



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE  
TUXTLA GUTIERREZ



CENTRO DE INVESTIGACIONES EN OPTICA, A.C.

DEPARTAMENTO DE HOLOGRAFÍA

**REPORTE DE RESIDENCIA PROFESIONAL**

PROYECTO

**CONTROL DE UN GENERADOR DE ESTADOS DE  
POLARIZACION BASADO EN ELEMENTOS ROTATORIOS**

PRESENTA:

**AGUILAR TORRES JOSE HUMBERTO**

ASESOR INTERNO

**ING. ALVARO HERNANDEZ SOL**

ASESOR EXTERNO

**DR. GEMINIANO MARTINEZ PONCE**

LEON GUANAJUATO DICIEMBRE 2010

# INDICE

## CAPITULO 1: GENERALIDADES

1.1 Introducción.....	5
1.2 Justificación.....	6
1.3 Objetivos.....	7
1.3.1 Objetivo general.....	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4 Caracterización del área (CIO).....	8
1.4.1 Antecedentes.....	8
1.4.2 Consolidación.....	9
1.4.3 Logros.....	11
1.4.4 Misión y visión.....	11
1.4.5 Organigrama general de la institución.....	12
1.4.6 Dirección de investigación.....	13
1.4.7 Departamentos.....	14

## CAPITULO 2: MARCO TEORICO

2.1 Fundamento teórico.....	18
2.1.1 Polarización.....	18
2.1.2 Concepto.....	18
2.2 Estados de polarización.....	19
2.2.1 Polarización lineal.....	19
2.2.2 Polarización elíptica.....	20
2.2.3 Polarización circular.....	20
2.3 Parámetros de Stokes.....	21
2.4 Matrices de muller.....	22
2.5 Los elementos ópticos.....	23
2.5.1 Placas de $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{4}$ de onda.....	23

<b>CAPITULO 3: INTERACTUANDO CON LA POLARIZACIÓN</b>	
3.1 Introducción a LabVIEW.....	25
3.2 Programa para generar estados de polarización.....	26
3.3 Programa de rotación de matrices.....	30
<b>CAPITULO 4: MECANISMO</b>	
4.1 Introducción a Autocad Mechanical.....	34
4.2 Características.....	34
4.3 Sistema de engranes.....	35
4.4 Bases de soporte.....	37
4.5 Bases superior e inferior.....	38
<b>CAPITULO 5: CIRCUITO ELECTRONICO</b>	
5.1 Construcción del sistema de control.....	40
5.1.2 Código del programa.....	40
5.1.3 Simulación.....	42
5.1.4 Elección de materiales.....	44
5.1.5 Diseño del circuito.....	48
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO A. RUTEADOS.....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO B. CIRCUITOS FISICOS.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO C. CODIGO DEL PROGRAMA EN MICRO C.....</b>	<b>55</b>

# **CAPÍTULO 1**

## **GENERALIDADES**

## 1.1 INTRODUCCIÓN.

De acuerdo al modelo de Maxwell de la luz como una onda electromagnética ver figura 1.1, hay un campo eléctrico oscilante y un campo magnético oscilante a la misma frecuencia pero orientado de manera perpendicular al campo eléctrico.

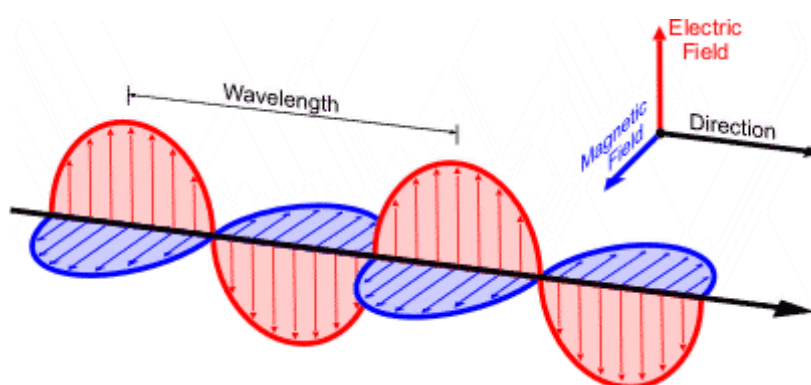


Fig. 1.1 Campo eléctrico y campo de acuerdo al concepto propuesto por Maxwell

Es posible combinar componentes ortogonales de luz linealmente polarizada para producir otras formas de luz polarizada. En el caso especial en el que los componentes tienen fases idénticas, se produce luz linealmente polarizada a varias orientaciones.

La luz se polariza de diversas formas. Se polariza cuando se refleja, con un cierto ángulo, en superficies brillantes y pulidas no metálicas, como el agua, el vidrio o la madera barnizada. También se polariza cuando la luz se dispersa por las diminutas partículas de gas y polvo de la atmósfera. También cuando atraviesa ciertos tipos de cristales translúcidos. El polarímetro es un instrumento mediante el cual se puede determinar el valor de la desviación de la luz polarizada por un estereoisómero ópticamente activo

## 1.2 JUSTIFICACIÓN.

El estudio de la naturaleza de la luz polarizada, ha permitido el desarrollo de teorías clásicas y modernas de gran interés, en la generación de sistemas tecnológicos, se pueden estudiar diferentes fenómenos a partir de los estados de polarización de la luz. Para lograr esto existen diferentes mecanismos que permite al investigador alterar una luz polarizada incidente con el propósito de obtener un estado de polarización.

La utilidad de este sistema es claro: la luz, al atravesar determinada muestra, sufre una alteración en su estado de polarización, lo cual sirve como un indicador de lo que está ocurriendo en la muestra y cómo se está comportando a lo largo del tiempo de medición.

Al generar un estado de polarización en cualquiera de sus estados (lineal, circular o elíptico) se obtienen determinados parámetros, que sirven como guía (por llamarlo de alguna manera). Cuando es colocada una muestra, esos parámetros varían y en esta variación es donde se pueden encontrar las características propias de la muestra.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un instrumento que proporcione una gama muy amplia de estados de polarización usando la rotación de elementos ópticos polarizantes.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Estudiar conceptos de polarimetría, representación vectorial e introducción a programas de diseño.
- Desarrollar programas de simulación numérica de la propagación de luz polarizada a través de diferentes elementos ópticos polarizantes
- Diseñar mecanismos del sistema giratorio y electrónico de la tarjeta de control.
- Desarrollar interfaz usuario-instrumento y Elaboración de reporte de residencia.

## **1.4 CARACTERIZACION DEL AREA (CIO)**

### **1.4.1 ANTECEDENTES**

Acorde con el objetivo que el CONACYT estableció desde sus inicios, de fomentar una cultura competitiva basada en el desarrollo científico y tecnológico, enmarcando sus acciones en las políticas y objetivos del Plan Indicativo de Ciencia y Tecnología 1976-1982, el Consejo tuteló la fundación del Centro de Investigaciones en Óptica, Asociación Civil, (CIO), en la ciudad de León Gto. Dicho proceso de creación tuvo su inicio legal el 18 de Abril de 1980, en un acto protocolario en el que se levantó el acta constitutiva de la nueva institución, donde aparecen como firmantes quienes en la época eran autoridad en niveles de gobierno y dependencias oficiales: el Dr. Edmundo Flores, Director General del CONACYT, el Dr. Guillermo Soberón Acevedo, Rector de la UNAM, el Lic. Enrique Velasco Ibarra, Gobernador Constitucional del Estado de Guanajuato y el Lic. Harold Gabriel Appetl, Presidente del Ayuntamiento Constitucional de la Ciudad de León Gto.

En abril de 1980 el CIO se funda en León e inicia labores en un piso rentado de un edificio del primer cuadro de la ciudad con un 1 investigador y 3 técnicos (el propio Dr. Malacara, el entonces M.C. Arquímedes Morales Romero y los Ingenieros José Castro Villicaña y Carlos Javier Martínez Castro, comisionados todos por la UNAM), desarrollando investigación en el área de la instrumentación óptica, fundamentalmente en el área de telescopios astronómicos y superficies ópticas. Se dieron también los primeros pasos para hacer crecer el número de su personal y las áreas de trabajo (que era una de las más urgentes necesidades para crecer y consolidarse, pues había sido ésta también una de las condiciones impuestas por el Consejo y la Universidad Nacional para apoyar el traslado del proyecto a Guanajuato) y lo que es más importante, se inició la divulgación de temas científicos y de la óptica en las instituciones educativas de nivel medio y superior que existían en esa época, impartiendo cursos en diferentes carreras y dirigiendo tesis con temáticas científicas, tanto en instituciones de la ciudad como en la región central del país.



## 1.4.2 CONSOLIDACIÓN

En el mes de septiembre de 1980 en la primera reunión de Órgano de Gobierno del CIO se entrega el nombramiento del Director General al mismo Dr. Daniel Malacara Hernández, cargo que desempeña hasta a 1989. A él correspondió la tarea de consolidar uno de los primeros y más exitosos proyectos para crear instituciones científicas fuera del Distrito Federal, lo que hasta entonces había sido la tónica del desarrollo científico en el país. Fue durante su gestión cuando se pusieron las bases para un desarrollo sustentado en el trabajo científico de calidad. En un primer momento se enfocaron los esfuerzos para incorporar investigadores jóvenes provenientes de universidades nacionales y se crearon las condiciones para que los mismos salieran a realizar doctorado en instituciones del extranjero, para reintegrarse después y fortalecer la planta científica. En 1983 el CIO se traslada al primer edificio de sus instalaciones definitivas en un terreno donado por el municipio y con un edificio inicial construido por el gobierno del estado. En esta época se crearon también los primeros programas académicos propios: la maestría en ciencias en óptica (1984) y el doctorado en ciencias en óptica (1987), apoyadas por la Universidad de Guanajuato, que expidió los títulos profesionales de quienes ingresaron a estudiar entre 1984 y 1999. Resulta interesante notar que desde su fundación y como resultado de su trabajo científico y tecnológico, al CIO se le empezó a reconocer primero en el extranjero, después en el país y finalmente en la propia ciudad y su región de influencia, donde hasta épocas más recientes se ha incrementado el trabajo para hacer difusión de logros y resultados. Esa parte de la historia del CIO se enmarcó en el Plan Indicativo de Ciencia y Tecnología 1976-1982 establecido por el gobierno federal e instrumentado por el CONACYT, plan que hacía énfasis en la búsqueda del desarrollo científico, la autonomía cultural y la autodeterminación tecnológica señalando como líneas prioritarias la consolidación de las acciones de investigación, la creación de infraestructura y la formación de recursos humanos. En su momento, el Plan Nacional de Desarrollo Tecnológico y Científico 1984-1988 estableció además de los objetivos previos, los primeros pasos para fomentar la vinculación con el entorno productivo nacional.

Es en este marco que en noviembre de 2002 el Dr. Fernando Mendoza Santoyo asume el reto de incrementar la productividad del CIO y llevarla hasta

niveles internacionales de calidad en todas sus áreas, pues este reconocimiento mundial ya se tiene para su labor científica de vanguardia, sustentada por una parte en la cantidad de productos de investigación que se generan (artículos, publicaciones, congresos, etc.) así como en la calidad de los mismos (impacto y reconocimiento internacional, entre otros elementos). En el ámbito del trabajo científico dirige a éste para que en el marco del Programa Especial de Ciencia y Tecnología se impulsen las áreas estratégicas del conocimiento, se atiendan las necesidades que en materia de desarrollo científico, académico, tecnológico y social presenta el país, la región y el estado, sin desatender sino incentivando, la vocación del Centro para cultivar la ciencia básica. Dentro de las acciones de colaboración internacional ha iniciado un proyecto con la Universidad de Arizona para crear un centro binacional de óptica. En el plano académico ha establecido el compromiso para obtener el nivel de Competencia Internacional, la más alta categoría del "Padrón de Posgrados" del CONACYT, considerando como parte medular de esta estrategia el fortalecer los mecanismos de promoción y captación de alumnos, la modificación curricular de los programas propios, con el objetivo de satisfacer en tiempo y forma los criterios de productividad y eficiencia terminal propia de los programas de alta calidad, así como hacer acopio de información operativa del desempeño laboral en ámbitos científicos y académicos de sus egresados, a través de programas y acciones para el seguimiento formal de los mismos. En el área del desarrollo tecnológico ha implementado acciones que tendrán por resultado el acercamiento al sector productivo y social para la aplicación de la óptica en la solución de problemas de relevancia regional y nacional. Es oportuno mencionar que las actividades sustantivas del Centro generan resultados que se miden contra indicadores y metas previamente establecidos, mismos que son revisados en su momento por los diferentes órganos de evaluación internos y externos, fundamentalmente el Organismo de Gobierno en el marco del Convenio de Desempeño CIO-CONACYT. En estos procesos de evaluación el Centro ha obtenido permanentemente resultados altamente positivos, siendo notorio que durante la actual administración se han incrementado sustantivamente la cantidad y la calidad de los logros alcanzados y con ellos la calificación que ha merecido el trabajo de la institución y de sus integrantes.

### **1.4.3 LOGROS**

Actualmente el Centro de Investigaciones en Óptica A.C. se define como Centro Público de Investigación, con la misión de llevar a cabo investigación básica y aplicada en Óptica, la formación de recursos humanos de alto nivel en el este mismo campo del conocimiento, así como al fomento de la cultura científica en la sociedad, con la misión además de ser un Centro de Investigación de excelencia, con liderazgo nacional y reconocimiento internacional creciente en el campo de la óptica, ocupando un lugar central en el desarrollo de la ciencia y la tecnología en nuestro país.

### **1.4.4 MISIÓN Y VISIÓN**

Misión.

El centro de investigaciones en óptica, S.A. es un centro Público dedicado a la investigación básica y aplicada, la formación de recursos humanos de alto nivel en el campo de la óptica, así como al fomento de la cultura científica en la sociedad.

Visión.

Ser un centro de investigación de excelencia, con liderazgo nacional y reconocimiento internacional creciente en el campo de la óptica, ocupando un lugar central en el desarrollo de ciencia y tecnología de nuestro país.

Objetivos estratégicos.

Son la primera instancia institucional que orienta y da sentido a todas las y cada una de las actividades sustantivas y de apoyo en el centro, así como, las tareas cotidianas que desarrollan todos y cada uno de los colaboradores.

Objetivos estratégicos de la institución.

1. Contribuir al conocimiento científico internacional, a través de la investigación teórica y experimental en óptica y disciplinas afines.

