



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“Diseño de un módulo de lectura
para pruebas de diagnóstico rápido.”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA MECATRÓNICA**

PRESENTA

ABIGAIL SARAHÍ TRUJILLO HERNANDEZ

DIRECTOR DE TESIS:

M. en I. MIGUEL ANGEL BAÑUELOS SAUCEDO



MÉXICO, D.F.

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A Dios, por permitirme realizar este sueño, por darme la sabiduría para poder distinguir lo bueno de lo malo, por darme la fortaleza para seguir adelante aun cuando el camino se ha vuelto oscuro y difícil. Gracias, por que por todo esto y mucho más me he dado cuenta que no estoy sola. Tú siempre estás conmigo.

A mi mamá Carolina, por todas tus palabras de aliento, por el apoyo que me has brindado siempre. Por todas las noches en vela mientras hacía mis proyectos, por que siempre has creído en mí, por que en ti encontré a una mujer con una fortaleza extraordinaria que aún en los peores momentos nunca se derrumbó. Por que has sido y serás mi ejemplo para toda la vida. (María gracias de todo corazón).

A mi papá Javier, por todas las enseñanzas que me has dado desde que era una niña y aunque no siempre las entendía me han ayudado a formar la persona que soy hoy. Por que me ayudaste a construir los cimientos para realizar mis sueños. Por que siempre y a pesar de todo te he admirado. Gracias por ser mi papá.

A mi hermana Ilse, por todas las aventuras que hemos vivido, por que me ayudaste a probar mi tenacidad para alcanzar mis objetivos. Por que eres importante en mi vida y nunca te voy a abandonar.

Al Ing. Jorge Araujo Nieto, por toda tu paciencia y apoyo, ahora si somos COLEGAS. Gracias por enseñarme a ver la vida con otro cristal.

A la familia Jiménez Mendoza, gracias por su apoyo incondicional y por que me hicieron sentir parte de su familia.

A mi abuelita Agustina, a mis tíos: May, Sergio y Margarita, a mi prima Maribel y a todos mis primos, por estar conmigo. Gracias.

A Jorge Escobedo, a Eduardo Huerta, a Jonathan Segura, gracias por hacer de mi estancia en la Universidad una etapa que jamás olvidaré, gracias por ser mis amigos y aunque nuestros caminos nos lleven a separarnos siempre contarán conmigo.

A Gibrán Mejía por que tu amistad es invaluable, por que has vivido conmigo tantas cosas, por que siempre estas a mi lado a pesar de que la vida por momentos nos ha separado.

A Claudia Galarza y a todos mis amigos de la facultad que han marcado mi vida con un pedacito de la suya.

Al M. en I. Miguel Ángel Bañuelos, por que desde que llegue al laboratorio, me ha brindado su apoyo, gracias por confiar en mí.

Al M. en I. Sergio Quintana, al M. en I. José Castillo, al Ing. Mariano García, al Ing. Billy Flores por sus consejos, recomendaciones y buenos ratos que me han hecho pasar. Al laboratorio de Electrónica del CCADET, por abrirme las puertas y apoyarme.

A la Facultad de Ingeniería y a la Universidad Nacional Autónoma de México de la cual me siento orgullosa de pertenecer.

INDICE

Antecedentes.	.....	1
Introducción.		
CAPITULO I.	.....	2
Introducción.		
I.1 Objetivo.	.....	4
I.2 Definición del problema.	.....	4
I.3 Funcionamiento del actual sistema de lectura.	.....	5
I.4 Funcionamiento de las pruebas de diagnóstico rápido.....		6
CAPITULO II.	.....	8
Introducción.		
II.1 Métodos de transmisión de movimiento.	.....	9
II.2 Aspectos generales de los sistemas de Transmisión.	.....	10
II.2.1 Engranés.	.....	10
II.2.2 Tornillo sin fin-corona.	.....	11
II.2.3 Tornillo sin fin-tuerca.	.....	11
II.2.4 Piñón-cremallera.	.....	12
II.2.5 Sistemas de transmisión flexible.	.....	13
II.2.5.1 Poleas y bandas síncronas.	.....	13
II.2.5.2 Transmisiones de cadena.	.....	14
II.3 Selección del mecanismo transmisor del movimiento.	.....	15

CAPITULO III.	17
Introducción.	
III.1 Fotodetectores.	18
III.2 Tipos de fotodiodos.	20
III.2.1 Fotodiodo PN.	23
III.2.2 Fotodiodo PIN.	23
III.2.3 Fotodiodo de Avalancha.	25
III.3 Parámetros para la selección del sensor.	26
III.4 Selección del detector del sistema: OPT 101.	27
CAPITULO IV.	30
Introducción.	
IV.1 Acoplamiento del sensor.	31
IV.1.2 Propiedades físicas de la luz.	31
IV.2 Conversión Analógica – Digital.	33
IV.3 Metodología de calibración.	35
IV.3.1 Modulación por ancho de pulso.	42
IV.3.2 Ajuste de la fuente de luz.	44
IV.4 Acoplamiento del mecanismo.	46
IV.5 Control del módulo de lectura.	48
IV.5.1 Periféricos de entrada y salida.	49
IV.5.2 Interrupciones.	50
IV.5.3 Diagramas de flujo.	52
IV.5.4 Diagrama de conexiones.	56

DISEÑO DE UN MODULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

IV.6 Resultados.	.....57
CAPITULO V.	.....59
v.1 Conclusiones.	
v.2 Referencias.	.....62

ANTECEDENTES

INTRODUCCIÓN.

Los análisis clínicos son una forma de verificar el estado de salud de una persona, pero también se realizan de manera preventiva para tener un parámetro de “normalidad” que sirva como elemento de comparación ante un estado de enfermedad. En general, los análisis clínicos se realizan con muestras de algún fluido corporal siendo los más típicos la sangre y la orina, mediante los cuales se pueden detectar niveles de hormonas, infecciones, enfermedades, glucosa en la sangre, etc., aunque también se pueden realizar análisis de tejidos u órganos para poder detectar algún padecimiento.

La mayor parte de los análisis se realizan en laboratorios clínicos donde se cuenta con un personal capacitado, así como con la infraestructura necesaria para prestar dichos servicios. En la actualidad existen métodos para realizar análisis de manera eficiente y rápida, dichos métodos reciben el nombre de pruebas de diagnóstico rápido, con las cuáles se logra, que con una pequeña cantidad de muestra se realice un análisis barato en un tiempo breve de respuesta.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

El desarrollo de tiras reactivas para análisis médico y químico es una consecuencia de la tecnología desarrollada por la industria fotográfica del color, en la producción de películas multicapa en las que tienen lugar reacciones químicas complejas. Por ejemplo, una típica película de color instantánea está compuesta de hasta 15 capas distintas, de espesor entre 1,5 y 5 [μm]. Una de estas capas contiene un líquido revelador, que al liberarse se difunde por las restantes capas, en las que transcurren una serie de reacciones químicas, que al final conducen a la deposición de los colorantes rojo, verde y azul en las zonas fotosensibilizadas por la exposición de la cámara fotográfica.

Esta misma tecnología permite realizar análisis químicos automáticos basados en una secuencia de reacciones físicas o químicas. Por ejemplo, el producto de una reacción química producido en la primera capa se puede separar de las interferencias mediante una difusión selectiva al atravesar desde la segunda a la tercera capa que es donde tiene lugar la reacción. Así, cada capa de una tira es un ámbito separado en el que se lleva a cabo una reacción química o una separación física. Para cada tipo de análisis, se miniaturiza una serie completa de reactivos en forma seca y desechable. La reconstitución de los reactivos y otras muchas manipulaciones manuales generalmente se reemplazan por la única etapa de aplicar la muestra a la tira.

El procedimiento para el uso de pruebas de diagnóstico rápido en términos generales es el siguiente:

Se toma una pequeña muestra del fluido que se va a estudiar, se deposita dicha muestra en el dispositivo que contiene el reactivo y al cabo de un lapso de tiempo que varía entre 5 y 30 minutos (dependiendo del proveedor y del tipo de prueba que se este efectuando) se obtiene el resultado. Como consecuencia de la reacción se presentará un cambio en la coloración de la tira reactiva y la interpretación que se le da a la prueba dependerá de la variación del color a lo cual se le asignará un resultado cualitativo, el cual puede ser: positivo negativo o inválido y dependiendo del tipo de tira se puede emitir un resultado cuantitativo.

Una de las mayores desventajas que hoy en día presentan los diagnósticos efectuados mediante el uso de tiras reactivas, en comparación con los análisis clínicos que se hacen de manera convencional, es la disparidad de criterio en la interpretación de los resultados, debido a que la apreciación de la intensidad en la coloración dentro de la zona de respuesta varia con cada persona que analice la muestra.

En años anteriores el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET), en su Laboratorio de Electrónica, trabajó en el desarrollo de un dispositivo el cual hizo más eficiente la lectura de tiras reactivas y por consecuencia ofreció una mejor interpretación de resultados y la manipulación de los mismos, con lo cual se disminuye considerablemente el factor de error en la lectura y se puede proporcionar un informe completo donde se incluye, el nombre de la persona, sexo, fecha, hora y resultado del examen.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentarán los objetivos que se buscan conseguir con este trabajo, así como un panorama con la problemática del sistema actual de lectura y una breve explicación de su funcionamiento.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

I.1 Objetivo.

Desarrollar un módulo de lectura que realice un barrido en la zona de resultados de una prueba de diagnóstico rápido.

Para realizar esta tarea se necesita hacer uso de un sensor fotosensible, el cual acoplado a un mecanismo que tenga como salida un movimiento lineal, podrá lograr que el módulo de lectura pueda desplazarse sobre el área de interés.

Por lo tanto, se seleccionará el mecanismo así como el sensor que ayude a lograr el objetivo planteado.

De manera conjunta se propone una opción en cuanto a la estructura general del aparato para que la disposición física del módulo permita la introducción del casete de manera horizontal, ocupando el menor espacio posible, lo cual permite que el diseño del chasis tenga menores dimensiones comparado con el que actualmente se tiene.

I.2 Definición del problema.

Del desarrollo del primer prototipo hecho en el Laboratorio de Electrónica se obtuvo una respuesta favorable en cuanto a los siguientes puntos:

- Un mayor porcentaje de lecturas correctas, en comparación con el que se obtenía cuando una persona interpretaba los resultados de los análisis.
- De las muestras analizadas con el prototipo en el 83% de los casos se obtuvo el mismo resultado con lo cual se aseguró la confiabilidad en el sistema.
- Se creó un sistema de generación de diagnósticos con el cual se pueden obtener reportes, facilitar la consulta y registro de los diagnósticos clínicos.

Las oportunidades de mejora de este prototipo, son:

- En la fabricación del prototipo, ya que se complica por la disposición de los elementos que constituyen el actual sistema de lectura, en otras palabras se puede decir que su construcción es artesanal.
- En el elemento sensor, actualmente se utiliza un arreglo de fotodiodos para la detección del cambio de tonalidad en el área de respuesta, este sensor puede ser cambiado por un solo fotodiodo que requiera de un sistema de iluminación más compacto.
- En los elementos ópticos, el uso de una lente y un sistema de iluminación especial cuya baja disponibilidad comercial obliga a ser fabricados cada vez que se requiera.
- En la calibración de los elementos ópticos del sistema, ya que este varía con cada réplica del prototipo, pues no existe un patrón definido para la colocación de dichas partes.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

La configuración del sistema se muestra en la Figura 1.1.

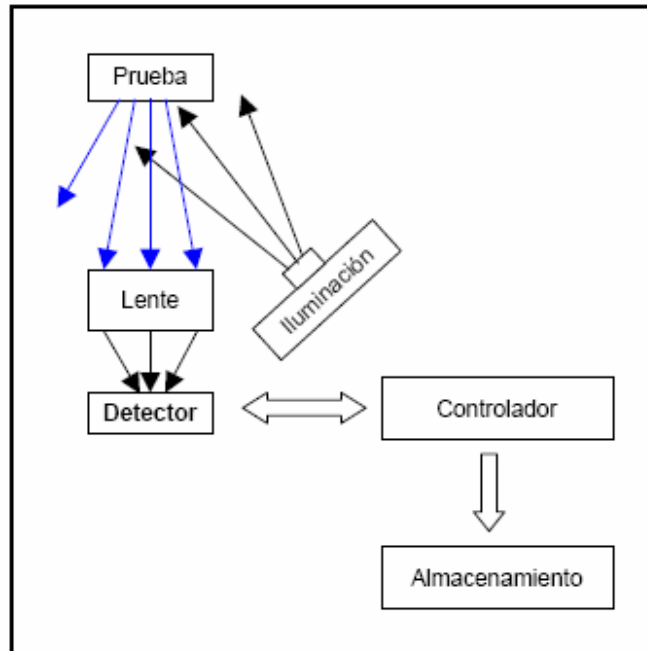


Fig. 1.1 Estructura general del actual sistema para lectura de pruebas de diagnóstico rápido.

I.3 Funcionamiento del actual sistema de lectura.

Este sistema consta de tres módulos:

I. Módulo de la detección óptica.

Aquí se genera una corriente eléctrica en función de la intensidad luminosa detectada. Para lograr esto se cuenta con una lente especial para enfocar la imagen, un sistema de iluminación así como con el elemento transductor.

II. Módulo de acondicionamiento de señal.

Es donde se ajusta la señal eléctrica producida por el transductor mediante un convertidor analógico-digital ya que la salida del transductor es una señal analógica y para que esta pueda ser utilizada por el módulo de control, se necesitan señales digitales.

III. Módulo de control.

En este módulo se regula la operación del detector, el acondicionamiento de señal así como los periféricos de la interfaz.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

I.4 Funcionamiento de las pruebas de diagnóstico rápido.

Actualmente se pueden encontrar en el mercado, diferentes compañías que se dedican a elaborar pruebas de diagnóstico rápido, para detectar diferentes agentes que pueden alterar la salud del paciente. Por ejemplo existen pruebas para la detección de drogas, para determinar la existencia de la malaria, para saber si una paciente esta embarazada; pero la mayoría de estas pruebas coinciden en el hecho de que el resultado que se obtiene, se muestra mediante la coloración de bandas a lo largo de la tira reactiva en el área de lectura; la cantidad de estas bandas dependen del tipo de prueba y del fabricante (figura 1.2). Por este motivo el sistema de lectura se limitará solo a evaluar tiras reactivas de un proveedor en específico.

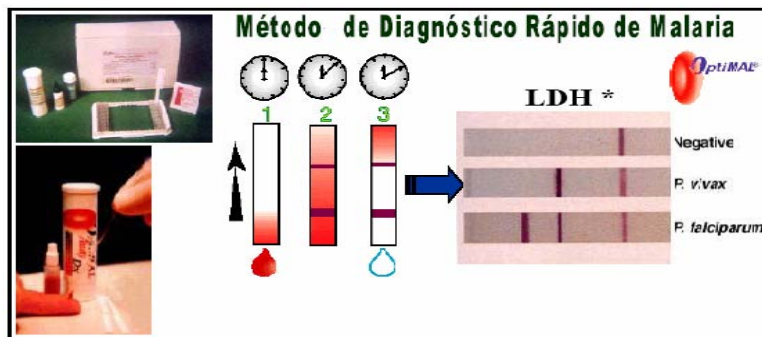


Figura 1.2 Metodología para el diagnóstico rápido de malaria.

Las tiras reactivas que se evalúan, se encuentran dentro de un dispositivo plástico conocido como casete de uso único. El casete tiene dos ventanas, una donde se coloca la muestra y otra de lectura, tal como se indica en la figura 1.3.

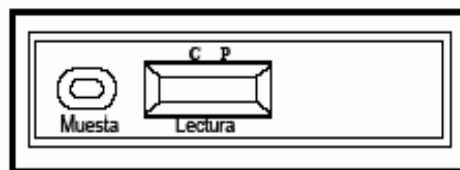


Fig. 1.3 Ubicación de las ventanas en el casete.

En la zona de lectura se encuentran dos letras marcadas como C y P, las cuales indican el lugar donde aparecerán las bandas después de llevarse a cabo la reacción entre el fluido y los anticuerpos. La letra C corresponde a la banda de control y la letra P indica la banda de prueba.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

Para realizar esta prueba de diagnóstico rápido (con la cual se diagnostica la hormona del hipotiroidismo congénito), se deposita una muestra de sangre en el casete y se esperan 30 minutos para obtener el resultado. La interpretación del resultado se realiza de la siguiente manera:

- 1) La aparición de dos líneas a la altura de la letra C y la letra P se interpreta como Positivo. (Figura 1.4)

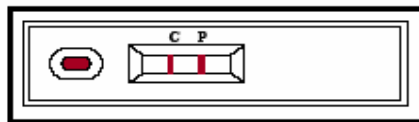


Fig. 1.4 Muestra de un resultado positivo

Si se detecta una línea en la zona de prueba sin importar la intensidad del color que tomó, debe de interpretarse como un resultado positivo. La coloración entre la línea de control y la línea de prueba no deben compararse para la interpretación del resultado.

- 2) Cuando el resultado es negativo, solamente aparece una banda en el área de control (donde se ubica la letra C). Figura 5

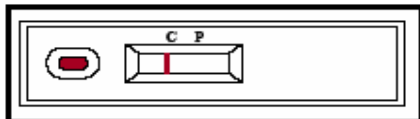


Fig. 5 Muestra de un resultado negativo.

- 3) La ausencia total de líneas o la aparición de una línea en la región correspondiente a la letra P, se considera como un resultado inválido. Figura 6

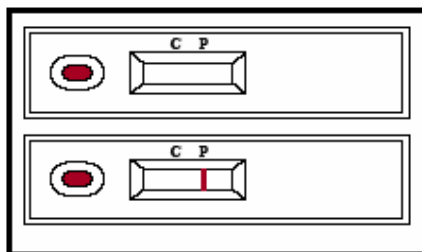


Fig. 6 Muestra de un resultado inválido.

CAPITULO II

INTRODUCCIÓN.

Utilizamos máquinas de forma cotidiana. La mayoría de ellas incorporan mecanismos que transmiten y/o transforman el movimiento. El diseño de máquinas exige escoger el mecanismo adecuado, no sólo por los elementos que lo componen, sino también por los materiales y dimensiones de cada uno, para obtener así la mayor eficiencia en el prototipo final.

En este capítulo se presenta el diseño conceptual de la transmisión para el barrido en el área de lectura.

II.1 Métodos para la transmisión de movimiento.

En la mayoría de los sistemas modernos, se utilizan sensores con los cuales se logra detectar el cambio y control sobre ciertas variables físicas; por ejemplo en un invernadero la variable que se desea controlar es la temperatura, para lograr esta tarea se colocan sensores dentro del área de trabajo para que detecten el cambio de dicha variable y posteriormente esta información sea analizada por un centro de control, donde se toman decisiones tales como prender o apagar un ventilador.

Para realizar la tarea de sensado se tienen en general 2 opciones:

- 1) Colocar los transductores en posiciones fijas previamente calculadas.
- 2) Realizar sistemas móviles, que se desplacen junto o a lo largo de la pieza de interés.

Todo depende del entorno en el que se este trabajando y el objetivo que se busque alcanzar.

En el presente trabajo se busca realizar el barrido sobre el área de lectura en una prueba de diagnóstico rápido, por lo que se tiene que emplear una transmisión que transforme el movimiento de un elemento rotatorio a un elemento que presente desplazamiento lineal

Existen diferentes maneras para realizar esta transmisión, entre las cuales se tiene:

- Engranajes
- Sistemas de transmisión flexible
 - a. Poleas y bandas
 - b. Cadenas y ruedas dentadas

Para designar el mecanismo que se va a utilizar se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

- Económicos
- Velocidad del dispositivo
- Disponibilidad de los elementos mecánicos en el mercado

II.2 Aspectos generales de los sistemas de transmisión.

II.2.1 Engranés.

En la mayoría de los casos son utilizados para transmitir el movimiento de rotación de un eje a otro. El uso de un sistema de transmisión conformado por engranes ayuda a disminuir o aumentar las fuerzas, para cambiar su dirección y para aumentar o reducir la velocidad de rotación del eje en el que se encuentran.

Existen diferentes tipos de engranes, siendo los más comunes los engranes cilíndricos rectos (figura 2.1a), los cuales se caracterizan por tener dientes paralelos al eje de rotación. Una de sus desventajas es que al trabajar a elevadas velocidades de rotación presentan problemas debido al ruido y vibración que genera el contacto entre los dientes.

