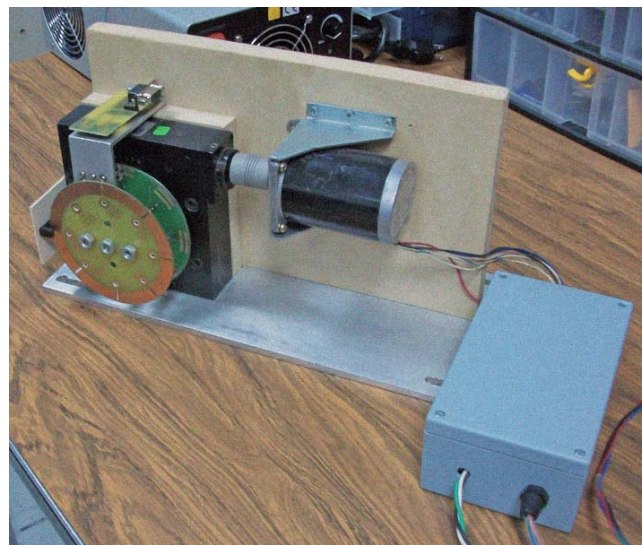


Figura 4.26: Foto del prototipo completo.

### 4.1.9. Polarización de diodos

Es sabido que la fuente de diodos láser LDC501 es el instrumento ideal que nos proporciona el control de la corriente y voltaje necesario para poder manipular los diodos láser, en la figura 3.7 se muestra el diagrama de conexiones para poder polarizar un diodo láser correctamente. La problemática para este proyecto es que para poder hacer un revólver con 8 recargas se necesitarían hacer las conexiones individuales de cada uno de los diodos láser, así como conectar y desconectar cada uno de ellos dependiendo de cuál se quiera utilizar lo cual sería inadecuado. La solución para poder hacer un sistema óptimo parte del diseño de la placa de polarización (véase figura 4.16) teniendo en cuenta que se tienen las pistas respectivas de ánodo y cátodo, se buscará tener continuidad entre las terminales de la fuente de diodos láser LDC501 a dichas pistas para poder polarizar cada diodo láser. Para poder tener conducción con la placa de polarización se ideó un sistema de interruptores de palanca con rueda los cuales hacen contacto con las pistas de dicha placa, y al momento de que la platina comienza a girar, las ruedas de los “limit switch” estas hacen contacto con las pistas de la placa de polarización sin dificultad alguna.

Para poder sujetar los “limit switch” de manera que estos hicieran contacto con la placa de polarización y poder unirlos al sistema, se utilizó una pieza de aluminio de canto la cual se cortó como se muestra en la figura 4.27. Se realizaron 6 perforaciones en la parte frontal para sujetar los “limit switch”, posteriormente se les agregó puntos de soldadura para tener una mejor sujeción. Y en la parte superior se hicieron 3 perforaciones más, 2 para sujetar este sistema al prototipo y una más para poder pasar a través de la placa cables que van soldados a los “limit switch” los cuales son el ánodo y el cátodo que vienen desde la placa de polarización. Para evitar mucho el uso de muchos cables los cuales pueden ser perjudiciales en el sistema, se diseñó una placa la cual consta de dos pistas, ánodo y cátodo, terminando en pats de conector DB-9 igualando la forma en cómo se conecta un diodo láser (véase figura 3.7) y se monta a esta placa un conector DB-9 hembra, para finalizar la conducción entre el aparato a través del prototipo hacia los diodos láser se fabrica un conector DB-9 macho/macho de 3m de largo con el cual se hace posible la transmisión de los parámetros de cada diodo láser. Al final se monta todo sobre la calza que se mencionó en el apartado Montaje del revolver láser con pijas para madera y se colocan O-rings entre la placa y la pieza de aluminio para evitar circuitos cortos.