2. Fortalecer la capacidad científica y tecnológica humana del país con nivel internacional, a través de programas de estudio de especialización y postgrado
3. Contribuir al crecimiento tecnológico del país y/o a la transferencia de tecnología.
4. Contribuir al desarrollo de una cultura científica en la sociedad mexicana, a través de la divulgación y difusión de conocimiento científico universal.

Estrategias clave.

1. Promover acciones para recibir fondos de diversas fuentes para financiamiento de sus actividades.
2. Mantener un alto nivel académico, que refleje el éxito y el reconocimiento de nuestra institución. La capacitación y motivación serán siempre perseguidas y la administración será transparente, eficaz y servicial, laborando con los lineamientos claros de sus autoridades. La equidad, respeto a las personas y su trabajo, la capacidad creativa y la libertad con responsabilidad, son valores que se reconocerán y se promoverán continuamente.

#### 1.4.5 ORGANIGRAMA GENERAL DE LA INSTITUCION

En la figura 1.2 se muestra a grandes rasgos el organigrama general interno del centro de investigaciones en óptica (CIO).



Fig. 1.2 Organigrama general

### 1.4.6 DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

Esta Dirección coordina los esfuerzos de los investigadores de las distintas áreas que se trabajan en el Centro de investigaciones en óptica (metrología, fotónica, fibras ópticas y holografía); nuestro objetivo es brindar el apoyo administrativo que facilite e impulse la producción científica.

Actualmente los investigadores desarrollan proyectos con sensores, dispositivos y láseres de fibra óptica, Espectroscopia diferencial por Reflectancia (RDS/RAS), Pruebas ópticas no destructivas, visión computacional e Inteligencia artificial, Interferometría, Procesamiento Digital y Análisis de Imágenes Médicas, Física infrarroja y Desarrollo de materiales fotosensibles; entre otros.

#### Organigrama

En el área de dirección de investigación se tiene un organigrama el cual se muestra en la figura 1.3. en el cual se muestra las partes y los encargados de cada área.



Fig. 1.3 Organigrama dirección de investigación

## **1.4.7 DEPARTAMENTOS**

### **METROLOGIA Y OPTICA**

El objetivo del Departamento de Metrología Óptica es el cálculo de diversas cantidades físicas (temperatura, velocidad, presión, distancia, desplazamiento, esfuerzo, etc.) de objetos y/o regiones de observación. El reconocimiento de patrones también es importante. Esto último incluye el cálculo de forma, textura, color, dimensiones, etc., de objetos. Para llevar a cabo este objetivo, se usan arreglos ópticos que incluyen dispositivos optoelectrónicos, fuentes de luz y software. Generalmente, se capturan imágenes del objeto bajo estudio y éstas a su vez son procesadas para recuperar en forma cuantitativa la información de interés.

Los campos en los que se lleva a cabo la investigación en el departamento son pruebas no destructivas, inspección de procesos, control y automatización, perfilometría, reconocimiento de patrones, análisis de deformación, análisis aerodinámico, detección de fractura, calibración, visión por computadora, análisis de vibraciones, etc. Estos campos implican el uso combinado de técnicas experimentales y numéricas.

### **HOLOGRAFIA**

La Formación de Imágenes sin el uso de lentes por medio de la llamada Holografía, está basada en los fenómenos de interferencia y difracción. Los principios básicos de la holografía y de la difracción están bien establecidos, y tienen un gran número de aplicaciones.

Uno de los intereses principales del grupo es el desarrollo de nuevos materiales que permiten registrar las franjas holográficas debidas a variaciones de intensidad provenientes de un patrón de interferencia entre dos o más haces o la modulación de fase debida a un patrón en el que se modifique la polarización de manera periódica. En el primer caso es posible utilizar emulsiones fotográficas especiales que tengan la resolución necesaria (en holografía se requiere registrar de 1000 a 5000 líneas por milímetro). En el caso del registro de patrones periódicos de polarización es necesario encontrar materiales sensibles al campo

eléctrico incidente que presenten características anisotrópicas al irradiarse con luz polarizada.

Estos trabajos tienen aplicaciones en la fabricación de elementos difractivos los que pueden realizar funciones lentes y espejos simultáneamente o modificar la polarización de los haces incidentes. Algunos trabajo de holografía tanto como para el grabado de información como para el estudiar el comportamiento de los materiales holográficos se pueden ver en la figura 1.4.

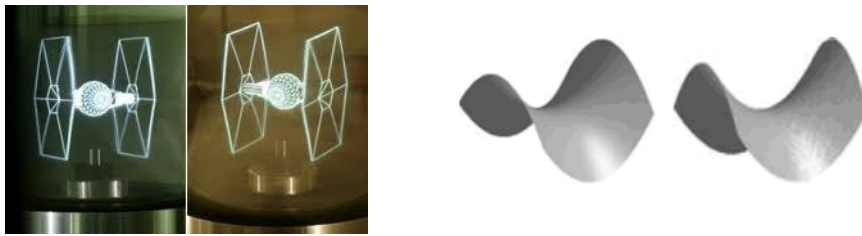


Figura 1.4.- trabajos de holografía

## FOTONICA

El Departamento de Fotónica realiza investigación teórica y experimental sobre las propiedades ópticas de la materia y su interacción con la luz. Los resultados del trabajo del Departamento de Fotónica generan nuevos avances científicos y tecnológicos con potenciales aplicaciones a mediano y largo plazo en dispositivos práctico/tecnológicos en las áreas de opto-electrónica, ciencia e ingeniería de materiales, láseres, dispositivos fotónicos, etc. Este Departamento enfoca y aplica su investigación fundamental a cuatro áreas principales:

- a) Propiedades Ópticas de Superficies,
- b) Física e ingeniería de láseres,
- c) Espectroscopia Óptica y
- d) Materiales Ópticos Avanzados.

En la figura 1.5 podemos se observa el área de trabajo de los laboratorios de fotónica.

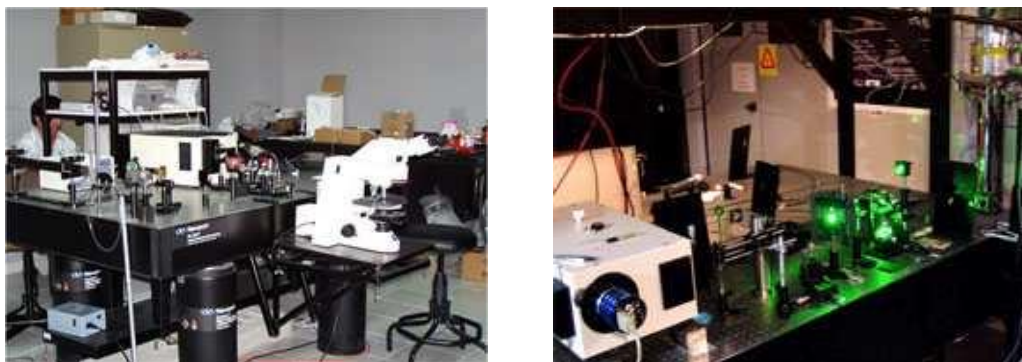


Fig. 1.5 Laboratorio de fotonica

## FIBRAS ÓPTICAS

El estudio de las fibras ópticas es un área moderna de la ciencia óptica que ha recibido mucha atención durante los últimos 25 años debido a las numerosas aplicaciones técnicas de las fibras ópticas. El Departamento de Fibras Ópticas realiza investigación en las áreas más importantes de las fibras ópticas.

El objetivo del Departamento es: diseñar y fabricar fibras de cristal fotónico , estudiar las propiedades ópticas espectrales y no lineales de las fibras de cristal fotónico y de las fibras dopadas con tierras raras, así como diseñar y estudiar varios tipos de láseres de fibra, sensores de fibra y dispositivos basados en fibras. Los trabajos de investigación realizados por los científicos del Departamento son apoyados por varias fundaciones del gobierno local y federal, por la Comunidad Europea y por empresas privadas. Los mejores resultados están cubiertos por patentes mexicanas, americanas y europeas.

La mayoría de los artículos basados en los resultados teóricos y experimentales obtenidos en el Departamento se publican en las revistas internacionales más importantes en los campos de física y óptica. El Departamento tiene colaboración con diversas universidades e institutos de investigación mexicanos y extranjeros, tales como la Universidad Nacional Autónoma de México (Ciudad de México), el Instituto de Ciencias Fotónicas (Barcelona), la Universidad de Valencia (Valencia), el "A.M. Prokhorov General Physics Institute" (Moscú), el "Imperial College" (Londres), y otros similares.



# **CAPÍTULO 2**

## **MARCO TEÓRICO**

## 2.1 FUNDAMENTO TEÓRICO

### 2.1.1 POLARIZACIÓN

El concepto de “estado de polarización” es inherente a la naturaleza vectorial de las ondas electromagnéticas. Se determina a partir del comportamiento estadístico de la radiación emitida por las fuentes de iluminación.

### 2.1.2 CONCEPTO

Existen evidencias experimentales de que la luz puede tratarse como una onda electromagnética transversal. En rigor, una onda luminosa puede ser vista como una superposición de varias ondas. Pero sin pérdida de generalidad, podemos considerarla como una superposición de dos ondas luminosas armónicas, perpendiculares, de igual vector de propagación y frecuencia (monocromáticas). Recordemos que en este tipo de ondas, la función  $E$  varía sinusoidalmente con el tiempo en una dirección perpendicular a la dirección de propagación (aquí según el eje  $z$ ):

Donde  $E_1$  Ec. 2.1

$E_2$  Ec. 2.2

Así los vectores constitutivos del campo eléctrico pueden escribirse:

$E_1$  Ec. 2.3

$E_2$  Ec. 2.4

Entonces la onda resultante es:

$E$  Ec. 2.5

Donde  $\phi_x$  y  $\phi_y$  son las fases respectivas de cada onda. Lo que también se puede expresar como.

Ec. 2.6

La superposición de ondas puede observarse en la figura 2.1 en las componentes de  $E_{oy}$  y  $E_{ox}$ .

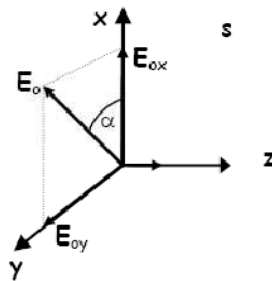


Figura.2.1 superposición de dos ondas.

Se puede considerar que  $E_{oy}$  y  $E_{ox}$  son las componentes de  $\vec{E}$  desfasadas en  $\Delta\phi$ . Se dice que la onda  $\vec{E}$  está polarizada si:  $\phi_y - \phi_x \equiv \Delta\phi = \text{cte.}$  en el tiempo.

## 2.2 ESTADOS DE POLARIZACIÓN

### 2.2.1 POLARIZACIÓN LINEAL.

Si las dos ondas están en fase (diferencia de fases  $\Delta\phi = n\pi$ ,  $n = 0, +/-2, +/- 4,$ ), la resultante será una onda definida por un vector de dirección fija y de amplitud oscilante. La onda se dice linealmente polarizada. La orientación de la dirección de polarización en el plano (x,y) depende del coeficiente  $E_{oy} / E_{ox} \equiv \text{Tg}(\alpha)$ . Se debe notar que si  $\Delta\phi = n\pi$ , con  $n = (\pm 1, \pm 3, \pm 5, \dots)$ ; la nueva onda también está linealmente polarizada pero toma una dirección de polarización simétrica a la anterior relativa al eje  $i$ . Se dice que las ondas están en oposición de fase.

## 2.2.2 POLARIZACIÓN ELÍPTICA

Sin embargo, si la fase entre  $E_y$  y  $E_x$   $\Delta\phi \neq n\pi$  el vector resultante tendrá un comportamiento particular: su dirección cambia con el tiempo, girando en un plano perpendicular a la dirección de propagación. La polarización de la onda en este caso es elíptica.

Se distingue la polarización derecha (horaria) y la polarización izquierda (anti horaria) según el sentido de rotación del campo electro-magnético.

## 2.2.3 POLARIZACIÓN CIRCULAR

En particular, si la diferencia de fase es de  $\Delta\phi = \pi/2 + n\pi$  ( $n = 0, +/-1, +/-2,$ ) y  $E_{0y} = E_{0x}$ , la polarización es llamada circular y el vector  $\vec{E}$  tendrá una amplitud constante. Aquí también, se distingue la polarización circular derecha y la polarización circular izquierda según el sentido de rotación del campo electro-magnético.

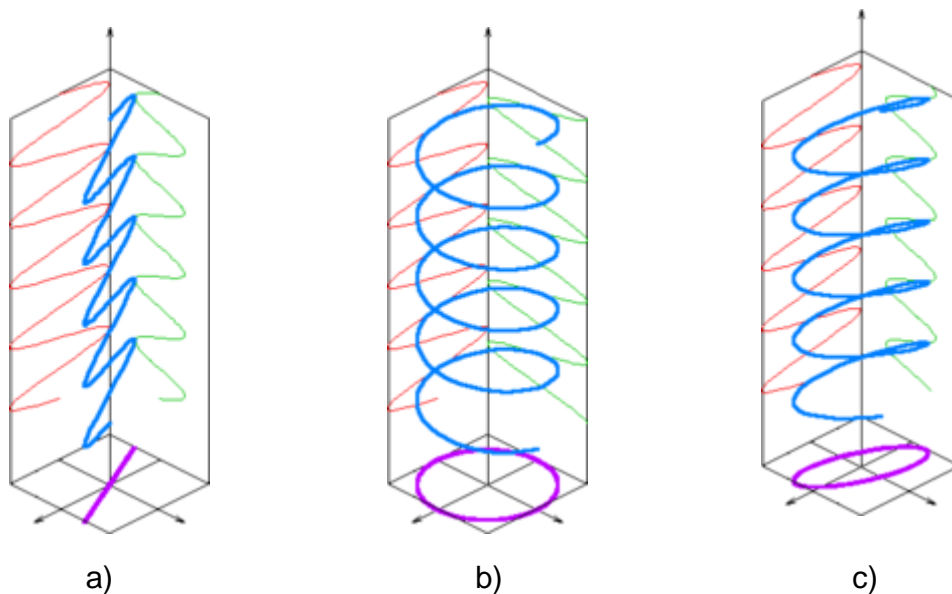


Fig. 2.2 Estados de polarización a) Lineal b) circular c) Elíptica

## 2.3 PARÁMETROS DE STOKES.

En 1852 G. G. Stokes introduce los parámetros (I, Q, U, V) para caracterizar el estado de polarización de una onda.