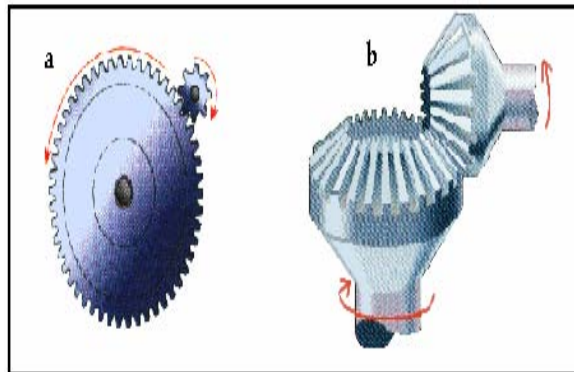


Figura 2.1. a) Engranés rectos b) Engranés cónicos

Otro tipo de engranes son los llamados cónicos (figura 2.1b), su característica principal es que los dientes están dispuestos de tal forma que exista un ángulo de 45° con respecto a la horizontal. La ventaja de que los dientes tengan esta posición es que se simula un tronco de cono, lo cual nos permite transmitir el movimiento entre dos ejes que formen un ángulo recto.

II.2.2 Tornillo sin fin-corona.

El tornillo sin fin - corona permite transmitir el movimiento entre árboles (ejes) que están dispuestos a 90° uno con respecto del otro. El árbol motor o eje conductor coincide con el tornillo sin fin, el cual comunica el movimiento de giro a la rueda dentada (corona).

Es muy eficiente como reductor de velocidad, dado que una vuelta del tornillo provoca un pequeño giro en la corona. Por ejemplo si la corona tiene 50 dientes, el tornillo tendrá que girar 50 veces para que la rueda conducida de un giro completo.

Es un mecanismo que tiene muchas pérdidas por fricción entre dientes, esto obliga a utilizar metales de bajo coeficiente de roce y una lubricación abundante. Figura 2.2.

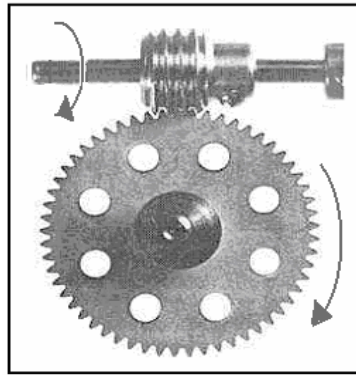


Fig. 2.2 Tornillo sin fin - corona

El contacto es puntual y generalmente son sistemas irreversibles, es decir, no permitiendo la entrada de movimiento por la corona.

II.2.3 Tornillo sin fin-tuerca.

Esta constituido por un husillo (tornillo) que al girar produce el desplazamiento longitudinal de la tuerca en la que va enroscado. Figura 2.3

Mediante este mecanismo es posible tener gran capacidad de carga en el elemento que se mueve de manera lineal, a la vez que se tiene un gran torque en el tornillo.

Los parámetros característicos son el número de entradas o hélices independientes del tornillo así como el paso de la rosca. En tornillos de una sola entrada, el paso de rosca del tornillo coincide con el avance del tornillo producido al girar 360° alrededor de su eje.

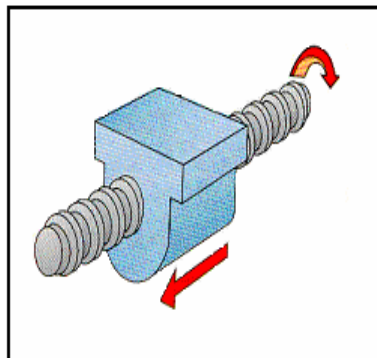


Fig. 2.3 Tornillo sin fin – tuerca

Este sistema presenta una gran ventaja y es que por cada vuelta del tornillo la tuerca solamente avanza la distancia que tiene de separación entre filetes (paso de rosca) por lo que la fuerza de apriete es muy grande.

II.2.4 Piñón-cremallera.

Si el diámetro del círculo base de un engrane se incrementa sin límite, el círculo base llegará a ser una línea recta, este engrane lineal se conoce como cremallera.

Este sistema esta formado por una rueda dentada (piñón) y un engranaje plano (cremallera); cuando el *piñón* gira, sus dientes empujan los de la cremallera, provocando el desplazamiento lineal de esta.

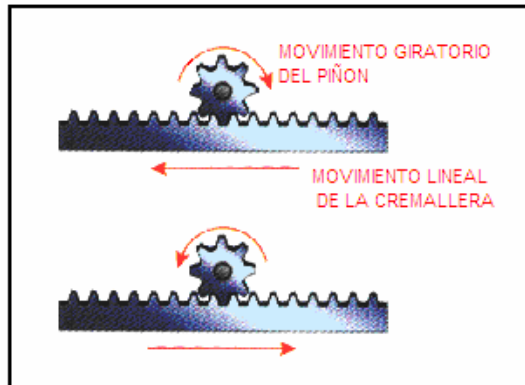


Fig. 2.4 Mecanismo piñón - cremallera

Si lo que se mueve es la cremallera, sus dientes empujan a los del piñón consiguiendo que este gire y obteniendo en su eje un movimiento giratorio.

Si la velocidad de giro del piñón (N) se da en r.p.m., la velocidad lineal de la cremallera resultará en centímetros por minuto (cm. /minuto)

II.2.5 Sistemas de transmisión flexible.

Consiste en el uso de elementos tales como bandas poleas y cadenas para realizar la transmisión de movimiento.

II.2.5.1 Poleas y bandas.

Un tipo muy usado de bandas son las llamadas bandas en V las cuales son fabricadas de caucho y reforzadas con cuerdas metálicas para aumentar su resistencia. Las poleas tienen una ranura en V igual a la de la banda que ayuda a sujetarla, ya que la tensión la traba en las ranuras en V. Las bandas en V tienen una eficiencia de transmisión de 95 a 98% cuando se instalan por primera vez. Ésta disminuirá aproximadamente a un 93% conforme la banda se desgasta y se incrementa el deslizamiento. A causa de éste, la relación de velocidad no es ni exacta ni constante. Aún se utilizan bandas planas que corren sobre poleas



DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO planas o de corona en algunas aplicaciones. Figura 2.5.

Fig. 2.5 Transmisión banda-polea.

Bandas síncronas.

Este tipo de bandas evita el deslizamiento al mismo tiempo que conserva algunas de las ventajas de las bandas en V. Esta banda se hace de materiales de hule, pero se refuerzan con cuerdas de acero o sintéticas para una mayor resistencia y tienen dientes moldeados que ajustan en las ranuras de las poleas para una transmisión positiva. Son capaces de niveles de transmisión de potencia y pares de torsión bastante altos y se utilizan con frecuencia para impulsar los árboles de levas de motores automotrices.

Entre sus desventajas se tiene que son más costosas que las bandas en V convencionales y son más ruidosas, como ventaja, funcionan más frías y duran más. Su eficiencia de transmisión es de 98% y permanece en ese nivel con el uso.

II.2.5.2 Transmisiones de Cadena.

Se utilizan a menudo en aplicaciones en las que se requiere una transmisión y grandes requerimientos de par de torsión o en las que las altas temperaturas impiden el uso de bandas comunes. Cuando los ejes de entrada y salida están muy separados entre sí, una transmisión de cadena puede ser la opción más económica. Los sistemas transportadores a menudo utilizan transmisiones de cadena para transportar el trabajo a lo largo de la línea de ensamble. Se han diseñado muchos tipos y estilos de cadena para varias aplicaciones, que van desde la cadena de rodillos común, como la de una bicicleta o motocicleta.

Una limitación de la transmisión de cadena es algo llamado “acción de cuerda”. Los eslabones de la cadena constituyen un conjunto de cuerdas cuando se enrollan alrededor de la circunferencia de la catarina (o rueda dentada). A medida que estos eslabones entran y salen de la rueda, imparten un movimiento al eje, lo que provoca una oscilación en la velocidad de salida. Por lo que si se requiere una velocidad de salida constante, una transmisión de cadena no es la mejor opción.

II.3 Selección de la transmisión de movimiento.

Para diseñar el mecanismo necesitamos conocer el movimiento de entrada, y el movimiento que queremos (movimiento de salida) para después elegir la combinación de operadores mas adecuada.

Para esto tenemos la siguiente tabla:

Movimiento de Entrada	Movimiento de salida	Mecanismos disponibles
Giratorio	Giratorio	Ruedas de Fricción
		Transmisión por banda
		Transmisión por cadena
		Engranajes
		Sin fin-piñón
	Oscilante	Leva-palanca
		Excéntrica-biela-palanca
	Lineal alternativo	Cigüeñal-biela
		Biela-manivela
		Leva-émbolo
	Lineal Continuo	Cremallera-piñón
		Tornillo-Tuerca
		Torno-Cuerda

Tabla 2.1. Selección del mecanismo

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

Para el módulo de lectura, el movimiento de entrada es giratorio debido a que se usara un motor como elemento a partir del cual se transmite el movimiento, para la salida se requiere mover una guía de manera lineal por lo que el movimiento puede catalogarse como lineal continuo.

Selección del mecanismo		Opcción 1	Opcción 2	Opcción 3	Opcción 4
Elementos que lo componen	Número de partes (2)	4	4	1	2
	Adquisición en el mercado	5	5	1	3
	Costo	5	5	1	1
	Velocidad	3	5	2	2
	Capacidad de carga	3	3	4	5
Operación	Exactitud en su movimiento	4	5	2	1
	Acoplamiento con otros dispositivos	5	5	3	3
Adaptabilidad	Ruido	4	5	3	1
	Modificación en sus elementos	2	2	3	4
TOTAL		35	39	20	22

Sistema de calificación	
mejor	Peor
5	1
←	→

(1) **NOTA:** Este analisis esta basado en el hecho de que, se pueden encontrar los mecanismos con todos sus elementos en dispositivos comerciales y en su defecto se puede adquirir como si fueran refacciones. Por cuestiones de tiempo y costo no se contempla la idea de ser fabricados como diseño único.

(2) : Para evaluar el número de partes que constituyen al mecanismo, se califico con 5 al que posee la menor cantidad de partes y con 1 al que cuenta con un mayor número de componentes

Tomando en cuenta lo anterior se ocupará un mecanismo tornillo-tuerca ya que fue el que obtuvo el mayor puntaje en el análisis.

CAPITULO III

INTRODUCCIÓN

El módulo de lectura tendrá como función principal la de detectar la presencia o ausencia de bandas en pruebas de diagnóstico rápido con lo que posteriormente se podrá emitir un resultado.

Para realizar la lectura se trabajará con la detección óptica, la cual consistirá en la recepción de la intensidad de luz y la generación de una señal eléctrica proporcional a ésta.

III.1 Fotodetectores.

El propósito de cualquier fotodetector es el de ser un transductor de luz que proporciona una señal eléctrica como respuesta a la radiación electromagnética que incide sobre la superficie sensora

La radiación electromagnética esta formada por fotones, cada fotón lleva asociada energía según su tipo de longitud de onda. La radiación luminosa no es más que una parte del espectro electromagnético y es emitida por el Sol u otras fuentes de energía a la que es sensible el ojo humano.

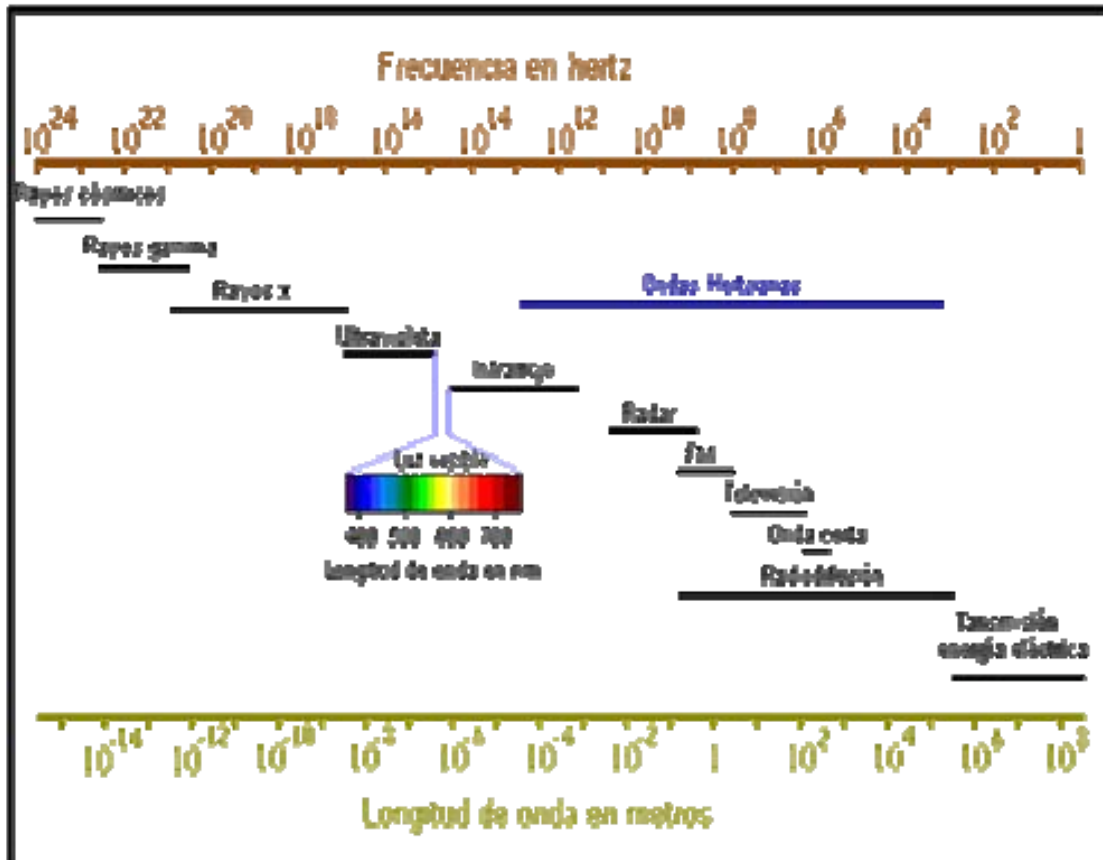


Figura 3.1 Espectro Electromagnético

Los dispositivos electrónicos que se encargan de detectar la luz se centran principalmente en la parte del espectro electromagnético correspondiente a la luz visible, a cierta parte del infrarrojo y en algunos casos llegan a detectar el ultravioleta cercano al rango de luz que puede captar el ojo humano

Existen dos tipos fundamentales de detectores de luz, los térmicos y los fotónicos que operan con mecanismos de transducción diferentes.

Los detectores térmicos absorben (detectan) la energía de los fotones incidentes en forma de calor con lo que se produce un incremento en la temperatura del elemento sensor que implica también un cambio en sus propiedades eléctricas como la resistencia. El cambio en esta propiedad eléctrica en función del flujo radiante recibido es lo que permite su medición a través de un circuito exterior. Se

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

considera que esta clase de fotodetectores tienen un desempeño bastante ineficiente y relativamente lento, como resultado del tiempo requerido para cambiar su temperatura, lo que los hace inadecuados para la mayor parte de aplicaciones fotónicas.

Los detectores fotónicos no utilizan la energía del fotón en forma de calor, sino que la invierten en incrementar la energía de sus portadores de carga, con lo que se modifican las propiedades de conducción eléctrica de los sistemas detectores en función del flujo de fotones recibido. Este proceso de conversión implica la transformación de los fotones incidentes en electrones, pero esta respuesta simple no tendría ninguna relevancia si esos electrones no se ponen en movimiento para generar una corriente, que es la magnitud que realmente se puede medir.

Los fotodiodos están fabricados de materiales semiconductores, donde el silicón (Si) o el arseniuro de galio (GaAs) son las elecciones más populares. Estos materiales absorben luz en un intervalo de longitud de onda de 250[nm] a 1100[nm] para el silicón y solo hasta 800 [nm] para el GaAs.

III.2 Tipos de fotodiodos.

Antes de explicar los tipos de fotodiodos existentes, es necesario conocer un poco sobre los materiales que lo componen.

El efecto fundamental bajo el cual operan los fotodiodos es la generación hueco-electrón debido a la incidencia de luz, esta generación tiene relación con las capas del material que conforman al fotodiodo así como con los niveles de energía de estos materiales.

El número total de niveles de energía posibles en las capas externas se divide en dos clases: aquellos que forman la banda de valencia y aquellos que forman la banda de conducción, figura 3.1. Los electrones que están en la banda de valencia no se mueven ágilmente de átomo en átomo, mientras que los electrones que están en la banda de conducción pueden moverse libremente y, por tanto, están libres para servir como portadores de corriente

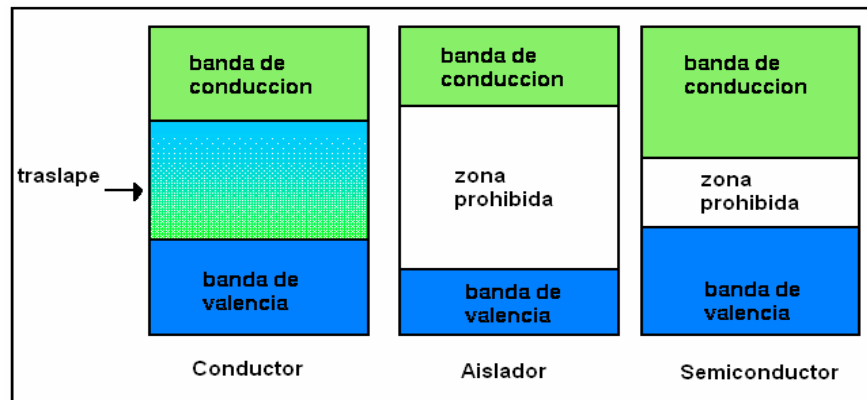


Fig.3.1 Niveles de energía en las capas externas de diferentes sólidos.

En un conductor la banda de valencia y de conducción se fusionan con lo que al aplicar una pequeña cantidad de voltaje es suficiente para poder producir el flujo de corriente.

En un aislante todos los electrones en las capas externas se encuentran en la banda de valencia. Además existe una gran separación entre la banda de conducción y la de valencia la cual es llamada zona prohibida, lo que trae como consecuencia que el movimiento de los electrones sea insignificante.

En el material semiconductor las dos bandas de energía están separadas por una pequeña zona prohibida, con estas condiciones, para obtener un flujo de corriente, debe aplicársele suficiente energía para causar que los electrones de la banda de valencia crucen a la banda prohibida y después pasen a la banda de conducción.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

Material intrínseco.

Los materiales que son usados como semiconductores, son aquellos que conforman el grupo IV de la tabla periódica donde los elementos más comunes son el silicio y el germanio, estos se procesan para convertirlos en cristales (Figura 3.2), donde adquieren patrones geométrico-simétricos.

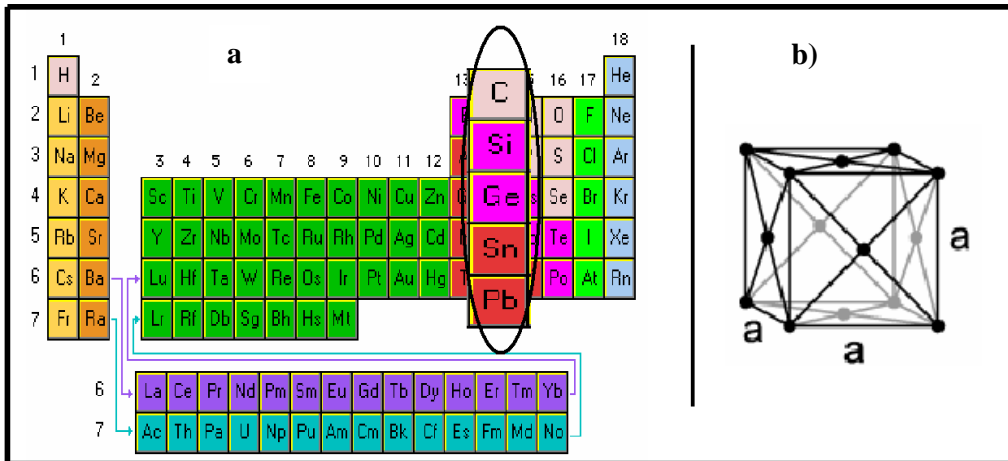


Fig. 3.2 a) elementos del grupo IV b) estructura cristalina pura

Un material intrínseco es un material semiconductor químicamente puro y que no presenta defectos en su red cristalina, posee cuatro electrones en su última capa, además de que los electrones y los huecos aparecen en igual número. A 0 [K] todos los electrones están contenidos en la banda de energía de valencia y ninguno está en la banda de conducción por lo que se comporta como un aislante, pero al incrementarse la temperatura aumentan los pares huecos-electrón.

Material tipo N.

Los elementos que tienen cinco electrones en su órbita exterior (elementos del grupo V de la tabla periódica) son los utilizados para añadir propiedades en los semiconductores puros.