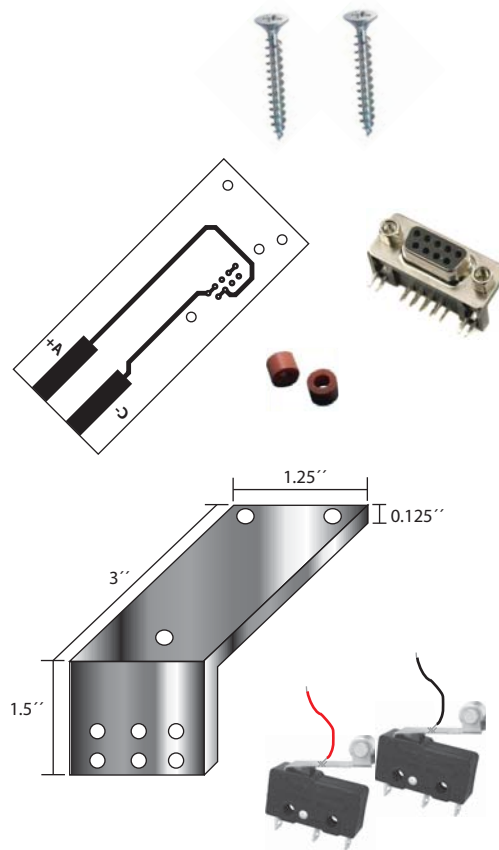


Figura 4.27: Piezas que conforman el sistema para polarizar los diodos láser.



Figura 4.28: Conector DB-9 macho/macho.

### 4.1.10. Sensor infrarrojo

El sensor infrarrojo es un dispositivo electrónico que emite radiación ligera a objetos en su campo visual.

Su principio de funcionamiento, se basa en un emisor y un receptor, en este caso un LED infrarrojo y un foto transistor, respectivamente. El foto transistor al detectar radiación infrarroja en la base, permite que la corriente fluya a través del transistor y entonces haya conducción.

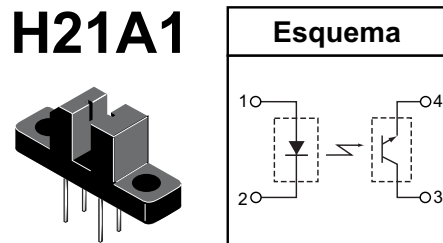


Figura 4.29: Aspecto físico del sensor infrarrojo y su esquema representativo de operación.

Basados en el principio de operación, propusimos el siguiente circuito, al cual solo se le añadió una resistencia para proteger el LED y una resistencia en el emisor, con la cual se asegura un nivel lógico bien definido.

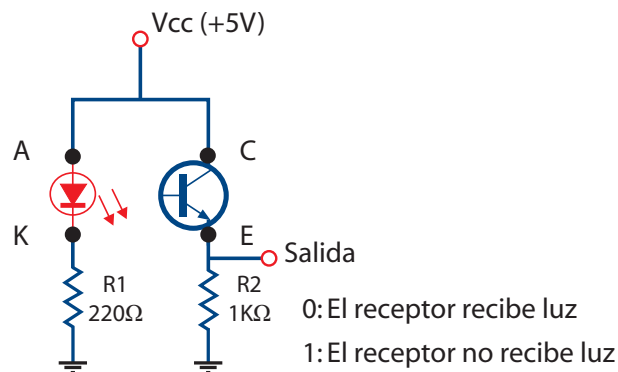


Figura 4.30: Esquemático del circuito para sensado.

Después de probarlo, procedimos a diseñar el circuito impreso. La importancia de esta tarjeta, radica en el hecho de ser un diseño del tamaño exacto para que el sensor se encuentre exactamente a la distancia que se encuentra el encoder y de esta manera lograr el sensado.

Ésta se montó en la parte lateral izquierda de la platina, aprovechando los agujeros roscados disponibles.

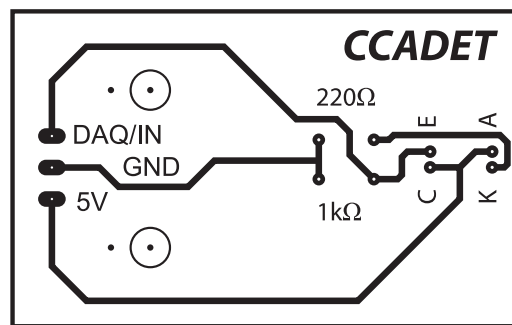


Figura 4.31: Tarjeta para el sensor con las dimensiones justas para el sensado.