Ec.2.7

Los parámetros se aplican igualmente a la luz polarizada, parcialmente polarizada y no polarizada. Proporciona el método más sencillo de superponer dos haces incoherentes.

Los cuatro parámetros de Stokes, que constituye el vector de Stokes, se define mediante.

$$\vec{S} = \begin{pmatrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I \\ Q \\ U \\ V \end{pmatrix} \quad \text{Ec.2.8}$$

- S0 es la intensidad total de la luz,
- S1 es la preferencia de la onda a la polarización lineal vertical (negativo), horizontal (positivo) o a ninguna de las dos (cero).
- S2 es la preferencia de la onda a tener una polarización lineal con acimut dirigido a +p/4 (positivo) o -p/4 (negativo). Por último,
- S3 indica la preferencia de la onda a ser polarizada circularmente con giro a la derecha (positivo) o a la izquierda (negativo).

## 2.4 MATRICES DE MULLER

Calculo de Muller (1930-1940) .Emplea los vectores de Stokes para representar el haz incidente y matrices 4x4 para los polarizadores o retardadores. Origen de las matrices de Muller

Las matrices de Muller tienen una fundamentación fenomenológica, es decir, provienen del experimento. Se basan en la relación lineal entre los haces incidentes y emergentes. El experimento muestra que en todas las circunstancias normales cada propiedad del haz emergente depende de las primeras potencias de las propiedades del haz incidente. Entonces, se puede escribir un conjunto de cuatro ecuaciones lineales que relacione las propiedades de los haces. En cada ecuación intervienen cuatro constantes. Debido a la relación lineal, se obtienen las mismas 16 constantes independientemente de la forma de polarización del haz incidente. Ver figura 2.5

$$\begin{array}{ccc}
 \begin{bmatrix} ABDE \\ FGHI \\ JKLM \\ NOPQ \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} I_1 \\ Q_1 \\ U_1 \\ V_1 \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} I_2 \\ Q_2 \\ U_2 \\ V_2 \end{bmatrix} \\
 \swarrow & \downarrow & & \swarrow \\
 \text{polarizador} & \text{Haz incidente} & & \text{Haz emergente}
 \end{array}$$

Fig. 2.5 Representación de la matriz de Muller

Matrices de Muller de elementos ópticos mayormente conocidos figura 2.11.

Polarizador lineal horizontal	$\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
Polarizador lineal vertical	$\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
Polarizador lineal a +45	$\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
Lámina de cuarto de onda eje rápido vertical	$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$

Fig. 2.6 Matrices de Muller

## 2.5 LOS ELEMENTOS ÓPTICOS

Se puede considerar entre los materiales de interés en óptica, tres tipos de materiales transparentes:

Los materiales de índice de refracción y coeficiente de absorción isotrópicos como el vidrio.

Los materiales que tienen índices de refracción anisótropos. La velocidad con que se propaga la Luz en estos materiales depende de la orientación del campo electro-magnético relativa a las direcciones preferenciales del material. Se nota una dirección de polarización rápida y una dirección de polarización lenta del material. Estos son los materiales birrefringentes. Para algunos de ellos, el índice de refracción depende de la tensión mecánica.

Los materiales que presentan esta característica son llamados fotoelásticos. Los materiales que presentan coeficiente de absorción anisótropo. Estos materiales absorben selectivamente la componente de la onda electromagnética en una orientación específica. Estos materiales se llaman polarizadores.

Es posible alterar, definir o seleccionar el tipo de polarización de la luz con elementos de óptica constituidos de materiales especiales: materiales polarizadores y materiales birrefringentes.

### 2.5.1 PLACAS DE $\frac{1}{2}$ Y $\frac{1}{4}$ DE ONDA.

Las láminas de  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{1}{4}$  de onda corresponden a láminas de material birrefringente. La luz polarizada en una dirección específica se propaga dentro de la lámina a una velocidad diferente que la luz polarizada perpendicularmente a esta dirección. Las laminas  $\lambda/2$  y  $\lambda/4$  tienen un espesor muy controlado introduciendo entre los ejes rápidos y lentos de polarización un retraso o desfase de  $\pi$  y  $\pi/2$  respectivamente entre cada componente. Así, una lámina de  $\lambda/4$  transforma una onda linealmente polarizada a 45 grados de sus ejes principales en una onda circularmente polarizada. Este tipo de lámina es de gran utilidad en algunas aplicaciones prácticas como polariscopios circulares.

# **CAPÍTULO 3**

## **INTERACTUANDO CON LA POLARIZACIÓN**

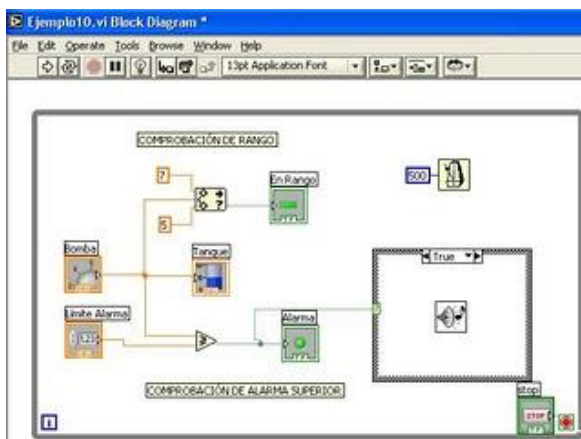


### 3.1 INTRODUCCIÓN A LABVIEW

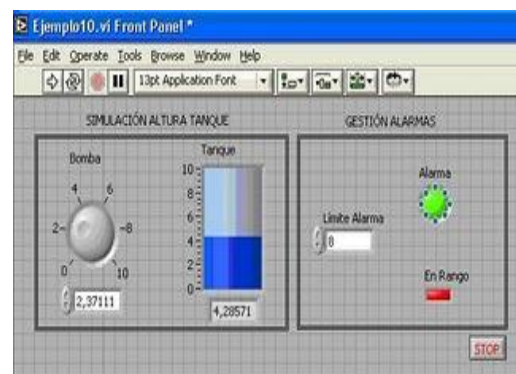
LabVIEW es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan C o BASIC. Sin embargo, LabVIEW se diferencia de dichos programas en que estos lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabVIEW emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques.

Labview tiene su mayor aplicación en sistemas de medición, como monitoreo de procesos y aplicaciones de control, un ejemplo de esto pueden ser sistemas de monitoreo en transportación, Laboratorios para clases en universidades, procesos de control industrial. Labview es muy utilizado en procesamiento digital de señales (wavelets, FFT, Total Distorsion Harmonic TDH), procesamiento en tiempo real de aplicaciones biomédicas, manipulación de imágenes y audio, automatización, diseño de filtros digitales, generación de señales, entre otras, etc.

En la fig. 3.1(a) y 3.1(b) podemos observar el entorno grafico que facilita el diseño y programación de la instrumentación virtual



(a)



(b)

Fig. 3.1.- Instrumentación Visual. a) Codificación b) Panel Frontal

### 3.2 PROGRAMA PARA GENERAR ESTADOS DE POLARIZACIÓN

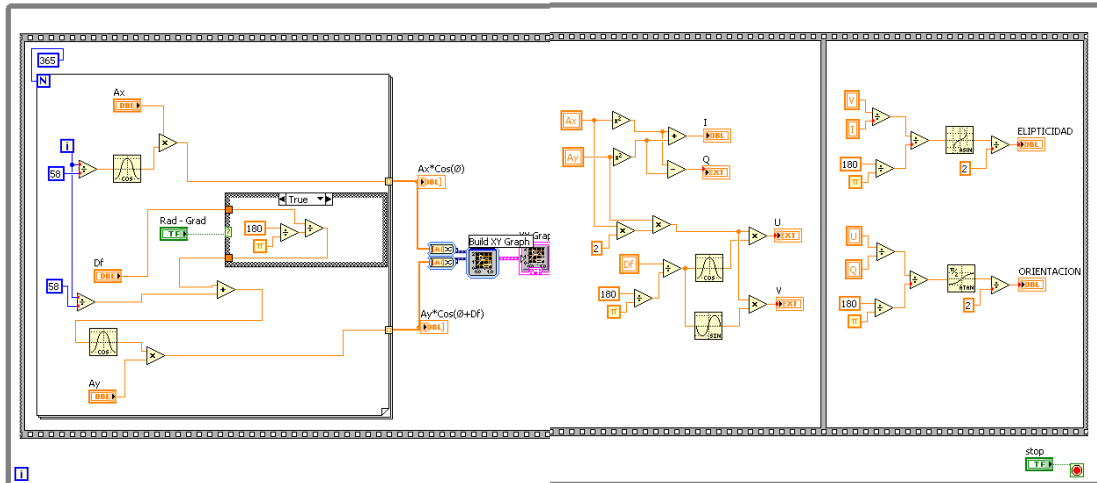


Fig. 3.2 Código uel programa

Este programa tiene como objetivo principal los diferentes estados de polarización que existen, haciendo variar de las ecuaciones de polarización los componentes “x”, “y” y “ $\delta$ ” esto hará variar la magnitud en sus componentes y la diferencia de fase que hay entre las funciones. Una vez que se obtiene el estado de polarización con el cual se desea trabajar, el programa es capaz de calcular el vector de Stokes y la elipticidad y orientación del mismo.

Ecuaciones de polarización Ec. 3.1

De las ecuaciones 3.1 se puede tomar “ $kt$ ” como cero, debido a que el punto de origen siempre será cero (el origen), es la diferencia de fase que hay entre las funciones (controlada a voluntad en el programa según las necesidades).

Se hará variar de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  permanentemente en el programa para poder visualizar los estado de polarización que se están generando.

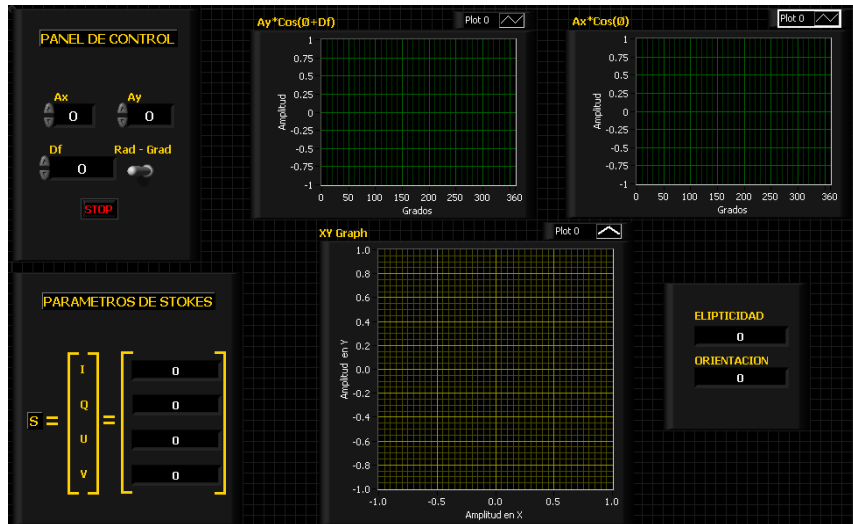


Fig. 3.3 Panel del programa de generación de estados de polarización

En la figura 3.3 se observa parte del panel del programa, como es el panel de control, donde se tienen como variables  $E_{x0}$ ,  $E_{y0}$  y La diferencia de fase ( $Df$ ), también fue añadido un control de selección para que los valores ingresados se tomen en Radianes o Grados.

En las graficas superiores (verde) se muestra la grafica de las ecuaciones de polarización de manera independiente, en la grafica inferior se muestra la grafica de la función  $E_{x0}$  con respecto a  $E_{y0}$ , que al asignarle valores a  $A_x$ ,  $A_y$  y  $Df$  se generan estados de polarización.

Una vez que se tiene el estado de polarización, el programa procede a calcular los parámetros de Stokes en base a las siguientes ecuaciones.

$$S = \begin{bmatrix} I \\ Q \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I \\ Q \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I \\ Q \\ U \\ V \end{bmatrix} \quad \text{Ec.3.2}$$

Como se desconoce el término “ $\alpha$ ” y la intensidad total ( $I$ ), se utilizaran las Ec. 3.2. El resultado de las operaciones que realiza el programa está dado de la siguiente manera.



