



**FACULTAD:** ESCUELA DE INFORMÁTICA Y CIENCIAS APLICADAS  
**CARRERA:** TÉCNICO EN INGENIERÍA DE HARDWARE



**TEMA:**

Diseño y construcción de un prototipo robótico seguidor solar para un panel foto-voltaico, como apoyo a la optimización de la producción de energía eléctrica a partir de una mejor colección de los rayos solares, para beneficio del sistema foto-voltaico instalado en el Laboratorio de electrónica de la UTEC.

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:**

Lucia Esther Reyes Flores  
Javier Esaú González Sánchez  
José Rafael Meza Girón

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

**TÉCNICO EN INGENIERÍA DE HARDWARE**

MARZO 2012  
SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

## **AUTORIDADES**

Lic. José Mauricio Loucel

Rector

Ing. Nelson Zarate Sánchez

Vicerrector Académico

Licda. Lissette Cristalina Canales

Decana

## **JURADO EXAMINADOR**

Ing. Herbert Israel Cardona

Presidente

Ing. Raúl Martínez

Primer Vocal

Ing. José Ramón Cornejo

Segundo Vocal

Marzo, 2012

San Salvador, El Salvador, Centroamérica

## ACTA DE EXAMEN PROFESIONAL

HABIÉNDOSE REUNIDO EL JURADO CALIFICADOR INTEGRADO POR:

Ing. Raúl Martínez, Ing. José Ramon Cornejo, Ing. Herbert Israel Cardona

a las 12:30p.m. del día Viernes, 9 de diciembre del dos mil once.

Y LUEGO DE HABER DELIBERADO SOBRE EL EXAMEN PROFESIONAL DE LOS ALUMNOS:

|                                        |                            |
|----------------------------------------|----------------------------|
| <u>1- Lucia Esther Reyes Flores</u>    | <u>Carnet 28-1546-2009</u> |
| <u>2- Javier Esau Gonzalez Sanchez</u> | <u>Carnet 28-2210-2009</u> |
| <u>3- Jose Rafael Meza Giron</u>       | <u>Carnet 28-4376-2009</u> |

QUIENES PRESENTARON DEFENSA DE SU TRABAJO DE GRADUACION TITULADO:

" Diseño y construcción de un prototipo robótico seguidor solar para un panel foto-voltaico, como apoyo a la optimización de la producción de energía eléctrica a partir de una mejor colección de los rayos solares, para beneficio del sistema foto-voltaico instalado en el laboratorio de electrónica de la UTEC. "

PARA OPTAR AL GRADO DE:

### **TÉCNICO EN INGENIERIA DE HARDWARE**

Y DEL CUAL TAMBIEN EVALUARON LOS CONOCIMIENTOS RELACIONADOS CON EL TEMA DEL MISMO. POR LO QUE ESTE JURADO RESUELVE DECLARAR EL EXAMEN COMO:

Aprobado.

YA QUE CUMPLE CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN EL REGLAMENTO DE GRADUACION DE LA UNIVERSIDAD.

San Salvador, 9 de Diciembre del dos mil once.

F.



PRIMER VOCAL  
Ing. Raúl Martínez

F.



SEGUNDO VOCAL  
Ing. José Ramón Cornejo

F.



PRESIDENTE  
Ing. Herbert Israel Cardona

## DEDICATORIAS

*La presente tesis se la dedico a mi familia con todo mi cariño, que gracias a sus consejos, palabras de aliento y apoyo que tuve a lo largo de mi carrera, fueron el principal soporte para que yo lograra este triunfo. Agradecida con Dios por haberme dado a mi padre Virgilio Reyes y madre Esther Flores, a mis hermanos Virgilio Reyes y Rafael Reyes, en especial a Jennifer Quinteros, así a mis amigos tan especiales como Isolina Alas, a nuestro asesor José Ramón Cornejo quien fue también catedrático a lo largo de mis estudios compartiendo su sabiduría, a mis compañeros y muchas personas más, a quienes les brindo mi más sinceros agradecimientos.*

*Lucia Esther Reyes Flores.*

*La presente tesis se la dedico a: Dios por ser mi padre y confidente, y regalarme cada maravilloso día para cumplir cada una de mis metas. A la memoria de mi madre y hermano. A mi padre, gracias a su amor, comprensión y apoyo he logrado alcanzar mis metas y a mis hermanos por sus consejos, apoyo y cariño que me brindaron.*

*Y finalmente, a todos los que colaboraron con nuestra formación profesional y con la realización de la presente tesis.*

*Javier Esaú González Sánchez*

### **A Dios**

Por habernos guiado en el camino correcto y darnos las fuerzas para superar los fracasos que existen en la vida, por ser siempre el amigo con el que podemos contar en todo momento.

### **A mi Familia**

Por ser las personas que nos guían al sendero del triunfo ya que nos han ayudado tanto moral como económicamente. Son los mejores amigos con los que hemos contado en todo momento, ya que nos han brindado su confianza y apoyo para salir adelante.

### **Ing. Ramón Cornejo**

A nuestro apreciable asesor por ser la persona que estuvo siempre para darnos buenos consejos, y animarnos en momentos tan importantes, que fue muy valioso su apoyo moral para superar obstáculos.

### **Lucia Reyes**

A mi apreciable compañera por ser tan especial en todo momento en el proceso de proyecto de graduación, y que es una bendición contar con el apoyo de ella. Y que Dios te bendiga y recompense grandemente en tu vida como profesional.

*José Rafael Meza Girón*

## ÍNDICE

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN .....                       | i  |
| CAPÍTULO I: SITUACIÓN ACTUAL .....       | 1  |
| 1.1- SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....        | 1  |
| 1.2- JUSTIFICACIÓN.....                  | 2  |
| 1.3- OBJETIVOS.....                      | 4  |
| 1.3.1- OBJETIVO GENERAL:.....            | 4  |
| 1.3.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....      | 4  |
| 1.4- DELIMITACIONES .....                | 5  |
| 1.4.1- DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA:.....     | 5  |
| 1.4.2- DELIMITACIÓN TEMPORAL: .....      | 5  |
| 1.4.3- DELIMITACIÓN ORGANIZACIONAL:..... | 5  |
| 1.4.4- DELIMITACIÓN ESPECÍFICA: .....    | 5  |
| 1.5- ALCANCES .....                      | 6  |
| 1.6- ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD .....      | 7  |
| 1.6.1- ESTUDIO ECONÓMICO .....           | 8  |
| 1.6.2- ESTUDIO TÉCNICO.....              | 12 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....         | 17 |
| 2.1- MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA .....   | 17 |

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.1- ¿QUÉ ES UN SISTEMA ELECTRÓNICO EMBEBIDO? .....                          | 17 |
| 2.1.2- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE UN SISTEMA<br>ELECTRÓNICO EMBEBIDO ..... | 20 |
| 2.1.3- BLOQUES FUNCIONALES DE UN SISTEMA EMBEBIDO. ....                        | 23 |
| 2.1.4- PREGUNTAS FRECUENTES SOBRE SISTEMAS EMBEBIDOS Y<br>PROTOTIPOS .....     | 28 |
| 2.1.5- ÁREAS DE APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS ELECTRÓNICOS<br>EMBEBIDOS .....     | 31 |
| 2.2- MARCO TEÓRICO DE SOLUCIÓN .....                                           | 33 |
| 2.2.1- DEFINICIÓN DE LA SOLUCIÓN .....                                         | 38 |
| 2.2.2- SISTEMA DE ENTRADA .....                                                | 42 |
| 2.2.3- SISTEMA DE CONTROL .....                                                | 42 |
| 2.2.4- SISTEMA DE ACCIONAMIENTO .....                                          | 43 |
| 2.2.5- OTROS ELEMENTOS DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO .....                          | 43 |
| 2.3- MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL .....                                            | 45 |
| 2.4- DOCUMENTACIÓN TÉCNICA .....                                               | 51 |
| 2.4.1- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL ATMEGA328 .....                         | 51 |
| 2.4.2- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS LDR .....                            | 54 |
| 2.4.3- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS MOTORES .....                        | 55 |

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4.4- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA ESTRUCTURA<br>MECÁNICA..... | 56 |
| 2.4.5- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE OTROS ELEMENTOS....            | 58 |
| 2.4.6- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROTOTIPO .....                 | 60 |
| CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN .....                        | 61 |
| 3.1- PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN .....                                  | 61 |
| 3.2 CONCLUSIONES .....                                               | 81 |
| 3.3 RECOMENDACIONES.....                                             | 84 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                                    | 86 |
| ANEXOS.....                                                          | 87 |
| MATRIZ DE CONGRUENCIA .....                                          | 88 |

## INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este trabajo es presentar al lector y autoridades de UTEC, el diseño y desarrollo de un prototipo robótico a escala, que sirva para desplazar el soporte que sostenga al panel foto-voltaico, buscando posicionar a este en dirección perpendicular al sol, para que maximice la captación de radiación solar, el prototipo dispondrá de dos grados de libertad, con la finalidad de movilizar el panel de norte a sur y de este a oeste, buscando que en su mayoría de celdas foto-voltaicas reciban la luz blanca y el panel brinde su mayor nivel de potencia, a medida que se obtenga mayor recolección de energía renovable, disminuye la contaminación ambiental, el efecto invernadero, el alto costo de los derivados del petróleo y la fuerte dependencia de los combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, la cual cada día tiene un costo elevado de producción; los cuales causan efectos negativos al medio ambiente culminando en el cambio climático; en la investigación se menciona que el actual sistema de recolección de energía renovable ya está brindando un ahorro en la factura del consumo de energético en los cinco meses que tiene de estar instalado dicho sistema.

Este proyecto combinará las áreas de mecánica, electrónica, programación, construcción y montaje; con la visión de que sea aplicado al panel foto-voltaico ya existente en laboratorio de electrónica. En el primer capítulo se conoce la situación actual, planteando el problema de la limitada recolección de energía,

posteriormente justificando y creando objetivos para lograr la construcción del modelo a escala, delimitando y haciendo estudios técnico y económico; de tal forma que con este trabajo se pueda contribuir con Universidad Tecnológica de El Salvador, para que se fomente el desarrollo de tecnologías a impartir en las diferentes cátedras, así mismo que se obtiene energía renovable, implementándola en sus mismas instalaciones.

El segundo capítulo se basa en el marco teórico referencial, en el cual se destacan las principales ideas del proyecto a través de su descripción, como también los conceptos de los términos técnicos empleados en su diseño y elaboración, también encontrará los bloques funcionales del sistema a emplearse; cuenta con la descripción detallada de los campos que están relacionados en la creación de este dispositivo brindando al lector una mejor visión sobre él; muestra las características de la mayoría de los elementos, al mismo tiempo que menciona su aplicación y su funcionamiento que ejercerá dentro del prototipo, se define la solución del problema planteado y se profundiza en su creación.

En el tercer y último capítulo se concreta mostrando paso a paso la construcción del prototipo a escala como solución al problema detectado, el cual es la ineficiente recolección de energía renovable para lograr alimentar de todo el sistema luminoso existente en el laboratorio de electrónica de la

Universidad (UTEC), después de una investigación teórica en libros, revistas y medios electrónicos, también implementando conocimientos específicos de las áreas de informática, robótica y mecánica, se obtiene como resultado el dispositivo robótico dedicado al desplazamiento del panel solar.

## **CAPÍTULO I: SITUACIÓN ACTUAL**

### **1.1- SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

La Universidad Tecnológica de El Salvador cuenta con un laboratorio de electrónica en el cual se está implementando la aplicación de la energía renovable, dicho laboratorio posee la instalación de un panel solar orientado 15° grados al sur, este panel foto-voltaico cuenta con todo el sistema para la captación de energía eléctrica con la finalidad de alimentar la instalación de luminarias externas del laboratorio. Dicho panel está situado sobre el techo en un soporte metálico de posición fija y la energía que es capturada pasa por el regulador posteriormente sea guardada en una batería, y al momento que se requiere de la carga funciona el inversor de corriente de CD a CA, activando las tres luminarias fluorescentes, cabe mencionar que su funcionamiento actual no satisface la demanda de todo el sistema luminario con el que cuenta el laboratorio de electrónica, por lo que es imperativo encontrar una manera de coleccionar más energía. Es importante mencionar que de continuar de la manera en la que ha estado funcionando el panel foto-voltaico no cumple con la demanda para sostener todo el sistema luminario, por su mismo posicionamiento fijo y las instalaciones a su alrededor que puedan intervenir, por ejemplo edificios y arboles.

Enunciado del problema

¿Cómo logrará el laboratorio de electrónica de la Universidad Tecnológica de El Salvador, obtener una solución EFECTIVA de hardware para optimizar la producción de su sistema foto-voltaico actual?

## **1.2- JUSTIFICACIÓN**

Es necesario e indispensable que el laboratorio de electrónica de la Universidad Tecnológica de El Salvador tenga la posibilidad de mejorar su instalación de energía renovable. El presente proyecto denominado “Diseño y construcción de un prototipo robótico seguidor solar para un panel foto-voltaico, como apoyo a la optimización de la producción de energía eléctrica a partir de una mejor recolección de los rayos solares, para beneficio del sistema foto-voltaico instalado en el laboratorio de electrónica de la UTEC”; es un dispositivo mecánico en forma de brazo robótico automatizado, con dos grados de libertad que vendrá a sostener y mover el panel capturando mayor la luz solar, movilizándolo de oriente a poniente y norte a sur; dicho dispositivo estará dotado de una etapa de “LDR” resistores fotoeléctricos, estos para indicarle a un microcontrolador previamente programado, que están recibiendo el mismo nivel de luminancia las cuatro LDR posicionadas en los extremos del panel, lo cual significará que el panel solar estará en una posición óptima de recepción de la radiación solar, caso contrario lo desplazará hasta que logren similar nivel

las cuatro LDR, de esta manera se obtendrá una mayor generación de energía renovable, ubicando las LDR estratégicamente.

Este innovador proyecto le ayudará a la demanda de energía que tiene actualmente el laboratorio de electrónica de la UTEC, dejando de lado el consumo de energía eléctrica convencional brindada por la distribuidora local, generando ahorro en su factura de consumo de energía eléctrica, al igual que se reduce en cierta manera el cambio climático al utilizar recursos naturales y fuentes de energía inagotables.

Algunos de los beneficios que la Universidad Tecnológica obtendría son:

- ✚ Ser un apoyo para la recolección de energía eléctrica.
- ✚ Maximizar la cantidad de energía eléctrica obtenida por el panel fotovoltaico.
- ✚ Contribuir a la generación de energía renovable.
- ✚ Ahorro económico a largo plazo en el consumo de energía.
- ✚ Disminuir la contaminación ambiental
- ✚ Disminuir el cambio climático y conservar recursos.
- ✚ Brindar al estudiante de Técnico en Ingeniería de Hardware la oportunidad de poner en aplicación los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en esta carrera.

## **1.3- OBJETIVOS**

A continuación se detallan los objetivos para el proyecto.

### **1.3.1- OBJETIVO GENERAL:**

Desarrollar un dispositivo robótico a escala que permita el desplazamiento del panel foto-voltaico para mejorar captura de energía renovable de una manera constante durante el día.

### **1.3.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- ✚ Brindar un diseño de hardware moderno y eficiente a escala para la aplicación al panel foto-voltaico.
  
- ✚ Diseñar un código en lenguaje propietario para Microcontroladores AVR-ATMEGAX328 que controle el funcionamiento del prototipo robótico.
  
- ✚ Construir un prototipo robótico utilizando la electrónica, programación, mecánica y ensamblaje, usando tecnología actual y de precio módico.

## **1.4- DELIMITACIONES**

### **1.4.1- DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA:**

A realizarse en las instalaciones del laboratorio de electrónica perteneciente a la Universidad Tecnológica de El Salvador, ubicada en San Salvador, El Salvador, C.A.

### **1.4.2- DELIMITACIÓN TEMPORAL:**

Programado para el ciclo académico 02-2011, que comprende de Julio a Diciembre de dos mil once.

### **1.4.3- DELIMITACIÓN ORGANIZACIONAL:**

Enfocado al ámbito académico de:



### **1.4.4- DELIMITACIÓN ESPECÍFICA:**

Crear un prototipo a escala para la mejor colectividad de energía eléctrica en la instalación del panel foto-voltaico que posee el laboratorio de electrónica.