Cuando uno de estos elementos se introducen en una proporción adecuada dentro de los cristales de germanio o silicio mediante un proceso llamado contaminación o dopado, se forma un material tipo N. A la nueva estructura cristalina se le llama estructura extrínseca (Figura 3.3). El dopaje consiste en añadir pequeñas cantidades de elementos en una estructura, lo cual cambiará drásticamente las propiedades de conductividad del elemento principal.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

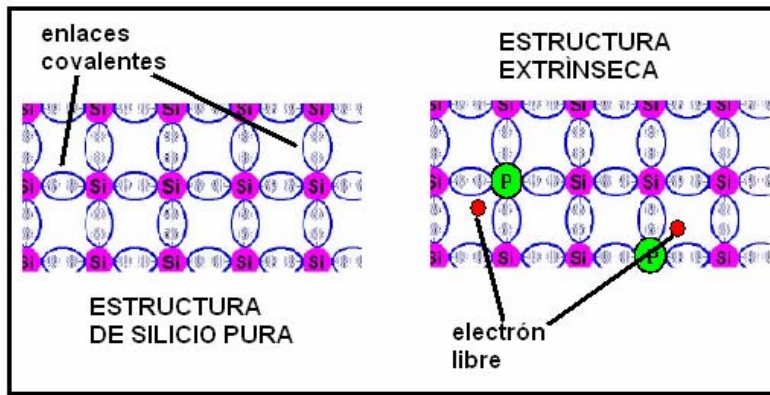


Fig. 3.3 Comparación de una estructura de silicio pura y una estructura dopada.

El fósforo y otros elementos de su grupo tienen cinco electrones de conducción, por eso cuando se añade al silicio como impureza, introduce transportadores de electrones. Dichos materiales se conocen como de tipo "N" por que la mayoría de los transportadores tiene carga negativa (un electrón)

Material tipo P.

Los elementos que tienen tres electrones en su órbita exterior, los cuales corresponden al grupo III de la tabla periódica, son los indicados para crear materiales denominados del tipo "P" mediante el proceso de dopaje.

Al insertar este tipo de material a la estructura del silicio, se crean huecos transportadores, la presencia de un hueco indica una ausencia de electrón por lo cual los electrones existentes a su alrededor tienen más posibilidades para moverse.

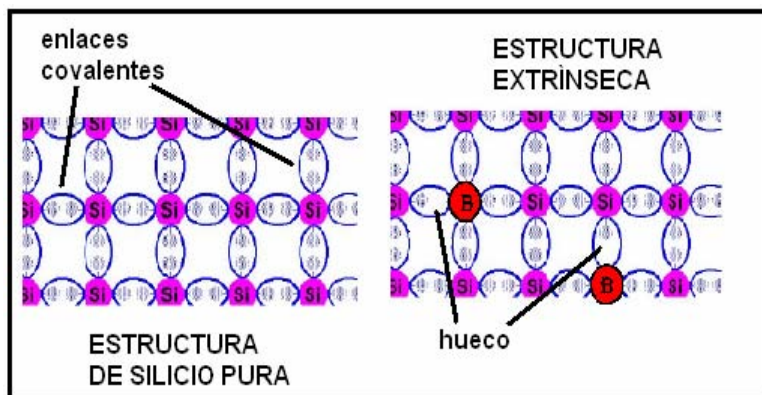


Fig. 3.4 Estructura pura de silicio y estructura dopada con boro

Los materiales del tipo P son llamados así porque el tipo de transportador efectivo está cargado positivamente.

III.2.1 Fotodiodo PN.

En un fotodiodo, cuando un fotón es absorbido por la superficie sensora, este excita a un electrón y produce un par de portadores de carga (un electrón y un hueco), debido a esto la corriente fluye a través del semiconductor. La influencia del campo eléctrico que hay entre los contactos provoca la migración de electrones y huecos hacia ellos, con lo que se produce un cambio en la resistencia del material en función de la cantidad de luz que reciben, es decir, su conductividad aumenta proporcionalmente al flujo de electrones recibido, con lo que se obtiene una fotocorriente medible.

Un fotodiodo es la unión de material tipo P y material tipo N en la cual la corriente aumenta con el flujo de fotones incidente. Los fotones pueden ser absorbidos en toda la estructura, pero es aquí donde se presentan los efectos de la unión PN que es capaz de separar los pares portadores, y evitar así su recombinación lo cual afectaría a la producción de fotocorriente. A temperatura ambiente existe una cierta probabilidad de que se produzcan transiciones espontáneas entre bandas aún en ausencia de iluminación, con lo que se puede generar una pequeña corriente que recibe el nombre de corriente de oscuridad. Esta corriente de oscuridad dependerá de la temperatura y de las condiciones eléctricas de operación del fotodiodo.

El tiempo de respuesta está limitado a la velocidad en la que los pares portadores atraviesan la zona de unión por lo que la difusión de portadores dentro de la estructura es lenta lo que trae como consecuencia que los dispositivos basados en fotodiodos PN no puedan ser utilizados en sistemas que requieran de una alta velocidad de conmutación.

III.2.2 Fotodiodo PIN.

El diodo PIN consiste en un diodo semiconductor con tres capas, las usuales capas P y N pero adicionalmente entre ellas existe una capa de un material intrínseco. Figura 3.5. Con la adición de este material a la estructura lo que se consigue es una zona de transición extensa que favorece la absorción de fotones y su conversión a corriente útil.

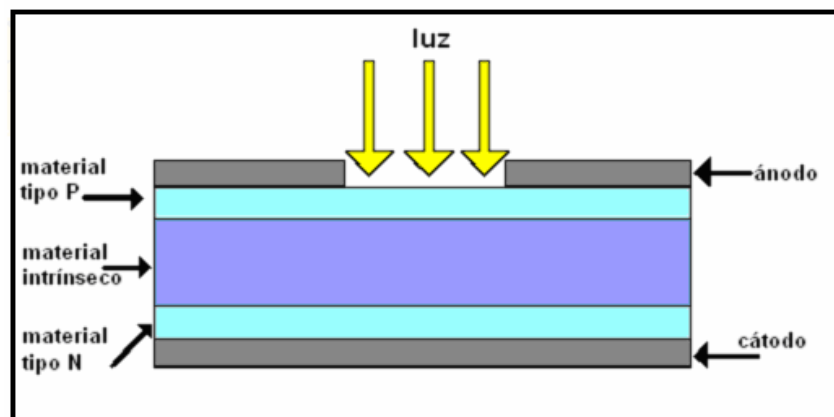


Fig. 3.5 Esquema de un diodo PIN.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

El ensanchamiento de la zona de transición disminuye la capacitancia con lo que la respuesta de este tipo de fotodiodo será más rápida y también incrementará la eficiencia cuántica del dispositivo debido a que los portadores de carga tendrán muy poca oportunidad de recombinarse. El ancho de esta zona se puede variar mediante la variación del nivel de dopaje en el material intrínseco, sin embargo la manera más fácil de lograr este aumento es aplicando un voltaje externo. En algunos casos se pueden conseguir tiempos de respuesta del orden de 50 [ps] lo cual corresponde al ancho de banda de 50 [GHz]

Cuando un fotón choca contra la capa intrínseca, esta provoca el movimiento de un electrón lo cual crea un par e-h de portadores de corriente. El par creado se mueve en direcciones opuestas bajo la acción del campo eléctrico. El tamaño de la corriente es proporcional a la cantidad de luz que incide en el dispositivo, a mayor cantidad de luz, se crean más pares e-h produciéndose así un aumento en la corriente.

Uno de los mayores problemas que se presentan en la detección de luz es la presencia de ruido, entre los cuales se puede mencionar: el ruido de corriente de oscuridad, el ruido de disparo entre otros.

Para solucionar esta clase de problemas y aumentar la eficiencia del fotodiodo PIN existen un gran número de dispositivos electrónicos asociados, el más usado es el amplificador de transimpedancia. Figura 3.6.

El amplificador de transimpedancia es un circuito que lleva a cabo la transformación de corriente en voltaje. La ganancia de este tipo de amplificadores está en función de la resistencia, y es de aquí de donde proviene su nombre, amplificadores de transresistencia o transimpedancia

Idealmente en el pin de ingreso del amplificador se tiene baja impedancia y como ya se había mencionado la señal de entrada es la corriente con lo cual la salida se podrá medir como un voltaje.

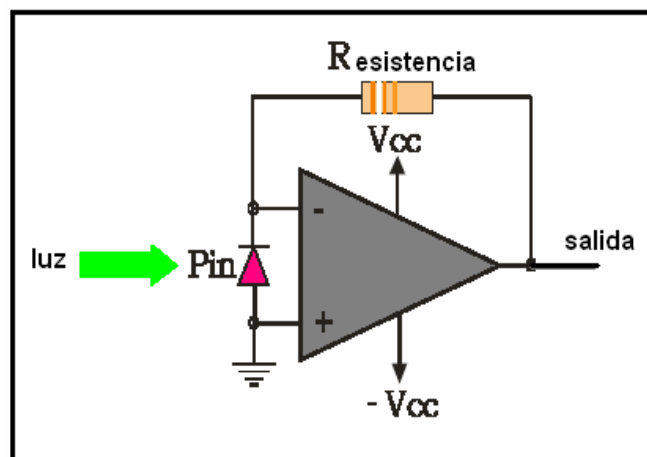


Fig. 3.6 Amplificador de transimpedancia.

III.2.3 Fotodiodo de avalancha.

Esta clase de fotodiodos genera una cascada de portadores a partir de la incidencia de un fotón con lo que se amplifica la señal durante el proceso de foto detección.

En su forma básica un fotodiodo de avalancha (APD) es un diodo PIN con una fuerte polarización inversa; la principal diferencia estructural es que la zona intrínseca se dopa ligeramente de tipo P y se le renombra como capa π . Esta zona es más ancha que la zona intrínseca de un diodo pin y este diseño ayuda a que el campo eléctrico en ella sea lo más uniforme posible.

Los fotones atraviesan la capa n-p la cual se diseña muy delgada, para después ingresar a la zona π donde se generan los pares eh. El potencial eléctrico en esta capa arrastra a los portadores hacia los contactos eléctricos. Figura 3.7. En las cercanías de la unión n-p el campo eléctrico es tan intenso que acelera fuertemente a los electrones con lo cual se aumenta su energía. Cuando estos electrones chocan contra la red cristalina se generan nuevos pares eh. Estos pares de portadores recién formados son acelerados de igual manera con lo que huecos y electrones pueden contribuir al proceso de multiplicación.

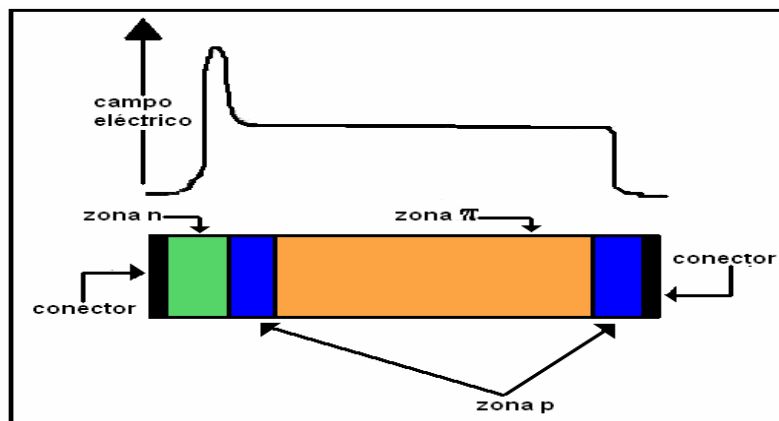


Fig. 3.7 Distribución de la estructura de un APD.

Por las características de los APD se consideran sensores de luz de alta sensibilidad pues un solo fotón puede generar una señal detectable por el circuito asociado. Se debe tener en cuenta que la avalancha afecta a todos los electrones incluidos los generados térmicamente, las altas tensiones de polarización pueden causar episodios de ionización espontánea lo cual provoca la presencia de ruido.

III.3 Parámetros para la selección del sensor.

Existen parámetros a tener en cuenta en el proceso de selección, los cuales son:

- Eficiencia Cuántica.
- Responsividad.
- Tiempo de respuesta.
- Característica de ruido.

Eficiencia Cuántica.

No todos los fotones incidentes en un fotodiodo, generan portadores que contribuyen a la fotocorriente, los efectos de reflexión, la transparencia del material, la probabilidad de absorción y la rápida recombinación hace que la eficiencia cuántica se reduzca.

Por lo tanto podemos definir a la eficiencia cuántica como la probabilidad de que un fotón incidente sobre el dispositivo, genere un par de portadores que contribuyen a la corriente del detector.

Uno de los factores que influye directamente en la eficiencia cuántica, es la longitud de onda. Esta circunstancia obliga a utilizar diferentes materiales dependiendo del rango de longitudes de onda a detectar.

Responsividad.

Hace referencia a la cantidad de corriente que circula por el dispositivo en función de la potencia óptica que incide en él. En otras palabras la responsividad es la relación entre la fotocorriente generada y la luz incidente, normalmente sus unidades son expresadas como [A/W]

Tiempo de respuesta.

Es la rapidez en la respuesta a la variación de flujo de fotones recibido, dependerá del material, de las características constructivas del componente y del circuito electrónico al que se encuentre acoplado. Los valores típicos en la respuesta de los detectores fotónicos suelen ser inferiores al microsegundo.

Características de ruido.

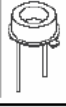



Como se había planteado anteriormente, dependiendo de la luz que incide en el dispositivo, es la cantidad de fotocorriente producida, se puede decir que este es el comportamiento ideal. En la realidad existen factores externos que afectan el correcto funcionamiento del fotodetector, lo cual provoca que se generen fluctuaciones de portadores cuando se tienen bajos niveles de luz. Entre las posibles fuentes de ruido tenemos: la llegada de fotones no deseados al detector, la generación espontánea de pares e^-h^+ y el ruido asociado a los circuitos electrónicos.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

III.4 Selección del detector del sistema: OPT101.

Para la elección del sensor, se consideró que tuviera:

- Una respuesta espectral en el rango del espectro visible
- Un tiempo de respuesta lo más breve posible
- Una alta responsividad
- Lo mayor posible de inmunidad al ruido

DESCRIPCION	FABRICANTE	PRECIO \$(dls.)	IMAGEN	RESPONSIVIDAD [A/W]	TIEMPO DE RESPUESTA [nS]	CORRIENTE DE OSCURIDAD [nA]	RANGO DE LONGITUD DE ONDA [nm]
SD057-11-21-011-ND Red Enhanced PIN silicon Photodiode	API (Advanced Photonix)	23.50		Condiciones de prueba $\lambda = 633 \text{ nm}$ y $V_R = 0V$ min.=0.32 Typ = 0.36	$V_R = 0V \rightarrow 190$ $V_R = 10V \rightarrow 13$	$V_R = 10V$ TYP = 0.5 MAX = 2.0	350 - 1100
PDB-C122 Blue Enhanced PIN silicon Photodiode in a photoconductive mode	API (Advanced Photonix)	34.15		Condiciones de prueba $\lambda = 450 \text{ nm}$ y $V_R = 0V$ min = 0.15 Typ = 0.17	$V_R = 0V \rightarrow 190$ $V_R = 10V \rightarrow 13$	$V_R = 5V$ TYP = 0.5 MAX = 2.0	350-1100
PDB-C164 Blue Enhanced PIN silicon Photodiode in a photoconductive mode	API (Advanced Photonix)	21.14		Condiciones de prueba $\lambda = 450 \text{ nm}$ y $V_R = 0V$ min = 0.15 Typ = 0.18	$V_R = 0V \rightarrow 190$ $V_R = 10V \rightarrow 13$	$V_R = 10V$ TYP = 1 MAX = 10	350-1100
SD 100-12-22-021 Blue enhanced silicon PIN photodiode	API (Advanced Photonix)	22.71		Condiciones de prueba $\lambda = 450 \text{ nm}$ y $V_R = 0V$ min = 0.20 Typ = 0.28	$V_R = 0V \rightarrow 190$ $V_R = 10V \rightarrow 13$	$V_R = 5V$ TYP = 1.6 MAX = 6.4	350-1100

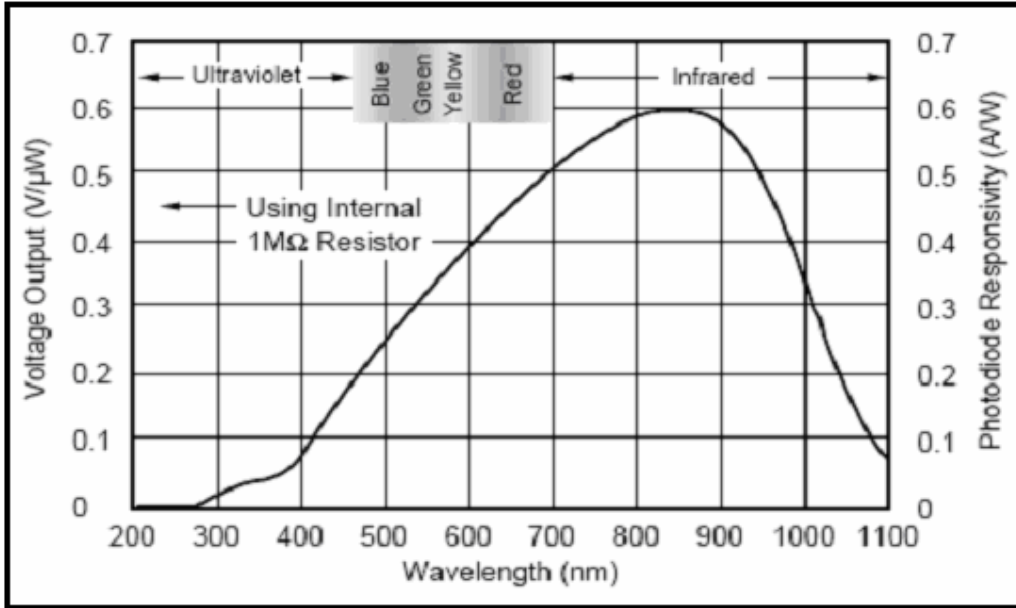
DESCRIPCION	FABRICANTE	PRECIO \$(dls.)	IMAGEN	RESPONSIVIDAD [A/W]	TIEMPO DE RESPUESTA [nS]	CORRIENTE DE OSCURIDAD [nA]	RANGO DE LONGITUD DE ONDA [nm]
SD290-12-22-241 Blue Enhanced silicon PIN Photodiode	API (Advanced Photonix)	43.17		Condiciones de prueba $\lambda = 450 \text{ nm}$ y $V_R = 0V$ min.=0.20 Typ = 0.28	$V_R = 0V \rightarrow 190$ $V_R = 10V \rightarrow 13$	$V_R = 5V$ TYP = 13 MAX = 52	350 - 1100
BPW 34 FAS Silicon PIN photodiode with daylight filter	SIEMENS	1.08		Condiciones de prueba $\lambda = 870 \text{ nm}$ $S = 0.65$	$V_R = 5V$ $t_r, t_f = 20$	$V_R = 10V$ $IR = 2(\leq 30)$	730 - 1100
SFH206K Silicon PIN photodiode	SIEMENS	1.17		Condiciones de prueba $\lambda = 850 \text{ nm}$ $S = 0.62$	$V_R = 5V$ $t_r, t_f = 20$	$V_R = 10V$ $IR = 2(\leq 30)$	400-1100
OPT101 Photodiode and single supply transimpedance amplifier	BURR-BROWN PRODUCTS	5.5		Condiciones de prueba $\lambda = 650 \text{ nm}$ $S = 0.45$	$V_R = 5V$ $t_r, t_f = 28 [\mu S]$	$IR = 120$	280-1100

Buscando entre los diferentes tipos de fotodiodos presentes en el mercado se eligió el OPT 101.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

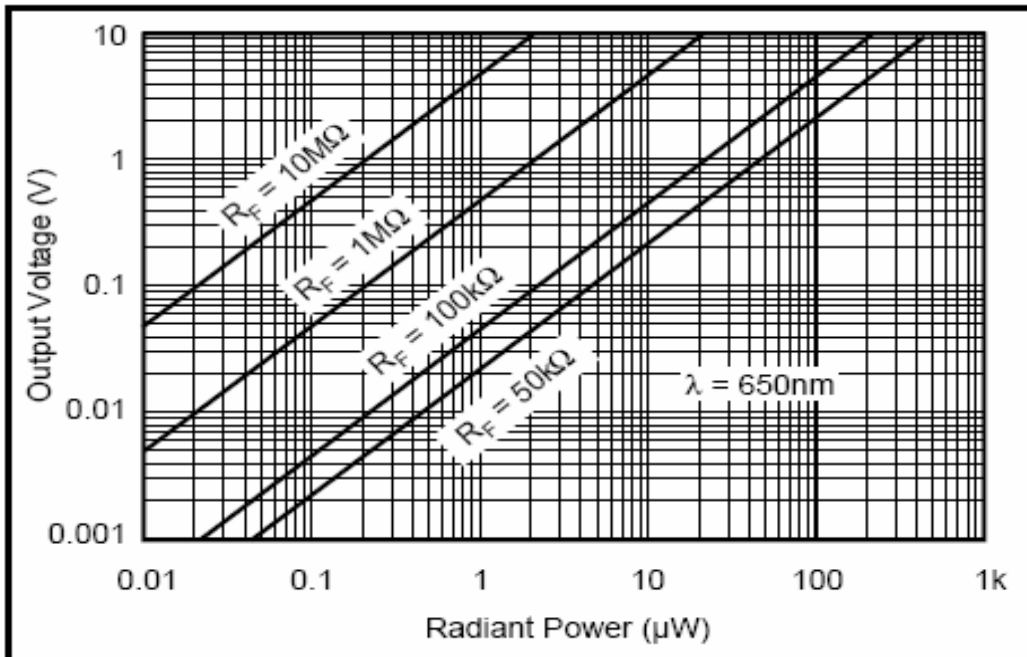
El OPT 101 es un fotodiodo con un amplificador de transimpedancia integrado. Se opera bajo un modo fotoconductor lo cual ofrece una rápida respuesta de manera lineal es decir el voltaje de salida aumenta linealmente con la intensidad luminosa incidente, como otra característica este fotodiodo ofrece baja corriente de oscuridad. El amplificador está diseñado para ser alimentado con una o dos fuentes de poder, lo cual lo hace viable para su uso mediante baterías.