Fig. 3.4 Parámetros de Stokes

Por último se obtienen los valores de Elipticidad ( $\epsilon$ ) y Orientación ( $\psi$ ) con base a los parámetros de Stokes antes calculados.

$$- \quad \longrightarrow \quad - \quad - \quad \text{Ec. 3.4}$$

$$- \quad \longrightarrow \quad - \quad - \quad \text{Ec. 3.5}$$

Ejemplo de funcionamiento de programa para un estado de polarización circular con:

$$Df = 90^\circ; Ax = 1; Ay = 1$$

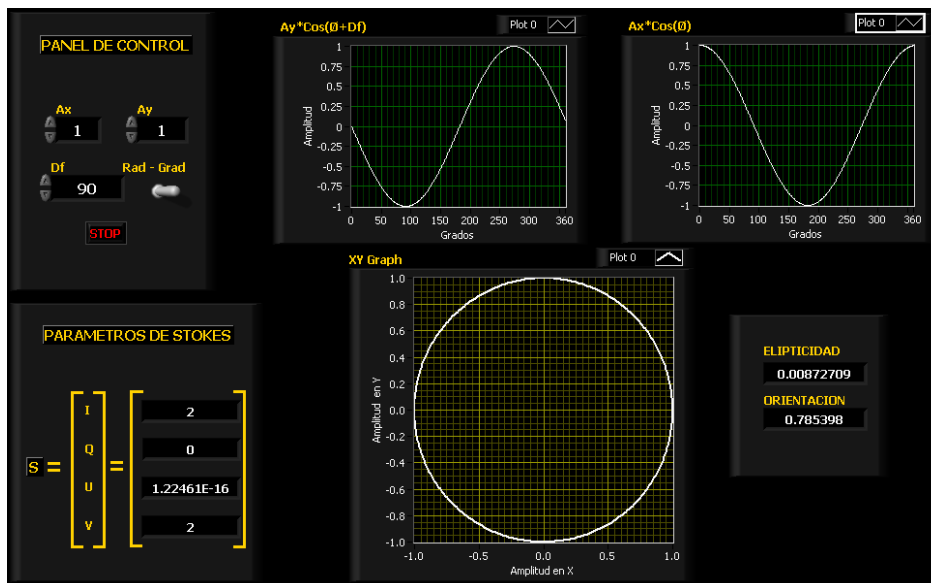


Fig. 3.5 Ejemplo de polarización circular

Ejemplo de lineal a 45° elíptica con:

$D_f = 0^\circ$ ;  $X = 1$ ;  $Y = 1$

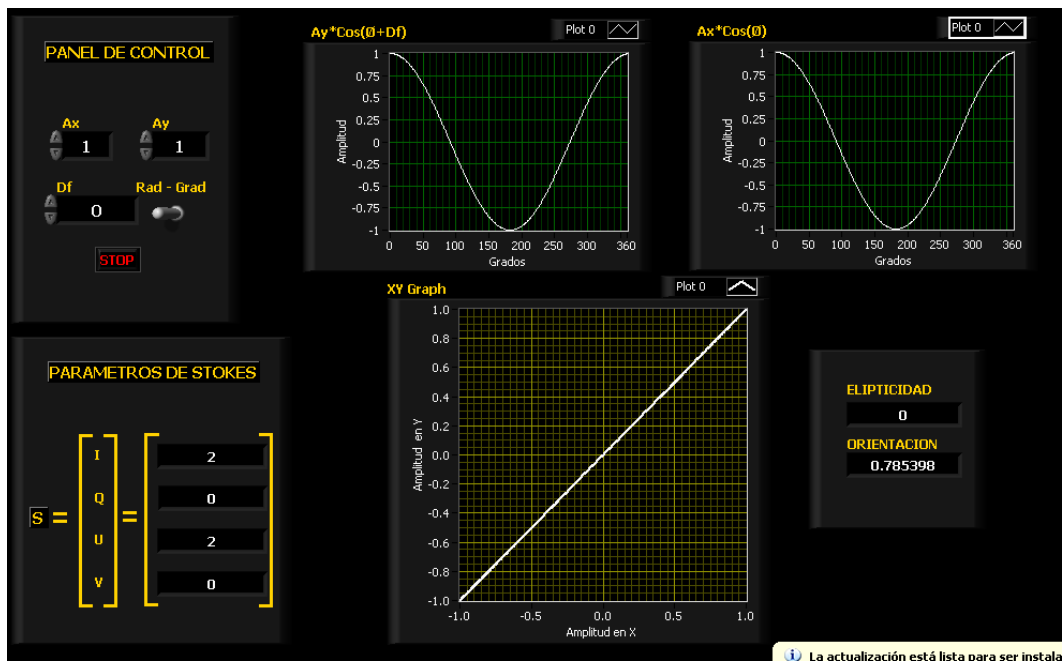


Fig. 3.6 Polarización lineal a 45°

Ejemplo de Elíptica a 45° elíptica con:

$D_f = 45^\circ$ ;  $X = 1$ ,  $Y = 1$ .

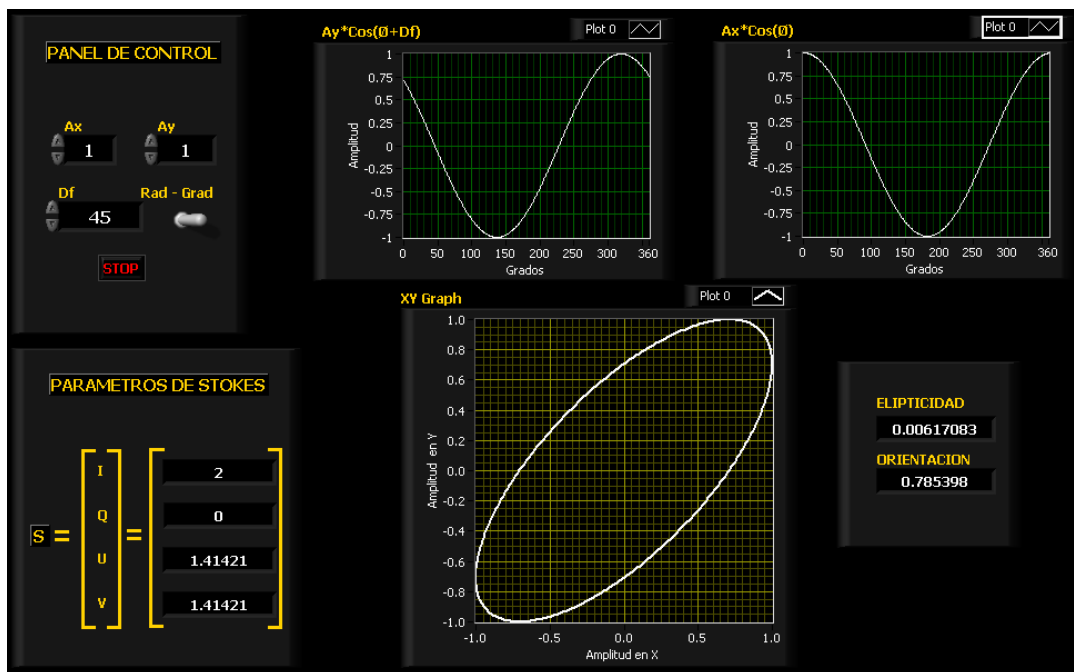


Fig. 3.7 Polarización elíptica a 45°

### 3.3 PROGRAMA DE ROTACIÓN DE MATRICES

El programa consiste en seleccionar la matriz correspondiente a un polarizador, una placa retardadora  $\lambda/4$  o una placa retardadora  $\lambda/2$  a través de un selector en el programa y multiplicarlas por una matriz de rotación a un ángulo  $\theta$ , logrando así rotar el mismo ángulo la matriz del componente seleccionado.

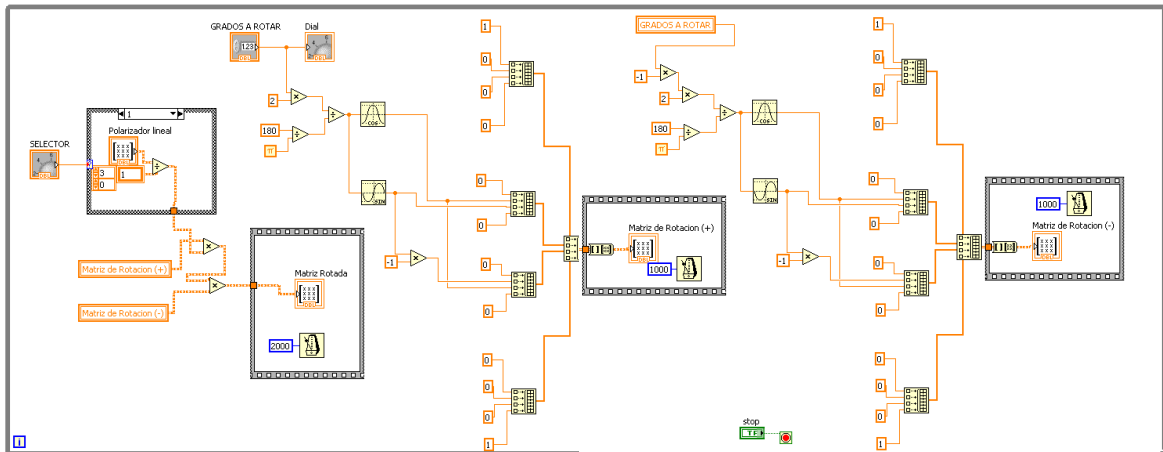


Fig. 3.8 Código del programa de rotación de matrices

Matriz del polarizador.

$$M_p = -$$

Matriz para placa retardadora

$$M_{pr} =$$

Placa retardadora  $\lambda/4$ , matriz de la placa retardadora evaluada a un ángulo de  $90^\circ$

$$M_{1/4} =$$

Placa retardadora  $\lambda/2$ , matriz de la placa retardadora evaluada a un ángulo de  $180^\circ$

$$M_{1/2} =$$

Matriz de rotación.

$$M(2\theta) =$$

Panel del programa

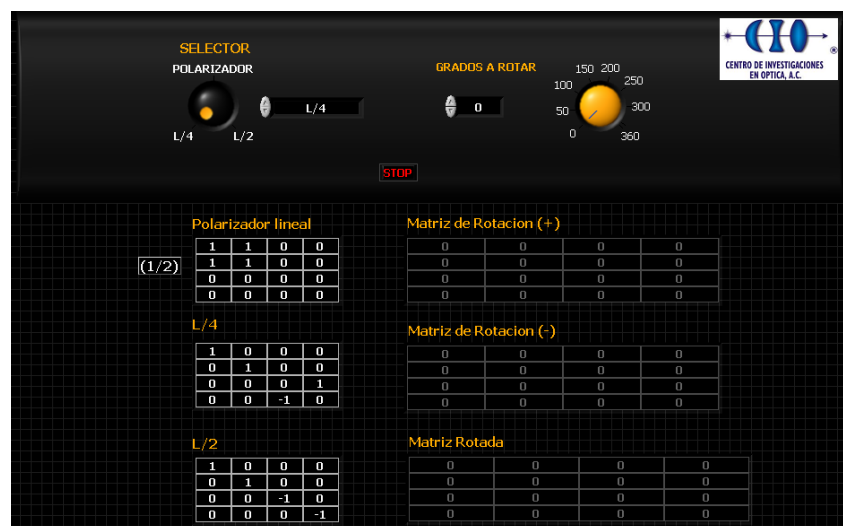


Fig. 3.9 Panel del programa

## FUNCIONAMIENTO

Como se había mencionado anteriormente, el programa se encarga de rotar una matriz, este programa es muy sencillo de utilizar, primeramente se debe elegir el componente con el que se desea trabajar (el que se rotara), una vez hecho esto pasamos a elegir el ángulo a rotar, el programa se encargara primeramente de calcular la matriz de rotación evaluada con los grados que el usuario necesite, posterior a esto calculara también la matriz de rotación con el ángulo pero multiplicado por menos uno, es decir su inverso aditivo. Y finalmente hacer la multiplicación de las 3 matrices, es decir, obtenemos así la matriz rotada (Mres)

Ec. 3.6

Donde Mres es la matriz final rotada, Mo es la matriz del objeto elegido, es decir Mp, M1/2 o M1/4, M (2θ) es la matriz de rotación y M(-2θ) es el inverso aditivo de la matriz de rotación.

Ejemplo: Rotar la matriz del polarizador a 90°

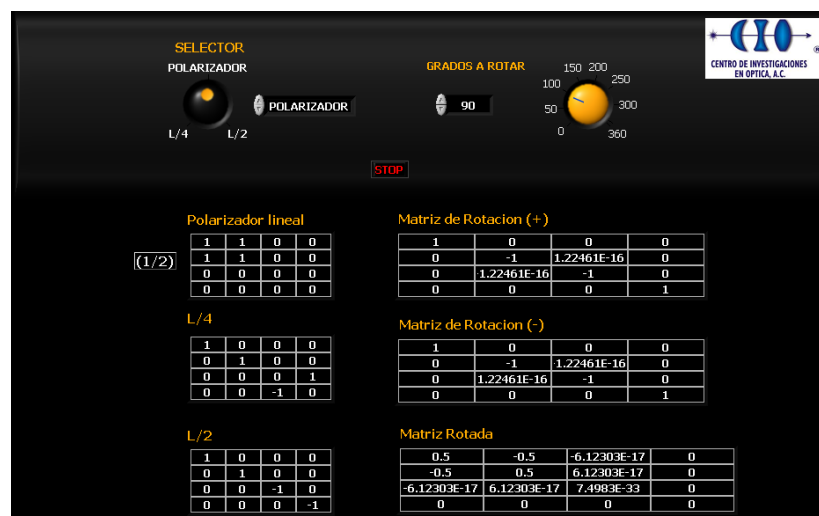


Fig. 3.10 Ejemplo de la matriz de un polarizador a 90°



# **CAPÍTULO 4**

## **MECANISMO**

## **4.1 INTRODUCCIÓN A AUTOCAD MECHANICAL**

Es un programa de diseño asistido por computadora (CAD "Computer Aided Design"; en inglés, Diseño Asistido por computadora) para dibujo en 2D y 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk.

## **4.2 CARACTERÍSTICAS.**

Al igual que otros programas de Diseño Asistido por Ordenador (DAC), AutoCAD gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc) con la que se puede operar a través de una pantalla gráfica en la que se muestran éstas, el llamado editor de dibujo. La interacción del usuario se realiza a través de comandos, de edición o dibujo, desde la línea de órdenes, a la que el programa está fundamentalmente orientado. Las versiones modernas del programa permiten la introducción de éstas mediante una interfaz gráfica de usuario o en inglés GUI, que automatiza el proceso.

Como todos los programas y de DAC, procesa imágenes de tipo vectorial, aunque admite incorporar archivos de tipo fotográfico o mapa de bits, donde se dibujan figuras básicas o primitivas (líneas, arcos, rectángulos, textos, etc.), y mediante herramientas de edición se crean gráficos más complejos. El programa permite organizar los objetos por medio de capas o estratos, ordenando el dibujo en partes independientes con diferente color y grafismo. El dibujo de objetos seriados se gestiona mediante el uso de bloques, posibilitando la definición y modificación única de múltiples objetos repetidos.

Parte del programa AutoCAD está orientado a la producción de planos, empleando para ello los recursos tradicionales de grafismo en el dibujo, como color, grosor de líneas y texturas tramadas. AutoCAD, a partir de la versión 11, utiliza el concepto de espacio modelo y espacio papel para separar las fases de diseño y dibujo en 2D y 3D, de las específicas para obtener planos trazados en papel a su correspondiente escala. La extensión del archivo de AutoCAD es .dwg, aunque permite exportar en otros formatos (el más conocido es el .dxf). Maneja también los formatos IGES y STEP para manejar compatibilidad con otros softwares de dibujo.

El formato.dxf permite compartir dibujos con otras plataformas de dibujo CAD, reservándose AutoCAD el formato.dwg para sí mismo. El formato.dxf puede editarse con un procesador de texto básico, por lo que se puede decir que es abierto. En cambio, el.dwg sólo podía ser editado con AutoCAD, si bien desde hace poco tiempo se ha liberado este formato (DWG), con lo que muchos programas CAD distintos del AutoCAD lo incorporan, y permiten abrir y guardar en esta extensión, con lo cual lo del DXF ha quedado relegado a necesidades específicas.