## 1.5- ALCANCES

Para la realización de este proyecto se han propuesto determinados alcances, los cuales se convierten en promesas que se proponen alcanzar como proyecto, y además se describen los elementos, que son los resultados finales que se alcanzarán con el prototipo electrónico, los cuales se describen a continuación.

| PROMESAS                                                                                                                                                            | PRODUCTO                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.- Brindar solución tecnológica en apoyo a la maximización de captación de energía, en el laboratorio de electrónica de la Universidad Tecnológica de El Salvador. | 1.- El dispositivo robótico automatizado a escala, aplicado al panel fotovoltaico para su posicionamiento constante en dirección al sol.                 |
| 2.- Diseñar el programa (código), para el Microcontrolador ATMEGA328 a utilizarse en el Dispositivo Robótico, para que ejecute las tareas asignadas.                | 2.- El programa a compilar en el Microcontrolador, escrito en lenguaje de programación BASIC, siendo este el que gobernara los procesos del dispositivo. |

|                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.- Diseñar un sistema electrónico automatizado, implementado la mecánica que permita el sostenimiento y movilidad de un panel foto-voltaico. | 3.- Circuito electrónico basado en la tecnología de micro-controladores AVR, sensores y motores, ayudará a desplazarse a panel foto-voltaico, con el fin de obtener una óptima recepción de energía solar. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 1.6- ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

Para analizar la factibilidad técnica y económica de este proyecto, primero se debe definir qué clase de elementos son los más adecuados que cumplan los requerimientos a utilizar, detallando cada uno de los elementos electrónicos que conforman el circuito para poder iniciar la investigación del funcionamiento, así mismo el sistema mecánico, y de su costo para cada uno de los componentes.



*Figura 1.1: Esquema de bloques funcionales del proyecto*

La figura 1.1 muestra el esquema de bloques general del proyecto, la secuencia del prototipo, el cual consta de tres etapas principales, las cuales son: Sistema Sensorial, Sistema de Control y Sistema de Accionamiento. Cada esquema muestra las etapas fundamentales que componen el dispositivo, logrando al final el funcionamiento robótico, sosteniendo y movilizándolo el panel foto-voltaico en dirección al sol.

A continuación se describen las características y precios de cada uno de los principales elementos a utilizar para la realización de este prototipo electrónico.

### **1.6.1- ESTUDIO ECONÓMICO**

En este apartado se muestra una comparación de los precios de cada uno de los componentes que se utilizarán en este prototipo robot electrónico, con el objetivo de observar la factibilidad económica que ofrece cada producto, así como observar la factibilidad logística de comprar cada uno de los componentes electrónicos. En algunos casos se ha elegido el de mayor o menor precio, esto dependerá de la característica técnica de cada elemento, que se verán en el apartado de factibilidad económica.

Es necesario aclarar que algunas herramientas y componentes a mencionar han sido cotizados fuera del país, y los costos mostrados ya incluyeron gastos de envío. Esto debido a que dentro del país los distribuidores de productos electrónicos no cuentan con dichas herramientas, pero es accesible encontrar un proveedor mayorista de por medio de la internet, y por ello se presenta el

siguiente cuadro donde se detalla el nombre del proveedor y pagina web, donde se puede cotizar y comprar los componentes y herramientas necesarias para la elaboración de dicho proyecto.

| IDE PARA EL DESARROLLO DEL FIRMAWARE DE APLICACION |                                                                   |                                                                     |                                                             |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Opción                                             | CODEVISION                                                        | AVR                                                                 | BASCOM                                                      |
| Precio de cotización                               | DEMO Gratis                                                       | DEMO Gratis                                                         | DEMO Gratis                                                 |
| Lugar de cotización                                | <a href="http://www.hpinfotech.com">http://www.hpinfotech.com</a> | <a href="http://www.sourceforge.net">http://www.sourceforge.net</a> | <a href="http://www.mcselec.com">http://www.mcselec.com</a> |

Elección IDE: La elaboración del firmware para el presente proyecto se optara por el IDE BASCOM AVR, desde el punto de vista económico ofrece la ventaja de ser una versión gratuita para el usuario, lo cual es eficiente para los propósitos del proyecto, esto desde el punto de vista de las opciones y capacidades que ofrece esta versión.

| MICROCONTROLADOR     |                                                           |                                                                 |                                                           |
|----------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Opción               | PIC16F876                                                 | PICAXE28                                                        | ATMEGA328                                                 |
| Precio de cotización | \$15.00                                                   | \$19.95                                                         | \$10.00                                                   |
| Lugar de cotización  | <a href="http://www.mouser.com">http://www.mouser.com</a> | <a href="http://www.robotshop.com">http://www.robotshop.com</a> | <a href="http://www.mouser.com">http://www.mouser.com</a> |

La elección del Microcontrolador: El Microcontrolador a utilizar es una de las principales herramientas del circuito, siendo el “controlador” del prototipo, capturando, procesando la información y ejecutando las funciones de los componentes como salida, a través de sus pines de entrada y salida. En este proyecto se opta por el microcontrolador ATMEGA328, de la familia AVR fabricado por la compañía ATMEL, se ha elegido este por su menor costo entre las ofertas y además del beneficio técnico que este presenta.

| SENSOR FOTOELECTRICO |                                                           |                                                           |                                                           |
|----------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Opción               | INFD5940                                                  | QSE113                                                    | LDR                                                       |
| Precio de cotización | \$1.05                                                    | \$1.10                                                    | \$ 0.40                                                   |
| Lugar de cotización  | <a href="http://www.mouser.com">http://www.mouser.com</a> | <a href="http://www.mouser.com">http://www.mouser.com</a> | <a href="http://www.mouser.com">http://www.mouser.com</a> |

Elección de los fototransistores: Para el desarrollo del prototipo, los “LDR” a utilizar es una de los principales dispositivos dentro del circuito, puesto que llena un noventa por ciento de los requerimientos y es más económico.

| ACTUADOR ELECTROMECHANICO |                                                           |                                                           |                                                           |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Opción                    | MOTOR DC 201A                                             | MOTORPAP 42BYG0                                           | SERVOMOTOR<br>MG959                                       |
| Precio de cotización      | \$4.00                                                    | \$17.95                                                   | \$9.95                                                    |
| Lugar de cotización       | <a href="http://www.mouser.com">http://www.mouser.com</a> | <a href="http://www.mouser.com">http://www.mouser.com</a> | <a href="http://www.mouser.com">http://www.mouser.com</a> |

Elección de Servomotor: Cumpliendo con la función de desplazar los extremos de la estructura que sostiene el panel foto-voltaico para buscar la posición óptima en dirección al sol, con la finalidad de tener recolección de energía más eficiente; se opta por el Servomotor MG959, su elección obedece a cumplimiento de los requerimiento, aunque este no sea el más económico, pero en sus datos técnicos es el que más se apega al funcionamiento del dispositivo, puesto que en los Motores DC, se tiene que construir el engranaje para que trabaje en la aplicación planteada, por lo que se escoge el Motor MG959.

Concluyendo, según los costos cotizados, y aunque no se encuentran dentro del país, es posible obtenerlos desde EE.UU., asumiendo los costos de envío, los cuales cabe mencionar que no son muy elevados y los elementos son de calidad para la elaboración del dispositivo.

### 1.6.2- ESTUDIO TÉCNICO

En este apartado se describe por qué se han elegido los elementos, desde el punto de vista técnico, tomando en cuenta las características electrónicas, capacidad y/o acoplamientos físicos y lógicos del dispositivo para que se logre el funcionamiento correcto del circuito y de esta manera puedan cumplirse los objetivos planteados.

| <b>IDE para el desarrollo del firmware de aplicación</b><br>(Porcentaje mínimo de aceptación = 75%) |             |                   |     |               |     |                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|-----|---------------|-----|-------------------|-----|
| <b>Característica</b>                                                                               | <b>Peso</b> | <b>CODEVISION</b> |     | <b>WINAVR</b> |     | <b>BASCOM AVR</b> |     |
| Editor                                                                                              | 10%         | 2                 | 20% | 2             | 20% | 2                 | 20% |
| Compilador                                                                                          | 30%         | 1                 | 30% | 1             | 30% | 2                 | 60% |
| Modulo Programador                                                                                  | 25%         | 0                 | 0%  | 0             | 0%  | 2                 | 50% |
| Modulo Simulador                                                                                    | 25%         | 0                 | 0%  | 1             | 25% | 2                 | 50% |
| Configurable                                                                                        | 10%         | 1                 | 10% | 1             | 10% | 2                 | 20% |
| <b>TOTALES</b>                                                                                      |             | <b>30%</b>        |     | <b>42.5%</b>  |     | <b>100%</b>       |     |

*Escala de ponderación: 0 = No Cumple; 1 = Bueno; 2 = Excelente*

Elección del IDE: El ambiente de desarrollo integrado BASCOM AVR, es elegido para desarrollar este proyecto, desde el punto de vista técnico, ya que

integra un compilador que convierte el lenguaje BASIC a lenguaje Maquina haciendo posible que el Microcontrolador lo pueda interpretar y ejecutar. También es un programa muy completo y proporciona una interfaz que permite descargar el firmware a la memoria del microcontrolador a través del puerto paralelo de la PC; así mismo incluye herramientas de ayuda para su utilización, y se optó por él, puesto que este software fue el utilizado a lo largo de la carrera, por lo tanto se tiene el conocimiento y manejo sobre su utilización.

| MICROCONTROLADOR                        |      |           |     |          |     |            |     |
|-----------------------------------------|------|-----------|-----|----------|-----|------------|-----|
| (Porcentaje mínimo de aceptación = 75%) |      |           |     |          |     |            |     |
| Característica                          | Peso | PIC16F876 |     | PICAXE28 |     | ATMEGA328P |     |
| Velocidad                               | 20%  | 2         | 40% | 2        | 40% | 2          | 40% |
| Memoria                                 | 30%  | 2         | 60% | 2        | 60% | 2          | 60% |
| Lenguaje de Programación                | 20%  | 2         | 40% | 2        | 40% | 2          | 40% |
| Vía de programación                     | 15%  | 1         | 15% | 2        | 30% | 2          | 30% |
| Precio                                  | 15%  | 1         | 15% | 1        | 15% | 2          | 30% |
| TOTALES                                 |      | 85%       |     | 92.5%    |     | 100%       |     |

*Escala de ponderación: 0 = No Cumple; 1 = Bueno; 2 = Excelente*

Elección del Microcontrolador: ATMEGA328 de la familia AVR del fabricante ATMEL, esto obedece a que cumple con todos los requisitos técnicos

necesarios para la implementación en este proyecto; una de las características más importantes es el Lenguaje y Compilador para la programación: BASIC, usando el BASCOM AVR, el cual es un IDE y compilador de lenguaje BASIC para Microcontrolador de la familia AVR, cabe mencionar que este tipo de Microcontroladores es posible programarlos desde la PC y más de una vez, conectándolo en el puerto paralelo, aunque existen varios modelos del programador como hardware, en este caso se utilizará el programador STK200/300, destacando que la memoria y velocidad con la que cuenta el Microcontrolador es necesaria para el correcto funcionamiento de este prototipo.

| <b>SENSOR FOTOELECTRICO</b><br><b>(Porcentaje mínimo de aceptación = 75%)</b> |             |                 |     |               |     |             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------|-----|---------------|-----|-------------|-----|
| <b>Característica</b>                                                         | <b>Peso</b> | <b>INFD5940</b> |     | <b>QSE113</b> |     | <b>LDR</b>  |     |
| Voltaje                                                                       | 20%         | 2               | 40% | 2             | 40% | 2           | 40% |
| Corriente                                                                     | 20%         | 1               | 20% | 2             | 40% | 2           | 40% |
| Luz de respuesta<br>(Blanca)                                                  | 20%         | 1               | 20% | 1             | 20% | 2           | 40% |
| Orientación del<br>sensor                                                     | 20%         | 1               | 20% | 1             | 20% | 2           | 40% |
| Tamaño                                                                        | 20%         | 2               | 40% | 1             | 20% | 2           | 40% |
| <b>TOTALES</b>                                                                |             | <b>70%</b>      |     | <b>70%</b>    |     | <b>100%</b> |     |

*Escala de ponderación: 0 = No Cumple; 1 = Bueno; 2 = Excelente*

Elección LDR: este fototransistor obedece a que cumple en un noventa por ciento los requerimientos técnicos necesarios para la implementación en el proyecto; destacando su parte receptora, eficaz a la longitud de onda que tiene la luz solar.

| <b>ACTUADOR ELECTROMECHANICO</b><br><b>(Porcentaje mínimo de aceptación = 75%)</b> |             |                 |     |                 |     |                   |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------|-----|-----------------|-----|-------------------|-----|
| <b>Característica</b>                                                              | <b>Peso</b> | <b>MOTOR DC</b> |     | <b>MOTORPAP</b> |     | <b>SERVOMOTOR</b> |     |
|                                                                                    |             | <b>201ª</b>     |     | <b>42BYG0</b>   |     | <b>MG959</b>      |     |
| Voltaje                                                                            | 20%         | 2               | 40% | 2               | 40% | 2                 | 40% |
| Corriente                                                                          | 20%         | 1               | 20% | 2               | 40% | 2                 | 40% |
| Torque                                                                             | 20%         | 1               | 20% | 1               | 20% | 2                 | 40% |
| Tipo de control                                                                    | 20%         | 1               | 20% | 2               | 40% | 2                 | 40% |
| Tamaño                                                                             | 20%         | 1               | 20% | 1               | 20% | 2                 | 40% |
| <b>TOTALES</b>                                                                     |             | <b>60%</b>      |     | <b>80%</b>      |     | <b>100%</b>       |     |

*Escala de ponderación: 0 = No Cumple; 1 = Bueno; 2 = Excelente*

Elección Servo-Motor: se toma este modelo debido a que tiene mayor fuerza y contiene un engranaje interno fácilmente controlable por el microcontrolador, además es manejado por una sola salida; cabe mencionar que las dimensiones se apegan al diseño del prototipo.

En conclusión de los estudios económico y técnico, se comprende que es posible realizar este prototipo a escala, puesto que los insumos no son de alto costo económico y los requerimientos técnicos son alcanzados para cumplir con los objetivos planteados para el proyecto en desarrollo, y de esta manera poder demostrar nuestros conocimientos técnicos adquiridos a través de la carrera.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1- MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA**

En el marco teórico de referencia se describe el área del conocimiento en la que está ubicado el proyecto “Diseño y construcción de un prototipo robótico seguidor solar para un panel foto-voltaico, como apoyo a la optimización de la producción de energía eléctrica a partir de una mejor recolección de los rayos solares, para beneficio del sistema foto-voltaico instalado en el laboratorio de electrónica de la UTEC.”, el entorno teórico de la descripción de cada una de las etapas por la que está compuesto el proyecto. Se definen conceptos básicos y claros para que el lector pueda comprender cuál es la finalidad del prototipo.

El proyecto es un sistema de hardware informático que se enmarca dentro del área de los sistemas digitales, específicamente los sistemas eléctricos embebidos.

#### **2.1.1- ¿QUÉ ES UN SISTEMA ELECTRÓNICO EMBEBIDO?**

Un sistema embebido “SE”, siendo una aplicación de robótica, es un conjunto de elementos que contienen electrónica, informática y en algunos casos se incluye la mecánica; diseñado para la realización de una función, o tarea específica. Estos sistemas son implementados en la rama de Robótica y

Domótica; generalmente los sistemas embebidos son diseñados y utilizados para funcionamientos muy específicos, en la mayoría de ellos los componentes se encuentran incluidos en la placa base del dispositivo. Destaca su presupuesto y consumo energético; lo que influye en estas dos características es que debido a que los sistemas embebidos pueden ser diseñados y creados por unidad, decenas, centenas continuando de esa manera según sean las necesidades y su acople a estas. Los sistemas embebidos utilizan procesadores que se acoplan de acuerdo a las necesidades, así como también la memoria, puertos de entrada y salida, suelen usar un procesador relativo a sus funciones, estos pueden ser de medidas variables, con el fin de reducir tamaño, costos y consumo eléctrico.

En general están basados en microprocesadores o microcontroladores, la tarea o función que realizan esta especificada por el firmware, o programa de aplicación específico, alojado en la memoria del sistema. Y en cuanto a la velocidad, dependerá de los elementos que se utilicen, ya que lo que se pretende con los sistemas es simplificar toda la arquitectura, haciendo posible que un solo dispositivo realice una función específica de forma práctica y rápida; por ello un sistema embebido debe estar diseñado para representar un tiempo real las entradas, activando salidas, es decir su funcionamiento es en tiempo real y según lo que se guarde en sus entradas, así activará las salidas, (Galeano, 2009, Programacion de Sistemas Embebidos en C), (Robotica, John

J. Craig), (Aguirre Aguilar, Introduccion a la Robotica), (Cairo, 2011, Metodologia de la Programacion Algoritmos, diagramas, de flujo y programas.).