Su rango espectral de responsividad se muestra en la gráfica A



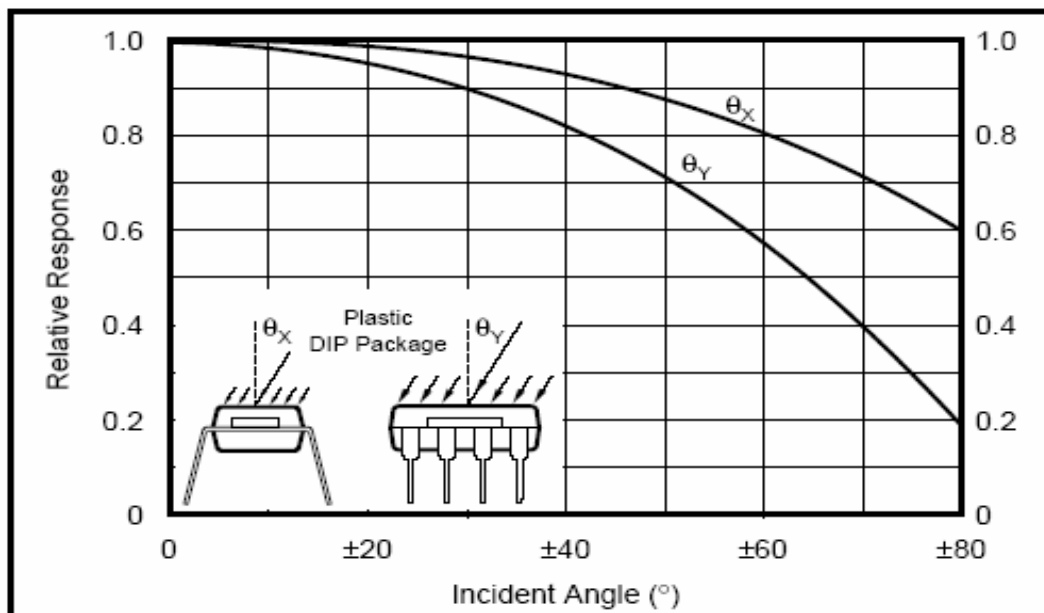
Gráfica A.

Gráfica B: Voltaje de salida vs. Corriente radiada



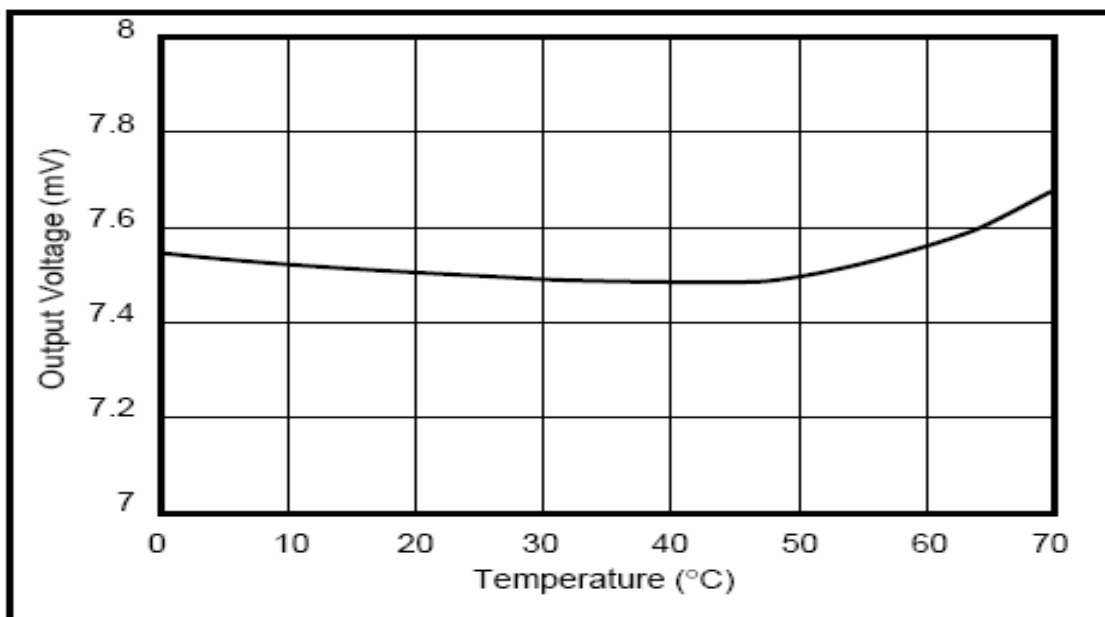
Gráfica B

Gráfica C: Respuesta relativa vs. Ángulo de incidencia

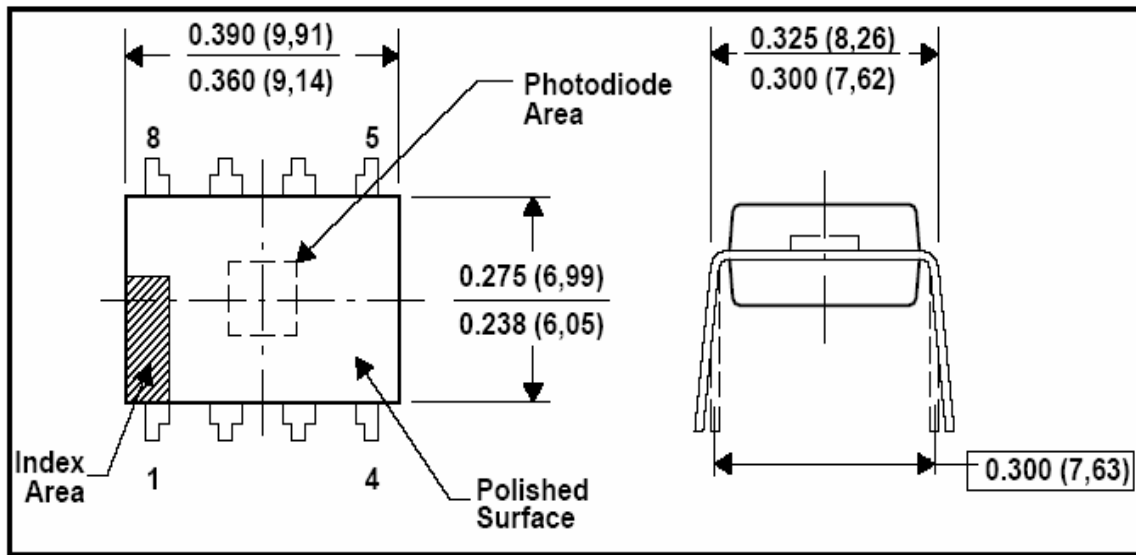


Gráfica C

Gráfica D: Voltaje de oscuridad vs. Temperatura



Esquema A: dimensiones del sensor



Esquema A

Las dimensiones se muestran en pulgadas, las que se encuentran dentro de paréntesis están en milímetros.

Este sensor cuenta con un área activa de 0.09 x 0.09 [in], suficiente considerando las dimensiones del área de respuesta del casete para pruebas de diagnóstico rápido.

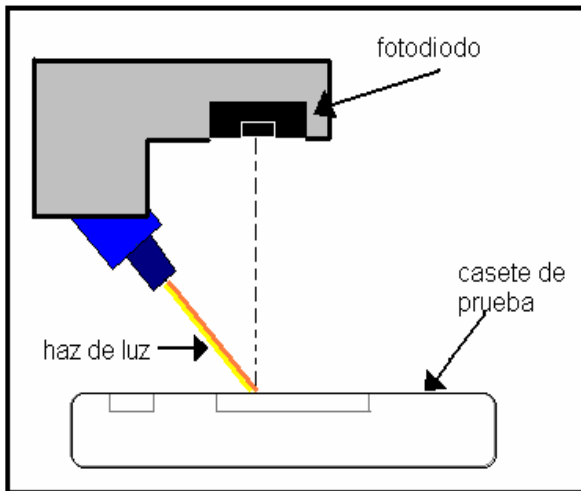
CAPITULO IV

INTRODUCCIÓN.

Después de haber seleccionado el mecanismo y el sensor que se va a utilizar para el módulo de lectura, es necesario acoplar sinérgicamente estas partes, así como realizar la parte de control necesario para que en conjunto se obtengan los resultados esperados. De modo que en este capítulo se tratará el acoplamiento y calibración del sensor, su unión con el mecanismo y el procedimiento para su control.

IV.1 Acoplamiento del sensor.

Para que el fotodiodo pueda ser capaz de percibir el cambio de tonalidad en el papel reactivo –lo cual nos indicará la calidad de la prueba– es necesario tener una fuente de luz estable. Para lograr esto se desarrollaron diferentes subsistemas en los cuales se acoplara la fuente de luz y el sensor, siguiendo un esquema parecido al de la Figura 4.1.



Para fabricar esta unidad de luz, se buscó que cumpliera con los siguientes requerimientos

- Que su construcción ocupara el menor espacio posible
- Que la masa total de la unidad fuera baja para que no afectara al motor que va acoplado al mecanismo
- Que fuera reproducible

Fig. 4.1 Unidad de luz.

IV.1.2 Propiedades físicas de la luz.

Cuando la luz incide sobre un cuerpo, su comportamiento varía según el tipo de superficie, la constitución de dicho cuerpo así como la inclinación de los rayos incidentes dando lugar a algunos de los siguientes fenómenos físicos:

- a) Absorción: Es un proceso muy ligado al color. Cuando la luz blanca choca contra un objeto, una parte de los colores que la componen son absorbidos por la superficie y el resto son reflejados. Los componentes de luz reflejados son las que determinan el color que percibimos; si se refleja toda la luz el color percibido es blanco, si se absorbe toda la luz se determina que el color es negro. Un objeto es rojo por que refleja la luz roja y absorbe las demás componentes de la luz blanca. Si iluminamos el mismo objeto con luz azul se verá de color negro por que el cuerpo absorbe esta componente y no refleja nada. La distribución espectral de los colores que forman la luz blanca se muestra en la tabla 4.1.

Tipo de radiación	Longitudes de onda (nm)
Violeta	380-436
Azul	436-495
Verde	495-566
Amarillo	566-589
Naranja	589-627
Rojo	627-770

Tabla 4.1

- b) Reflexión: Figura 4.2. Esta se presenta cuando un haz de luz choca contra un cuerpo. La dirección en la que sale reflejada la luz esta determinada por el tipo de superficie. Si es una superficie brillante o pulida se produce la reflexión regular en que toda la luz sale en una única dirección. Si la superficie es mate, la luz sale proyectada hacia diferentes direcciones a lo cual se le da el nombre de reflexión difusa. Y por último se tiene a la reflexión mixta, la cual es un caso intermedio entre la reflexión regular y la reflexión difusa en la cual predomina una dirección sobre todas las demás, este tipo de reflexión la podemos encontrar en materiales como superficies metálicas sin pulir, papel brillante, barnices, etc.



Figura 4.2. Tipos de reflexión.

- c) Refracción: Se produce cuando un rayo de luz es desviado de su trayectoria al atravesar una superficie entre medios diferentes. Este fenómeno ocurre debido a que la velocidad de propagación de la luz en cada uno de los medios es diferente.
- d) Transmisión: Se tienen 2 tipos de transmisión. 1.- Transmisión directa, cuando la luz penetra en un plástico o cualquier cuerpo, sin ser dispersa o difusa por las irregularidades en la superficie. 2.- Transmisión difusa que se presenta cuando una cierta cantidad de luz se ha dispersado o se encuentra de manera difusa debido a las irregularidades de la superficie. Alguna clase de materiales como los cristales difunden la luz dura que los penetra, transformándola en luz más blanda.

Tomando en cuenta que la superficie de las pruebas de diagnóstico rápido son de un material poroso (aunque esto no se aprecia a simple vista) cuando un rayo de luz choca contra dicho material se presenta una reflexión mixta, por lo cual se debe tener en gran consideración dicho fenómeno para que el transductor pueda detectar los cambios en la tonalidad del área de respuesta. Por consiguiente se debe de utilizar una lente para poder concentrar los rayos producto de la reflexión y posteriormente enviarlo a la superficie de detección del sensor.

IV.2 Conversión analógico – digital.

Debido a que el sistema de control trabaja con señales digitales y el sensor produce señales analógicas es necesario realizar una conversión analógico-digital antes de que la información obtenida por el sensor sea procesada. Fig. 4.3.

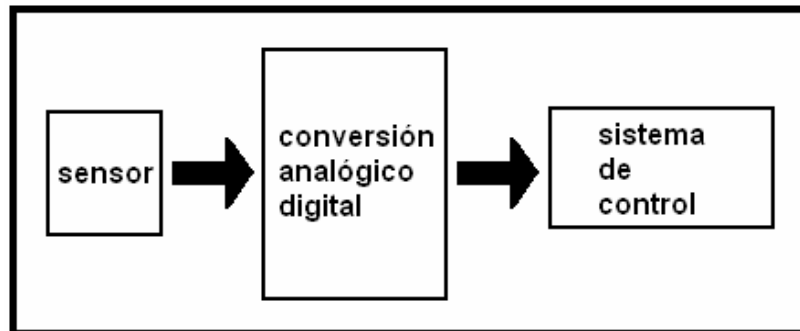
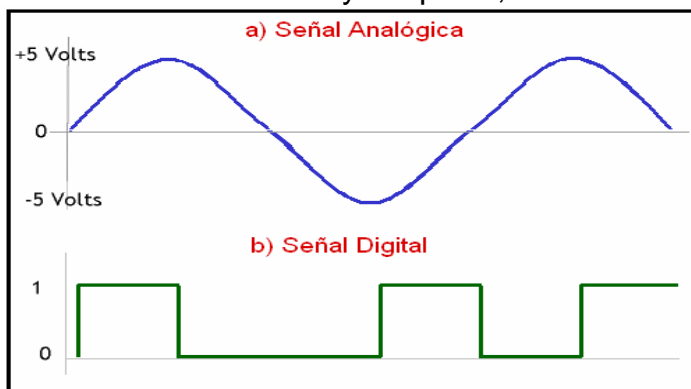


Figura 4.3 Enlace del sensor hacia el sistema de control.

Para poder explicar en que consiste la conversión analógica-digital, es conveniente mostrar las diferencias entre este tipo de señales.

Señal analógica: Una señal analógica es la que puede tomar una infinidad de valores en frecuencia y amplitud, dentro de un intervalo determinado. En otras palabras, se tienen valores continuos. (Fig. 4.4a)



Señal digital: Se define como una señal en la cual sus valores de frecuencia y amplitud son discretos. Es decir toman valores fijos predeterminados los cuales están basados en el sistema binario.(Fig. 4.4b)

Figura 4.4 Diferencias entre una señal analógica y una señal digital.

El dispositivo que lleva a cabo la conversión tiene que establecer una relación entre su entrada, la cual es una señal analógica y su salida, la cual es la señal digital, dependiendo de su resolución. La resolución se puede conocer mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Resolución} = A / (2^n)$$

Donde: A = máximo valor de voltaje en la entrada
n = número de bits a la salida

Para realizar una conversión analógica – digital se llevan a cabo 4 pasos (Fig. 4.5):

1) Muestreo.

Consiste en recolectar muestras a lo largo de la señal, la frecuencia a la que se realizan estos muestreos se denomina tasa o frecuencia de muestreo.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

2) Retención.

Las muestras han de ser retenidas el tiempo suficiente para poder ser evaluadas y cuantificadas.

3) Cuantificación.

En esta parte del proceso los valores continuos de la señal adquieren valores numéricos decimales discretos correspondientes a las variaciones de voltaje.

4) Codificación.

Una vez que las muestras han tomado valores decimales, se procede a asignarles su valor equivalente en el sistema binario. El sistema binario es la base más utilizada pero también se pueden emplear otras bases para codificar la señal.

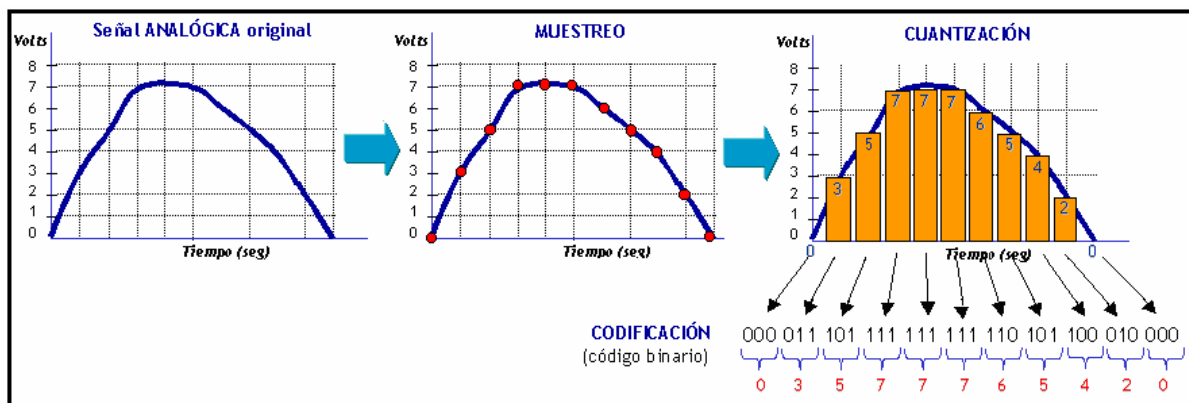


Figura 4.5 Pasos para la conversión analógico-digital.

Para poder llevar a cabo la conversión analógico-digital se utilizó el módulo de conversión analógico – digital que tiene implementado el dispositivo PIC16F877, el cual tiene las siguientes características:

- Cuenta con 8 entradas analógicas.
- La entrada analógica carga a un capacitor para el muestreo y retención de la señal, la salida de este capacitor, es la entrada del convertidor. El convertidor, genera un resultado digital mediante aproximaciones sucesivas.
- La conversión A/D resulta en un numero digital de 10bits. Lo cual equivale a una resolución de .004 [V]
- Resolución = $5[V] / (2^{10}) = 4 [mV]$
- Lo anterior significa que por cada 4[mV] que aumente el nivel de tensión en la entrada, la salida aumentará una unidad (sumado en forma binaria) por ejemplo:

$$\begin{aligned} 0[V] &= 0000000000 \\ 0.004[V] &= 0000000001 \\ 0.008[V] &= 0000000010 \\ 5[V] &= 1111111111 \end{aligned}$$

- El módulo A/D tiene entradas de alto y bajo voltaje de referencia las cuales se seleccionan mediante software.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

IV.3 Metodología de calibración.

El grado de iluminación que emite el LED debe ser ajustado ya que si existe una gran cantidad de luz el sensor se satura y no detecta los cambios en las tonalidades del papel, por lo que la luz debe de ser suficiente para iluminar claramente la superficie y no saturar el sensor. Para evitar este fenómeno se estableció visualmente una intensidad de luz media y se tomó como base aplicar 3.5[V] para el led que será nuestra fuente de luz.