Aprender a manejar este software fue un verdadero reto ya que era algo completamente nuevo para mí. Con este software se logro diseñar la maquinaria (grupo de engranes) y las bases que darán soporte y servirán de monturas para dichos engranes, esto en conjunto y con la ayuda de un motor a pasos y su sistema de control serán los encargados de mover las lentes que darán origen a los diferentes estados de polarización.

Cabe mencionar que el motor a pasos que se utilizara realiza un movimiento de 1.8 grados por paso, por lo cual, para dar una vuelta completa tendríamos que generar 200 pasos. Estas cifras no son de mucha precisión para este generador de estados de polarización, ya que si se quisieran mover por ejemplo 2 grados o 3 grados, esto sería imposible por las características del motor, razón por la cual se genero el sistema de engranes que permite reducir los grados por vuelta del motor, pasando de 1.8 grados como se había manejado a 0.5 grados por paso, logrando así una mayor precisión para el generador, y así obtener un mayor número de estados de polarización.

#### **4.3 SISTEMA DE ENGRANES.**

Los engranajes son sistemas mecánicos que transmiten el movimiento de rotación desde un eje hasta otro mediante el contacto sucesivo de pequeñas levas denominadas dientes. Los dientes de una rueda dentada pueden ser cilíndricos o helicoidales.

De las dos ruedas dentadas que componen el engranaje básico, la más pequeña recibe el nombre de *piñón*, mientras que la de mayor diámetro recibe el nombre genérico de *rueda*

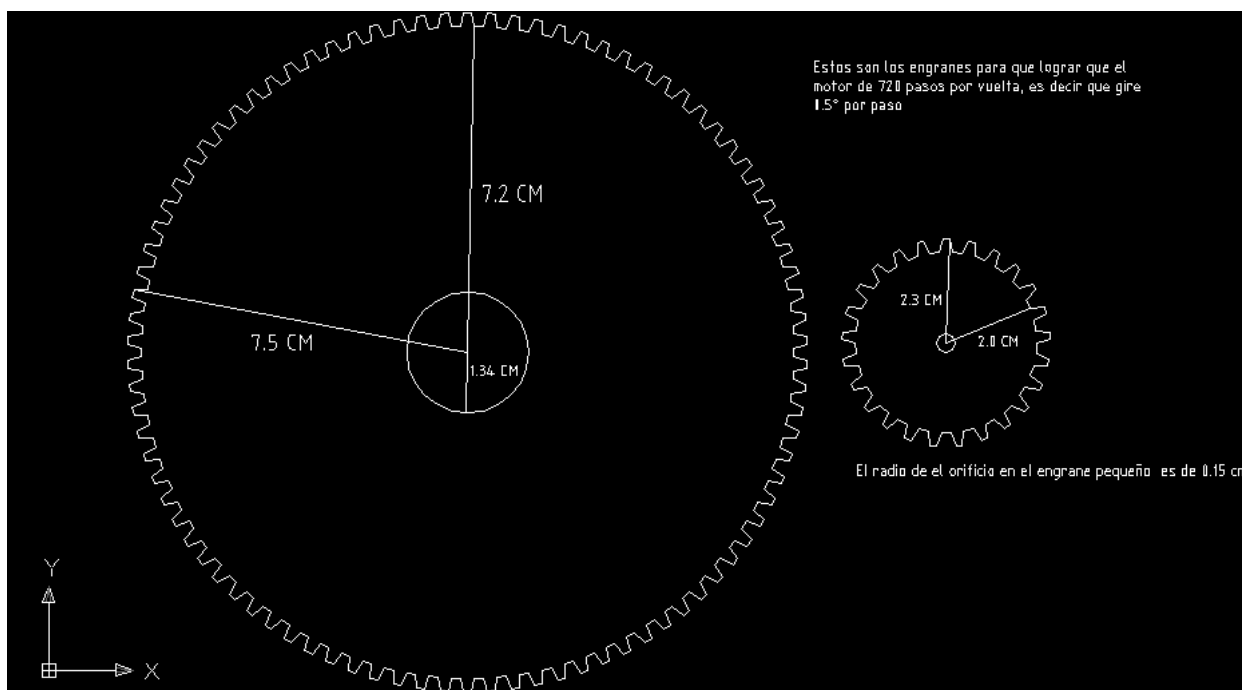


Fig. 4.1 Diseño de engranes

Datos.

Nombre	Piñón	Rueda
Diámetro de la base	0.15cm	1.34cm
Diámetro de engranes sin incluir dientes	2.0cm	7.2cm
Diámetro total de engranes	2.3cm	7.5cm
Numero de dientes	25	90

Tabla 4.1. Datos de los engranes

Como se había mencionado anteriormente los engranes fueron diseñados para reducir el grado por paso de el motor de 1.8 a 0.5 grados, logrando así poder posicionar el motor en escalas de 0.5, es decir, 0, 0.5, 1.0, 1.5 grados, etc. Hasta llegar a 180 grados.

Se hace rotar el motor de 0 a 180 y no hasta 360 grados, porque después de los 180 grados los estados de polarización se repiten, ya que los ángulos son opuestos.

#### 4.4 BASES DE SOPORTE

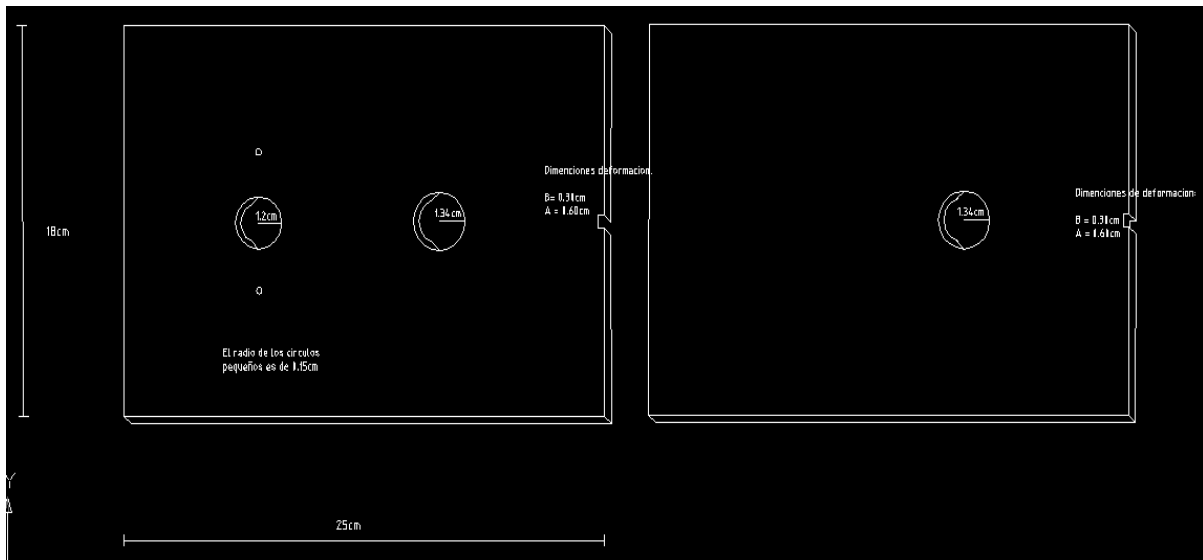


Fig. 4.2 Placas de soporte

Son estas bases en donde se montara el motor y el elemento óptico, se necesitan dos juegos puesto que utilizaremos dos motores y dos elementos ópticos, estas bases fueron construidas de acrílico.

Las medidas con las cuales fueron hechas fueron tomadas conforme a la medida de cada componente que en ella se incrustara.

Datos.

Altura de la placa	16cm
Base de la placa	25cm
Radio de la abertura donde será colocada el elemento óptico	1.34cm
Radio de la abertura central, donde ira colocado el motor	1.3cm
Radio de la abertura donde se colocaran los tornillos del motor	0.15cm
Deformación a un costado de la placa	0.3 ancho x 0.6 alto

Tabla 4.2 Datos de la base de soporte

#### 4.5 BASES SUPERIOR E INFERIOR

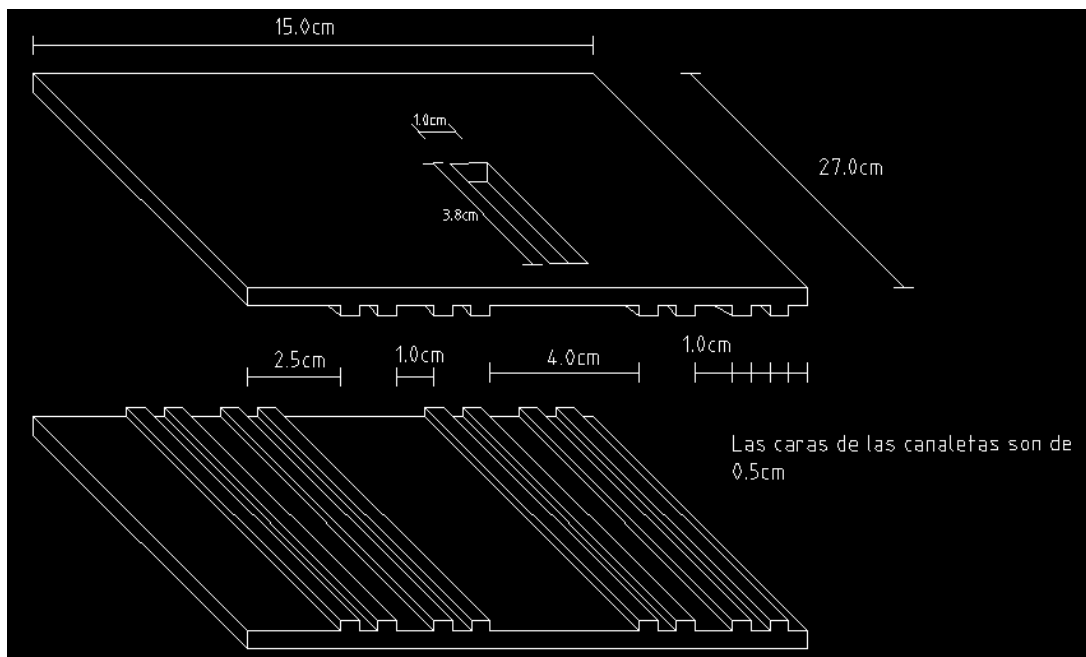


Fig. 4.3 Base superior e inferior

Datos.

$$B = 15\text{cm}$$

$$A = 27\text{cm}$$

$$O_s = 1.0\text{cm de base} \times 3.8\text{cm altura}$$

$$A_c = 0.5\text{cm}$$

Donde: B = Base de las placas

A = Altura de las placas

$O_s$  = Orificio superior

$A_c$  = ancho de las canaletas

Cabe resaltar que las distancias entre las canaletas son tomadas en cuenta únicamente para delimitar el espacio que ocupara el motor, no precisan exactitud.

# **CAPITULO 5**

## **CIRCUITO ELECTRONICO**

## 5.1 CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE CONTROL

### 5.1.2 PROGRAMA

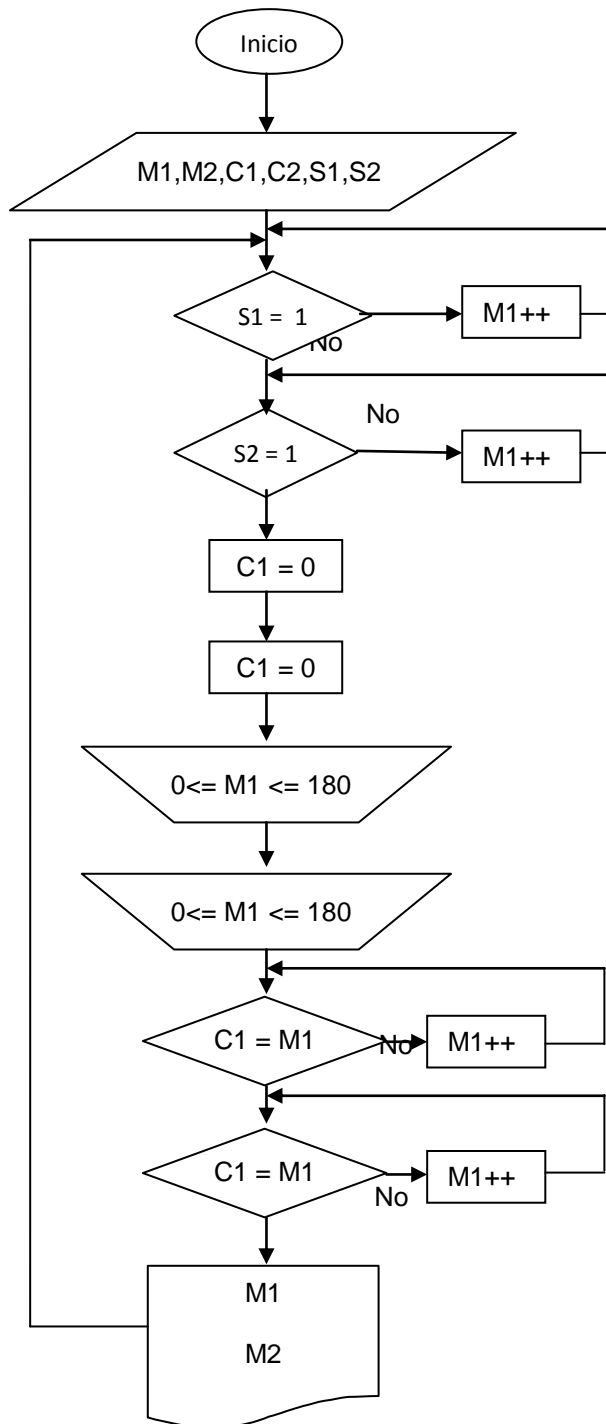
El programa consiste en posicionar los engranes en los cuales estarán las placas retardadoras L/2 y L/4, por medio de dos motores a pasos. Al inicializar el programa por medio de los sensores se tiene que verificar ambas placas se encuentren en cero grados, es decir, en el eje rápido de transmisión, de no ser así, los motores comenzaran a moverse uno a uno hasta lograr este objetivo.

Una vez posicionadas las placas retardadoras, en un Display LCD aparecerá una leyenda pidiendo los grados a los que se desea rotar el primer motor, se proporcionaran el numero de grados y enseguida se presionara una tecla “aceptar”, una vez hecho esto mandara la segunda leyenda pidiendo los grados a rotar de el segundo motor, de igual manera proporcionamos el numero de grados y presionamos la tecla intro 2, posterior a esto los motores empezaran a moverse uno a la vez hasta llegar a la posición indicada, generando así un estado de polarización.