*Figura 2.1 Esquema general de un sistema electrónico embebido*

La figura 2.1, muestra los tres bloques generales por los que está compuesto el sistema embebido (SE), las entradas por las que ingresan los datos de un usuario, elemento externo o variable interna, otro sistema o señal provenientes del entorno del sistema, el bloque central es el sistema de control, el bloque de control de todo el dispositivo en el que se guardan el firmware, siendo el firmware parte fundamental del dispositivo, tanto su sistema lógico, cabe mencionar que son diseños específicos, difícilmente serán compatibles con otros; y como salida el producto final, en este caso será el desplazamiento que tendrá el panel solar.

## **2.1.2- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO EMBEBIDO**

Los sistemas embebidos por su naturaleza deben de contar con características requeridas, con sus parámetros y funciones específicas, para hacer posible que cumpla con las acciones para las que se ha diseñado, a continuación se detallan estas características:

Diseñado para una tarea específica: El sistema embebido debe ser diseñado para realizar una única tarea (monotarea), por lo que son sistemas muy eficaces y destinados; pudiendo así ser sistemas que se integren dentro de otros sistemas de mayor escala. Estos son elementos electrónicos usados para controlar y operar equipos, dispositivos, máquinas, aparatos académicos, aparatos domésticos, equipos móviles, automóviles, elementos electrónicos.

Integrado por hardware y software: Los sistemas embebidos integran un firmware o software, el cual es un código de programa que se descarga a la memoria del dispositivo, a través de programadores (los cuales están compuestos también por software y hardware); dicho programa debe estar bien diseñado específicamente para responder al hardware electrónico diseñado, ya que de él depende el buen funcionamiento del algoritmo lógico del dispositivo. Este firmware debe ser escrito en cualquier lenguaje de programa compatible con la CPU o procesador central del sistema embebido.

Se ejecuta en tiempo real: Están diseñados para actuar en tiempo real, el algoritmo o programa está en constante ejecución y cualquier cambio en sus entradas (sensores), realizar funciones específicas, por ejemplo controladores que se utilizan en ascensores, sistemas de adquisición de datos, sistemas de iluminación, sistemas de seguridad, sistemas de diagnóstico y control; el dispositivo debe ser capaz de responder instantáneamente, realizando algún proceso o modificando su entorno.

Manejan entradas: Los sistema necesitará entradas las cuales procesarán, y así decidir cómo actuar en dependencia del estado de las mismas, es este proyecto se da el uso de sensores, los cuales son capaces de captar las señales de luminancia y enviarlas al bloque de control de dispositivos, para que este reaccione de acuerdo a su funcionamiento programado. En general estas entradas pueden provenir del entorno del sistema, en un ascensor los pulsadores que indican el piso al que se desea ir, un sensor de magnético; también las entradas pueden ser internas al sistema, por ejemplo, la hora ó el valor de una variable.

Accionamiento de salidas: En los sistemas embebidos, sus salidas reaccionan después de haber percibido cambios en sus entradas o como se mencionó en el párrafo anterior, por parámetros internos en el firmware programado; posteriormente siendo procesadas estas señales, se logra la ejecución de las

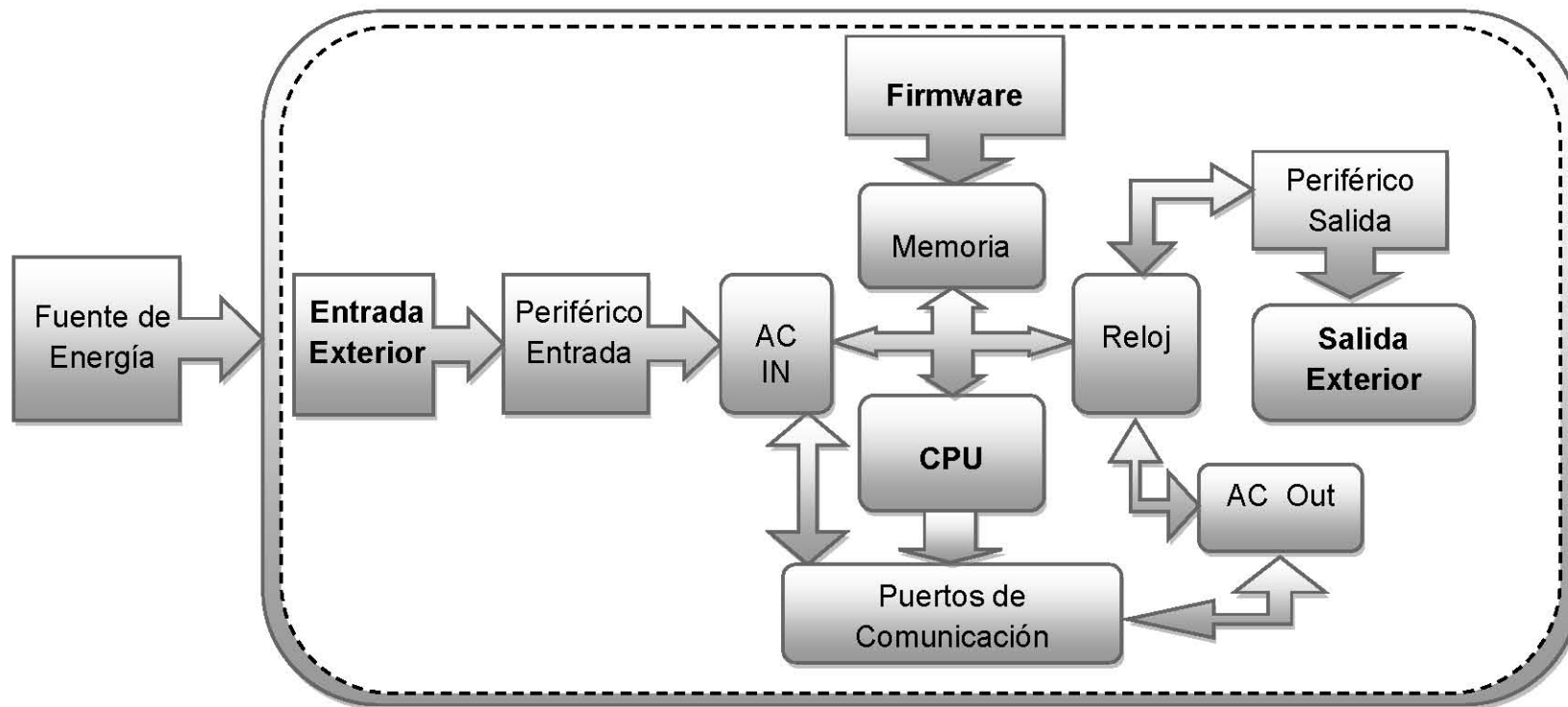
tareas como salida. Así mismo en ocasiones la salida puede ser interna, de manera que sea una escritura de una posición en memoria, el envío de información a un chip interno, por el contrario una salida externa se define como aquella que puede modificar el entorno externo del sistema, para esto se dota de actuadores, estos son los encargados de interactuar y/o modificar el entorno físico del sistema embebido.

Costo económico: debido a sus características y a que los sistemas embebidos combinan tanto software como hardware electrónico, su costo de construcción es relativamente bajo, ya que son sistemas para realizar tareas específicas, por lo que la selección de los materiales puede ser adaptable, no siendo muy alto, lo que ayude a lograr un accesible presupuesto.

Eficiencia y consumo de energía: Para el diseño de estos sistemas, se toma en cuenta el consumo de energía (potencia), y la eficiencia de esta, debido a que son sistemas que estarán dedicados a tareas específicas y serán sistemas que no dependerán de una constante intervención de un usuario. Debido a su arquitectura en su diseño son dispositivos eficientes y su consumo energético es generalmente bajo, ya que los materiales que se utilizan son apegados a sus dimensiones.

### 2.1.3- BLOQUES FUNCIONALES DE UN SISTEMA EMBEBIDO.

Los sistemas embebidos se pueden estructurar como una unión de bloques funcionales, en los que se agrupan las sub-funciones internas del sistema. En la figura 2.2 se puede ver un detalle de la estructura general de un SE.



*Figura 2.2 Bloque de la estructura interna de un sistema embebido en general*

En la figura 2.2 se puede observar el detalle de los bloques internos de un sistema embebido, el cual debe estar compuesto por bloques específicos que conforman un solo dispositivo. Cada uno es formado por elementos electrónicos. A continuación se describen brevemente cada uno de estos bloques vistos en la figura 2.2.

**Periféricos de entrada:** Dependiendo del diseño puede ser cualquier periférico (pieza del mismo equipamiento del hardware del dispositivo), o alguna variable interna, utilizado para proporcionar datos y señales de control a un sistema de procesamiento de información, este componente hace posible la conexión, en el caso que sea de su entorno físico, es decir por ejemplo pulsadores, botones, sensores, micrófonos, teclados, etc. En los sistemas embebidos los periféricos de entrada le permiten al sistema recibir información, luego se hace posible transferir la información necesaria desde un ambiente físico externo o interno, para que posteriormente sea guardado en una memoria temporal para el procesamiento en el CPU.

**Acondicionamiento de señal de entrada:** Este bloque toma las señales que vienen de los periféricos de entrada y envía al bloque de control correspondiente dentro del sistema embebido.

**Firmware:** En los sistemas embebidos se cuenta con un controlador por órdenes programadas y estas deben ser específicas, siendo este un sistema operativo de bajo nivel diseñado para una marca o modelo; este programa de aplicación puede estar escrito en cualquier lenguaje de programación compatible con el procesador a utilizar. El firmware puede ser actualizado, pero debe tomarse muy en cuenta el sistema embebido que se está implementando, ya que según el manejo del hardware que se utilice, así debe ser la estructura lógica del firmware, que se descargará para que el dispositivo cumpla con la función que se pretende.

**Memoria:** En el uso de los microcontroladores la memoria está incorporada y en cuanto a las capacidades de esta, debe considerarse cuál es la finalidad del dispositivo, ya que así será el tamaño del firmware que se le descargará; también este bloque puede estar formado por memoria de tipo RAM y/o ROM.

**Unidad central de proceso CPU:** El bloque de Unidad Central de Procesamiento (por el acrónimo en inglés de *Central Processing Unit*), es el encargado de interpretar las instrucciones contenidas en el firmware, y procesa los datos obtenidos de sus periféricos de entrada, ejecuta las acciones, dando las órdenes a los demás bloques, referente a que acción realizará, y se encuentra en la parte central del esquema, esta unidad puede aportar mayor capacidad al sistema, teniendo la opción en algunos casos de incluir memoria

interna o adaptando una externa, (Galeano, 2009, Programacion de Sistemas Embebidos en C).

**Puertos de comunicación:** Estos dispositivos son parte esencial en el circuito, ya que proveen al sistema embebido comunicación bi-direccional con otros sistemas. Entre estos está el RS-232, I2C, ISP; éstos son protocolos (buses de comunicación), que permiten la programación del sistema embebido.

**Fuente de Potencia:** En este bloque se utiliza una fuente (corriente alterna), ó baterías alcalinas (corriente directa), esto es opcional, siempre y cuando supla de la energía requerida; tomando en cuenta que el bloque de potencia es el encargado de proveer la energía necesaria a todo el circuito electrónico, y este deben satisfacer las exigencias de todos los elementos electrónicos que convergen en el dispositivo, con la finalidad que el sistema embebido logre ejecutar las tareas, manejando los dispositivos de salida sin limitaciones de potencia.

**Reloj del sistema:** El reloj en un sistema embebido de un microcontroladores (CLK ó clock), es el encargado de sincronizar (sistema síncrono), las acciones que se ejecutan en el sistema, los cambios dependen del control de una sola señal aplicada a todos los registros, la señal de reloj; la señal de reloj es una onda cuadrada o rectangular, los registros que funcionan con esta señal, sólo

pueden cambiar cuando la señal de reloj hace una transición, que es marcada en tiempo real, es habitual la frecuencia del reloj en MHz (Megahercios), y trabaja con un cristal externo, el cual le permite que su rendimiento se adapte al tiempo externo y para implementarlo basta con adaptar el cristal externo y configurar el tiempo real.

**Acondicionamiento de señal de salida:** En este bloque se encuentran los actuadores, estos son los encargados de interactuar con el entorno exterior, los que tienen la función de hacer posible el desplazamiento del dispositivo, este proporciona la energía necesaria a los periféricos de salida, para que sea posible mostrar el funcionamiento del sistema embebido.

Periféricos de Salida: son los dispositivos en los que el usuario ve la acción ejerciéndose, encargados de interactuar con el entorno exterior, estos actuadores pueden ser los periféricos o componentes que permiten obtener el resultado final del funcionamiento completo del sistema embebido, por ejemplo motores, leds , pantallas display, LCD y buzzer.

## **2.1.4- PREGUNTAS FRECUENTES SOBRE SISTEMAS EMBEBIDOS Y PROTOTIPOS**

### **¿Qué es un sistema electrónico embebido?**

Un sistema embebido o también llamado empotrado (Cairo, 2011, Metodología de la Programación), es un sistema diseñado para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas frecuentemente en un sistema de digital en tiempo real.

### **¿Qué es un prototipo electrónico?**

Es un primer modelo original que se fabrica y de dicho modelo se parte para la elaboración de lo que se pretende, un objeto, herramienta, dispositivo electrónico.

### **¿Qué tipos de prototipos electrónicos existen?**

Los prototipos electrónicos que posteriormente se convierten en ejemplares para el diseño y desarrollo de los mismos, entre ellos se encuentran: prototipos eléctricos, análogos, digitales, industriales, mecánicos, médicos, música, hogareños, prototipos para el área de comunicación.

### **¿Qué es un microcontrolador?**

Un microcontrolador es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: unidad central de

procesamiento, memoria y unidades de entrada y salida. En comparación a un procesador de computadora, este es limitado. En términos funcionales un microcontrolador ( $\mu C$ ), es un chip reprogramable que controla un sistema embebido y físicamente posee varios pines (desde 8 hasta más de 40), estos son usados para alimentación de energía, control del reloj, puertos digitales, puertos análogos, comunicación y más (Enrique Palacios, 2008, Microcontrolador Pic16f84 Desarrollo de Proyectos).

### **¿Qué método de programación se debe utilizar?**

Generalmente el proveedor de  $\mu C$  diseña a la vez el software para escribir el programa y programar el  $\mu C$ ; así como también existen muchas herramientas diferentes. El lenguaje de programación va desde un nivel sencillo para el programador hasta uno de alto nivel, habiendo herramientas disponibles para que el usuario elija la que más le convenga y se adecúe a la finalidad del sistema embebido (Galeano, 2009, Programación de Sistemas Embebidos en C).

### **¿Qué son los actuadores?**

Son dispositivos inherentemente mecánicos, su función es proporcionar fuerza para mover o actuar. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, hidráulica, y fuerza motriz. Dependiendo del origen el actuador se denomina “neumático”, “hidráulico” o “eléctrico”.

### **¿Qué es un sensor fotoeléctrico?**

Es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz, estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que capta la luz generada por el emisor. Todos los diferentes modos de sensado se basan en este principio de funcionamiento. Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso algunos trabajan bajo condiciones ambientales extremas.

### **¿Qué es una LDR?**

Es una fotorresistencia que disminuye con el aumento de intensidad de luz incidente, en este caso la luz solar, conocido también como foto-resistor, foto-conductor, célula fotoeléctrica o resistor dependiente de la luz, cuya siglas, LDR, se originan de su nombre en inglés *Light Dependent Resistor*.

### **¿Cómo funciona el buffer de corriente?**

Funciona como amplificador de corriente para el correcto funcionamiento de los dispositivos que se utilizan en el círculo electrónico, encargándose de que la corriente (CD o CA), que llegue a ellos sea la adecuada.