Se realizaron diferentes pruebas para poder observar la respuesta del sensor; en una primera fase se realizaron 4 pruebas en las que se varió el ángulo de la luz incidente en la superficie del casete, así como la protección del dispositivo de luz. Los resultados se muestran en las siguientes tablas:

RESPUESTA DEL SENSOR FASE 1		
Voltaje del led = 3.5 [V] , $\theta=53^\circ$		
	Con protección blanco mate	Con protección negro mate
Superficie Negra Mate	0.27 [V] , 0.28 [V]	0.19 [V], 0.20 [V]
Superficie Blanca Mate	3.14 [V] , 3.25 [V]	2.29 [V], 2.34 [V]
Hoja blanca de papel	2.60 [V] , 2.7 [V]	3.14 [V], 3.27 [V]
Línea negra de 5 [mm]	0.78 [V] , 0.69 [V]	0.47 [V], 0.49 [V]
Línea negra de 3[mm]	0.89 [V] , 0.96 [V]	0.79 [V], 0.95 [V]
Línea negra de 1[mm]	1.09 [V], 1.16 [V]	0.84 [V], 0.99 [V]
Línea negra de .07[mm]	1.04 [V], 1.08 [V]	0.93 [V], 0.95 [V]
Línea negra de .07[mm] (suave)	1.35 [V], 1.38 [V]	0.30 [V], 0.36 [V]
Superficie blanca del casete	2.34 [V], 2.39 [V]	1.99 [V], 2.11 [V]
Hoja blanca de papel dentro del casete	1.37 [V]	0.92 [V]

Tabla 4.2 Respuesta del sensor, con $\theta=53^\circ$

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

RESPUESTA DEL SENSOR FASE 1		
Voltaje del led = 3.5 [V] , $\theta=49^\circ$		
	Con protección blanco mate	Con protección negro mate
Superficie Negra Mate	0.19 [V] , 0.20 [V]	0.11 [V], 0.12 [V]
Superficie Blanca Mate	2.50 [V] , 2.60 [V]	1.80 [V], 1.87 [V]
Hoja blanca de papel	2.60 [V] , 2.69 [V]	1.70 [V], 1.75 [V]
Línea negra de 5 [mm]	0.57 [V] , 0.93 [V]	0.44 [V], 0.81 [V]
Línea negra de 3[mm]	0.95 [V] , 1.46 [V]	0.68 [V], 0.92 [V]
Línea negra de 1[mm]	1.55 [V], 1.64 [V]	1.18 [V], 1.25 [V]
Línea negra de .07[mm]	1.95 [V], 2.08 [V]	1.56 [V], 1.67 [V]
Línea negra de .07[mm] (suave)	1.96 [V], 2.17 [V]	1.65 [V], 1.74 [V]
Superficie blanca del casete	2.38 [V], 2.68 [V]	1.99 [V], 2.13 [V]
Hoja blanca de papel dentro del casete	2.50 [V]	1.8 [V]

Tabla 4.3 Respuesta del sensor, con $\theta=49^\circ$

En las tablas anteriores aparece un rango de mediciones por cada lectura pues el sensor no establecía un valor único si no que variaba, por lo que se decidió apuntar los valores extremos es decir el mínimo y máximo dependiendo del material presente. Para realizar estas pruebas se utilizó el convertidor analógico – digital (como anteriormente se había mencionado) y el resultado se desplegaba en un display de cristal líquido. El control de esta operación se reguló mediante un microcontrolador PIC16F877.

Con estas pruebas se buscó que el sensor detectará el color negro en diferentes tonalidades, pero se encontró un problema, pues surgieron dudas acerca de la intensidad en la tonalidad real que tomaría la prueba de diagnóstico rápido. Para solucionar este inconveniente se investigó el tipo de tonalidad que toman diferentes tipos de tiras reactivas que se utilizan en diversas pruebas de diagnóstico rápido y así lograr que el módulo de lectura pueda ser empleada para diversos exámenes médicos.

Para la investigación se acudió a dos laboratorios del ¹H.E.C.M.N.S.XXI. Los datos obtenidos son los siguientes:

- La coloración de la tira reactiva varía dependiendo del fluido a analizar.
- Para las pruebas de glucosa y de orina las tiras reactivas tienen coloraciones que van desde un verde claro hasta un rojo oscuro, dependiendo de la concentración del fluido y del tipo de antígenos que se

¹ Hospital de Especialidades del Centro Médico Nacional Siglo XXI

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

estén buscando. El resultado obtenido con este tipo de tiras son de tipo semicuantitativo, pues de acuerdo a la coloración encontrada, se comparan con un patrón de color establecido por el proveedor y se puede saber la cantidad aproximada de antígenos, es decir se analiza la prueba mediante comparación óptica.

- En la prueba Western Blot también se utiliza la tira reactiva solo que la tonalidad que muestra al término del análisis es de gris a negra.
- Aunque el proveedor recomienda utilizar un dispositivo especial para la lectura de las tiras, este no se encuentra en el laboratorio por ser de precio elevado.

Con base en lo anterior se decidió calibrar el sensor para la detección de blancos, es decir después de haber realizado diferentes pruebas con el sensor y diferentes tonalidades de blanco obtenidas de muestras de papel de nitrocelulosa, se estableció un intervalo al cual corresponde el color blanco; de tal manera que el controlador, al procesar la información enviada por el sensor, va a determinar si dicho valor se encuentra fuera del intervalo establecido, con lo cual se dará automáticamente como resultado la presencia de color, no importando el tono de la coloración en la tira reactiva y tratando que la mínima intensidad de la coloración sea perceptible al transductor.

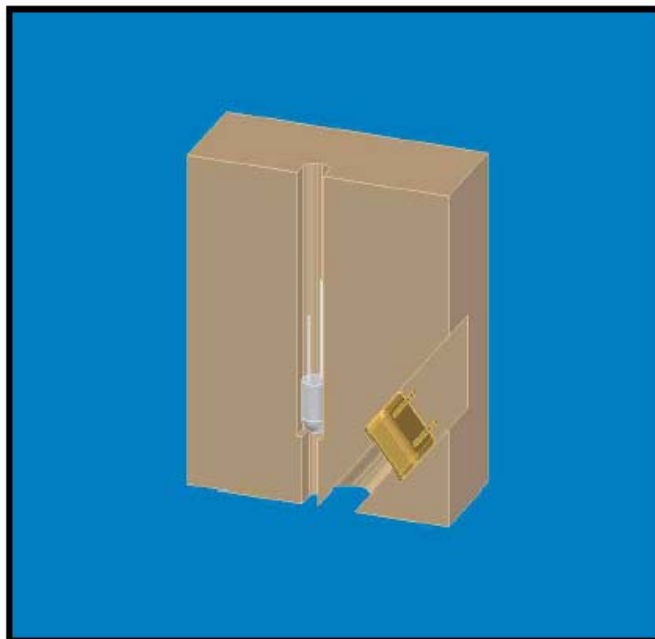
El procedimiento fue el siguiente, para cada tipo de papel de nitrocelulosa se tomaron 30 lecturas con un intervalo de 30 segundos entre cada una. Se mantuvo fija la intensidad del led y se probó con diferentes dispositivos de luz.

Para determinar la mejor disposición física de la fuente de luz y del sensor se investigo en patentes internacionales, así como en aparatos comerciales lectores de tiras reactivas, la ubicación de los elementos de luz y del sensor, con el fin de poder aprovechar al máximo los recursos.

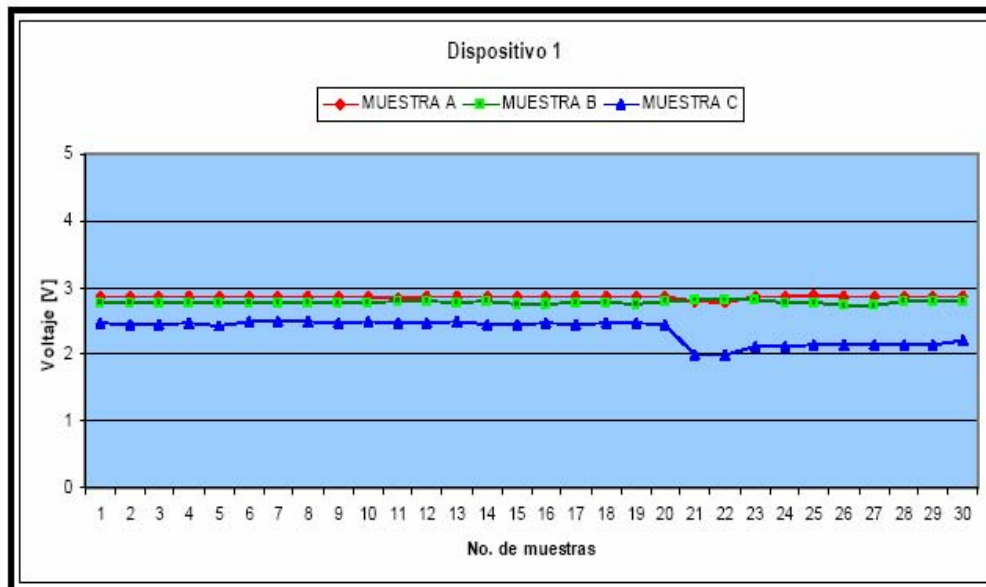
Los resultados sirvieron para poder determinar la unidad de luz que se utilizará para posteriormente buscar la mayor eficiencia del sensor mediante el ajuste de luz (los resultados de estas pruebas se encuentran en el Anexo A de el presente trabajo).

A continuación se muestra un resumen gráfico de los resultados que ayudaron a determinar el tipo de dispositivo a utilizar.

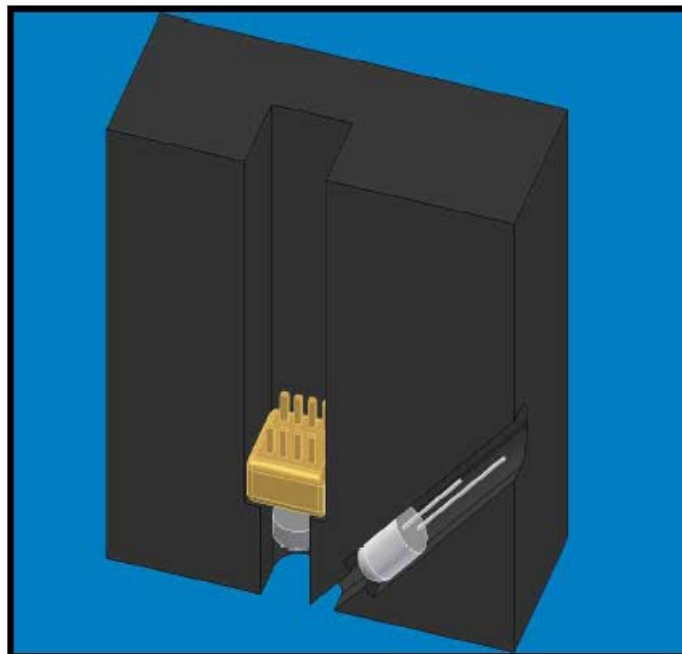
Dispositivo 1



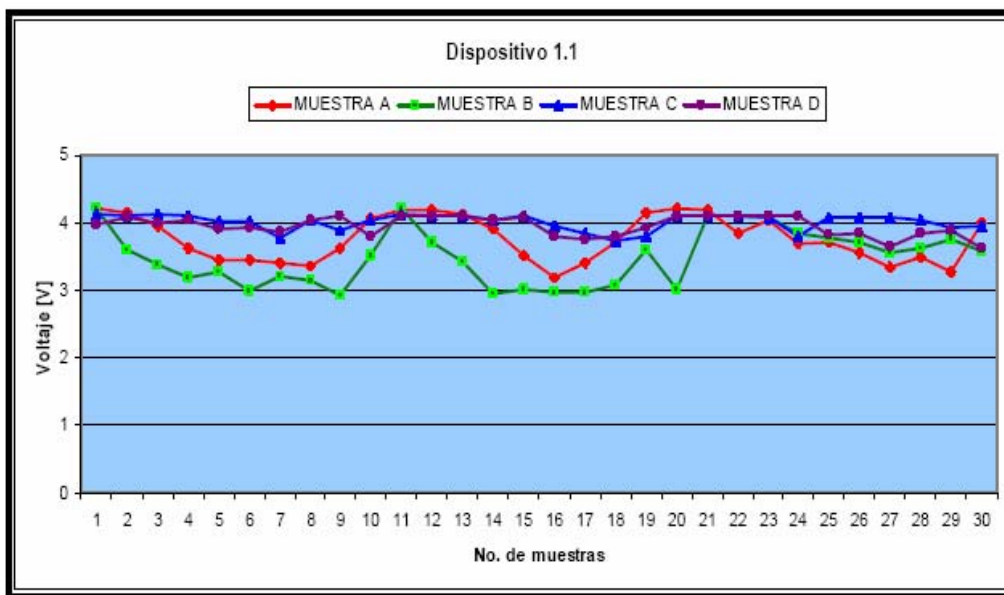
Resultados de las lecturas



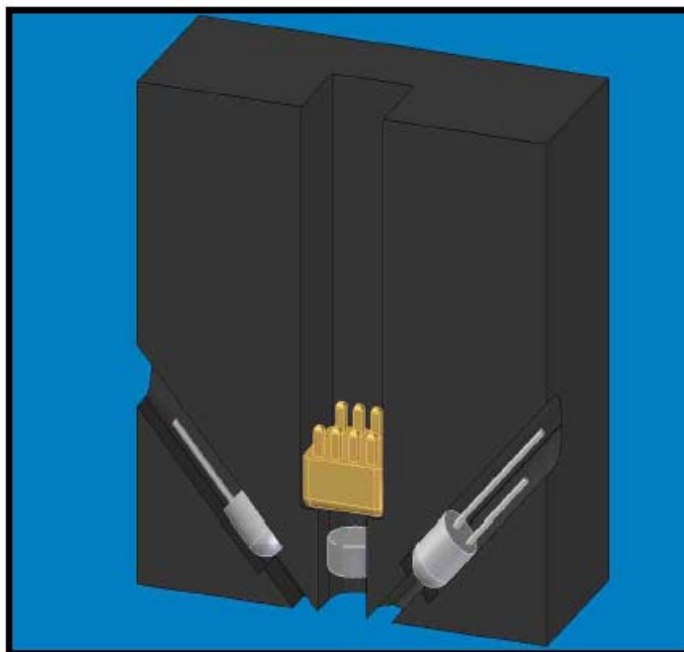
Dispositivo 1.a



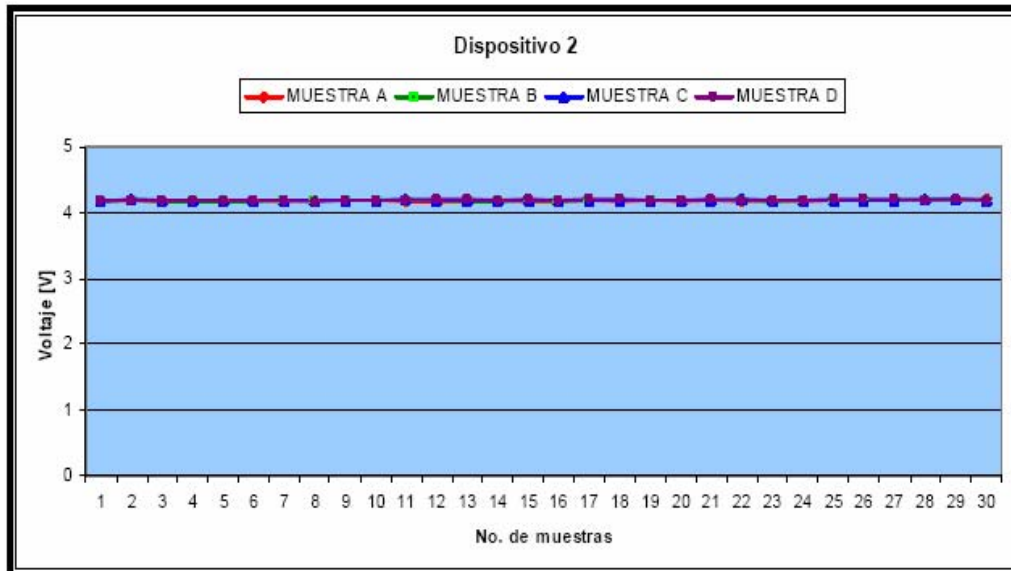
Resultados de las lecturas



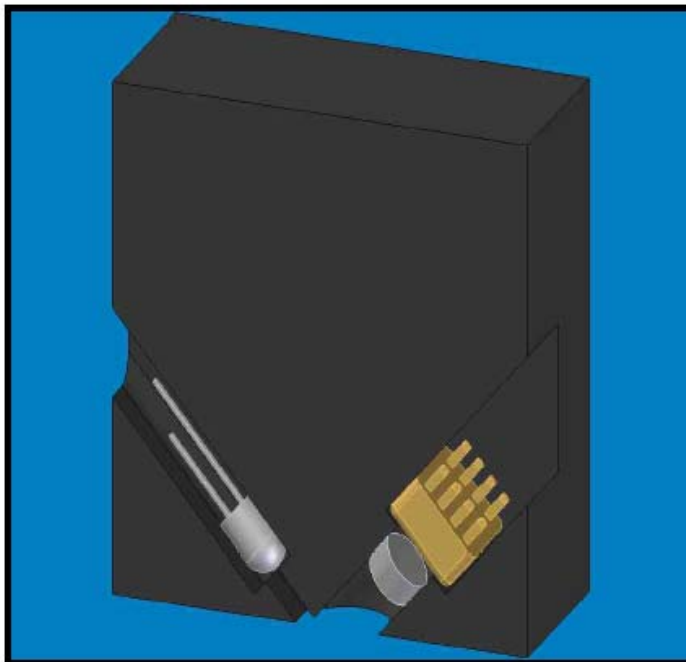
Dispositivo 2



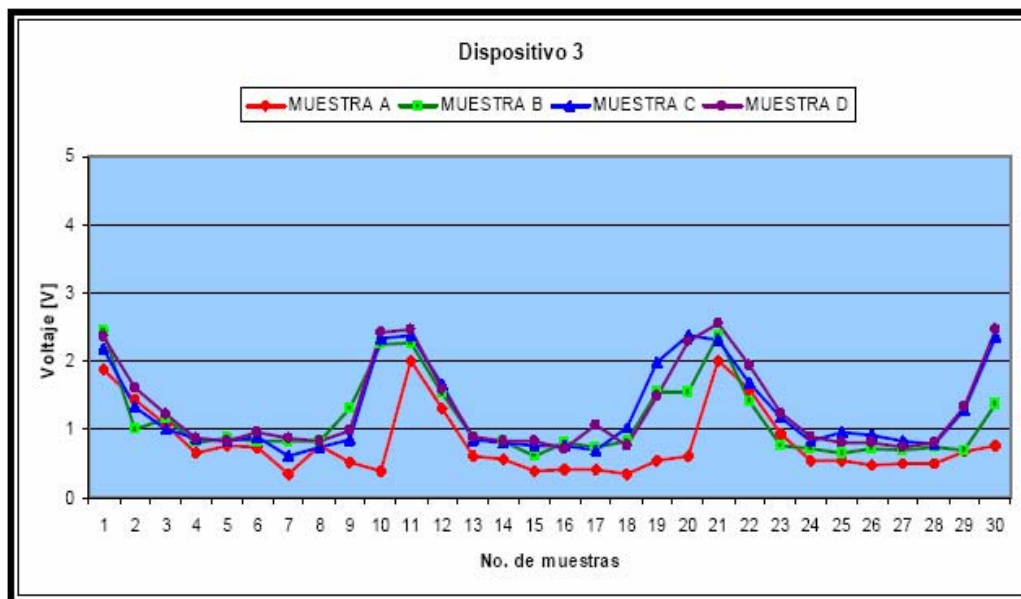
Resultados de las lecturas



Dispositivo 3



Resultados de las lecturas



DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

De acuerdo con los resultados expuestos, el dispositivo seleccionado es el número 2, ya que maneja una salida más estable y los valores de voltaje de salida son más cercanos a la salida máxima del sensor.

El siguiente paso es ajustar la intensidad de luz brindada por los leds para que el sensor pueda distinguir los cambios de tonalidad en la superficie del casete de pruebas y logre así la mayor sensibilidad posible.

Para poder realizar esta tarea se hizo uso de la modulación por ancho de pulso el cual es un módulo que mediante software realiza el PIC16F877.

Se seleccionó este método ya que el LED presenta una mayor fiabilidad y ofrece las siguientes ventajas frente al uso de elemento analógico para regular la intensidad del led:

- La intensidad luminosa puede ajustarse variando el ancho de pulso aplicado.
- Genera mayor intensidad luminosa para una misma corriente.
- Se tiene una menor disipación de potencia.

IV.3.1 PWM, pulse width modulation (modulación por ancho de pulso).