Los motores permanecerán en esa posición hasta que el usuario termine de trabajar con este estado de polarización, si se desea trabajar con otro estado de polarización, primero se tiene que aplicar la tecla “reset”, esto hará que empiece a moverse el motor uno hasta encontrar el cero (hasta que se detecten lo sensores), posteriormente se moverá el motor dos igualmente hasta encontrar la posición inicial, una vez hecho esto se repite la secuencia para moverlos nuevamente. A continuación se muestra el código hecho en “MicroC PRO for pic” es un compilador de C para los microcontroladores PIC.



## DIAGRAMA DE FLUJO



Donde:

S1 y S2 Son sensores, por lo tanto el único valor que pueden obtener es cero o uno.

M1 y M2 Son los grados de los motores 1 y 2 respectivamente; al tomar S1 el valor de 1 lógico, M1 tomará automáticamente el valor de 0, S2 y M2 funcionan de la misma manera

### 5.1.3 SIMULACIÓN

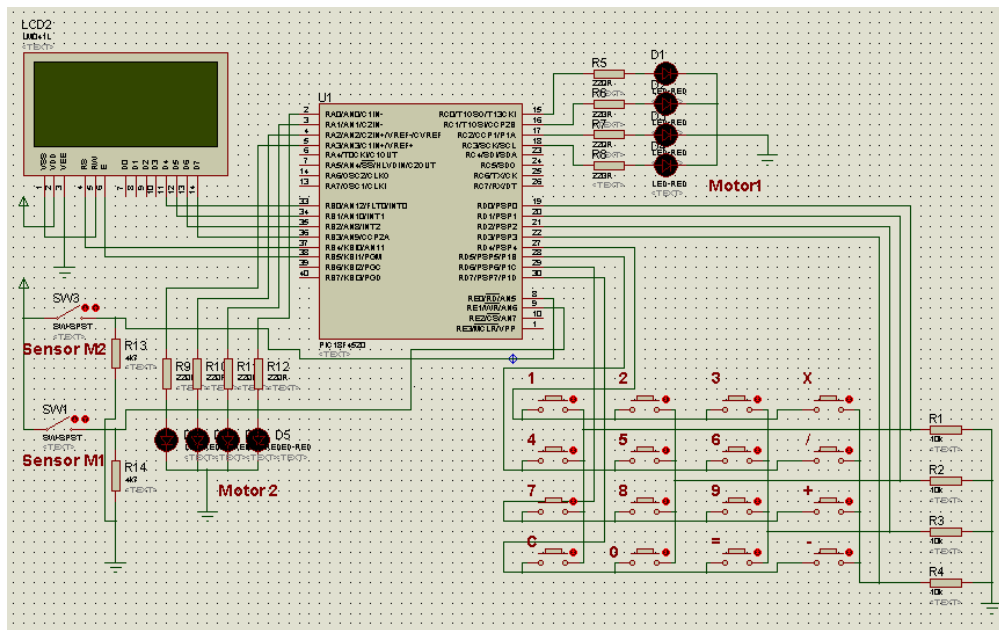


Fig. 5.1 Simulación del sistema de control

En la fig. 5.1 se muestra una imagen de la simulación de nuestro sistema de control del generador de estados de polarización, Cabe resaltar que en esta simulación no ponemos el cristal de cuarzo, ni las alimentaciones ya que en el programa no son necesarios.

Los motores a pasos están simulados por diodos de emisión de luz de tal manera que cada diodo simule un paso del motor.

Los sensores se simularon con dos switches, cuando están abiertos simulan la detección del objeto esto quiere decir que las lentes se encuentran a cero grados. Cuando están normalmente cerrados indican que los motores deben posicionarse (moverse hasta encontrar el objeto).

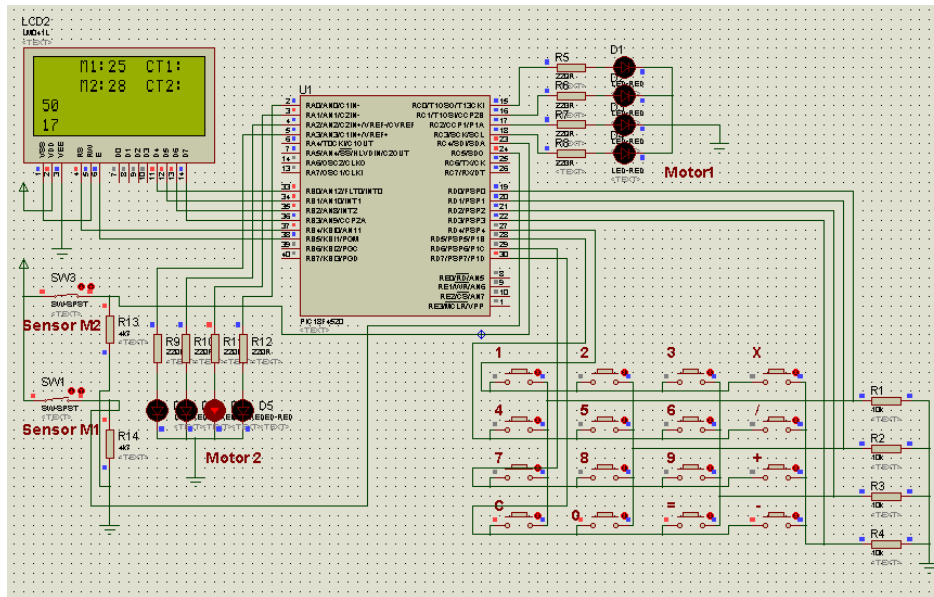


Fig. 5.2 Simulación en proceso del sistema de control

En la Fig. 5.2 se puede observar que el Motor 1 se encuentra con una rotación de  $25^\circ$ , (se puede apreciar en el display LCD el contador uno dice 50, pero debe recordarse que el sistema de engranes hace que la placa gire a  $0.5^\circ$ , por lo que el motor tiene que dar 50 pasos para que la placa retardadora llegue a  $25^\circ$ ), se puede observar de igual manera que el Motor 2 se encuentra en movimiento, tiene que llegar a  $28^\circ$  y según el contador 2 lleva 17 pasos.

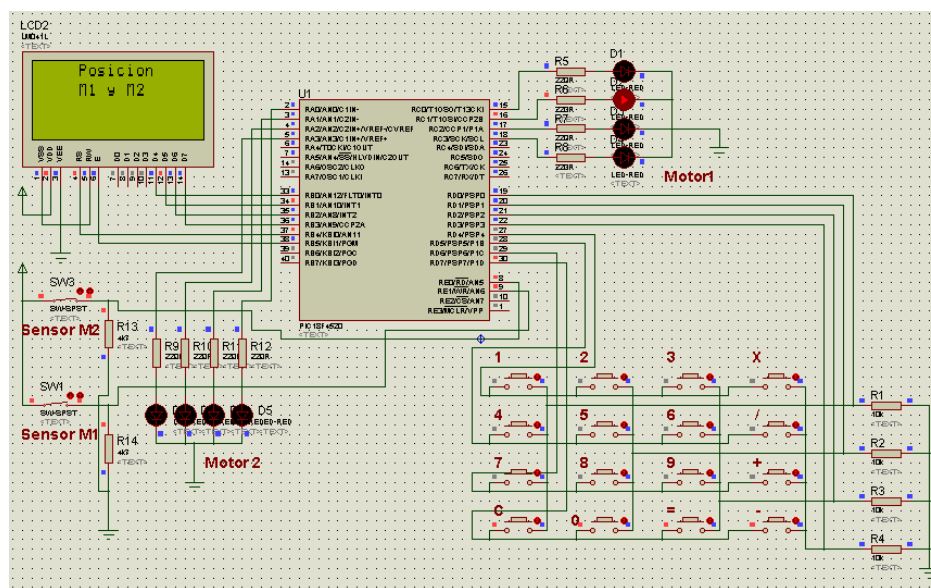


Fig. 5.3 Simulación en proceso del sistema de control, etapa reset

Esta es la etapa de reset (Fig. 5.3), esto es lo que ocurre cuando en el programa se encuentran los sensores en continuidad, es decir, que no detectan ninguna presencia de objeto, por lo que significa que las lentes están rotadas y presionamos la tecla reset. Los motores comenzaran a moverse uno por uno hasta encontrar los cero grados. En esta figura se observa como el Display LCD muestra que los motores se están posicionando, el motor 1 se encuentra moviéndose y continuara así como ya se había mencionado hasta encontrar el cero inicial (los cero grados), una vez hecho eso el motor 2 comenzara a moverse haciendo el mismo proceso y en el Display LCD desaparecerá la leyenda “Posición M1 y M2” y aparecerá “M1” que significa que el programa esta reiniciado con las lentes en cero grados y listo para generar un nuevo estado de polarización.

#### **5.1.4 ELECCIÓN DE MATERIALES**

Para la elaboración y diseño del sistema se disponen de los siguientes componentes que han sido previamente seleccionados por su versatilidad, precio y factibilidad de utilización dentro de una amplia variedad de componentes electrónicos.

Para el giro continuo de las placas retardadoras  $L/2$  y  $L/4$  se utilizará un motor a pasos de cinco hilos para cada una de ellas que cubren las necesidades de grados por paso, precisión y tamaño para el funcionamiento correcto del sistema, además de su sencillo manejo.

## MOTORES A PASOS

Características:

- Potencia máxima = 7W
- Voltaje máximo = 12V
- Gados por paso = 1.8°
- Pasos por vuelta = 200
- Intensidad = 1 ampere por fase
- Dimensiones en milímetros
  - Diámetro motor = 54
  - Diámetro tornillos = 63
  - Altura sin eje = 25
  - Altura con eje = 40

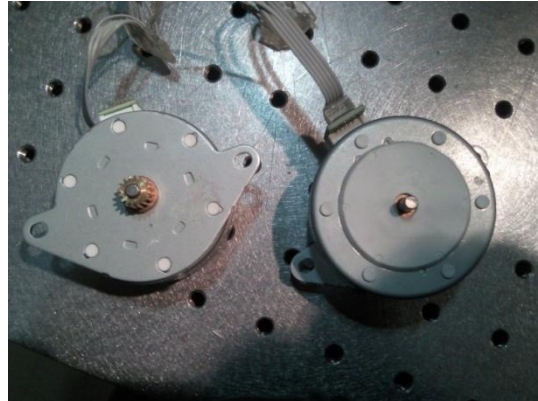


Fig. 5.4 Motores a pasos

## PIC18F4520

### 40-pin PDIP

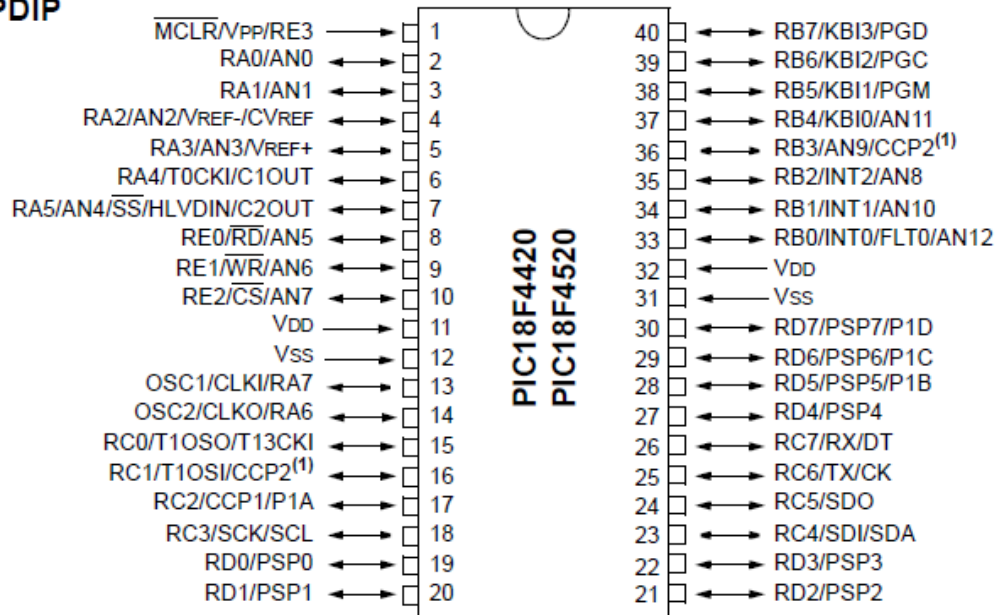


Fig. 5.5 Pines del Pic18f4520

Se eligió este pic por la capacidad en memoria flash que posee que es de 32KB, la capacidad de memoria de instrucciones por palabra que son 16 384, la

memoria de datos SRAM 1536KB, memoria de datos EEPROM 256KB, a continuación se muestra la tabla de especificaciones de el pic.

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	CCP/ ECCP (PWM)	MSSP		EUSART	Comp.	Timers 8/16-bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				SPI	Master I <sup>2</sup> C			
PIC18F4520	32K	16384	1536	256	36	13	1/1	Y	Y	1	2	1/3

Fig. 5.6 Tabla de especificaciones del pic 18f4520

## CRISTAL DE CUARZO DE 4MHz

Cristal de cuarzo de 4MHz, este oscilador fue el que mejor se adapta a las necesidades, puesto que se tiene trabajando el pic en el modo XT (cristal/resonator), para esta configuración se usan capacitores 2 cerámicos de 15pF que van a cada pata de cristal y a tierra.

## ULN2003AN

El ULN2003, circuito comercial con 7 transistores Darlington con entradas compatibles con TTL, c/u protegido con 2 diodos (protegen contra tensiones inversas y picos inductivos).

Son los encargados de generar del pulso obtenido por el pic mayor corriente y voltaje con la finalidad de hacer trabajar los motores a pasos, esto es gracias a su configuración darlington de transistores.