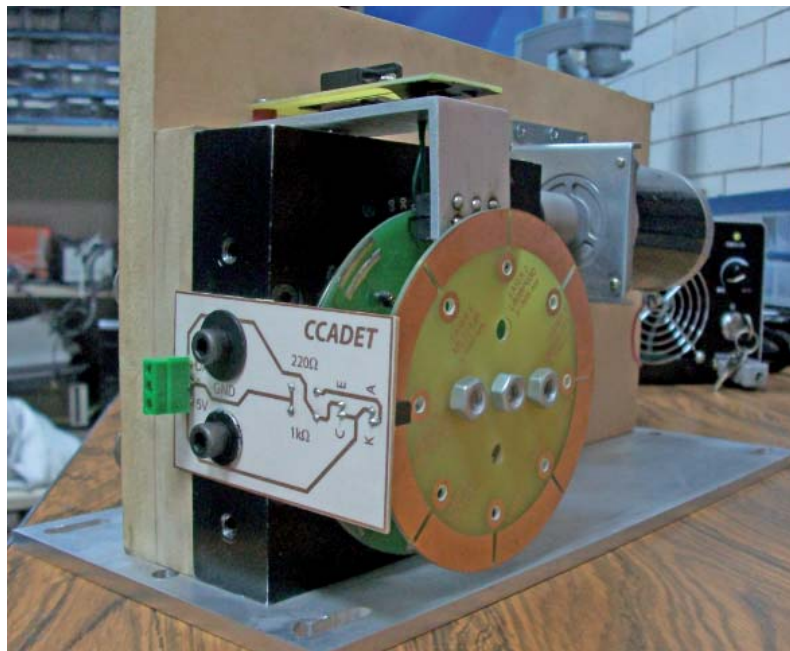


Figura 4.32: Foto de la tarjeta del sensor.

#### 4.1.11. Caracterización del dispositivo

Usando el sensor de proximidad “encoder” o codificador obtenemos una distancia exacta, la cual requerimos para tener cada uno de los diodos láser alineados a la misma distancia para su emisión de radiación. El encoder que usamos se muestra en el apartado de placa de montaje que es un encoder tipo disco, unido al centro de la platina, que consta de 8 perforaciones tipo línea en la parte radial perfectamente bien distribuidas.

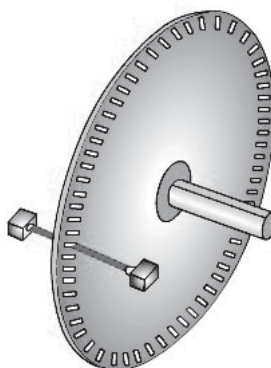


Figura 4.33: Sistema de calibración.

La transformación de la codificación mecánica en una señal eléctrica proporcional se consigue por la posición del disco utilizando el sensor óptico. Con este método usando este transductor que es un sensor tipo herradura se obtiene una señal que es empleada a continuación por el equipo de control. Usar el posicionamiento óptico de un disco segmentado es el método más usual, donde la codificación consiste en sectores transparentes y opacos. Cuando el disco gira, el recorrido de la luz al sensor óptico se abre y se bloquea alternativamente, produciendo así una salida digital la cual es adquirida con la NI USB 6009, con esta señal el programa se encarga de detener el movimiento del motor, dejando a cada diodo láser alineado a la misma distancia y posición.

#### 4.1.12. Colimación del haz láser

Una vez teniendo el prototipo con todos los diodos láser montados y operando correctamente, se debe colimar el rayo láser, esto quiere decir tener a todos los haces de luz provenientes del diodo láser paralelos entre sí, lo que se puede lograr de diferentes formas. Un colimador es, por

definición, un instrumento de precisión para una tarea especial. El objetivo de la colimación es hacer que el eje óptico de cada lente o espejo coincida con el rayo central del sistema, un láser colimador debe lograr un haz así. Además, el haz no debe salirse del eje o transformarse en un parche difuso de luz con los cambios de temperatura, como puede suceder con algunos diodos láser. Los colimadores ópticos suelen estar formados fundamentalmente por un espejo parabólico, unas lentes y algunos diafragmas. En este caso se utilizó una lente con montura de la marca ThorLabs modelo KM05 de 1/2" (0.0127 [m]) de diámetro, la cual se sujetó con un poste y una base para ajustarlo ópticamente al revólver de diodos láser, ya que cada diodo láser tiene una distinta longitud de onda y por lo tanto una distinta distancia focal a la cual se debe alinear dicha lente manualmente.