### **2.1.5- ÁREAS DE APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS ELECTRÓNICOS EMBEBIDOS**

Actualmente los sistemas embebidos están siendo utilizados dentro de la vida cotidiana, sus aplicaciones abarcan muchos sistemas y aparatos, los cuales son utilizados constantemente, a tal grado que los usuarios no se percatan de su existencia; por ejemplo: Los lugares donde son utilizados son en el hogar, centro de estudio, oficinas, transporte, comunicaciones, seguridad, militar, medicina, entre otros. Estos se encuentran en aparatos, los cuales son televisores, lavadoras o secadoras de ropa, microondas, refrigeradoras, equipos de audio, controles remotos, alarmas, en los sistemas de climatización y temperatura, equipos de video, teléfonos, computadoras, en módems, cámaras, aire acondicionado, vehículos, semáforos, equipos médicos con distintas aplicaciones como lo son para realizar pruebas a los pacientes, los quirúrgicos, entre otros; las consideraciones esenciales es por su presupuesto ajustable, bajo consumo energético, en algunos casos portabilidad, y su rendimiento en tiempo real. En la rama que más se implementa los sistemas embebidos es en Robótica y Domótica.

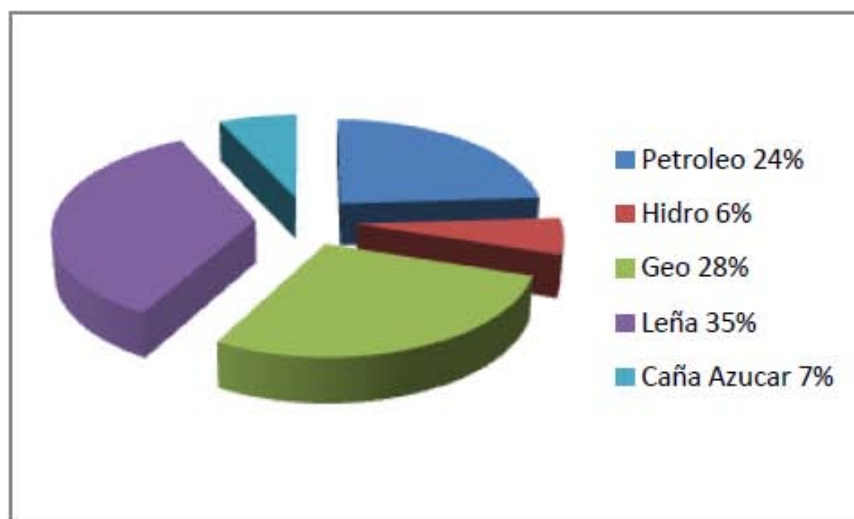
La Robótica: aunque no se cuente un concepto teórico definido, se entiende que es la ciencia de los robots, ocupándose del diseño, manufactura y aplicaciones de ellos, y en su mayoría de modelos utilizan los sistemas

embebidos como parte fundamental de su arquitectura. La robótica utilizando la tecnológica y la combinación de diversas disciplinas como son la mecánica, la electrónica, la informática, la inteligencia artificial y la ingeniería de control, conforman y dan vida a estas aplicaciones, que en la actualidad van cubriendo muchos campos.

## 2.2- MARCO TEÓRICO DE SOLUCIÓN

La contaminación ambiental, el efecto invernadero, el alto costo de los derivados del petróleo y la fuerte dependencia de los combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, la cual cada día tiene un costo elevado de producción, nos obligan a pensar en alternativas como las energías renovables como una solución a la problemática energética que vivimos. En cuanto a la disponibilidad de recursos naturales, El Salvador es una zona privilegiada en lo que se refiere a la presencia de recursos renovables, el sol es una fuente de energía inagotable, con un promedio 5 horas sol pico, lo cual hace ideal la implementación de Sistema Foto-voltaico para la generación de energía eléctrica.

A continuación se presenta una grafica de la distribución del consumo de energía en El salvador, fuente OLADE 2007.

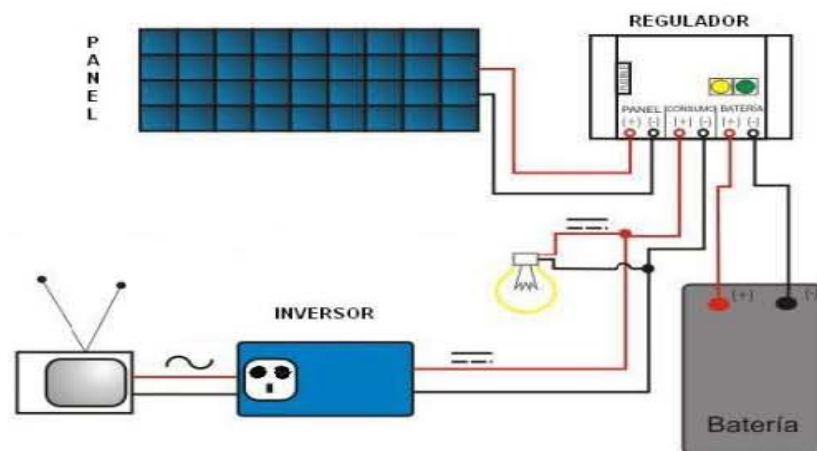


*(Beneficios de los sistemas fotovoltaicos autónomos en la reducción de la factura eléctrica, (Ing. Mauricio Rivera, 2011).*

Se ha propuesto el diseño y construcción de un prototipo robótico seguidor solar para un panel foto-voltaico, como apoyo a la optimización de la producción de energía a partir de una mayor recolección de radiación solar, para beneficio del sistema foto-voltaico instalado en el laboratorio de electrónica de la UTEC. Con una escala al 3.5% del prototipo a su panel foto-voltaico instalado, lo cual permitirá a la Universidad tener la información y quedará a consideración de sus autoridades la implementación; de manera que al lograr el mejoramiento de recolección de energía renovable obtenida a través del panel solar, ya instalado sobre el laboratorio de electrónica de la UTEC, tenga una reducción en la factura de consumo de energía eléctrica, justificando la inversión al implementar el prototipo.

Se brinda a continuación una descripción del sistema de recolección de energía renovable y el sistema luminario que se alimenta de la energía obtenida a través del panel solar: El panel fotovoltaico es de tipo mono cristalino, con una potencia nominal de 80watts, el subsidio de alimentación:  $\pm 5\%$ , su voltaje optimizado de funcionamiento  $V_m$ : 17.2V, el circuito abierto de voltaje es de 21.5V, la corriente de cortocircuito  $I_{sc}$ : 5.07A y el voltaje que soporta es DC 715V; este panel se encuentra “aterizado” y conectado a un regulador de voltaje, posteriormente a una batería de vehículo de 100A, cabe mencionar que el regulador de voltaje cumple con la función de detecta la carga de la batería y cuando se ha cargado completamente, restringe la continuidad de carga a esta,

evitando daños en una sobre carga; luego de la batería sale la corriente a un inversor de corriente de DC a AC, contando con un interruptor que controla el encendido y apagado de los tres focos fluorescentes, alimentados de la batería con AC, cada uno de 20watts, instalados en la entrada del laboratorio, los cuales son activados únicamente durante la noche.



*Figura 2.3 Esquema del sistema de recolección de energía y su función*  
Fuente (<http://www.afinidadelectrica.com.ar>)

Con un valor estimado de \$1,000.00 de todos los elementos y la instalación existente, el sistema tiene una demanda actual de 60 watts durante 13 horas (8 horas con luz solar y 5 horas con baterías). Esto significa que hay un ahorro diario de 0.78 kwh. Es el resultado de multiplicar la capacidad demandada de 60 watt por el tiempo promedio de uso que es de 13 horas. Si lo proyectamos para un mes (30 días), se tienen 23.4kwh generados por el sistema; la tarifa de

1Kwh es de \$0.216 ctvs., para residencial y de \$0.813 para mediana demanda (fuente CAESS). El sistema lleva operando desde mediados de junio del 2011 hasta la fecha, 5 meses aproximadamente, para la tarifa residencial se tiene un ahorro mensual de \$5.05 (Si se multiplica 23.4 Kwh por \$ 0.216 es igual a \$ 5.05) lo que significa \$25.25 en 5 meses de operación y para la tarifa de media demanda en la que está la UTEC, se tiene un ahorro mensual de \$19.02, lo que significa \$ 95.10 en 5 meses de operación. Considerando que la vida útil de los paneles mono cristalinos es de 25 años con una degradación del 20%.

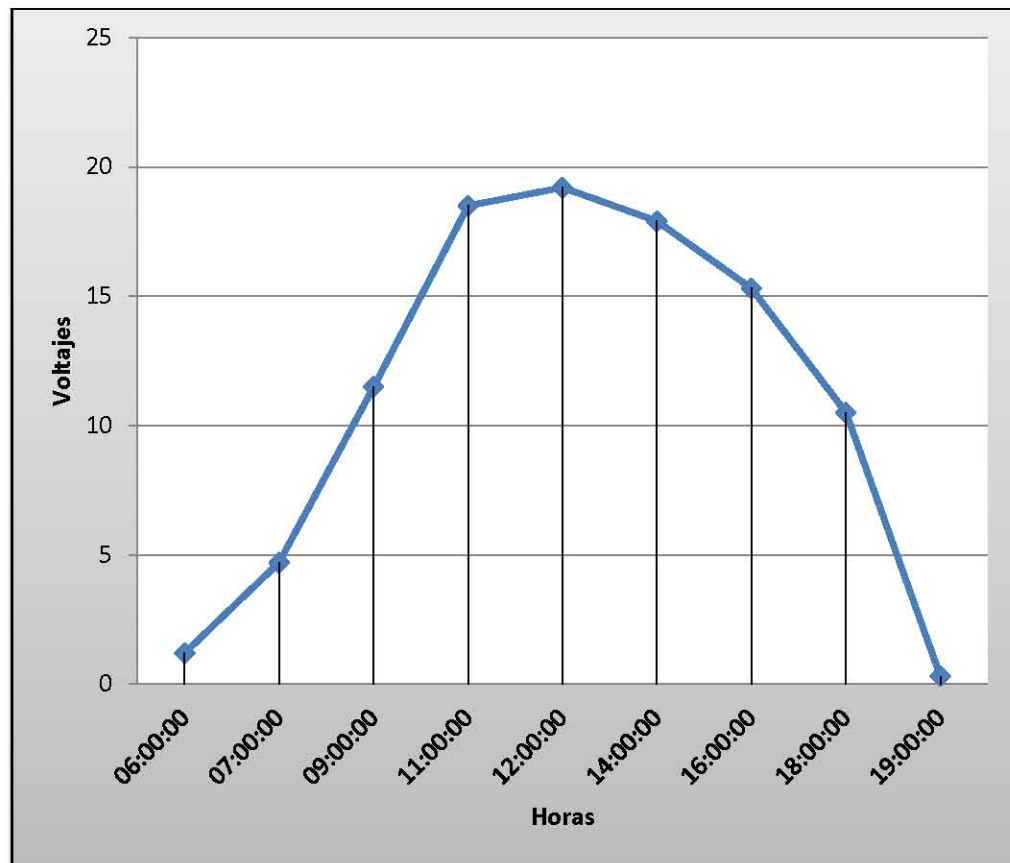
Considerando las tarifas actuales se estima un ahorro anual:

- a) \$60.07 para residencial
- b) \$228.24 para mediana demanda

Por lo que se calcula en los 25 años de vida útil del panel solar y tomando en cuenta que posea todo el sistema de recolección de radiación solar antes detallado, con los valores de costos y consumo actual, se tiene un ahorro estimado en el consumo de energía eléctrica de \$ 5,706.00 menos el 20% por el deterioro a lo largo de los años, se da la cantidad de \$4,564.80, restándole el costo del equipo, la Universidad cuenta con un ahorro de \$3,564.80; recalcando que se genera de una fuente inagotable de energía como lo es la luz solar, con lo que se contribuye al medio ambiente, en referencia a la campaña a nivel

mundial por el cambio climático, tomando en cuenta que El salvador forma parte del convenio del *Protocolo de Kioto de la Convención de Cambio Climático*.

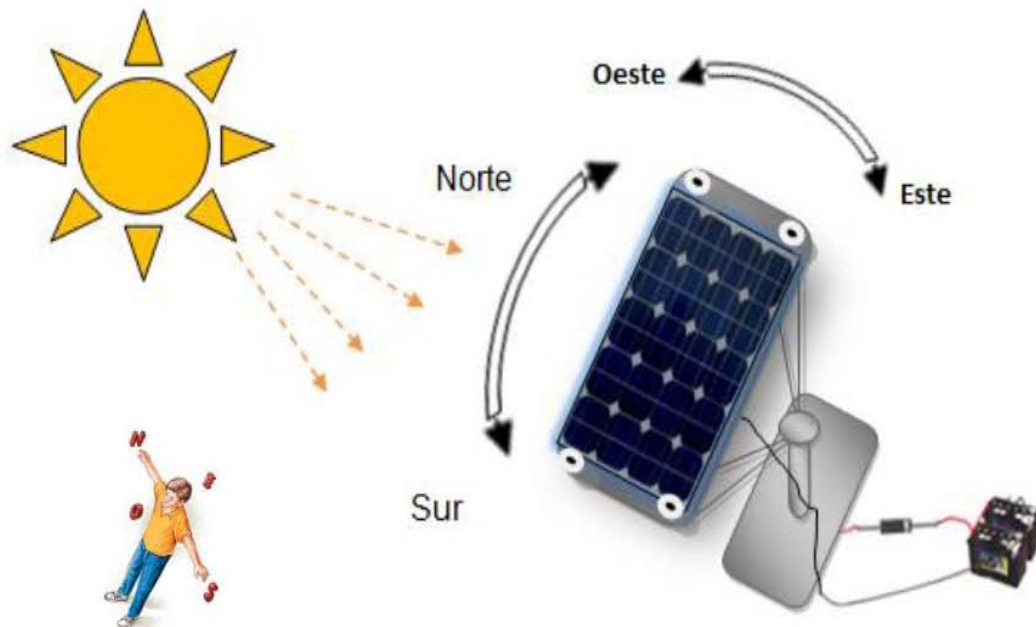
La siguiente grafica muestra una grafica de medición del Voltaje brindado por el panel solar, en un día soleado.



### **2.2.1- DEFINICIÓN DE LA SOLUCIÓN**

La solución propuesta es la construcción de un prototipo a escala, brindado a la Universidad Tecnológica de El Salvador. Este prototipo debe poseer un sistema embebido, basado en microcontrolador que funciones como sistema electrónico con la implementación de mecánica, siendo automatizado; para el control de un dispositivo mecánico que sostenga y desplace un panel solar, como apoyo al sistema foto-voltaico con el que ya cuenta la Universidad. Después de realizar pruebas con el prototipo a escala y en caso de aumentar la recolección, se visualizará el porcentaje de incremento, de esta manera pueda ser rediseñado para un modelo óptimo, aplicándolo en su el sistema de recolección de energía renovable, y este pueda cumplir con la demanda de corriente que tiene el sistema luminoso de dicho laboratorio.

En esta etapa está constituido fundamentalmente por cuatro sensores fotoeléctricos, un microcontrolador, dos motores y la estructura mecánica que sostiene el panel; estos elementos generaran el desplazamiento, para mejorar la recolección de energía renovable, obtenida a través del panel por su recolección de la radiación solar.



*Figura 2.4 Prototipo de desplazamiento del panel foto-voltaico*

En la figura 2.4 muestra una imagen referente al prototipo y la luminancia que irradia al panel foto-voltaico, se puede observar que solamente algunas celdas son las que hacen la efectiva recolección de energía solar, en una posición fija durante el día, esto se logra verificar haciendo mediciones de voltaje de salida, brindado por el panel solar estático situado sobre el laboratorio de electrónica, dicho panel solar es de 80 Watts, del tipo mono cristalino.

Estas mediciones varían en las distintas horas del día, lógicamente en tempranas horas las mediciones de voltaje son bajas, oscilando de 5V a 10V, al medio día (12:00 pm), se mide un rango de voltaje entre 17V a 19.5V y durante

la tarde vuelve a bajar el voltaje entre 5V y 2V; al realizar una medición durante la noche el voltaje medido es de 0.23V brindado por dicho panel.

Al utilizar el sistema de desplazamiento se podrá posicionar en dirección al sol, logrando que todo el panel solar capture la radiación solar generando mayor recolección de energía; a través de los sensores fotoeléctricos que permanecerán sensando en tiempo real la luminancia, esta información será enviada y procesa en el microcontrolador, el cual la procesará y detectará si los cuatro sensores situados en las esquinas del panel foto-voltaico, están en el mismo rango de recepción de luminancia, caso contrario se accionará el dispositivo mecánico, activando los motores, posicionando el panel solar, de manera que los sensores obtengan el mismo nivel de luminancia; de esta forma será que se obtendrá la posición perpendicular en dirección al sol, para que la recolección de energía renovable sea mayor durante todo el día.