El control mediante PWM, es una herramienta muy poderosa para manejar circuitos analógicos con salidas digitales. La modulación por ancho de pulso tiene diversas aplicaciones que van desde realizar mediciones o comunicación, para convertirlos en control de potencia (por ejemplo, variación de velocidad en un motor de corriente directa), o hacer conversiones.

La figura 4.6 muestra un circuito simple en la cual se observa una batería de 9[V] y una lámpara. Si se cierra el switch que esta conectado a la batería y a la lámpara por 50 [ms], la fuente de luz recibirá 9 [V] durante ese intervalo de tiempo. Si ahora se abre el switch por otros 50 [ms], la lámpara recibirá 0 [V]. Si se repite este ciclo 10 veces por segundo, parecerá que la lámpara esta encendida con la energía otorgada por una batería de 4.5 [V] (es decir el 50% de la pila de 9 [V]). Es entonces que se dice que el ciclo de trabajo es de 50% y que la frecuencia de modulación es de 10 [Hz]



Figura 4.6 Circuito simple para PWM

En otras palabras, al trabajar con la modulación por ancho de pulso, la señal generada tendrá una frecuencia fija y los tiempos en los que la señal se encuentra en alto y bajo pueden variar.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

El ciclo total de trabajo se determina por lo siguiente:

$$t_{\text{Total}} = t_{\text{ON}} + t_{\text{OFF}}$$

Entrega de energía.

La modulación por ancho de pulso puede ser utilizada para reducir la cantidad total de energía entregada a una carga sin que se presenten pérdidas normalmente presentes cuando una fuente de poder es limitada por elementos resistivos. Esto es por que el porcentaje de poder entregado es proporcional a la modulación del ciclo de trabajo

En la figura 4.7 se muestran tres tipos de ciclos de trabajo, en los cuales se tienen tiempos de encendido del 10, 50 y 90 por ciento del valor del periodo, lo cual significa que si se emplea una fuente de 9 [V] y el ciclo de trabajo es del 10%, se le entregara a la carga 0.9[V] para realizar el trabajo.

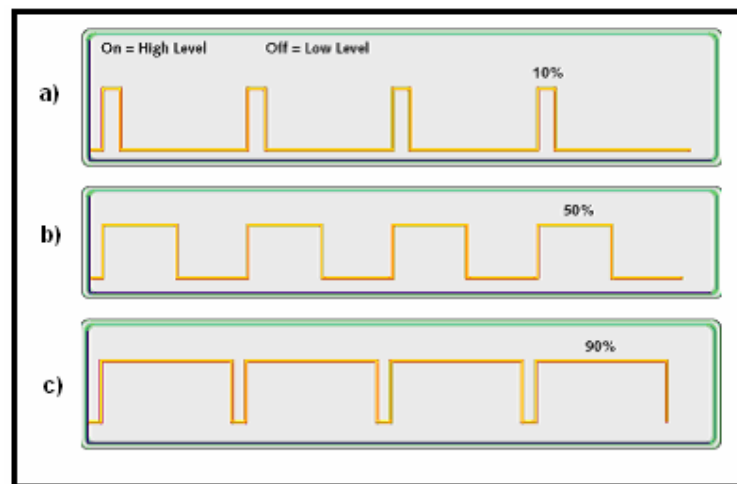


Figura 4.7 Señales de PWM con diferentes ciclos de trabajo

Muchos circuitos digitales pueden generar módulos de PWM (por ejemplo los microcontroladores). Este tipo de dispositivos generalmente usan un contador que se incrementa periódicamente (puede estar conectado directa o indirectamente al reloj del circuito interno) y presenta un reset al final de cada periodo del PWM. Cuando el valor del contador es mayor que el valor de referencia el módulo del PWM cambia su estado de bajo a alto.

El PIC16F877 cuenta con dos módulos (CCP1 y CCP2) de captura/comparación/PWM, cada módulo contiene un registro de 16 bits que puede operar como:

- Registro de 16 bits para captura.
- Registro de 16 bits para comparación.
- Registro de ciclo de trabajo para PWM.

En el modo de modulación por ancho de pulso, el pin del módulo CCPx genera una salida de PWM con resolución de 10bit. Esta salida tiene un tiempo base (periodo) y un tiempo en el cual la salida se mantiene en alto (ciclo de trabajo). La frecuencia del PWM es el inverso del periodo (1/periodo), figura 4.8.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

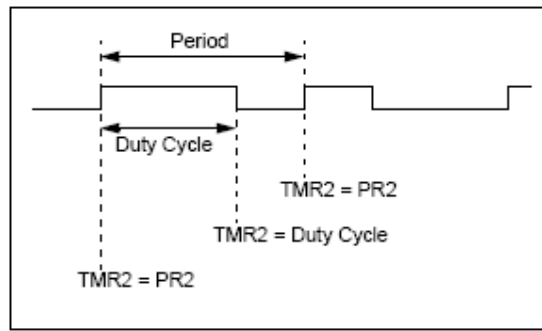


Figura 4.8 Salida del PIC en modo de PWM.

El periodo de PWM es determinado al escribir en el registro PR2. Este periodo puede ser calculado usando la siguiente fórmula:

Periodo PWM = $[(PR2) + 1] * 4 * T_{osc} * (TMR2 \text{ valor de preescala})$
Y por lo tanto la frecuencia del PWM esta definido como $1/[\text{periodo PWM}]$

IV.3.2 Ajuste de la fuente de luz.

Al tener dispuesto el módulo de PWM del PIC la variación del ciclo de trabajo será variado mediante el uso de un potenciómetro empleando la conversión analógica – digital del microcontrolador.

Con el software listo, se coloca el módulo de lectura sobre la superficie del casete de pruebas, se varia la intensidad de luz del led, al mismo tiempo que se va desplazando el módulo de lectura sobre el área de lectura de tiras reactiva con diferentes intensidades de coloración. Lo que se busca con esta metodología es que el sensor muestre cambios en presencia de color y que estos cambios sean significativos. Los resultados que se tienen son:

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

Para realizar estas mediciones se utilizó un casete con el papel y las coloraciones propias de la tira con el que se ha estado trabajando. Se tomaron 10 lecturas variando el ciclo de trabajo de la modulación por ancho de pulso.

prueba	% ciclo de trabajo	Voltaje obtenido al detectar blanco	Voltaje obtenido al detectar coloración	Diferencia de las lecturas
1	100	4.2	0.4	3.8
2	95	4.0	0.6	3.4
3	90	4.0	0.8	3.2
4	85	3.8	1.1	2.7
5	80	3.8	1.1	2.7
6	75	3.7	1.7	2.0
7	70	3.4	2.0	1.4
8	65	3.1	2.4	0.7
9	60	2.8	2.4	0.4
10	55	2.4	2.3	0.1

Al concluir las pruebas se decidió utilizar el ciclo de trabajo correspondiente al 75% debido a que la diferencia entre las lecturas cuando hay coloración y cuando el sensor está en presencia de blanco es aceptable y el voltaje aplicado a los leds no es el máximo, evitando así que estos aumenten la temperatura de su superficie pudiendo causar algún daño en el dispositivo de lectura donde se alojan.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

IV.4 Acoplamiento del mecanismo.

Ya que se ha seleccionado el dispositivo de luz donde se encuentran el sensor y se han ajustado los valores de voltaje de los leds para una correcta iluminación, es necesario unir lo anterior con la parte mecánica, ya que se tiene que ajustar la velocidad a la cual el sensor se desplazara sobre la superficie de respuesta del casete.

La velocidad de desplazamiento lineal del sensor, puede ser ajustado de dos maneras:

Con una reducción mecánica (reducción por engranes).

Con elementos electrónicos (variación del voltaje aplicado al motor).

El mecanismo de tornillo – tuerca, seleccionado cuenta con un motor y una caja de transmisión de movimiento conformada por engranes rectos los cuales tienen las siguientes características físicas:

	Piñón	Engrane de enlace		Engrane acoplado al tornillo
No. De dientes	12	23	12	30
Diámetro del engrane	0.28[mm]	0.49[mm]	0.28[mm]	0.64[mm]

Sin embargo esta reducción mecánica no es suficiente para que el movimiento del sensor sobre el área de respuesta se realice de manera suave y lenta. Por tal motivo, adicionalmente a la reducción mecánica se controlará la velocidad mediante una modulación por ancho de pulso. (PWM capítulo 4.3.1).

La etapa de potencia la realizó el circuito integrado L293D el cual tiene las siguientes características:

- Cuenta con dos canales los cuales se pueden habilitar de manera independiente
- Corriente de salida 600 [mA] por canal
- Acepta entradas TTL
- Tiene diodos de protección incluidos
- Su uso es conveniente para aplicaciones donde se utilicen frecuencias mayores a 5 [KHz]

Valores de trabajo:

Símbolo	Parámetro	min.	Máx.	Unidad
V_s	Voltaje para la carga	V_{ss}	36	[V]
V_{ss}	Voltaje de alimentación del integrado	4.5	36	[V]

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

V_i	Voltaje de entrada	0	V_{ss}	[V]
V_{en}	Voltaje para habilitar	0	V_{ss}	[V]
I_o	Corriente de pico		1.2	[A]
P_{tot}	Potencia disipada		5	[W]

Para poder mandar señales de 1 o 0 lógico, se debe tomar en cuenta los siguientes intervalos:

Símbolo	Parámetro	min.	Máx.	unidad
V_{iL}	Voltaje de entrada bajo	-0.3	1.5	[V]
V_{iH}	Voltaje de entrada alto	2.3	V_{ss}	[V]
V_{enL}	Voltaje para habilitar bajo	-0.3	1.5	[V]
V_{enH}	Voltaje para habilitar alto	2.3	V_{ss}	[V]

Tabla de verdad (aplica para cada canal)

Entrada	Enable	Salida
H	H	H
L	H	L
H	L	Z
L	L	Z

La velocidad de trabajo se determinó de manera visual y se seleccionó aquella que hizo que el motor se moviera lentamente sobre el área de lectura del casete, con lo cual resultó que el ciclo de trabajo del PWM para el manejo del motor fuera de un 45%, mientras que su voltaje de alimentación fue de 5[V].

Al módulo de lectura se le instalaron dos sensores de toque para poder marcar el inicio y final de carrera y poder manejar mediante software el encendido/apagado del sensor óptico.

Como elemento adicional se le añadió al prototipo una charola en la cual se tiene dispuesto un lugar para el casete donde el usuario puede ingresar el casete de pruebas de manera horizontal. El mecanismo de transmisión de movimiento para la charola se realiza mediante un piñón – cremallera, el cual cuenta con un tren de engranes para aumentar el torque del motor y un engrane acoplado a una cremallera, el cual hace que la charola pueda salir y/o introducirse al prototipo.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

IV.5 Control del módulo de lectura.

El control se realizó con un PIC16F877 con tecnología tipo RISC (Reduced Instruction Set Computer) el cual cuenta con las siguientes características generales:

5 puertos de entradas/salida. (A, B, C, D, E).

Frecuencia de operación de 20[Mhz].

Velocidad de operación de 200 [ns].

Memoria Flash de 8kb (14 bits de operación).

Memoria EEPROM 256.

Memoria de datos 368 bytes.

Puerto serial síncrono maestro (MSSP).

Módulo de transmisión y recepción síncrono o asíncrono universal (USART).

14 fuentes de interrupción.

3 Timers.

2 Módulos de Captura/Comparación/PWM.

Modulo de 10 bit para conversión Analógica – Digital con 8 canales de entrada.

Modo de ahorro de energía (sleep).

Watchdog Timer.

La tecnología RISC consiste en un conjunto reducido de instrucciones que generalmente se ejecutan en un ciclo lo cual permite que el microcontrolador sea rápido. Se seleccionó programar el PIC con un lenguaje de alto nivel como lo es el lenguaje C, ya que de esta forma se reduce considerablemente el tiempo y las líneas de programación.

El sistema consiste en un sensor óptico (OPT101), un microcontrolador (PIC 16F877), un teclado, un display de cristal líquido, dos etapas de potencia: una para accionar el motor de la charola y otro para controlar el mecanismo acoplado al sensor.

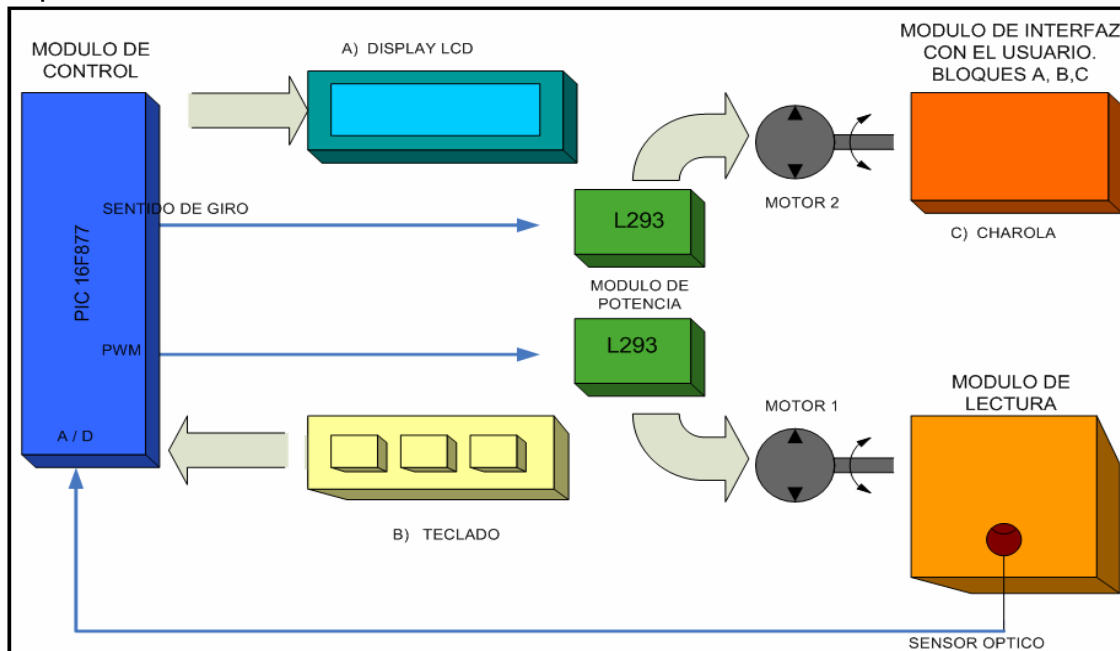


Figura 4.9 Diagrama de bloques del dispositivo

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

IV.5.1 Periféricos de entrada y salida.

Se cuenta con un teclado mediante el cual el usuario puede abrir o cerrar la charola para introducir/retirar el casete o iniciar la lectura del mismo. En el display de LCD, se despliega la información del dispositivo hacia el usuario donde se va indicando la parte del proceso que se está realizando, así como indicar al usuario el paso siguiente que debe de seguir para procesar el casete de pruebas.

La pantalla de cristal líquido que se utilizó fue el modelo TM162AAC6-2 de Tianma Microelectronics, el cual cuenta con 16x2 caracteres y fondo iluminado, para mejor visibilidad. La pantalla puede desplegar diferentes caracteres entre letras y números así como símbolos especiales creados por el programador. Este dispositivo está gobernado internamente por un microcontrolador, el cual regula la presentación gráfica.

Para transferir datos entre el microcontrolador y la pantalla, se tienen dos modos: realizarlo en dos ciclos de 4 bits o realizarlo en un ciclo de 8 bits.

En este trabajo se realizó la comunicación mediante ciclos de 4 bits haciendo uso del puerto D de 8 bits del microcontrolador.

Descripción de pines:

1	Vss	Tierra de alimentación GND
2	Vdd	Alimentación de +5V CC
3	Vo	Contraste del cristal liquido. (0 a +5V)
4	RS	Selección del registro de control/registro de datos: RS=0 Selección registro de control RS=1 Selección registro de datos
5	R/W	Señal de lectura/escritura: R/W=0 Escritura (Write) R/W=1 Lectura (Read)
6	E	Habilitación del modulo: E=0 Módulo desconectado E=1 Módulo conectado
7-14	D0-D7	Bus de datos bidireccional.

Para su programación se emplearon algunas librerías ya definidas en el compilador C las cuales simplificaron y facilitaron el control de la pantalla algunos comandos son:

```
#include "lcd.c"           //incluye en el programa la librería para controlar
                          //la pantalla.
lcd_init();               //inicializa el LCD, fijando los valores de la señal de
                          //control, RS y R/W
lcd_gotoxy(x,y);         //posiciona el cursor en x columna y en y renglón
```

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

```
lcd_putc(" "); //se despliega en la pantalla el letrero que se  
//encuentra dentro de las comillas
```

Como periférico de entrada se cuenta con un teclado mediante el cual el usuario elige lo que quiere hacer. En la parte de software el teclado fue implementado mediante interrupciones que son generadas al cambiar el nivel de voltaje de los bits más significativos del puerto B

Al presionar la tecla para introducir el casete, se genera una interrupción en el programa y se activa el motor de la charola, mandando una palabra de 2 bits para que al girar la flecha la charola salga y se pueda introducir el casete. Al volver a presionar el botón para abrir/cerrar se manda otra palabra de dos bits para que el motor gire en sentido inverso y por consiguiente la charola se meta.

Con el botón de inicio de lectura el usuario le indica al dispositivo que empiece a realizar el barrido sobre el área de respuesta. La lectura no se efectúa si el microcontrolador detecta que la charola esta afuera, o que no existe casete para ser leído.

Al presionar el botón de lectura el microcontrolador ordena al motor acoplado al sensor, que se mueva hacia el inicio de carrera (donde se encuentra un sensor de toque), logrando así un home, ya que se encuentra en esta posición, se le indica ir hacia el fin de carrera y en esta ubicación es donde se analizan los datos obtenidos y se emite un resultado el cual es desplegado en la pantalla de LCD.

IV.5.2 Interrupciones.

Las interrupciones constituyen quizá el mecanismo más importante para la conexión del microcontrolador con el mundo exterior, sincronizando la ejecución de programas con acontecimientos externos. El funcionamiento de las interrupciones es similar al de las subrutinas de las cuales se diferencian principalmente en los procedimientos que las ponen en marcha. Así como las subrutinas se ejecutan cada vez que en el programa aparece una instrucción que las llama, las interrupciones se ponen en marcha al aparecer en cualquier instante un evento externo al o interno según se haya habilitado. Cuando se produce esta interrupción el microcontrolador deja lo que esté haciendo, salta a la dirección 04h del programa y ejecuta lo que se encuentre de ahí hasta que encuentra una instrucción que lo regrese a donde se encontraba antes de la interrupción (en ensamblador esta instrucción es retfie).

Para que se pueda producir una interrupción es necesario habilitar las interrupciones globalmente y la interrupción en concreto que se quiere utilizar. El PIC16F877 cuenta con diversas fuentes de interrupción entre otras se encuentran:

- Desbordamiento del TMR0
- Fin de la escritura de la EEPROM
- Termino de la conversión analógica – digital

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

Recepción por comunicación via RS232

Interrupciones externas

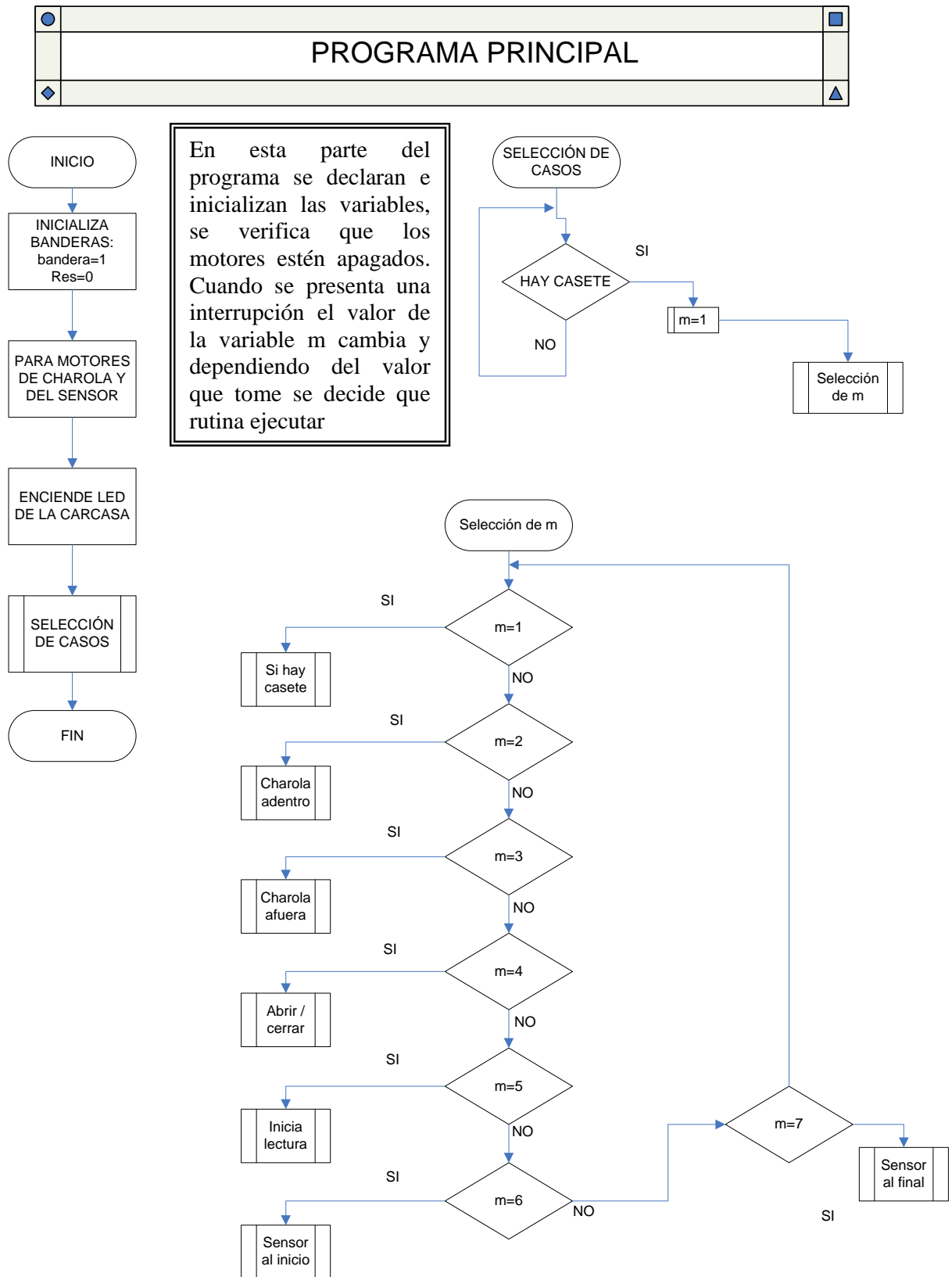
Cambio en los MSB del puerto B, etc.