Figura 4.34: Base para la montura de la lente.

## 4.2. Interfaz gráfica para el revólver láser.

En la siguiente imagen, se muestra el panel frontal diseñado en Labview a través del cual se establece el control de la DAQ USB 6009 y el bus de comunicación GPIB, elementos con los cuales se automatiza el sistema. El panel virtual contiene los controles con los que se logra desplazar el revólver y el encendido de los diodos láser.



Figura 4.35: Panel frontal de control del revólver de diodos láser.

### 4.2.1. Diagrama de bloques para manipular el motor a pasos

En el diagrama de bloques desarrollado en LabVIEW podemos configurar puertos digitales de la DAQ NI USB 6009 como entradas y salidas, como se muestra en la figura 4.36. Dentro de la estructura de configuración debemos de habilitar un bit del puerto P0.0, dicho bit se debe conectar virtualmente al DAQmx “play task”. Internamente en el ciclo “while”, se escribe información con un interruptor booleano, habilitado para la escritura digital y finalmente se debe concluir con un DAQmx “Stop Task”. Con este algoritmo se trabajó para poder cambiar el sentido de giro.

Para encender el circuito que controla el motor a pasos, habilitamos y configuramos la misma estructura, pero esta vez añadimos un selector para habilitar el puerto P0.1, dicho puerto

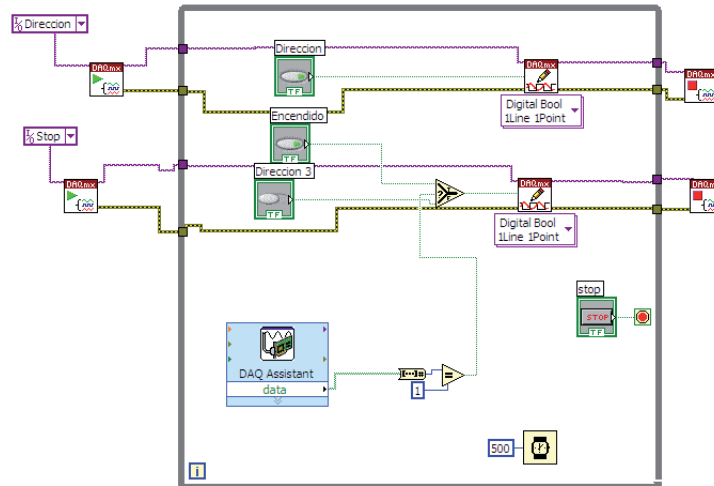


Figura 4.36: Diagrama de bloques de la parte de control del motor a pasos en LabVIEW.

está controlado por un DAQ assistant para que reciba un pulso eléctrico proveniente del sistema encoder-sensor óptico y que es adquirido por el P0.2. Dicho pulso interrumpe la secuencia de encendido del circuito que controla el motor a pasos.

En el diagrama de bloques, por cada ciclo ejecutado tenemos un tiempo de retardo de 500ms, valor que puede ser modificado por el usuario a conveniencia.

#### 4.2.2. Diagrama de bloques para manipular el controlador de diodos láser

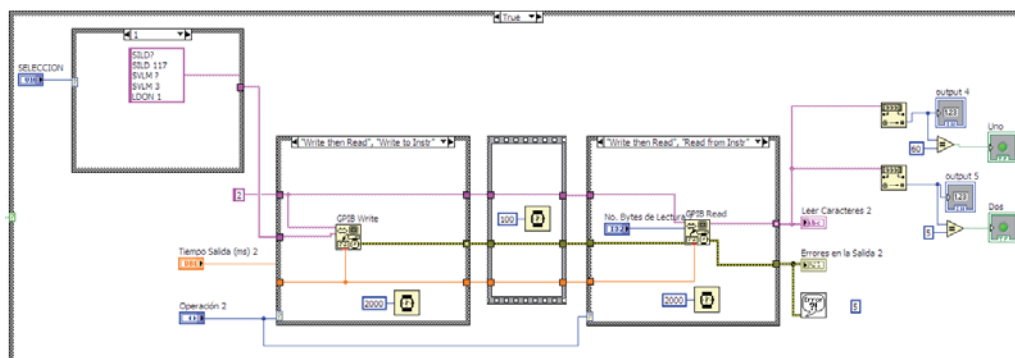


Figura 4.37: Diagrama de bloques de la parte de control del LDC501 en LabVIEW.