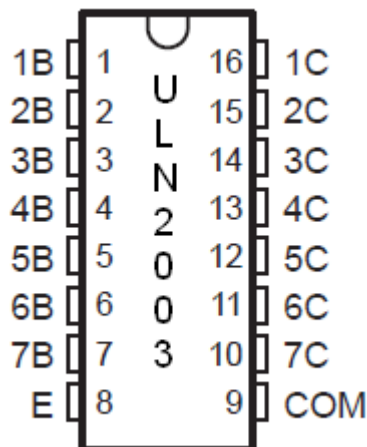


Fig. 5.7 pines del ULN2003

- Corriente máxima: 500 mA (sólo se muestran 4 de los 7 transistores Fig. 5.8).
- Incluye los diodos de “damping” para proteger al transistor de la cte. inversa cuando se desconecta la carga inductiva

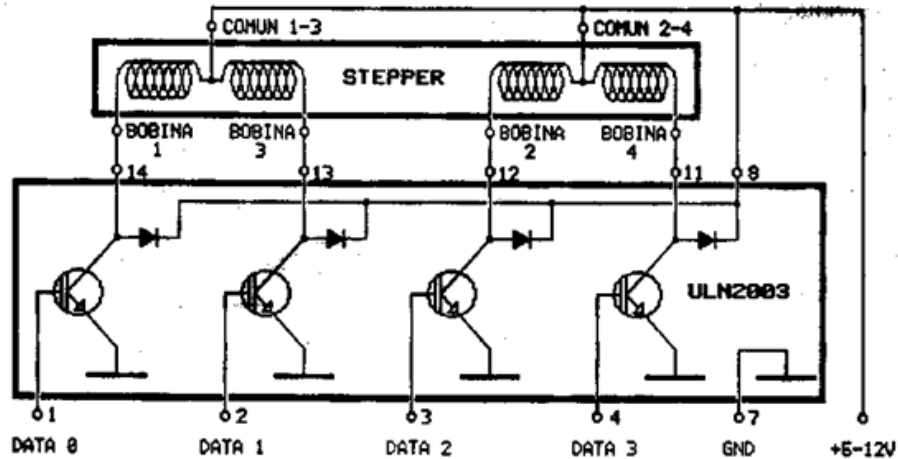


Fig. 7.8 Configuración interna del ULN2003

## SENSOR ÓPTICO DE HERRADURA H21A1

Este tipo de sensores constan de un diodo transmisor y un receptor, que vienen ya integrados y alineados dentro de su carcasa. Este será el encargado de determinar el cero inicial del sistema de control.

El sensor estará alineado al eje rápido de polarización de las lentes, cuando el sensor se encuentre en conducción significará que las placas retardadoras están rotadas, y al iniciar el programa los motores deberán alinearse, es decir moverse hasta encontrar el cero inicial, esto se llevara a cabo cuando el eje rápido de polarización sea detectado por el sensor, por tal motivo el sensor se pondrá en corto detectando así el estado inicial.

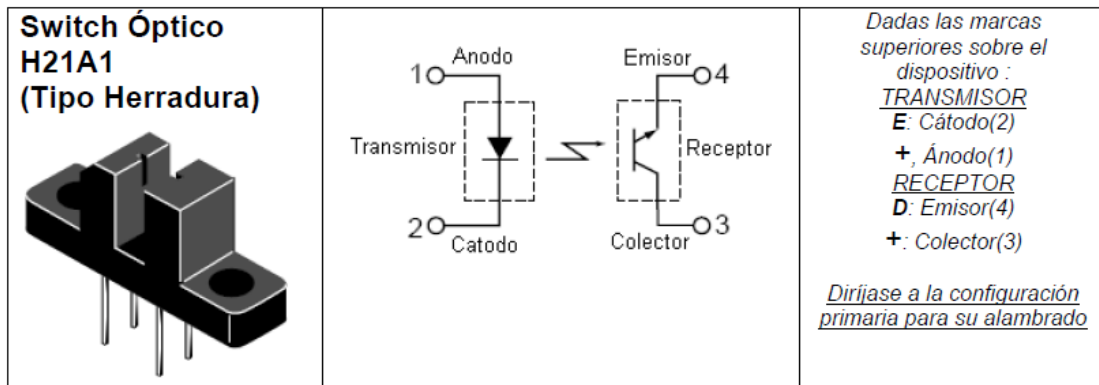


Fig. 7.9 Sensor de herradura H21A1

#### 5.1.4 DISEÑO DEL CIRCUITO

En las figuras 7.11, 7.12 y 7.13 se puede observar los circuitos electrónicos, el central, el del teclado y el circuito de la fuente en ese orden respectivamente.

El circuito central consta del pic18f4520, los integrados ULN2003AN, el cristal de cuarzo con sus capacitores correspondientes y las entradas a borneras del teclado, el Display LCD de 2x16, Los motores a pasos, Los sensores y la fuente de alimentación.

Los motores utilizados se controlaran por medio del pic18f4520 de Microchip Technology Inc. este pic no es muy comercial, pero es perfecto para realizar este tipo de trabajos debido a que a comparación de los de la familia 16f, presentan mejoras en su programación en C con un grado muy optimo, así como mayor una mayor memoria en RAM y EEPROM, en la familia 18f no tienes bancos de memoria de programa, así que te olvidas de seleccionar la pagina antes de un “call” o un “go to” y cuenta con más interruptores externos (RB0, RB1 y RB) a diferencia de el RB0 solitario en la familia de los 16f.

Los circuitos se hicieron por separado debido a que en el gabinete se colocará solamente por dentro el circuito central, el teclado, sensores, motores y Display LCD se colocaran por fuera (Véase ANEXO 2).



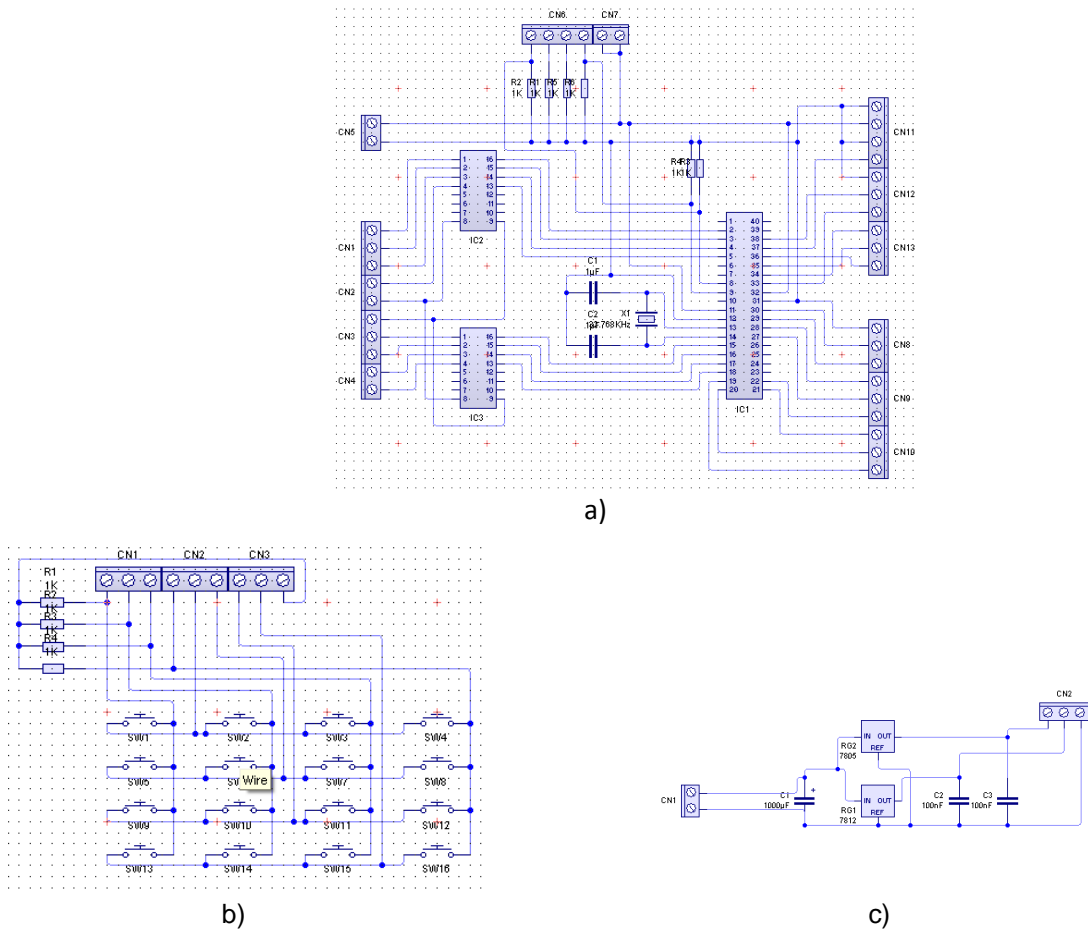


Figura 7.11.- Diseño de circuitos a) Central. b) Teclado. c) Fuente de alimentación

El teclado está constituido por 16 push buttons normalmente abiertos, es un simple arreglo de botones conectados en filas y columnas, de modo que se pueden leer varios botones con el mínimo de números de pines requeridos. Un teclado matricial de 4x4 (como el que se construyó Fig. 7.14(a)) solamente ocupa 4 líneas de un puerto para las filas y otras 4 para las columnas, de este modo se pueden leer 16 teclas usando únicamente 8 líneas de un microcontrolador.

El puerto D del microcontrolador 18f4520 viene preparado especialmente para un control de un teclado matricial de 4x4. Para tener siempre el valor de 1 lógico en las columnas del teclado (parte alta del puerto D del pic) es necesario conectar resistencias de pull-up, sin embargo el puerto D cuenta con resistencias pull-up integradas, de este modo es posible trabajar con un teclado matricial sin necesidad de ningún componente externo.

En las figuras 7.14(a) y 7.14 (b) se puede distinguir dos teclados matriciales, uno de ellos es comercial y el otro es el que se elaboró para el proyecto.



Fig. 7.14 (a) Teclado del proyecto



Fig 7.14 (b) Teclado comercial

Para las fuentes de alimentación se utilizaron los integrados LM7805 y LM7812, estos son los encargados de regular los voltajes a 5V y 12V respectivamente, el voltaje inicial lo tomamos de un regulador cuyas características son:

Voltaje 18V

Corriente 1A

Posteriormente se coloca un filtro seguido de los integrados conectados en paralelo con el filtro, convirtiendo así una fuente de 18V en dos salidas (podría decirse que se tienen dos fuentes a la salida) una de 5V, esta será la encargada de alimentar al pic18f4520 y otra de 12V que será la que alimentara al los ULN2003AN y por consiguiente a los motores. A la salida de cada una de las fuentes se colocan dos filtros RC (uno para cada una de ellas) logrando así que los voltajes entregados sean constantes.

## CONCLUSIONES

Logramos comprender durante el transcurso del proyecto múltiples conceptos, como son el comportamiento de la luz y la teoría sobre su comportamiento estadístico para la creación de estados de polarización, se indagó y entendió el tema sobre naturaleza de la luz, polarización, tipos de polarización, vector de Jones, parámetros de Stokes, matrices de Muller, los cuales fueron las bases para la creación de nuestros programas.

Se concluyeron satisfactoriamente los programas para generar estados de polarización a partir de las ecuaciones de polarización y el programa de rotación de matrices, con los cuales al interactuar el usuario con ellos podrá descubrir acerca de cómo generar y hacer variar dichos estados de polarización, así como también el comportamiento de los instrumentos ópticos como las placas retardadoras y los polarizadores cuando estos son rotados, en este programa se ve cuales son los cambios internos que sufren en sus parámetros de Stokes y como al ir rotando el elemento óptico van cambiando dichos parámetros.

Se creó de manera satisfactoria un sistema de control para un generador de estados de polarización, el cual consiste en poder mover a voluntad en un ángulo de 0 a 180 grados, con pasos de 0.5 grados por paso, dos placas retardadoras ( $L/2$  y  $L/4$ ) para generar los mayores estados de polarización posibles.

Los engranes que se diseñaron están con una escala de 1:3.2, es decir, cuando la rueda (el engrane de mayor tamaño) que es el engrane en donde se encontraran los elementos ópticos dé una vuelta completa, el piñón (engrane pequeño) debe haber dado ya 3.2 vueltas logrando con esto que los grados por paso de el motor baje de 1.8 a 0.5 grados.

## Referencias

- Láser Hand Book, Metrologic Instrumnet Inc. New Jersey 1981.
- Eisberg, R. "Física" Vol. II. Editorial McGraw-Hill. Madrid 1984. \_
- Finn, E. "campos y Ondas". Vol. II. F.E.I. México 1976.
- Halliday, R. "Física" Vol. II. Editorial Continental.
- Mckelvey, S. "Física" Vol. II. Editorial Harla. México.
- P.S.S.C. "Física" Editorial Bedout. Medellín 1960.
- Tipler, P. "Física" Vol. II. Editorial Reverté. Madrid 1980.
- A.Gerard, J.M.Burch, "Introduction to matricial methods in optics", 1975.
- J.Lee, J.Koh, R.W.Collins, "Multichanel Mueller matriz ellipsometer for real-time
- Luis y L. L. Sánchez-Soto, Progress in Optics 41 (2000) 421
- Luis, Phys. Rev. A 66 (2002) 013806
- Luis, Opt. Commun. 216 (2003) 165
- Polarization of Light, S. Huard, Wiley
- Polarized Light, D. Goldstein, Marcel Decker
- Polarized Light, C. Brosseau, Wiley
- Handbook of Ellipsometry, H. G. Tompkins, William Andrew Publ.
- Ellipsometry and Polarized Light, R.M.A. Azzam and N.M. Bashara, North Holland
- Optical Waves in Crystals, A. Yariv and P. Yeh, Wiley
- Coughlin, R. and Driscoll F., Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales, México: Prentice Hall, 1999, pp.214-244.
- Jacob, M., Applications and Design with Analog Integrated Circuits, New Jersey: Prentice Hall, 1982, pp. 359-425.
- Iplotlibrary.dll for WIN 2000/XP, Disponible en <http://www.iocomp.com>
- Comandos del puerto serial. En: <http://support.microsoft.com/kb/139526/es>
- National Instruments., "Lookout Developer`s Manual", United States, November 2001, pp.
- Artículo "Supervisión y Control de Procesos". Marzo 2003. Disponible en [http://www.isa.uniovi.es/~vsuarez/ Download/Apuntes.pdf](http://www.isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/Apuntes.pdf)
- GABRIUNAS V. Apuntes de Electrónica. Universidad Distrital "Francisco José deCaldas". 1999
- Angulo Usátegui José, Begoña García Zapirain, Sáez Javier Vicente y Angulo
- Martínez Ignacio. Microcontroladores Avanzados dsPIC: Diseño práctico de aplicaciones, 1era edición. Ed. McGraw-Hill. Pág.: 54-55, 308-310, 336-337, 364-366.
- Lajara Vizcaíno José, Pelegrí José. Labview, Entorno Gráfico de Programación, primera edición, Marcombo, Barcelona, España, 2007. Pag 115,116
- Modulo LabView Data logging and Supervisory Control, disponible en: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/1010>