Por seguridad se le añadió al dispositivo en la parte trasera un botón que sirve para alimentar a todo el sistema, de esta manera si el botón no se encuentra en on y el dispositivo se encuentra conectado a la toma de corriente, este no prendera y por ende no estará ejecutando ninguna operación.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

IV.5.3 Diagramas de flujo.

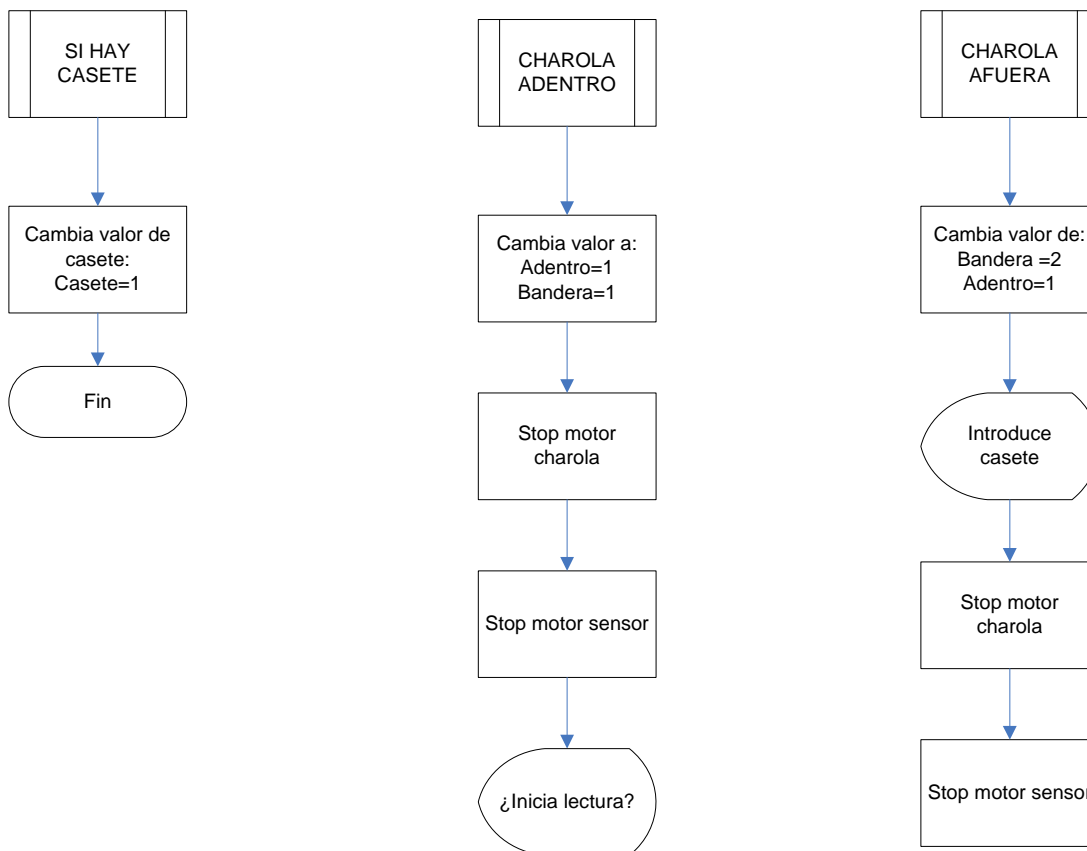
Los diagramas de flujo donde se muestra el funcionamiento general del dispositivo se muestran a continuación:



DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

●	INTERRUPCIONES		■
◆			▲

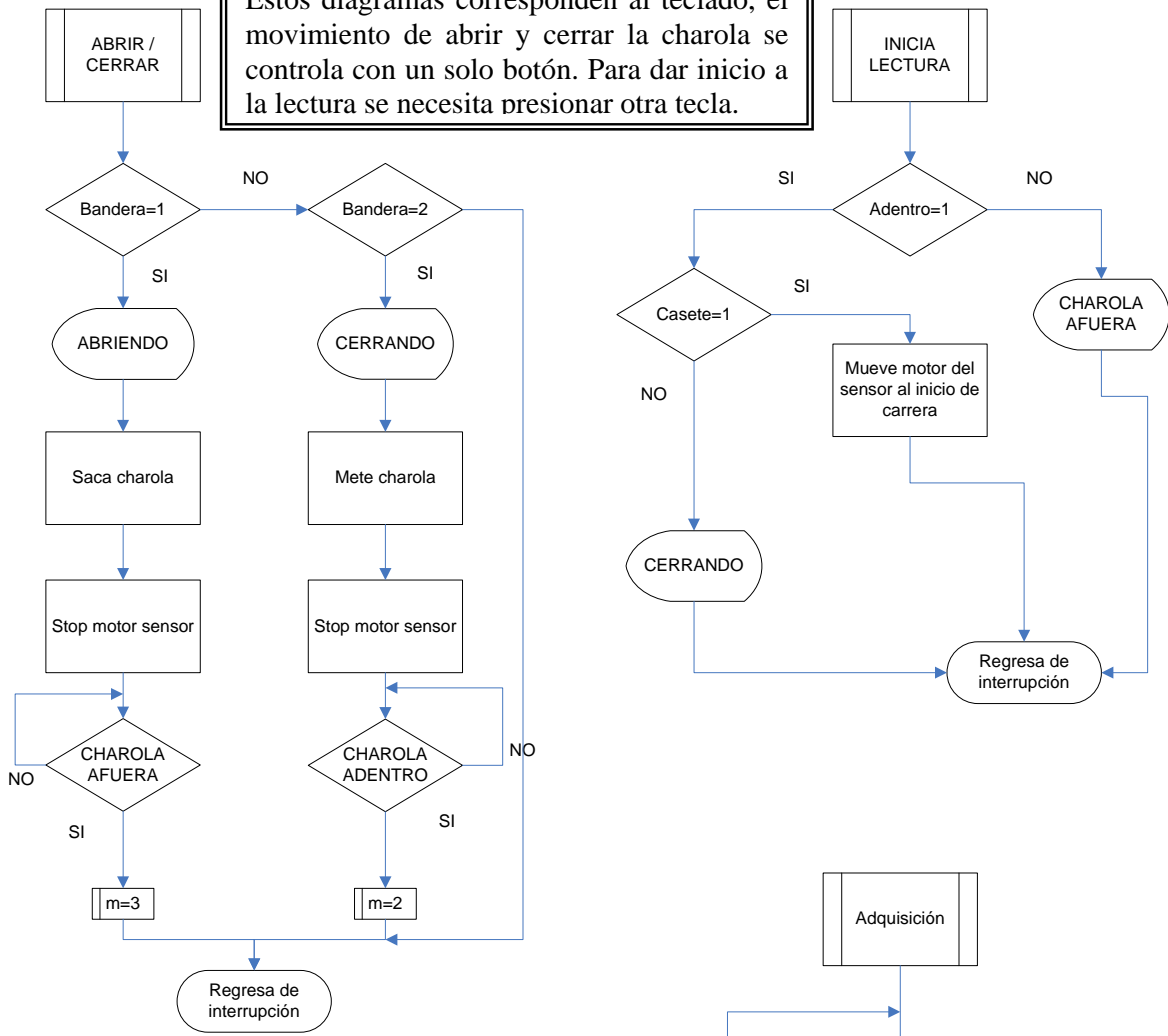
Las interrupciones se producen cuando algún sensor ha cambiado de estado. Los diagramas mostrados en esta página corresponden a los sensores de la charola, los cuales afectan el estado de las variables: casete, adentro y bandera.



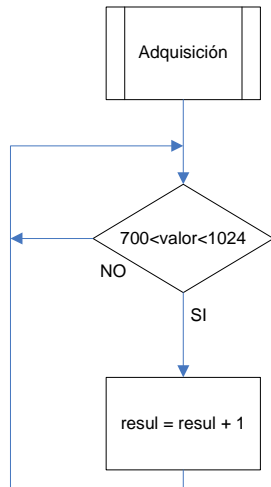
DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

INTERRUPCIONES (continuación)

Estos diagramas corresponden al teclado, el movimiento de abrir y cerrar la charola se controla con un solo botón. Para dar inicio a la lectura se necesita presionar otra tecla.

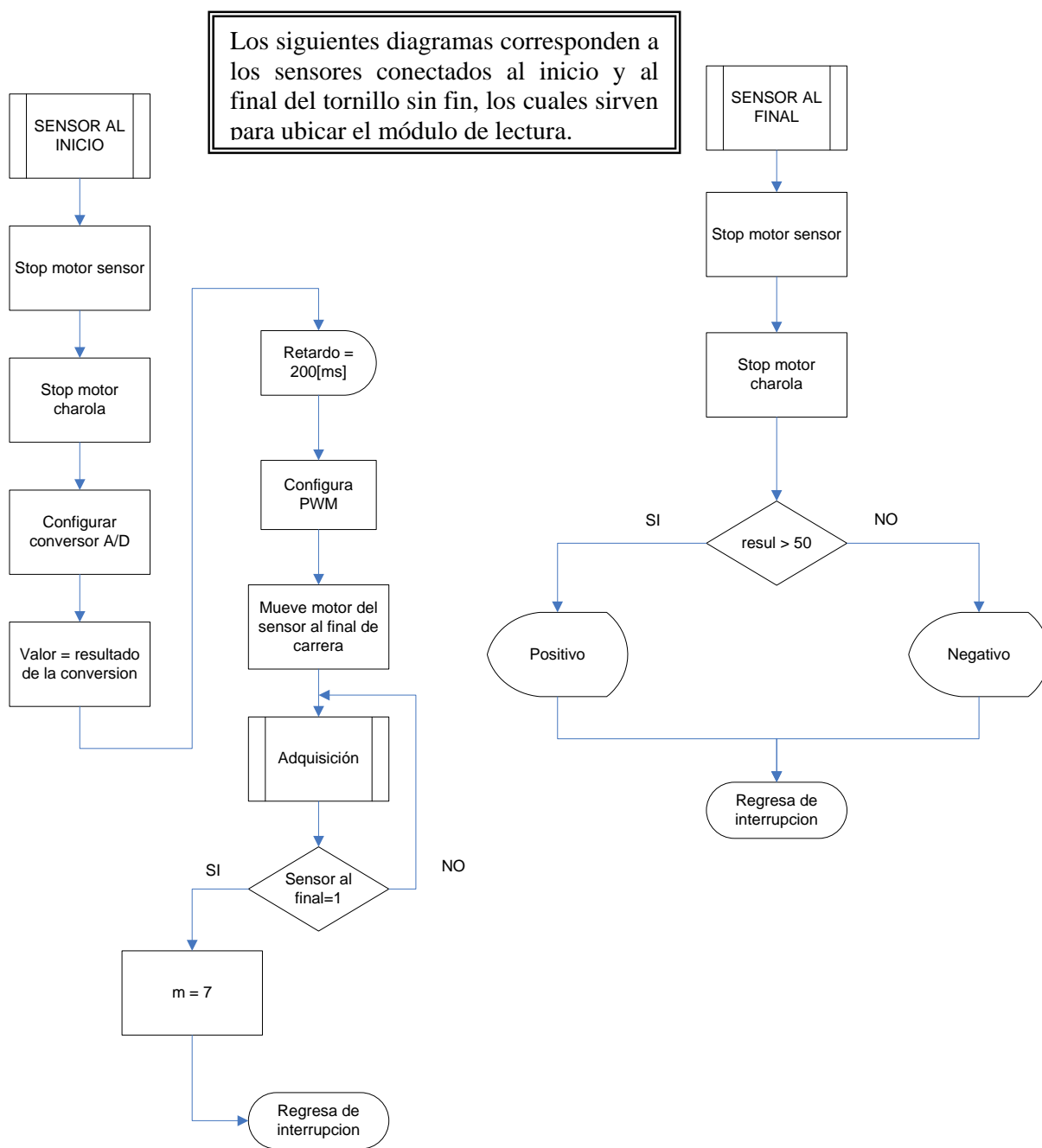


La rutina de adquisición evalúa los valores producto de la conversión A/D



INTERRUPCIONES (continuación)

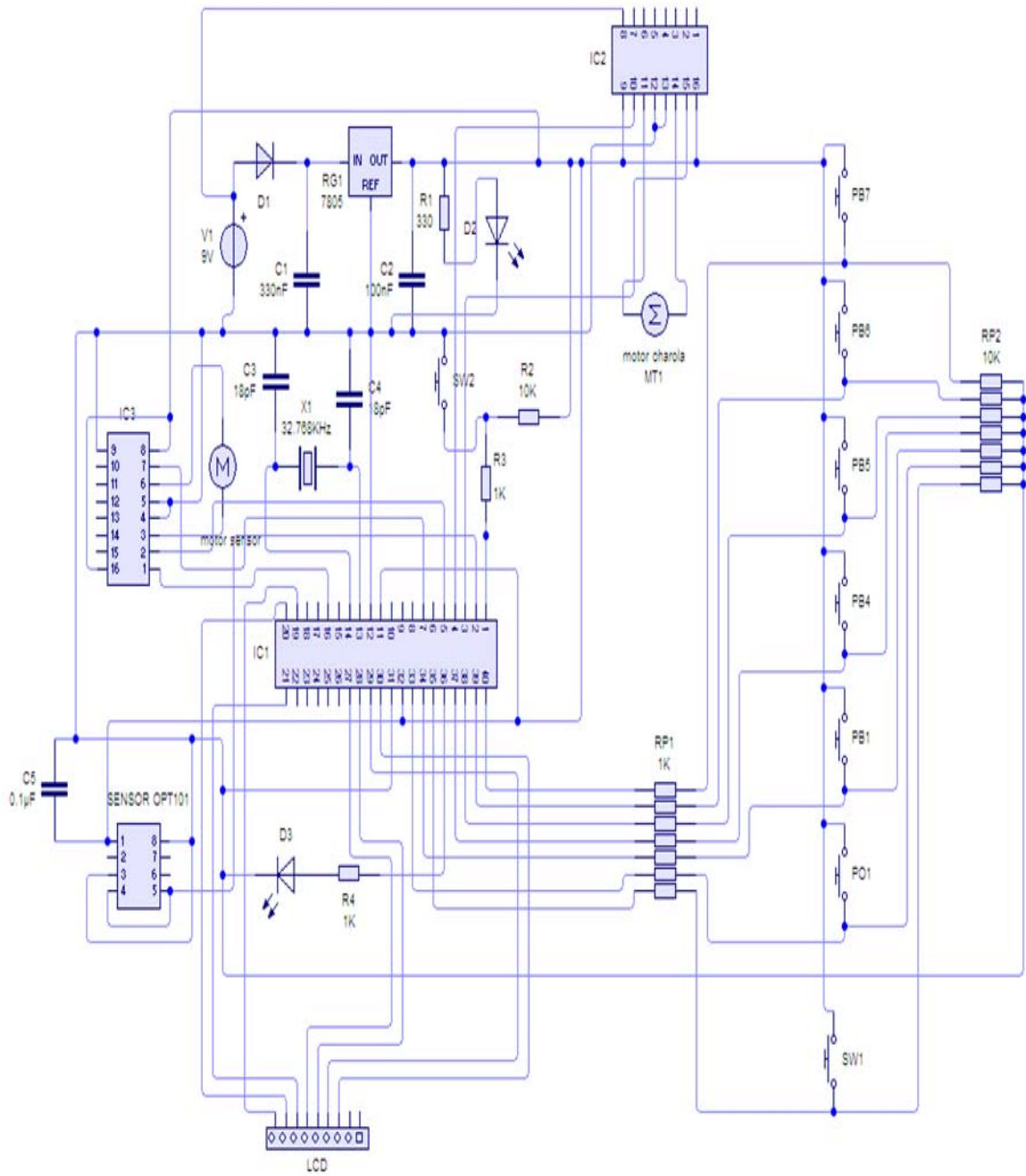
Los siguientes diagramas corresponden a los sensores conectados al inicio y al final del tornillo sin fin, los cuales sirven para ubicar el módulo de lectura.



DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

IV.5.4 Diagrama de conexiones.

DIAGRAMA DE CONEXIONES



DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

IV.6 Resultados.