Este bloque, mostrado en la figura 4.37, está conformado por una estructura de casos, en la cual se integran la lectura y escritura de comandos y solicitudes, enviados a través del bus GPIB, los cuales son interpretados por el LDC501 para el encendido o apagado de los diodos láser. Estos comandos están incluidos en el manual de operación del controlador de diodos láser. La estructura mostrada en la figura 4.38, está integrada por 8 casos y cada uno de ellos contiene los datos de voltaje y corriente específicos para cada diodo láser.

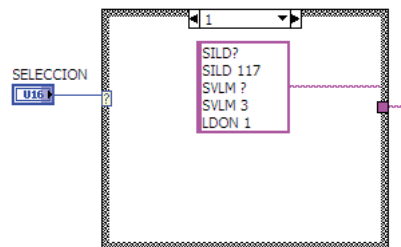


Figura 4.38: Estructura de casos que contiene la información de cada diodo láser.

El bloque de la figura 4.39, se compone de una estructura de casos, en el cual se puede seleccionar y configurar el cable GPIB. En un caso ponemos las instrucciones que permitirán escribir los comandos y activar el encendido de cada diodo utilizado, mientras que en el otro no existe bloque alguno, por lo que no se envía instrucción hacia la fuente de diodos láser, apagando así el diodo.

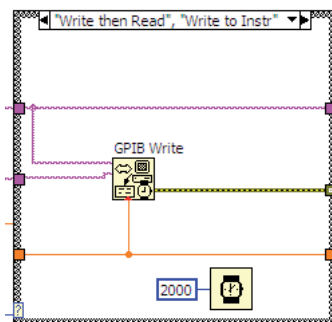


Figura 4.39: Estructura de configuración del GPIB en modo de escritura.

En el siguiente bloque, colocamos un retardo como se muestra en la figura 4.40, éste es el tiempo que hay entre la lectura y escritura de los comandos y la respuesta que tendremos del controlador LDC501.



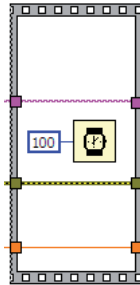


Figura 4.40: Retardo entre lectura y escritura.

En este último bloque se realiza la lectura de la información contenida en el LDC501, voltaje y corriente que están siendo utilizados por el láser en funcionamiento, los parámetros adecuados seleccionando así a través del motor el diodo láser adecuado. Al encender cada diodo láser realizamos una conversión de una cadena de caracteres a un dato entero, y de esta forma habilitar a través de un indicador booleano el encendido o apagado del diodo láser, el cual se refleja en el panel frontal, como se muestra en la siguiente figura.

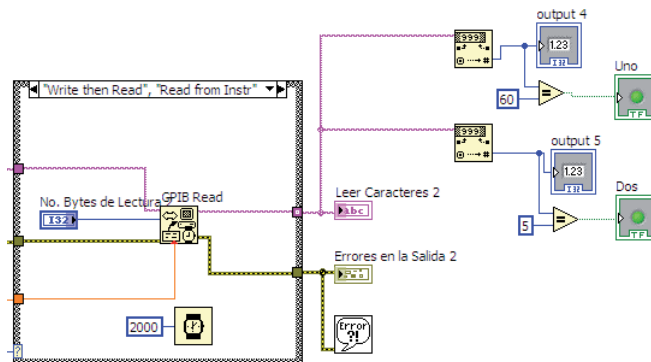


Figura 4.41: Estructura de configuración del GPIB en modo de lectura.

### 4.2.3. Bloques básicos de la presente programación gráfica

A continuación se presenta la descripción de los instrumentos virtuales de adquisición de datos, generación de señales, así como algunos operadores y funciones de destacada importancia en la realización de esta interfaz.

La función del siguiente bloque (figura 4.42) se basa en la transición de las tareas programadas a un estado de ejecución, para comenzar las mediciones o generación de información.

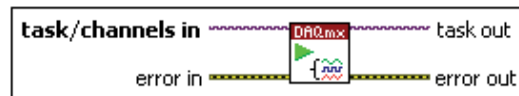


Figura 4.42: DAQmx start task (VI).