Este prototipo cuenta con el circuito que controlará la mecánica, que sostiene el panel, con la capacidad de poder desplazarse en los puntos cardinales de norte a sur y de este a oeste. El dispositivo cuenta con tres partes principales, estas son la parte sensorial, la parte de control, y de accionamiento (ver figura 2.4), están compuestas de la siguiente forma:



*Figura 2.5: Esquema general de las partes principales del prototipo.*

### **2.2.2- SISTEMA DE ENTRADA**

La parte sensorial es la que se encargará de recolectar la información (nivel de luminancia), esta información será llevada a la unidad central. Los sensores fotoeléctricos al detectar el nivel de luz, proporcionarán una señal de salida representativa, referente a la cantidad de luz detectada. Un sensor de luz incluye un transductor fotoeléctrico para convertir la luz a una señal eléctrica y puede incluir electrónica para condicionamiento de la señal, compensación y formateo de la señal de salida, que será procesada. Los elementos que conformarán esta parte son los LDR; en el caso que los sensores reciban el mismo nivel de luminancia, no habrá ningún movimiento en el dispositivo.

### **2.2.3- SISTEMA DE CONTROL**

El prototipo en el sistema de control central, tendrá el microcontrolador donde estará el firmware diseñado, para que el sistema embebido cumpla con las tareas requeridas, este firmware será elaborado en el software BASCOM-AVR, se descargará en el microcontrolador ATMEGA328, utilizando el programador STK-200; conectándose a la interface del computador por medio del puerto paralelo. Después de obtenida la información a través de los sensores el sistema entrará al algoritmo diseñado, decodificará y tomará las decisiones programadas, para mandar la información a la interface de salida del dispositivo, accionando así los motores, para la movilización del panel.

## **2.2.4- SISTEMA DE ACCIONAMIENTO**

En esta parte se contará con la aplicaciones de la mecánica, será una estructura diseñada a escala para sostener el panel solar, la cual tendrá dos grados de libertad, en desplazamiento de norte a sur o de oriente a poniente y viceversa por medio de los dos motores, estos serán “servomotores”, cuando el sistema embebido reciba las coordenadas en distintos niveles de luminancia, se llegará a la etapa en el firmware en la que se habrá descrito los rangos de luminancia capturados por los sensores y estos al ser comparados, generarán pulsos en los pines de salida del microcontrolador, los cuales serán la activación del motor uno y dos, desplazando el panel hacia el norte, sur, oriente o poniente.

## **2.2.5- OTROS ELEMENTOS DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO**

También en el circuito electrónico se agregarán dos diodos led, uno de color azul y otro de color verde, estos tendrán la función de indicar que el motor uno (color azul), está en movimiento y el motor dos (color verde) se encuentra también en movimiento.

Se implementará un buzzer, para que emita un sonido cuando algunos o ambos motores no logre desplazarse a una posición requerida, por alguna razón ajena al dispositivo, este emitirá un sonido durante un tiempo establecido.

Así mismo se utilizarán resistencias, diodos, capacitores, tarjetas de cobre, integrados (compuertas) para el manejo de las velocidades de los motores, cables o alambres, fuente de energía, switch, alambre, regulador de voltaje entre otros.

## 2.3- MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

A continuación se presenta un listado de conceptos que se han utilizado en el diseño del prototipo.

- **Prototipo**: es un primer modelo o molde original que se fabrica y de este modelo se parte para la elaboración de lo que se pretende, un objeto, herramienta, dispositivo electrónico.
- **Sistema**: conjunto de partes o cosas coordinadas por reglamentos diseñados para un fin, o una aplicación.
- **Embebido**: es cuando un conjunto de componentes de electrónica o informática están embebidos o empotrados dentro de un sistema de mayor escala, es decir el pequeño sistema esta embebido o integrado en otro de mayor nivel.
- **Sistema embebido**: Un sistema embebido o empotrado es un sistema de computación diseñado para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real.
- **Firmware**: es un sistema operativo de bajo nivel similar al BIOS en el que todas las aplicaciones más importantes utilizan su funcionalidad. Aunque a diferencia del BIOS en el firmware no hay una versión común disponible, ya que cada firmware es diseñado específicamente para un modelo y no hay compatibilidad con otras marcas.

- **Diseño**: Utilizado habitualmente en el contexto de las artes, ingeniería, arquitectura y otras disciplinas creativas, diseño se define como el proceso previo de configuración mental, "pre-figuración", en la búsqueda de una solución en cualquier campo.
- **Construcción**: Se denomina como un suceso de armado, desde un nivel básico, hasta algo de nivel complejo, con el objetivo de llegar a la formación de "algo".
- **Electrónica**: área de la ingeniería y de la física aplicada al diseño de dispositivos, por lo general circuitos electrónicos, cuyo funcionamiento depende del flujo de electrones haciendo posible la transmisión, recepción almacenamiento de información, esta información consiste en voz (señales de voz) o en música en un receptor de radio, en una imagen en una pantalla de televisión, o en números u otros datos en un ordenador o computadora.
- **Microcontrolador**: Un microcontrolador es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y unidades de E/S (entrada/salida).
- **Monotarea**: Se denomina sistema monotarea a aquel sistema operativo que solamente puede ejecutar un proceso (programa) a la misma vez.
- **Hardware**: es la parte tangible, de un determinado sistema o equipo, referente a lo informático y electrónico.

- **Software**: es la parte interna que en algunos casos no se puede ver y no se puede tocar; es el bloque lógico encargado de indicar que es lo que se debe hacer, esto según lo que se le haya programado al dispositivo.
- **Panel foto-voltaico**: Llamados también módulos fotovoltaicos o paneles solares, están formados por un conjunto de celdas, estas celdas son de células fotovoltaicas, que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos, siendo esta la luz solar.
- **Energía eléctrica**: Se denomina energía eléctrica a la forma de energía resultante de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se les coloca en contacto por medio de sistemas físicos y químicos por la facilidad para trabajar con magnitudes escalares, en comparación con las magnitudes vectoriales como la velocidad o la posición.
- **Periférico**: son los dispositivos de entrada y salida que permiten la conexión con el entorno físico, como entradas de información y salidas, es decir donde se muestra la función final del equipo o dispositivo.
- **Memoria**: es un dispositivo diseñado y fabricado específicamente para guardar en ella información. La capacidad dependerá del tipo de equipo que se esté implementando, y puede ser que la memoria sea externa o que ya venga incorporada en uno de los dispositivos que se están

usando, estas pueden ser ROM, PROM, EPROM, EEPROM, RAM, entre otras.

- **CPU**: unidad central de procesamiento, este es un bloque principal dentro de un dispositivo, es el cerebro, se encarga de dar las ordenes a los demás dispositivos, en algunos casos pueden usarse microcontroladores o microprocesadores como parte fundamental del bloque de control.
- **Puertos electrónicos**: son dispositivos físicos que sirven como puertos de conexión que permite la entrada y salida de información al dispositivo, es el medio donde se conecta la entrada y la salida.
- **Fuente de energía eléctrica**: es el bloque encargado de proporcionar la potencia eléctrica necesaria para que el equipo funcione correctamente, la fuente está alimentando al equipo durante el tiempo que esta encendido, y además de una fuente también puede utilizarse baterías alcalinas, solo debe tomarse en cuenta cual es la magnitud que se necesita.
- **Potencia eléctrica**: La potencia eléctrica es la relación de transferencia de energía por unidad de tiempo; es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado. La unidad en el sistema internacional de unidades es el "Vatio", o que es lo mismo, "Watt".

- **Reloj**: el reloj (CLK, Clock), puede ser interno o externo, este se encarga de mostrar el tiempo en el que trabaja el dispositivo puede ser en tiempo real o no, esto depende de la finalidad del equipo.
- **IDE BASCOM-AVR**: el ambiente de desarrollo integrado BASCOM-AVR, es un software bastante complejo ya que integra un compilador que convierte el lenguaje “Basic” es decir Basico, a lenguaje maquina haciendo posible que el microcontrolador lo pueda interpretar y ejecutarlo. Además es un programa que proporciona una interfaz que permite descargar el firmware a la memoria del microcontrolador a través del puerto paralelo de la PC, y también el programa incluye herramientas de ayuda para su utilización, lo que facilita la programación del sistema embebido.
- **Sensor**: es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.
- **Robótica**: conjunto de conocimientos prácticos que permite obtener, realizar y automatizar sistemas basándose en estructuras metálicas empleando un cierto grado de inteligencia, para que sea posible lograr que un equipo destinado a desempeñarse en un determinado ambiente.
- **Domótica**: Se entiende por domótica al conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por

medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, y cuyo control goza de cierta presencia, desde dentro y fuera del hogar. Se podría definir como la integración de la tecnología en el diseño inteligente de un recinto cerrado.

- **Buzzer**: Es un dispositivo de audio de señalización, generalmente son mecánicos y/o electromecánicos. Los usos típicos son de timbres y localizadores incluyen los dispositivos de alarma, temporizadores, por ejemplo la confirmación de la entrada del usuario como un clic del ratón, un botón o la tecla.
- **Informática**: La Informática es la ciencia aplicada que abarca el estudio y aplicación del tratamiento automático de la información, utilizando sistemas computacionales, generalmente implementados como dispositivos electrónicos. También está definida como el procesamiento automático de la información.
- **μC**: Hace referencia al nombre de “microcontrolador”
- **CD / CA**: Hace referencia al tipo de corriente, ya sea esta CD corriente directa o CA corriente alterna.

## 2.4- DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

A continuación se describen las características que poseen los elementos a utilizar en el dispositivo, tanto en el circuito electrónico, como algunas piezas de mecánica, a implementarse en el proyecto.

### 2.4.1- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL ATMEGA328

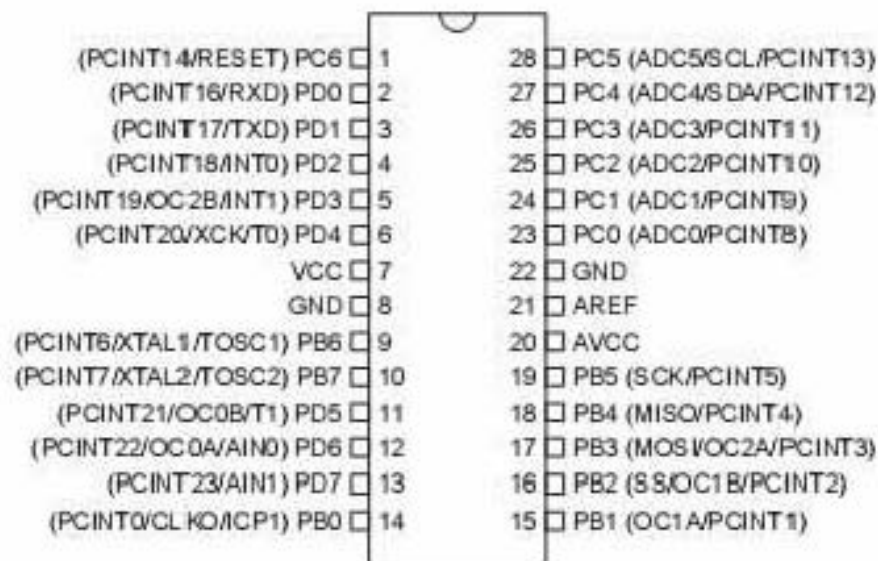
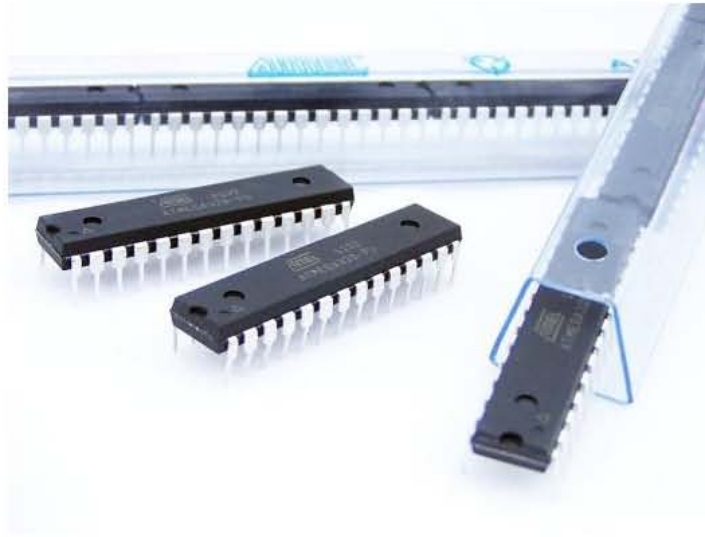


Figura 2.6: Mapa de los pines del microcontroladores ATMEGA328.



*Figura 2.7: Forma física del microcontroladores ATMEGA328.*

El microcontrolador ATMEGA328 es un circuito integrado de muy alta escala de integración que contiene las partes funcionales de un computador:

- CPU (Central Processor Unit o Unidad de Procesamiento Central)
- Memorias volátiles (RAM), para datos
- Memorias no volátiles (ROM, PROM, EPROM) para escribir el programa
- Líneas de entrada y salida para comunicarse con el mundo exterior.
- Algunos periféricos (comunicación serial, temporizador, convertidor A/D, etc.)

Es decir el microcontrolador es un computador integrado en un solo chip. Integrar todos estos elementos en un solo circuito integrado, ATMEL fabrica los microcontroladores de la familia AVR, esta tecnología que proporciona muchos

de los beneficios habituales de arquitectura RISC y memoria flash reprogramable eléctricamente. La característica que los identifica a estos microcontroladores de ATMEL son que en sus 28 pines y estructura interna cuentan con bytes 16K de In-Flash, sistema programable con lectura y escritura, 512 bytes EEPROM, 1K bytes de SRAM, 23 líneas para propósito general I/O, 32 registros para propósito de trabajo general, tres flexibles temporizador y contadores; las interrupciones internas y externas, una serie USART programable, un byte orientada a dos hilos interfaz en serie, un puerto serial SPI, un 6-canal 10 bits ADC (8 canales en TQFP y QFN/paquetes MLF), un temporizador programable del "Watchdog" (guardián), con oscilador interno; y cinco modos seleccionables de software de ahorro de energía. El modo de espera se detiene la CPU al mismo tiempo a la SRAM, contador de tiempo / contadores, USART, dos cables de interfaz serie, el puerto SPI, y un sistema de interrupción para continuar funcionando. El modo de la Energía-abajo guarda el contenido del registro, pero se congela el oscilador, desactivando todas las funciones del chip de otra hasta el siguiente reinicio interrumpir o de hardware. En el modo de ahorro de energía, el contador asíncrono sigue funcionando, lo que permite al usuario mantener una base de temporizador, mientras que el resto del dispositivo está durmiendo. El ADC para minimizar el ruido de conmutación durante las conversiones, así como en las I/O. En modo de espera, el cristal-resonador oscilador está funcionando mientras que el resto del

dispositivo está durmiendo. Esto permite muy rápida puesta en marcha en combinación con bajo consumo de energía.

### **2.4.2- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS LDR**

Los resistores LDR (Light Dependent Resistors), se fabrican a base de sulfuro de cadmio, este material, contiene pocos o ningún electrón libre, si se mantiene en completa oscuridad. En estas condiciones, su resistencia es elevada. Si absorbe luz, se libera cierto número de electrones, y esto hace aumentar la conductividad del material, justificando la denominación de "fotoconductor" que recibe. Los electrones permanecen en libertad por un tiempo limitado, ya que al cesar la iluminación, son recapturados a sus posiciones originales y el material se convierte de nuevo en aislador. La funcionalidad del LDR es la resistencia disminuyente con el aumento de intensidad de luz incidente; los resistores LDR cuentan con muchas aplicaciones, en el presente, la detección de luminosidad solar.



*Figura 2.8: Figura del símbolo del LDR*

### 2.4.3- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS MOTORES

Posee las siguientes características técnicas:



*Figura 2.9: Esquema de la estructura física de los servomotores*

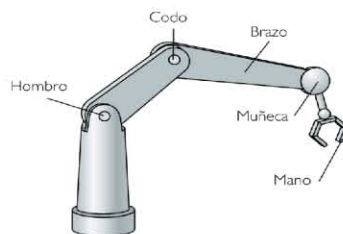
- Motor servo digital, con el cuerno de aleación, plata/azul/color plata.
- Sin núcleo con juego de metal Gear.
- Alta, media, inferior con carcasa de aleación de servo pack con caja de plástico transparente con soporte de la tarjeta.
- Caja de engranajes de aluminio, o plástico en algunos casos con sistema de control de ancho de pulso + 1520usec neutral.
- Pulso requerido: 3-5 voltios pico a pico de la onda cuadrada.
- Tensión de funcionamiento: 4.8 voltios a 6.0volts.
- Temperatura de funcionamiento:-20 a 60°C grados.
- Velocidad de funcionamiento (4.8v) 0.19sec/60° grados sin carga.