## ANEXO A. RUTEADOS

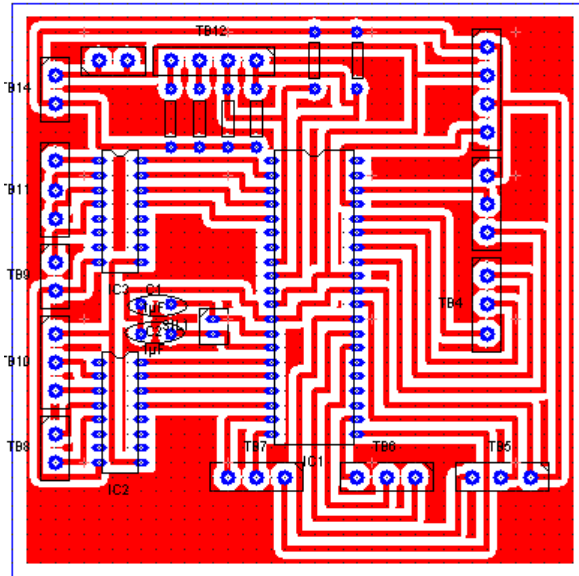


Fig. 7.12 Ruteado del Circuito. Central

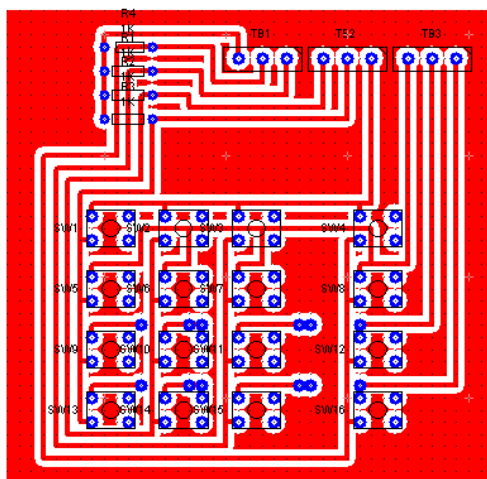


Fig. 7.13 Ruteado Circuito. Teclado

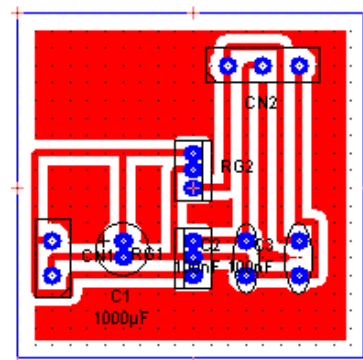


fig. 7.14 Ruteado Circuito fuentes  
de alimentación

## ANEXO B. CIRCUITOS FISICOS

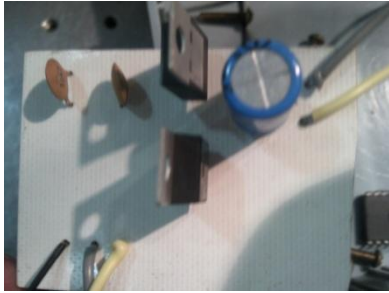


Fig. A.1 fuentes de alimentación

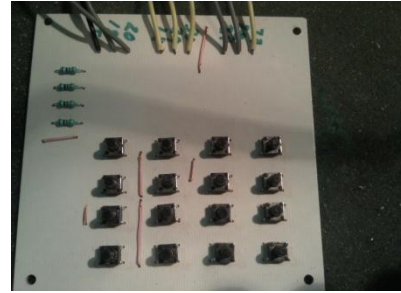


Fig. A.2 teclado

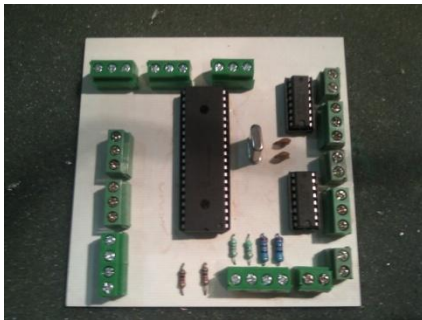


Fig. A.3 Cto. central

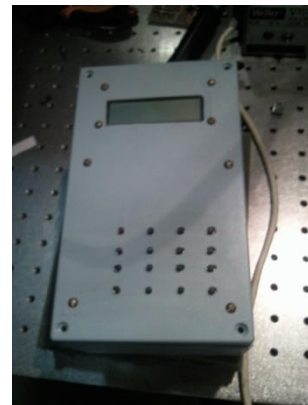


Fig. A.4 gabinete

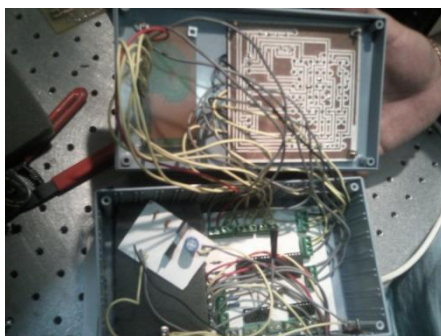


Fig. A.5 Placas montadas en el gabinete

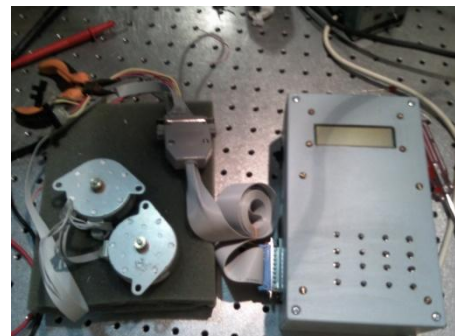


Fig. A.6 Proyecto final

## ANEXO C. CODIGO DEL PROGRAMA EN MICRO C

```
unsigned short kp;
char texto[20];
float dato_1, dato_2;
double float res;
int paso1, paso2, dato1_0, dato1_1,
dato1_2, dato2_0, dato2_1, dato2_2, x1, x2, y1,
y2, aux1, aux2, aux3, aux4, aux5, aux6, cnt1,
cnt2;

sbit LCD_RS at RB4_bit;
sbit LCD_EN at RB5_bit;
sbit LCD_D4 at RB0_bit;
sbit LCD_D5 at RB1_bit;
sbit LCD_D6 at RB2_bit;
sbit LCD_D7 at RB3_bit;
sbit LCD_RS_Direction at TRISB4_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISB5_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB0_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB1_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB2_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB3_bit;
// End LCD module connections

void main() {
    TRISC=0x00;
    PORTC=0x00;
    TRISA=0x00;
    PORTA=0x00;
    ADCON1=0X0F;
    TRISE=0xF;
    //TRISE=15;
    x1=0;
    x2=0;
    aux1=0;
    aux2=0;
    aux3=0;
    aux4=0;
    aux5=0;
    aux6=0;
    y1=0;
    y2=0;
    dato_1 = 0;
    dato_2 = 0;
    cnt1 = 0;
    cnt2 = 0;
    Keypad_Init();
    Lcd_Init();
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
    Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF);
    Lcd_Out(1, 5, "M1:");
    Lcd_Out(1, 8, "");
    dato1_0=0;
    dato1_1=0;
    dato1_2=0;
    dato2_0=0;
    dato2_1=0;
    dato2_2=0;
    paso1=0;
    paso2=0;
    kp = 0;
    while(1) {
        kp = Keypad_Key_Click();
        switch (kp) {
            case 1: kp = 49; break;
            case 2: kp = 50; break;
            case 3: kp = 51; break;
            case 4: kp = 11; break;
            case 5: kp = 52; break;
            case 6: kp = 53; break;
            case 7: kp = 54; break;
            case 8: kp = 12; break;
            case 9: kp = 55; break;
            case 10: kp = 56; break;
            case 11: kp = 57; break;
            case 12: kp = 13; break;
            case 13: kp = 10; break;
            case 14: kp = 48; break;
            case 15: kp = 15; break;
            case 16: kp = 14; break;
        }
        if(aux4==0 && PORTE>0 && PORTE<=3 )
        //PORTC<=48 && PORTC>15
        {
            Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
            Lcd_Out(1, 5, "Posicion");
            Lcd_Out(2, 5, "M1 y M2");
            if(PORTE>=2 && aux5==0) // PORTC>=32 &&
            aux5==0
            {
                PORTC=1;
                delay_ms(100);
                aux5=1;
            }
            else if(PORTE>=2 && aux5==1)
            //PORTC>=32 && aux5==1
            {
                PORTC=2;
                delay_ms(100);
                aux5=2;
            }
            else if(PORTE>=2 && aux5==2)
            //PORTC>=32 && aux5==2
            {
                PORTC=4;
                delay_ms(100);
                aux5=3;
            }
            else if(PORTE>=2 && aux5==3)
            //PORTC>=32 && aux5==3
            {
                PORTC=8;
                delay_ms(100);
                aux5=4;
            }
            else if(PORTE>=2 && aux5==4)//PORTC>=32
            && aux5==4
            {
                PORTC=0;
                delay_ms(100);
                aux5=0;
            }
            else if(PORTE==1 && aux6==0) //
            {
                PORTA=1;
                delay_ms(100);
                aux6=1;
            }
            else if(PORTE==1 && aux6==1) //
```

```

{
  PORTA=2;
  delay_ms(100);
  aux6=2;
}
else if(PORTE==1 && aux6==2) //
{
  PORTA=4;
  delay_ms(100); //utilizar aux6
  aux6=3;
}
else if(PORTE==1 && aux6==3) //
{
  PORTA=8;
  delay_ms(100);
  aux6=4;
}
}
else if(PORTE==1 && aux6==4) //
{
  PORTA=0;
  delay_ms(100);
  aux6=0;
}
}
if(PORTE<2)
{
  PORTC=0;
  aux5=0;
}
if(PORTE==0)
{
  PORTA=0;
  aux6=0;
}
if(PORTE==0 && aux4==0)
{
  aux4=1;
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
  Lcd_Out(1, 5, "M1.");
  Lcd_Out(1, 8, "");
}
if (aux4==1 && aux1==0 && kp>=48 && kp<58 )
{
  cnt1++;
  LCD_Chr_Cp(kp);
  if(cnt1==1) dato1_0=kp-48;
  if(cnt1==2) dato1_1=kp-48;
  if(cnt1==3) dato1_2=kp-48;
}
if (kp==11)
{
  aux1 = 1;
  Lcd_Out(2, 5, "M2.");
  Lcd_Out(2, 8, "");
}
if (aux1==1 && kp>=48 && kp<58 ) {
  cnt2++;
  LCD_Chr_Cp(kp);
  if(cnt2==1) dato2_0=kp-48;
  if(cnt2==2) dato2_1=kp-48;
  if(cnt2==3) dato2_2=kp-48;
}
if(kp==12) //igual
{
  if (cnt1>=0)
  {
    if(cnt1==1)dato_1=dato1_0;
    else if(cnt1==2)dato_1 = dato1_1 +
(10*dato1_0);
    else if(cnt1==3)dato_1 = dato1_2 +
(10*dato1_1) + (100*dato1_0);
    y1=2*dato_1;
  }
  if (cnt2>=0)
  {
    if(cnt2==1)dato_2=dato2_0;
    else if(cnt2==2)dato_2 = dato2_1 +
(10*dato2_0);
    else if(cnt2==3)dato_2 = dato2_2 +
(10*dato2_1) + (100*dato2_0);
    y2=2*dato_2;
    aux2 = 1;
  }
}
if(aux2 == 1 && dato_1 <= 180 && dato_2
<=180)
{
  if(y1==0 && aux3==0)aux3=1;
  if(y1>0 && paso1<=y1 && aux3==0)
  {
    if(x1==0 && y1>0)x1=1;
    PORTC=x1;
    delay_ms(100);
    Lcd_Out(1, 12, "CT1.");
    paso1++;
    sprintf (texto, " %d",paso1);
    Lcd_Out(1,16,texto);
    if(x1==8)
    {
      x1=0;
    }
    x1=x1*2;
    if(paso1==y1)
    {
      PORTC=0;
      aux3=1;
    }
  }
}
if(y2==0 && aux3==1)
{
  PORTA=0;
  aux3=2;
  Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
  Lcd_Out(1, 5, "Press C");
  Lcd_Out(2, 5, "New dts");
  Lcd_Out(1, 13, "<M1.");
  sprintf (texto, " %3.0f",dato_1);
  Lcd_Out(1,17,texto);
  Lcd_Out(2, 13, "<M2.");
  sprintf (texto, " %3.0f",dato_2);
  Lcd_Out(2,17,texto);
}
if(y2>0 && paso2<=y2 && aux3==1)
{
  if(x2==0 && y2>0)x2=1;
  PORTA=x2;
  delay_ms(100);
  Lcd_Out(2, 12, "CT2.");
  paso2++;
  sprintf (texto, " %d",paso2);
  Lcd_Out(2,16,texto);
  if(x2==8)
  {
    x2=0;
  }
}

```



```

    }
    x2=x2*2;
    if(paso2==y2 && aux3==1)
    {
        PORTA=0;
        aux3=2;
        Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
        Lcd_Out(1, 5, "Press C");
        Lcd_Out(2, 5, "New dts");
        Lcd_Out(1, 13, "<M1:");
        sprintf (texto, "%3.0f",dato_1);
        Lcd_Out(1,17,texto);
        Lcd_Out(2, 13, "<M2:");
        sprintf (texto, "%3.0f",dato_2);
        Lcd_Out(2,17,texto);
    }
}
if(dato_1 > 180 || dato_2 >180)
{
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
    Lcd_Out(1, 5, "RANGO 0-180");
    Lcd_Out(2, 5, "PRES C TO RETURN");
    delay_ms(500);
}
if(kp==13) //Borrar datos
{
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);
    Lcd_Out(1, 5, "M1:");
    Lcd_Out(1, 8, "");
    x1=0;
    x2=0;
    y1=0;
    y2=0;
    dato_1=0;
    dato_2=0;
    aux1=0;
    aux2=0;
    aux3=0;
    aux4=0;
    dato1_0=0;
    dato1_1=0;
    dato1_2=0;
    cnt1=0;
    dato2_0=0;
    dato2_1=0;
    dato2_2=0;
    cnt2=0;
    paso1=0;
    paso2=0;
    aux5=0;
    aux6=0;
}
}
}

```