Este bloque (figura 4.43) detiene las tareas en ejecución y las regresa al estado al que estaban antes de que se inicializará la transición de las tareas (DAQmx Start Task) o la escritura de datos. De no usarse, el programa entraría en un loop infinito, reduciendo el desempeño de la aplicación.

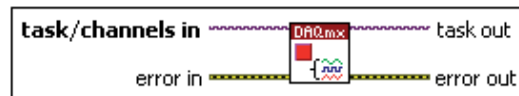


Figura 4.43: DAQmx stop task (VI).

El siguiente VI (figura 4.44) escribe muestras a las tareas o canales virtuales que hayan sido especificados. Dicho bloque especifica el formato de las muestras a escribir, independientemente de la escritura de una o varias muestras, así como también escribir en uno o varios canales.

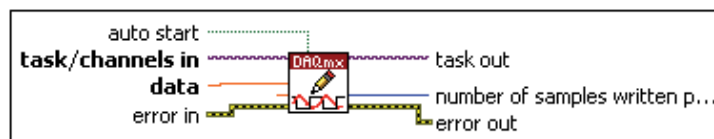


Figura 4.44: DAQmx write (VI).

En la figura 4.45 se muestra el VI que crea, edita y ejecuta tareas usando el NI-DAQmx. Cuando se usa este instrumento virtual en el diagrama de bloques, este carga y crea una nueva tarea, para configurar la tarjeta NI-DAQmx. Para mediciones y generación de datos continuos, es necesario utilizar una estructura “while loop”.

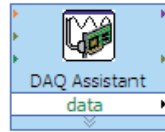


Figura 4.45: DAQ assistant express VI.

La siguiente función (figura 4.46) lee los comandos y solicitudes enviados a través de Labview. Cuando se transfieren datos desde o hacia un controlador de manera sincronizada, un subproceso interrumpe funciones secundarias en lo que se realiza la transferencia en curso. Dependiendo de la velocidad de transferencia, puede o no darse prioridad exclusivamente a esta función, omitiendo a otras en ejecución de menor importancia.

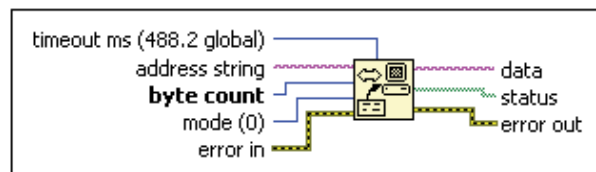


Figura 4.46: GPIB read function.

La función mostrada en la figura 4.47 escribe los comandos y solicitudes enviados a través de Labview. Cuando se transfieren datos desde o hacia un controlador de manera sincronizada, un subproceso interrumpe funciones secundarias en lo que se realiza la transferencia en curso. Dependiendo de la velocidad de transferencia, puede o no darse prioridad exclusivamente a esta función, omitiendo a otras en ejecución de menor importancia.

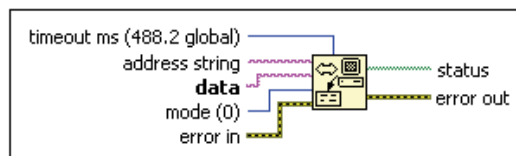


Figura 4.47: GPIB write function.

En la figura 4.48 se muestra la función que convierte cadenas de caracteres numéricos en números enteros.

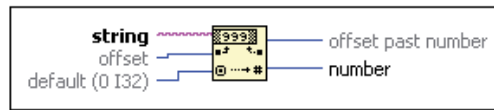


Figura 4.48: Decimal string to number function.

Este bloque (figura 4.49) transfiere a la salida el valor t o f, dependiendo del valor de s. Si s es verdadero, se transfiere el valor de t a la salida, si es falso el valor de f es transferido a la salida.

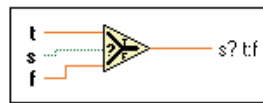


Figura 4.49: Select function.

El siguiente bloque (figura 4.50) indica cuando un error ocurre. Si un error ocurriese, este instrumento virtual regresa una descripción del error y opcionalmente despliega un cuadro de texto.

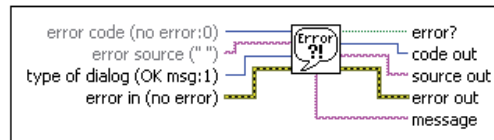


Figura 4.50: Simple error handler VI.