## 2.4.4- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA

Se llama mecánica o mecanismo a un conjunto de piezas sólidas resistentes, móviles unos respecto de otros, unidos entre sí mediante diferentes formas, llamadas pares cinemáticos por ejemplo pernos, uniones de contacto y pasadores; cuyo propósito es la transmisión a las máquinas reales y de su estudio se ocupa la teoría de los mecanismos. Basándose en principios del álgebra lineal y física, se crean esqueletos vectoriales, con los cuales se forman sistemas de ecuaciones.

Tipos de mecanismo

- Engranajes
- Pistón biela
- Mecanismo Piñón, cierre
- Mecanismos de poleas y correa
- Mecanismos de barras articuladas
- Mecanismos de biela y manivela



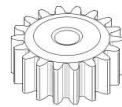
*Figura 2.10: Ejemplo de un brazo mecánico, con cuatro grados de libertad*

## Engranaje

Se denomina engranaje o ruedas dentadas al mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina corona y la menor 'piñón'. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas. Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor.

La principal clasificación de los engranajes se efectúa según la disposición de sus ejes de rotación y según los tipos de dentado. Según estos criterios existen los siguientes tipos de engranajes:

- Ejes perpendiculares
- Por aplicaciones especiales
- Por la forma de transmitir el movimiento
- Transmisión mediante cadena o polea dentada
- Reductores de velocidad

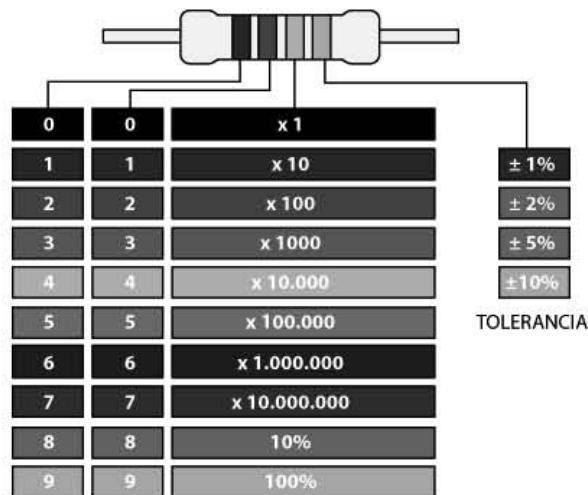


*Figura 2.11: Forma física de un engrane*

## 2.4.5- CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE OTROS ELEMENTOS

Las resistencias electrónicas son componentes electrónicos que tienen la propiedad de presentar oposición al paso de la corriente, poseen las siguientes características:

- Valor nominal: este viene representado en Ohmios  $\Omega$ .
- El valor puede venir impreso o en código de colores.
- Tolerancia: es el error máximo con el que se fabrica la resistencia.
- Potencia máxima: es la mayor potencia que será capaz de disipar sin quemarse.



The diagram shows a resistor with four color bands. Lines connect the first two bands to the first two columns of the table, the third band to the third column, and the fourth band to the tolerance column.

|   |   |              |       |
|---|---|--------------|-------|
| 0 | 0 | x 1          |       |
| 1 | 1 | x 10         | ± 1%  |
| 2 | 2 | x 100        | ± 2%  |
| 3 | 3 | x 1000       | ± 5%  |
| 4 | 4 | x 10.000     | ± 10% |
| 5 | 5 | x 100.000    |       |
| 6 | 6 | x 1.000.000  |       |
| 7 | 7 | x 10.000.000 |       |
| 8 | 8 | 10%          |       |
| 9 | 9 | 100%         |       |

TOLERANCIA

Figura 2.12: Código de colores para identificar el valor de las resistencias

Capacitores electrolíticos poseen una armaduras de metal mientras que la otra está constituida por un conductor iónico o electrolito. Presentan unos altos valores capacitivos en relación al tamaño y en la mayoría de los casos aparecen polarizados. Podemos distinguir dos tipos: Electrolíticos de aluminio: la armadura metálica es de aluminio y el electrolito de tetraborato armónico, y electrolíticos de tántalo: el dieléctrico está constituido por óxido de tántalo y nos encontramos con mayores valores capacitivos que los anteriores para un mismo tamaño. Por otra parte las tensiones nominales que soportan son menores que los de aluminio y su coste es algo más elevado.



*Figura 2.13: Forma física de un diodo capacitor*

Los inrrumtores o switch En electrónica, un conmutador es un componente eléctrico que puede romper un circuito eléctrico, interrumpiendo la corriente o desviarlo de un conductor a otro.



*Figura 2.14: Forma física de un interruptor o switch*

## **2.4.6- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROTOTIPO**

En relación a la etapa sensorial los LDR, será el elemento que estará como entrada del prototipo, ubicado en los cuatro extremos del panel-fotovoltaico, el LDR captando los niveles de luminancia, de estos dependerá la corriente inducida por el efecto fotoeléctrico; para este proyecto cuando generen la misma resistividad sea cuando los sensores estén posicionado, consecuentemente lo estará el panel solar.

Otra de las características es su función constante, lo que significa que trabaja en tiempo real, así mismo su la unidad de control siendo esta el microcontrolador ATMEGA328, un circuito integrado programable, el cual cumple con los requerimientos técnicos del diseño para el prototipo, con las aplicaciones de este sistema embebido. Como se mencionó anteriormente, el proveedor de estos microcontroladores ATMEL AVR, distribuye el software para elaborar el firmware, y es con el mismo se programan los microcontroladores; en la etapa de control se recibirá la información que capturen los sensores en forma de señal eléctrica, aquí se leerá y procesará, en donde el firmware tomará decisiones y se demostrada en los dispositivos como salida. Por último será la etapa de accionamiento la que se activará o se mantendrá estática (servomotores), dependiendo de la ubicación del panel solar referente a la posición del sol; así mismo tendrá funciones paralelas los diodos led y el buzzer referente a los accionamientos de los servomotores.

## **CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN**

### **3.1- PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN**

En relación a la medición hecha al panel fotovoltaico instalado, se logró constatar que de las 11:00 a las 14:00 horas hay una mayor luminosidad, por lo que es mayor la recolección de energía y el proyecto denominado “Diseño y construcción de un prototipo robótico seguidor solar para un panel foto-voltaico, como apoyo a la optimización de la producción de energía eléctrica a partir de una mejor recolección de los rayos solares, para beneficio del sistema fotovoltaico instalado en el laboratorio de electrónica de la UTEC”, es un prototipo mecánico-electrónico a una escala del 3.5%, con el propósito está diseñado para contribuir al mejoramiento del sistema de recolección de radiación solar, y así elevar significativamente su recolección de energía renovable, en vista que el laboratorio de electrónica posee muchos más elementos que funcionan a base de energía eléctrica, entre ellos cuentan con una instalación de seis focos tipo led 5watts, al interior del Laboratorio de Electrónica, los cuales bien pueden ser alimentados por el sistema de colección de energía renovable por su bajo consumo. El objetivo del prototipo es movilizar de manera automatizada la estructura que sostenga el panel foto-voltaico, orientando el panel solar hacia una posición perpendicular al sol, donde se capten la mayor cantidad de rayos solares.

En general el dispositivo electrónico robótico constará de tres etapas; la primera será la de sensores (entrada), la segunda el control (procesamiento) y la tercera el accionamiento (salida). Cada una de estas etapas se describen a continuación:

Dispositivo robótico: Primera etapa.

La etapa sensorial es la que se encargará de recolectar la información del nivel de radiación solar; esta etapa consta de cuatro sensores de luz, tipo fototransistores, que se ubican en cada esquina del panel solar. Los sensores servirán para determinar si se tiene una radiación solar perpendicular sobre el panel y su nivel de luz sobre él. Por medio de los sensores, los niveles de luz serán transformados en señales eléctricas, que posteriormente serán procesadas en el área de control (segunda etapa). Los sensores a utilizar son los que conformarán esta etapa sensorial serán LDR, situados en los extremos de la estructura.



*Figura 3.1: Posicionamiento de los sensores*

Los LDR son sensible a la luz blanca, debido a que la luz solar en especial es luz blanca, compuesta por todas las señales electromagnéticas de espectro visibles es decir colores, (ver figura 3.2 y 3.3).

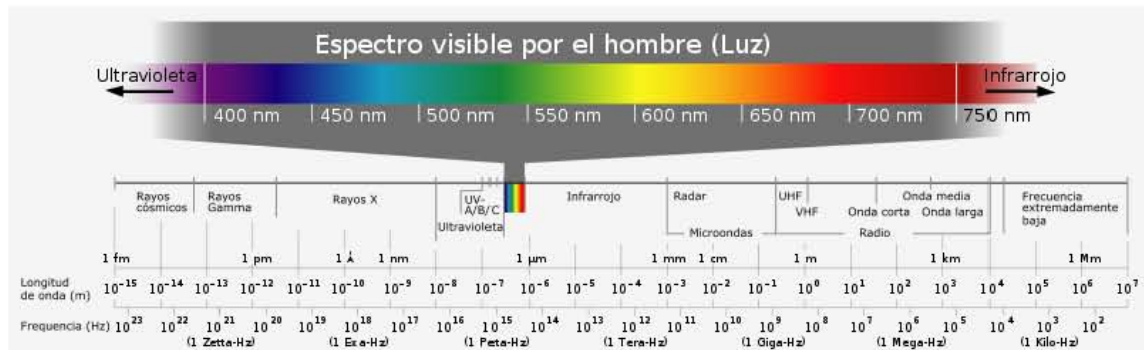


Figura 3.2: Espectro de visibilidad y rangos de luz

Dispositivo robótico: Segunda etapa.

La etapa de control, recibirá información que se obtendrá de la señal que emitan los sensores fotoeléctricos, y que será interpretada posteriormente procesada en base a los parámetros programados en el microcontrolador, quien decidirá las acciones a ejecutar dependiendo de los niveles de luz en los sensores. El microcontroladores a emplear es el ATMEGA328.

Se establecerán los cuatro pines del microcontrolador que se utilizarán como entradas ADC (Análogas), las cuales serán transformadas en señales eléctricas, para ser procesadas por el microcontrolador.

El firmware del microcontrolador está diseñado estrictamente para este proyecto; se programará en la memoria del microcontrolador y controlará el accionamiento de este. El software originalmente, será escrito en lenguaje BASIC y usando el programa IDE BASCOM-AVR.

Dispositivo robótico: Tercera etapa.

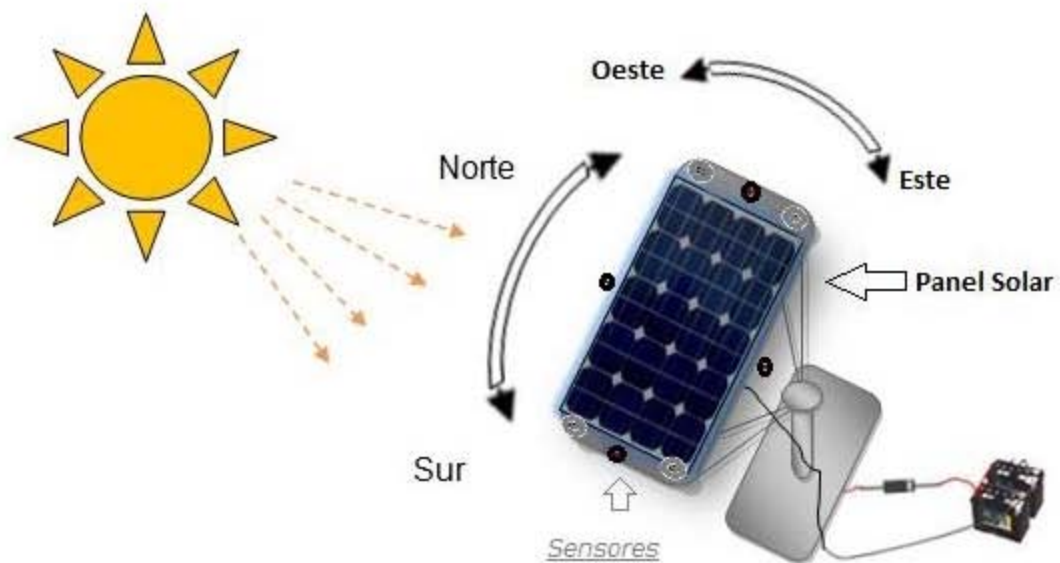
En la etapa de accionamiento del sistema, por medio de los motores se acomoda la posición ideal que debe de tener a lo largo del día el panel fotovoltaico, controlando dos servomotores, que estarán ensamblados en la estructura mecánica que movilizará dicho panel. El microcontrolador también accionará otros elementos como buzzer y leds; los dos leds estarán en conexiones paralela a los servomotores uno a uno (servomotor uno estará conectado al led de color verde y el servomotor dos estará conectado al led de color azul), esto para tener una visión al momento que el microcontrolador indique la movilización, al mismo tiempo se cuenta con el buzzer que emitirá un sonido cuando este dispositivo encienda, y mientras se encuentre en movimiento en tiempos y frecuencias programadas.

Otros elementos que conformarán el sistema son: el interruptor para encender y apagar el dispositivo, la tarjeta de cobre donde irán soldados la mayoría de elementos electrónicos, alambre, capacitores y fuente.

El proyecto dirigido al laboratorio de electrónica de la Universidad Tecnológica de El Salvador, explícitamente como apoyo al sistema de recolección de energía renovable instalado, para la optimización de su función.

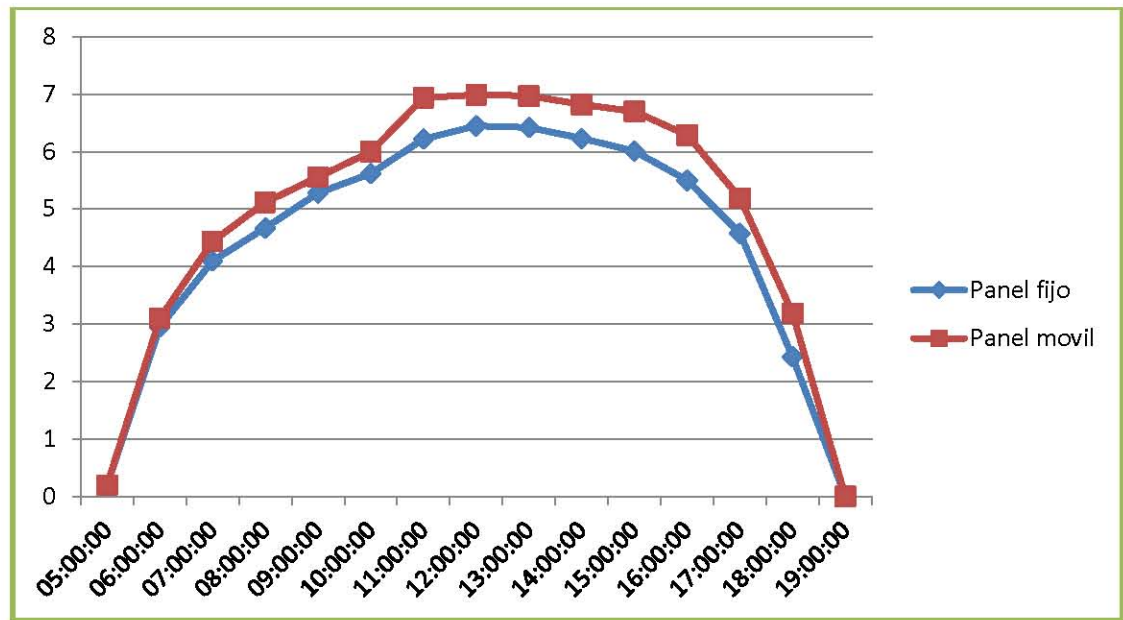
### Diseño del dispositivo

En el diseño de este dispositivo, se toman en consideración las variables principales, las cuales son la luminancia y el peso de la estructura, pero sobre todo el hecho de lograr la mayor recolección de energía durante el día.