Diseño General del Prototipo

Se modeló el prototipo en **UNIGRAPHICS®**, donde se hizo una propuesta del arreglo físico del dispositivo

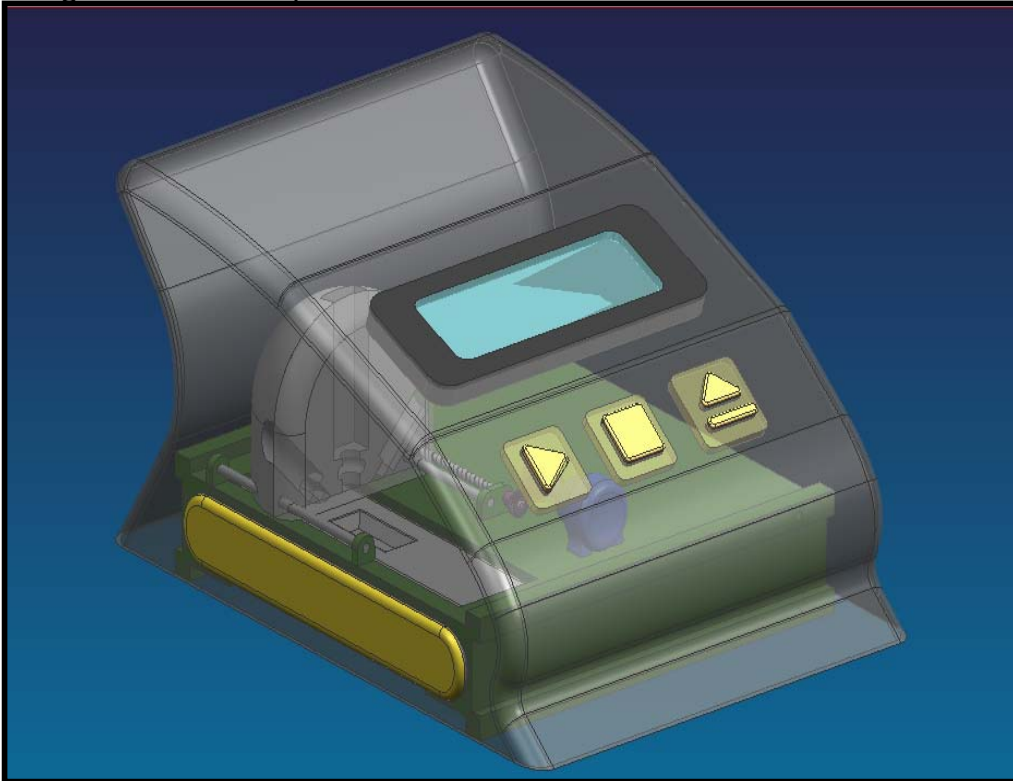


Figura 4.10. Vista general del prototipo

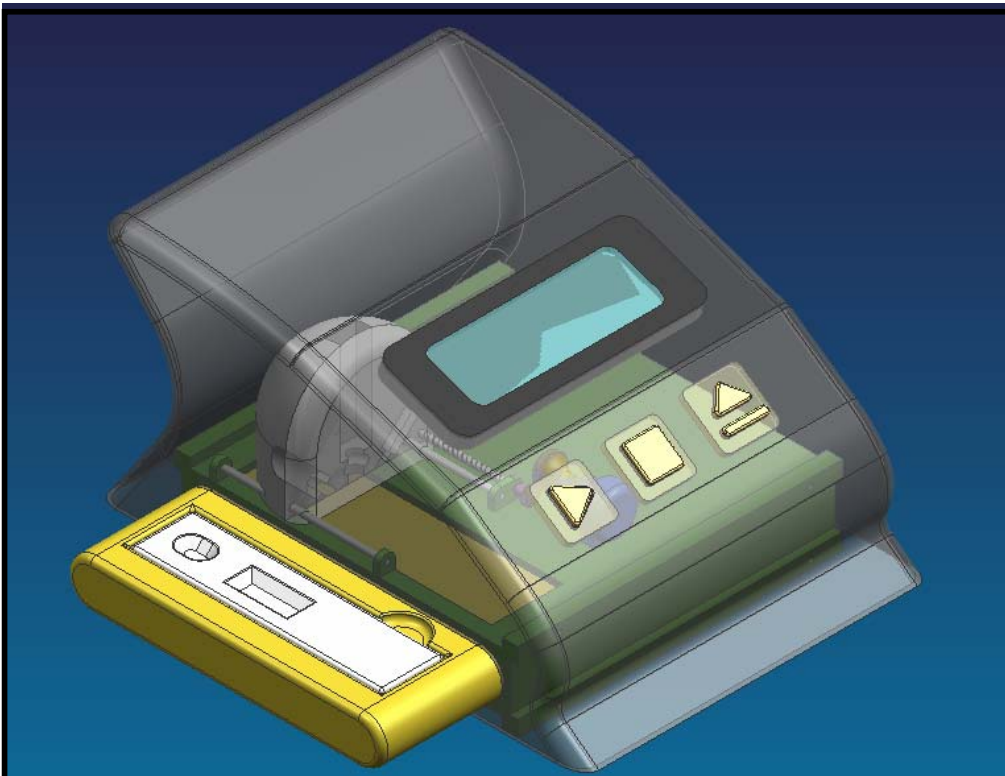


Figura 4.11 Vista de la charola para el casete.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

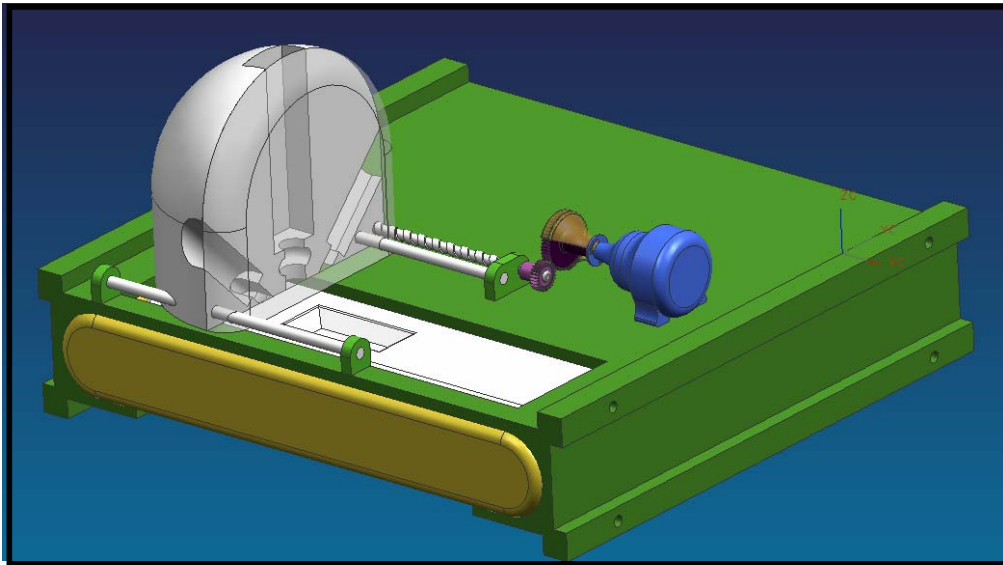


Figura 4.12 Vista a detalle del mecanismo y del módulo de lectura.

A diferencia del prototipo físico, en el modelo realizado en el programa de CAD se tiene una mejor disposición de los elementos.

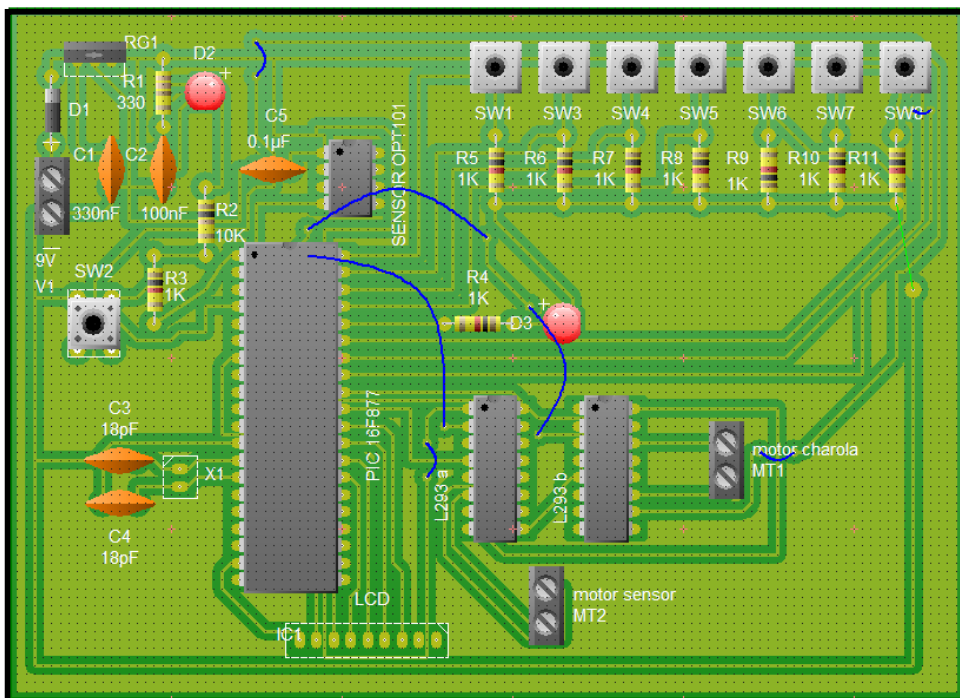


Figura 4.13. Vista de la tarjeta de control

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

Imágenes del prototipo



Figura 4.14. Vista general del prototipo realizado

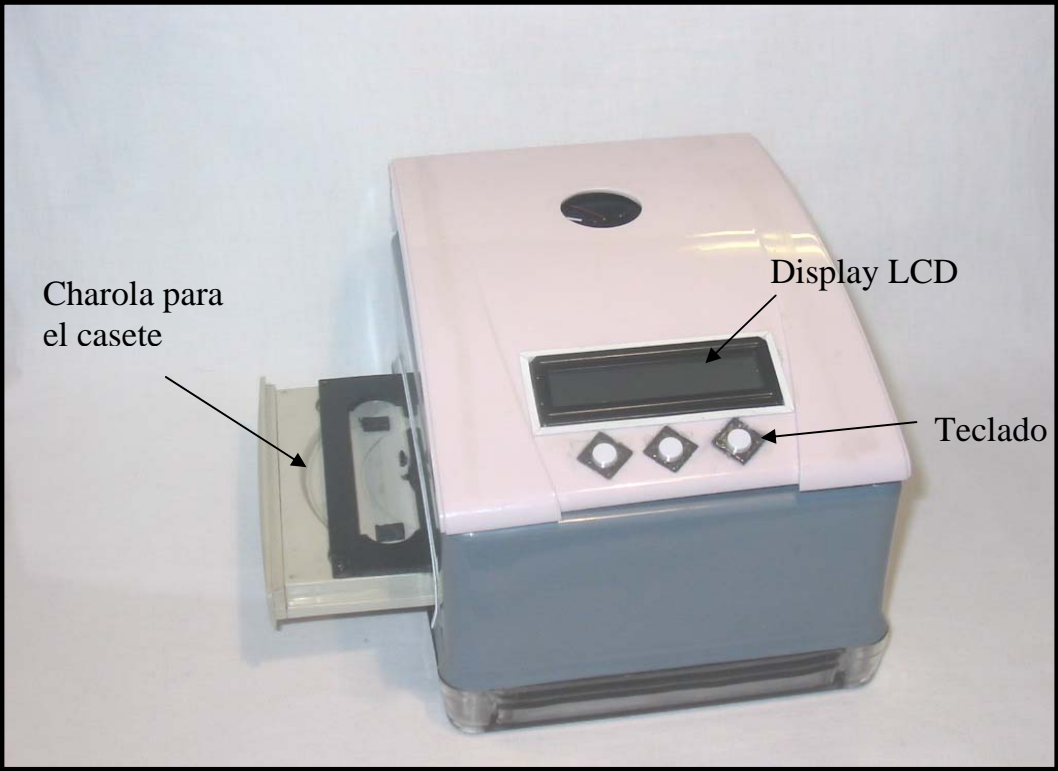


Figura 4.15. Ubicación de los elementos

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

En las siguientes imágenes se puede apreciar que en el dispositivo de la izquierda (el cual corresponde al primer aparato creado en el Laboratorio de Electrónica del CCADET), el casete de uso único se introducía de manera vertical, lo cual podría ser un problema debido a que puede haber derrames del fluido por la acción de la gravedad. En la propuesta para un nuevo dispositivo (imagen derecha) se puede observar que la inserción del casete se hace de manera horizontal, evitando que haya algún accidente al manipular este elemento.



Figura 4.16 Diferencia en la inserción del casete



Figura 4.17 Imagen comparativa de las dimensiones en ambos aparatos.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

Disposición de los elementos del módulo de lectura

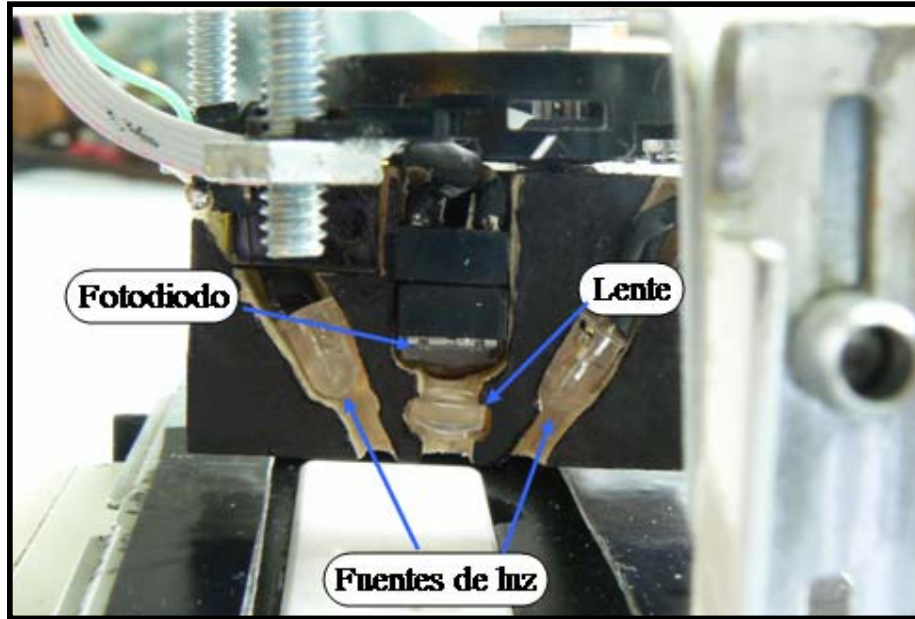


Figura 4.18 Ubicación de los elementos en el módulo de lectura

La imagen de la izquierda muestra el módulo de lectura creado para el primer prototipo. En la imagen de la derecha se observa la nueva propuesta para realizar la lectura mediante un barrido en el área de lectura del casete

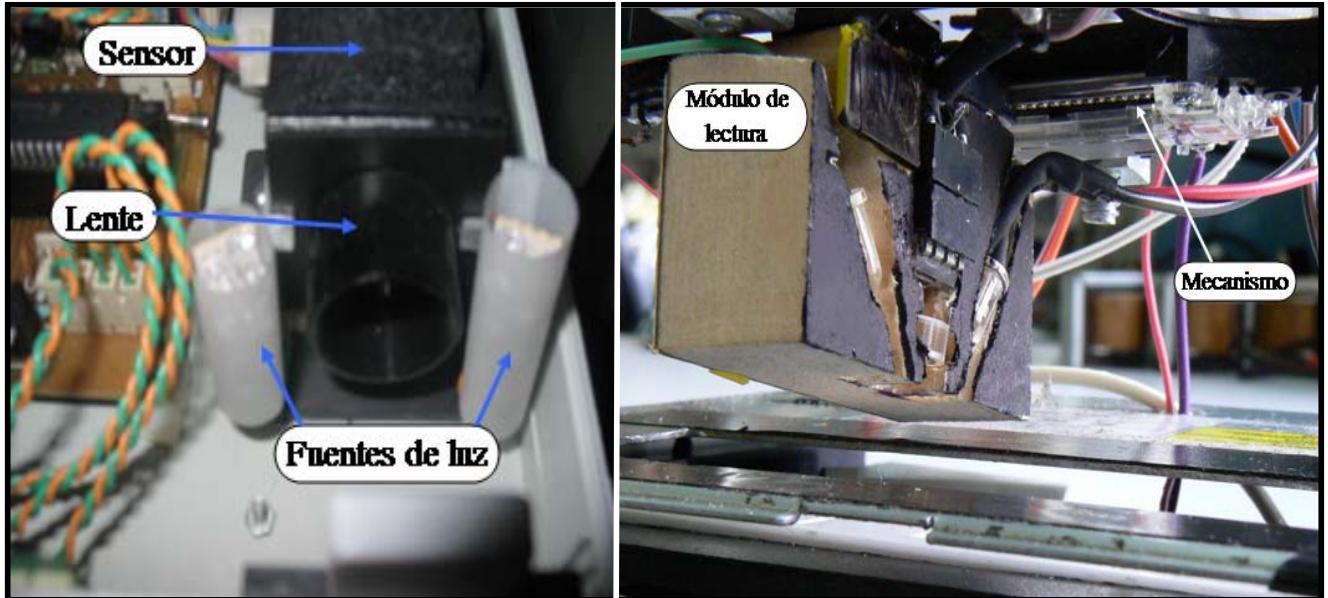


Figura 4.19. Comparativo de los módulos de lectura

CAPITULO V

CONCLUSIONES

V.1 Conclusiones.

Se ha presentado el diseño de un módulo de lectura el cual consta de cuatro módulos principales:

De control,

De lectura,

De potencia,

Y de interacción con el usuario.

El dispositivo cumplió con el objetivo principal, ya que mediante el mecanismo y el sensor seleccionado logró realizar eficazmente un barrido en el área de respuesta del casete.

El diseño estructural para realizar la transmisión de movimiento se basó en mecanismos comúnmente utilizados para lectores horizontales tales como dvd's, cd-rom's, etc lo cual hace que su reproducción sea fácil, al no contar con elementos de diseño exclusivo.

El haber tomado como referencia diversas patentes donde se mostraban dispositivos similares, así como hojas técnicas de aparatos comerciales, se logró un prototipo competitivo y que ofrece ventajas sobre lo ya conocido como:

Diseño ergonómico e innovador

Costo accesible

Mayor aprovechamiento del sensor, al realizar un escaneo en el área de respuesta

Propuesta de un dispositivo de menores dimensiones para ser trasladado fácilmente de un lugar a otro.

Su manufactura hace que sea fácilmente reproducible inclusive para una producción a gran escala, para esto solo habría que realizar un molde para su inyección o en su defecto un molde para que sean termoformadas diversas partes, como la carcasa, la charola, engranes, el módulo contenedor del sensor.

Este prototipo puede ser empleado para leer otro tipo de tiras reactivas, para realizar esto basta con definir si el resultado se da con la presencia de coloración en su área de respuesta, de ser así cuantos cambios de tonalidad se tienen que presentar para emitir un resultado. Al haber utilizado un microcontrolador, los cambios en el programa y su posterior grabación en el PIC son fácilmente realizables.

La inserción del casete de manera horizontal ofrece una gran mejoría frente al primer prototipo, ya que evita que por algún accidente se derrame parte del fluido dentro del dispositivo evitando así un foco de infección. Si por algún motivo se llegase a esparcir fluidos corporales sobre la charola, esta se puede limpiar fácilmente, ya que no habría que desarmar todo el dispositivo sino que al ser la charola un elemento móvil se puede acceder fácilmente a ella.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

Propuestas de mejora.

Aunque se mejoró el diseño del prototipo anterior, todavía se puede hacer más eficiente el trabajo del sensor, para que así pueda detectar cambios de coloración apenas perceptible para el ojo humano. Esto se puede lograr si se aumenta la resolución del convertidor analógico – digital (en este prototipo se manejaron 10 bits), así como incluyendo un lente especialmente diseñado y calculado para mejorar el enfoque del sensor; con lo cual se tendrían nuevas líneas de investigación.

Por otra parte se puede hacer aun más eficiente el análisis de datos y su posterior interpretación. La idea general es la siguiente: al estar realizando el barrido sobre el área de lectura se almacenan los datos en una variable que va desde X_0 hasta X_n de tal manera que al terminar el barrido se tenga un mapa de datos con la información obtenida de la conversión analógico digital y una vez con esto poder analizar los datos y los cambios en el voltaje, dependiendo su valor y su ubicación, así será mas efectivo y confiable el resultado emitido.

V.2 Referencias.

1. Brock Koren. Photodiodes. Advanced Photonix Inc.
2. E. Norman Lurch. Fundamentos de Electrónica. CECSA. 1989.
3. International Publication number: WO 00/78998 A1. Apparatus and method for determining substances contained in a body fluid. World Intellectual Property Organization
4. Lifescan-Johnson & Johnson Company. Blood Glucose Monitoring Systems-Current Technologies. Lifescan Technical Support Publications Group.
5. Microchips, Data sheet. Microchip Technology Incorporated, U.S. A., 2002.
6. Nigel Gardner. An introduction to programming The Microchip PIC in CCS C.
7. Número de patente: 2267227. Sensor óptico. Oficina española de patentes y marcas
8. Patent Number: 4537510. Output control device for light detectors for photometers. United States Patent.
9. Patent Number: 4632559. Optical read head. United States Patent.
10. Patent number: 4787398. Portable diagnostic system. United States Patent.
11. Patent number: 4890926. Reflectance photometer. United States Patent.
12. Patent number: 4985205. Test carrier analysis system. United States Patent
13. Patent number: 5028239. Read head for reflectance measurement of distant samples. United States Patent
14. Patent Number: 5611999. Diffused light reflectance readhead. United States Patent.
15. Patent Number: 5995236. Blood fluid characteristics analysis instrument. United States Patent.
16. Patent Number: 6136610. Method and apparatus for performing a lateral flow assay. United States Patent
17. Robert L. Norton. Diseño de Maquinaria. Mc Graw Hill. 2006.
18. Robert L. Norton. Diseño de Máquinas. Pearson – Prentice Hall. 1999.
19. <http://cpi.ing.uc.edu.ve/capitulo1/default.htm>.

DISEÑO DE UN MÓDULO DE LECTURA PARA PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO RÁPIDO

20. <http://dominion.colorado.edu/optocenter/index>.
21. http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/apquim-an-instr-15/33i.html.
22. <http://oemagazine.com/fromtheMagazine/aug01/tutorial.html>.
23. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/106/10647405.pdf>.
24. <http://www.atikoestudio.com/disenador/industrial/mecanismos>.
25. http://www.educa.aragob.es/iesillue/tecno/web_curso/transmision_movimiento/7/71/tm71.htm.
26. <http://www.educaciontecnologica.cl/transmision.htm>.
27. <http://www.fitness.com.mx/medicina0141.htm>.
28. http://www.imem.unavarra.es/20mec/Capitulo-II_8.pdf.
29. http://www.pcpaudio.com/pcpfiles/doc_amplificadores/semiconductores/semiconductores.html.
30. <http://www.tecnun.es/elemaqui/cap9.pdf>.