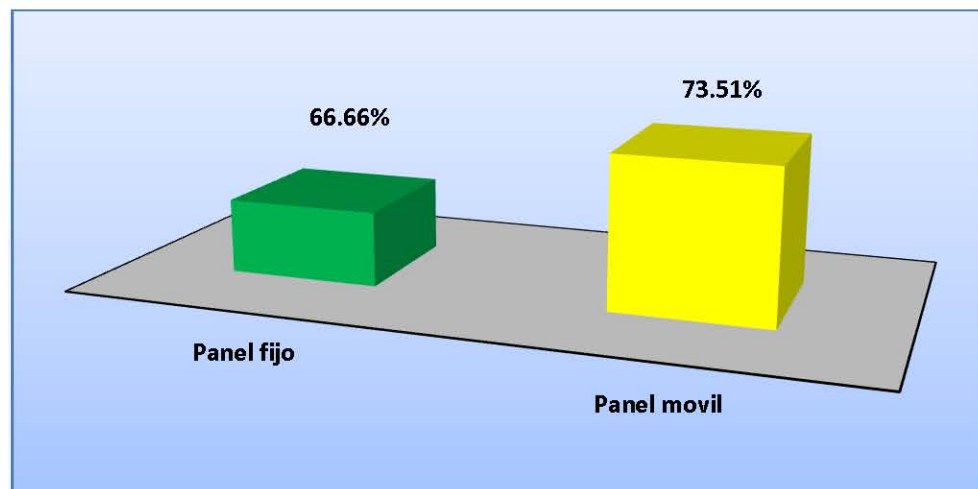


*Figura 3.3: Posicionamiento de los sensores en los extremos de la estructura.*

En las graficas se muestra la medición de voltaje de salida durante el día que brinda el panel solar a escala, en su posición fija y con el dispositivo en desplazamiento:



En la grafica se muestra un logro de aumento del **10.4 %** en la recolección de energía solar



## **ALGORITMO (PROGRAMA)**

En funcionamiento dispositivo robótico se enmarca en bloques:

### **A. Inicialización**

- Configuraciones de pines.
- Declaraciones de variables a implementar.
- Encender el dispositivo.
- Realizar las rutinas de inicio de los leds y buzzer.
- Inicializar el reconocimiento de cada sensor percibiendo en nivel de luminancia por cada sensor.

### **B. Acondicionamiento**

- Cuando tenga censados ya los niveles de luminancia, pasarán a la unidad de control
- Las señales análogas que transmitan los sensores (los rangos percibidos por sensor 1, sensor 2, sensor 3 y sensor 4), serán transformadas a pulsos eléctricos.
- Definiendo los parámetros, ejecuta las instrucciones programadas, en esto se dictaminan las decisiones de activas o no los motores

### **C. Accionamiento**

- Cuando el microcontrolador ya procesó los pulsos eléctricos obtenidos de la información de los sensores, y luego de haber tomado la decisión según el algoritmo que contiene el firmware,

entrado a una subrutina o no haber encontrado los parámetros establecidos, activará o no los servomotores, para movilizar la estructura y posicionar el panel en dirección perpendicular al sol, sino mantener la posición.

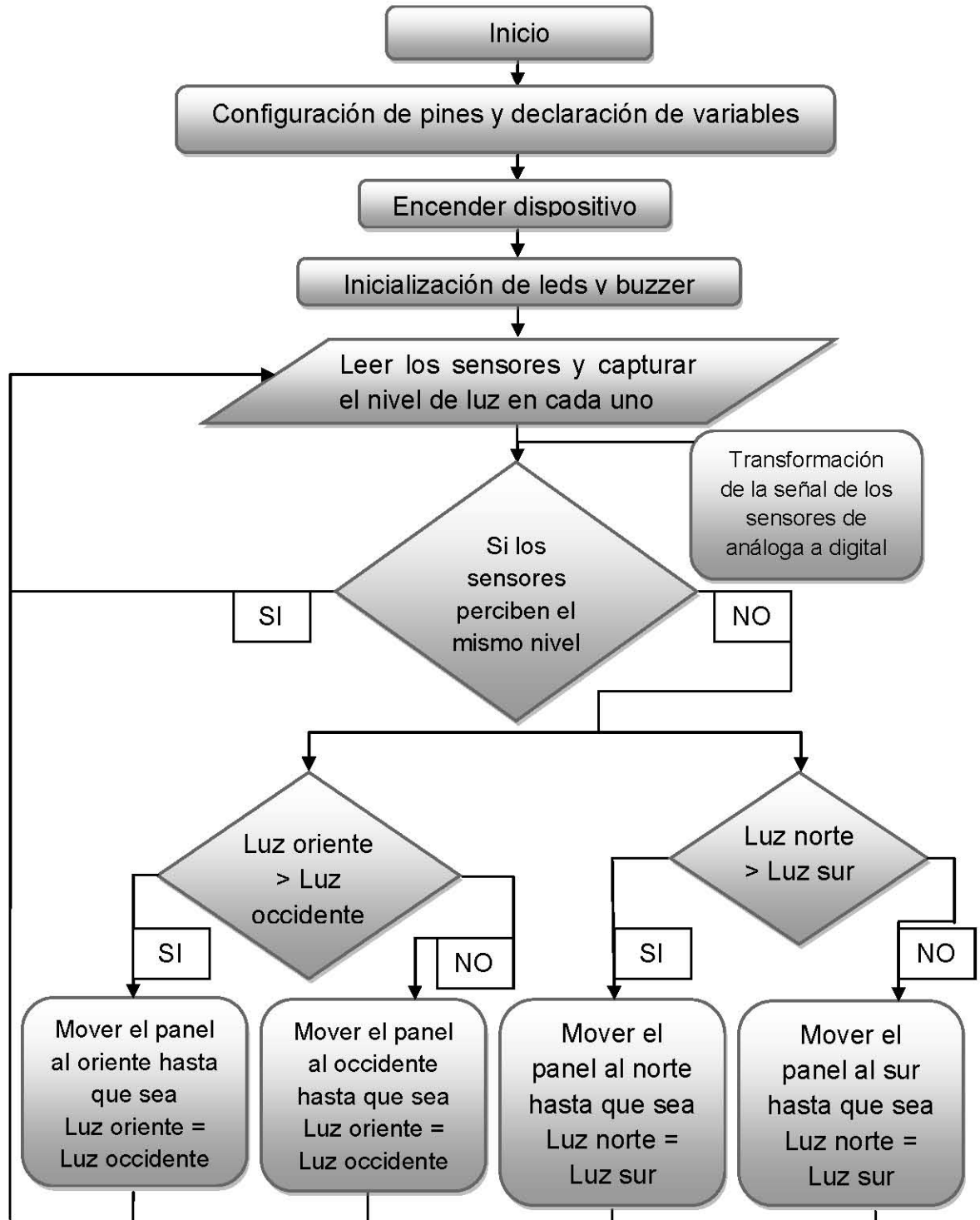
- Al mismo tiempo para tener una percepción ocular y auditiva, se conectan en paralelo los leds y el buzzer, de esta manera se verá y escuchará cuando estén en marcha los motores.

#### D. Finalización

- Cuando ya no se perciba luminosidad, este hará pruebas en el algoritmo ejecutándolo una vez más, si ya no recibió señales de los sensores se enviarán a pulsos en cero, es decir apagados los pines de salida, puesto que se asumirá que es de noche y no encontrara luz solar en un rango de tiempo aproximado de diez horas.
- Colocar la estructura en posición enfocada al Oriente para esperar el nuevo día.

## FLUJOGRAMA

El flujograma con los pasos en los que funcionará el dispositivo.



\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

'Microcontrolador  
'Frecuencia

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

'este  
'oeste

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

'Un motor maneja el eje NS , otro motor el eje EO  
'servo1: NO , servo2: EO  
'se inicia en la 0ª, los mot se mueven entre -90º y +90º, 100 representa el 0º  
'se mueven 3 grados por unidad arriba o abajo de 100  
Servo(1) = 80  
Servo(2) = 80  
Start Adc  
Posicion\_s1 = 80  
Posicion\_s2 = 80

'se inicia en 0º o pocision de reposo, panel hacia el oriente, se debe tener una  
'referencia de nivel de  
'luz, y el objetivo es mover los motores 'buscando' llegar a ese punto de refer  
'ferencia de luz.

\*\*\*\*\*

#### 'PROGRAMA PRINCIPAL

\*\*\*\*\*

Inicio:

'se capturan los 4 niveles de luz

Luz\_nor = Getadc(0)

Luz\_sur = Getadc(1)

Luz\_occ = Getadc(2)

Luz\_ori = Getadc(3)

Wait 3

Gosub Nivel\_de\_luz

If Luz\_nor = 0 And Luz\_sur = 0 And Luz\_ori = 0 And Luz\_occ = 0 And

Posicion\_s1 = 100 And Posicion\_s2 = 100 Then Goto Inicio

If Luz\_nor = 0 And Luz\_sur = 0 And Luz\_ori = 0 And Luz\_occ = 0 And

Posicion\_s1 <> 100 And Posicion\_s2 <> 100 Then Goto Final\_del\_dia

'el rango de luz debe ser igual en c/sensor, esa es la posicion deseada.

If Luz\_nor = Luz\_sur And Luz\_occ = Luz\_ori Then Goto Inicio

If Luz\_nor > Luz\_sur And Posicion\_s1 < 145 Then Gosub Mover\_s1\_norte

If Luz\_nor < Luz\_sur And Posicion\_s1 > 55 Then Gosub Mover\_s1\_sur

If Luz\_ori > Luz\_occ And Posicion\_s2 < 145 Then Gosub Mover\_s2\_oriente

If Luz\_occ > Luz\_ori And Posicion\_s2 > 55 Then Gosub Mover\_s2\_occidente

Goto Inicio

```

End
*****

'FIN DEL PROGRAMA PRINCIPAL
*****

*****

'Subrutinas
*****

'///Subrutina mover S1 un paso al norte
'se suman pasos para mover al norte.
Mover_s1_norte:
    Incr Posicion_s1
    Servo(1) = Posicion_s1
Return
'///

'///Subrutina mover S1 un paso al sur
'se restan pasos para mover al norte.
Mover_s1_sur:
    Decr Posicion_s1
    Servo(1) = Posicion_s1

Return
'///

'///Subrutina mover el S2 al oriente
'se suman pasos para mover al orienye.
Mover_s2_oriente:
    Incr Posicion_s2
    Servo(2) = Posicion_s2

Return
'///

'///Subrutina mover el S2 al occidente
'se restan pasos para mover al occidente.
Mover_s2_occidente:

```

```

    Decr Posicion_s2
    Servo(2) = Posicion_s2
Return
'///

'///Subrutina fin del dia
'se llego al maximo mov de los motores
'verificar el nivel de luz, si es oscuro retornar al inicio la posicion
Final_del_dia:
    Servo(1) = 100
    Servo(2) = 100
Return
'///

'///Subrutina para convertir nivel de luz en discreto
'///divisor en 10 niveles de luminosidad
Nivel_de_luz:
Select Case Luz_nor
    Case ls <= 100 : Luz_nor = 1
    Case ls <= 200 : Luz_nor = 2
    Case ls <= 300 : Luz_nor = 3
    Case ls <= 400 : Luz_nor = 4
    Case ls <= 500 : Luz_nor = 5
    Case ls <= 600 : Luz_nor = 6
    Case ls <= 700 : Luz_nor = 7
    Case ls <= 800 : Luz_nor = 8
    Case ls <= 900 : Luz_nor = 9
    Case Else : Luz_nor = 10
End Select

Select Case Luz_sur
    Case ls <= 100 : Luz_sur = 1
    Case ls <= 200 : Luz_sur = 2
    Case ls <= 300 : Luz_sur = 3
    Case ls <= 400 : Luz_sur = 4
    Case ls <= 500 : Luz_sur = 5

```

```

Return
'///

'///Subrutina mover S1 un paso al sur
'se restan pasos para mover al norte.
Mover_s1_sur:
    Decr Posicion_s1
    Servo(1) = Posicion_s1

Case ls <= 600 : Luz_sur = 6
Case ls <= 700 : Luz_sur = 7
Case ls <= 800 : Luz_sur = 8
Case ls <= 900 : Luz_sur = 9
Case Else : Luz_sur = 10
End Select

Select Case Luz_occ
Case ls <= 100 : Luz_occ = 1
Case ls <= 200 : Luz_occ = 2
Case ls <= 300 : Luz_occ = 3
Case ls <= 400 : Luz_occ = 4
Case ls <= 500 : Luz_occ = 5
Case ls <= 600 : Luz_occ = 6
Case ls <= 700 : Luz_occ = 7
Case ls <= 800 : Luz_occ = 8
Case ls <= 900 : Luz_occ = 9
Case Else : Luz_occ = 10
End Select

Select Case Luz_ori
Case ls <= 100 : Luz_ori = 1
Case ls <= 200 : Luz_ori = 2
Case ls <= 300 : Luz_ori = 3
Case ls <= 400 : Luz_ori = 4
Case ls <= 500 : Luz_ori = 5
Case ls <= 600 : Luz_ori = 6
Case ls <= 700 : Luz_ori = 7
Case ls <= 800 : Luz_ori = 8

```

```
Case Is <= 900 : Luz_ori = 9
Case Else : Luz_ori = 10
End Select

Return
'////

End
```

**DIAGRAMA**

A continuación la representación gráfica del sistema funcional lógico y las conexiones del hardware del circuito:

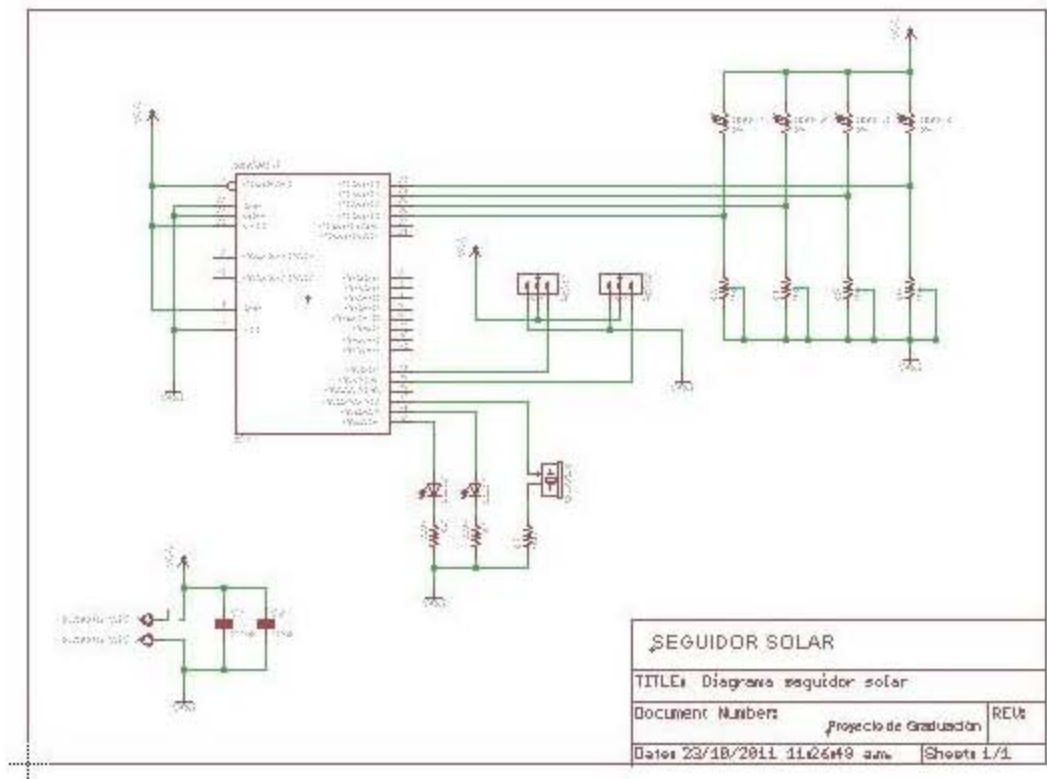


Figura 3.5 Diagrama del circuito

## ETAPA DE PRUEBAS

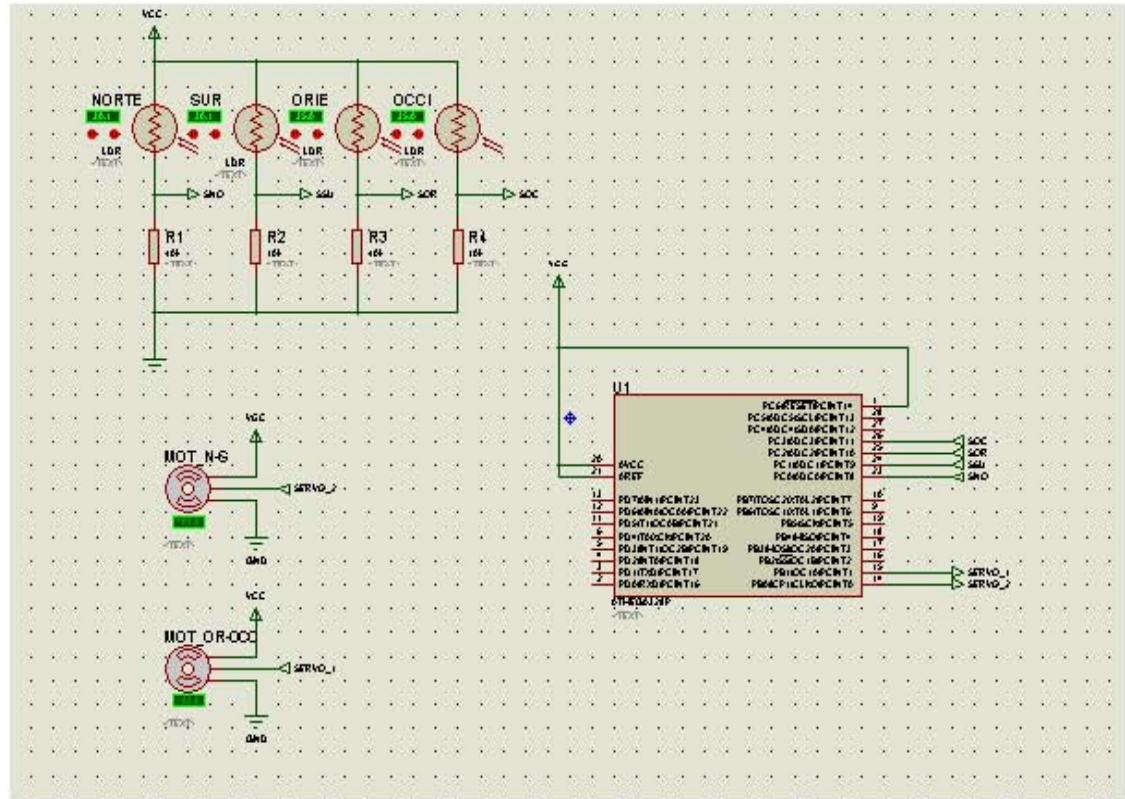


Figura 3.6 Diagrama de pruebas del programa y circuito

## PCB

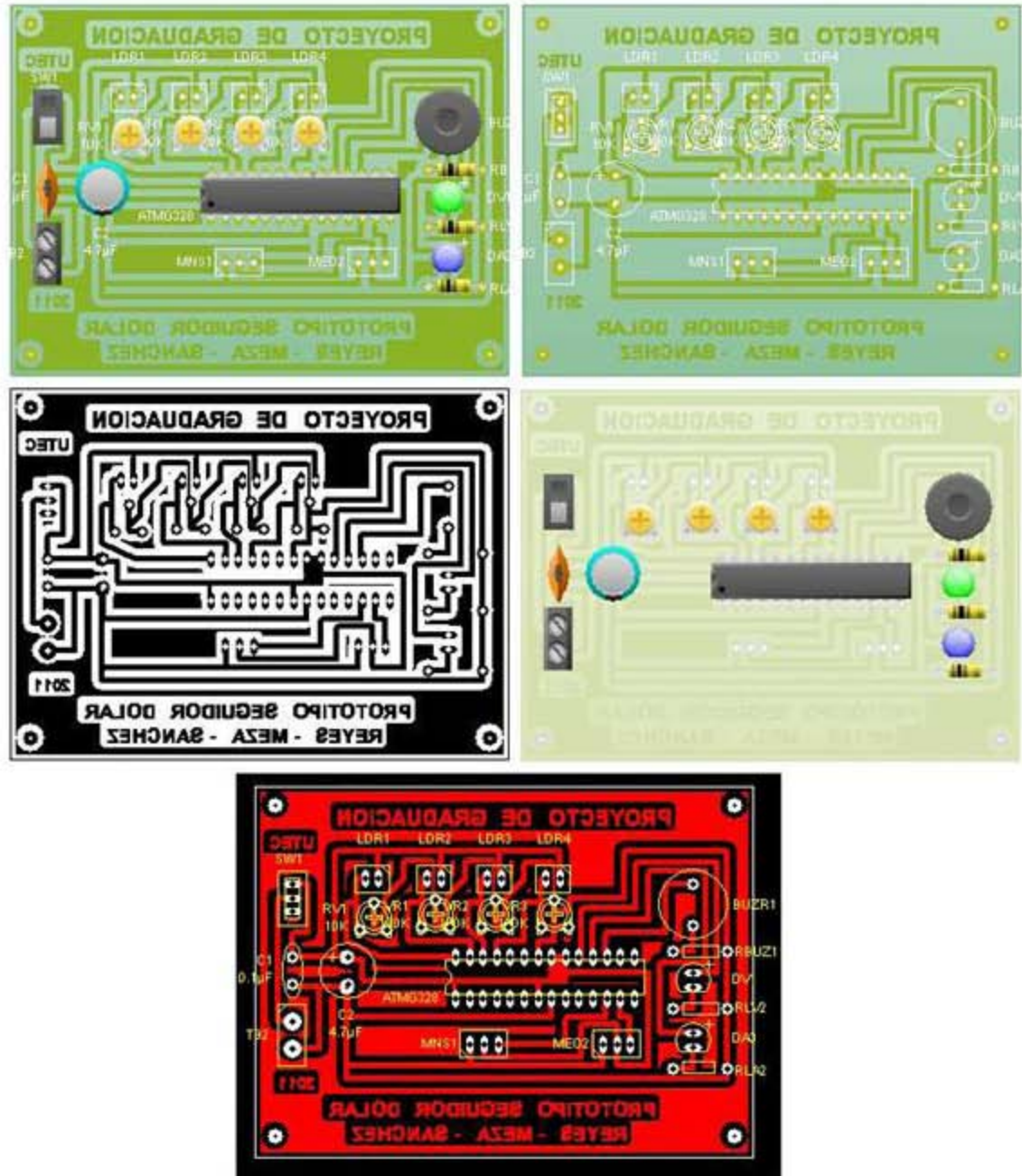


Figura 3.7 Esquema de pistas del impreso

## DESCRIPCIÓN DE ENSAMBLE

Teniendo todos los elementos electrónicos (microcontrolador, sensores, motores, resistencias, capacitores, diodos, reguladores de voltaje) y los elementos lógicos (diagrama, algoritmo, firmware), se tiene que proceder a construir el circuito electrónico, lo primero es identificar los pines positivos/negativos y los periféricos de entradas y salidas, guiándose con el diagrama.

Prueba preliminar.

En una breadboard (tableta de pruebas), se coloca el microcontrolador, calculándose las dimensiones y espacio de la misma, se ubican los demás componentes, y se comienza a unir según el diagrama esquemático. Este diagrama permitirá conocer que componente se conectara con otro, formando así el circuito, no se debe de olvidar la parte donde se conecta el programador; el programador STK200, con el cual se descargará el software en el microcontrolador. En esta etapa se verificará que todo este correctamente conectado, siguiendo el diagrama, luego de esto se procede a hacer las pruebas preliminares sobre el funcionamiento de los elementos.



*Figura 3.8 Pruebas sobre el manejo de los servomotores.*

Ya realizadas las pruebas y teniendo en cuenta que todo ha funcionado perfectamente, se procede a la realización del circuito impreso, el cual debe hacerse por cualquier método que se conozca, cuando se elabora el impreso, cada uno de los elementos deberá soldarse con el debido cuidado de manera que no se dañe el circuito impreso y/o componentes electrónicos. Ya soldados los elementos en el circuito impreso se debe montar el chasis que se utilizará.

### 3.2 CONCLUSIONES

En el proyecto se dio la propuesta del diseño e implementación del prototipo robótico a escala, con el objetivo de lograr un mejoramiento en el sistema de recolección de energía solar, en relación al sistema que posee el Laboratorio de Electrónica de la Universidad UTEC, paso a paso se desarrolló la elaboración del prototipo electrónico, creando una estructura mecánica y electrónica, siendo esta estructura la que sostenga el panel solar, la cual seguirá de luz (blanca), para la recepción óptima de rayos solares durante el día en un panel fotovoltaico; se consiguió movilizar los ejes de Norte a Sur y Este a Oeste en un rango de  $170^\circ$  en cada eje, por medio del firmware y circuitos diseñados para el prototipo, partiendo del conocimiento, conceptos, teorías, y la implementación del uso de microcontroladores y la mecánica, focalizado a utilizarse en situaciones reales; localizando el problema principal, el cual es la necesidad de maximizar la recolección de energía, para cubrir el sistema lumínico interno con el que cuenta el laboratorio de electrónica, por medio de innovación tecnológica.

Al crear el prototipo se desarrolló una herramienta efectiva, para el panel situado sobre el laboratorio de electrónica; verificando con la medición hecha durante el proceso, destaca un aumento de recolección de radiación solar del 10.4% en el panel a escala, al momento utilizar el prototipo, se deduce que la

recolección de energía renovable será mayor en el panel solar de 80watts, puesto que alrededor de once horas se buscará seguir la trayectoria del sol, posicionando el panel perpendicularmente al sol, aumentando la recolección de energía y supliendo la demanda de esta en el laboratorio de electrónica, de forma paralela contribuyendo al mejoramiento del medio ambiente y el cambio climático mundial en nuestro caso regional, puesto que es una fuente de energía natural inagotable llamada “renovable”.

Por otra parte se concluye que el movimiento de Norte a Sur no es estrictamente necesario, puesto que el desplazamiento del sol es más significativo de “Este a Oeste”, en razón que el país ya tiene una latitud definida y es poca la variante que tiene al cambio de estación; por lo que solamente con la mecánica y solo un grado de libertad, se lograría el objetivo.

Con lo anterior se cumplió con el diseño, construcción e implementación a escala, que se tenía como promesas y productos descritos en el proyecto, dando a conocer su funcionamiento, el cual está destinado al laboratorio de electrónica de Universidad Tecnológica de El Salvador; para un mejor desempeño del sistema luminoso del laboratorio de electrónica, que todo el alumnado goce de los beneficios de este proyecto.

A continuación se hace tentativamente un presupuesto del costo estimado del dispositivo actual implementándole el sistema de desplazamiento.

Con los elementos que ya cuenta el sistema de recolección de energía, la inversión de \$1,000.00 más el circuito electrónico basado en el presente prototipo, al cual se rediseñará a las dimensiones del panel instalado en el laboratorio, con relación a la mecánica, los motores, la fuente y la alimentación.

**Con un presupuesto total estimado de \$ 1,560.00**

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Inversión estimada para la implementación del prototipo.</i> |           |
| Circuito electrónico                                            | \$ 140.00 |
| Motores                                                         | \$ 260.00 |
| Estructura mecánica                                             | \$ 160.00 |

Por lo que se concluye que el ahorro en la factura del consumo de energía eléctrica en relación al tiempo de utilidad que tiene el panel solar calculado anteriormente es de \$ 5,706.00 (25 años), restándole el 20% de desgaste a lo largo de su uso y el costo del equipo, se obtiene un monto de ahorro en la factura del consumo de energía eléctrica de \$ 3004.80.

*En el rubro comercial se habla de más de un 35% de incremento en la recolección de energía solar, fuente <http://www.mecasolar.com>*

### 3.3 RECOMENDACIONES

- La recomendación principal desde un punto de vista técnico es que se tome en cuenta este prototipo y que posterior a su presentación, la Universidad (UTEC) con sus autoridades y especialistas en la rama, analicen si es favorable la inversión, de resultar resulta conveniente y justificable los gastos para implementarlo, que se lleve a cabo la aplicación del prototipo en el sistema foto-voltaico ya instalado, en el laboratorio de electrónica de la Universidad Tecnológica de El Salvador.
- Logrando el objetivo de maximizar la recolección de energía renovable en un porcentaje justificable a la inversión por realizar, se recomienda aunar más baterías para que sea aprovechado al máximo el funcionamiento del sistema de recolección de energía solar y esta logre suplir un porcentaje significativo de la iluminación interna del laboratorio, a la vez que brinda energía para la iluminación externa como funciona hasta la fecha.
- También se recomienda que la universidad busque elementos electrónicos que demanden de corriente directa (CD), para que se omita en un futuro la aplicación del inversor de corriente, ya que es uno de los

elementos que genera costos muy significativos dentro de este sistema de recolección de energía renovable.

- Se recomienda que los elementos electrónicos, es decir la tarjeta donde se encuentra el circuito, sea colocada en un lugar adecuado, para garantizar su buen funcionamiento y durabilidad.
- Así mismo en el caso que implemente el presente prototipo, realizar los ajustes para que de la misma carga obtenida a través del panel, se alimente el circuito que maneja la mecánica que lo sostiene.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguirre Aguilar, S. P. (Introduccion a la Robotica). 2010.

Cairo, O. (Metodologia de la Programacion). 2011.

Cairo, O. (Metodologia de la Programacion Algoritmos, diagramas, de flujo y programas.). 2011.

Carlos, V. J. *Microcontroladores Motorola - Freescale Programación, Familias y sus distintas aplicaciones en la industria* (Alfaomega ed.).

Enrique Palacios, F. R. (Microcontrolador Pic16f84 Desarrollo de Proyectos). 2008 (Alfaomega, Ra-Ma ed.).

Enrique Palacios, F. R. (Microcontrolador Pic16f84 Desarrollo de Proyectos ). 2008.

Galeano, G. (Programacion de Sistemas Embebidos en C). 2009. Alfaomega.

Galeano, G. (Programacion de Sistemas Embebidos en C). 2009.

Galeano, G. (2009). *Programacion de Sistemas Embebidos en C*. Alfaomega.

Galeano, G. (2009). *Programacion De Sistemas Embebidos en C* (Alfaomega ed.).

Ing. Mauricio Rivera, I. E.-B. (2011).

José Miguel Morán Loza, A. G. *Libro Introducción al lenguaje C para sistemas embebidos con aplicaciones para el AT89S52*.

Moss, R. J. (2008). *Sistemas Digitales Principios y Aplicaciones*.

Robotica. (John J. Craig). 2006.

## ANEXOS

San Salvador, 22 de Agosto de 2011.

**Ingeniero Jorge Aparicio**  
Director de la Escuela de Informática  
Presente.-

Respetuosamente le saludamos, los alumnos de la carrera Técnica en Ingeniería de Hardware de la Universidad Tecnológica de El Salvador, deseándole éxitos en sus labores académicas.

De la manera más atenta nos dirigimos a usted para expresarles nuestros deseos de poder desarrollar nuestro trabajo de graduación con el tema "Diseño y Construcción de un prototipo robótico seguidor solar para un panel foto-voltaico, como apoyo a la optimización de la producción de Energía Eléctrica a partir de una mejor colección de los rayos solares, para beneficio del sistema foto-voltaico instalado en el Laboratorio de electrónica de la UTEC", orientado al desarrollo de prototipos Robóticos, diseños de programas para microcontroladores, diseños de hardware, y su aplicación.

Esperando que esta propuesta sea de su agrado, y que ello nos permita realizarla, nos suscribimos de usted.

Atentamente

  
Lucía Esther Reyes Flores

  
José Rafael Meza Girón

  
Javier Esau Gonzales Sánchez

Aprobado por:

  
  
**Ingeniero Jorge Aparicio**  
Escuela de Informática

## MATRIZ DE CONGRUENCIA

| MATRIZ DE CONGRUENCIA                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TEMA: Diseño y construcción de un prototipo robótico seguidor solar para un panel foto-voltaico, como apoyo a la optimización de la producción de energía eléctrica a partir de una mejor recolección de los rayos solares, para beneficio del sistema foto-voltaico instalado en el Laboratorio de electrónica de la UTEC. |                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                        |
| ENUNCIADO DEL PROBLEMA: ¿Cómo logrará el laboratorio de electrónica de la Universidad Tecnológica de El Salvador, obtener una solución EFECTIVA de hardware para optimizar la producción de su sistema foto-voltaico actual?                                                                                                |                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                        |
| OBJETIVO GENERAL: Desarrollar un dispositivo robótico a escala que permita el desplazamiento del panel foto-voltaico para mejorar captura de energía renovable de una manera constante durante el día.                                                                                                                      |                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                        |
| OBJETIVO ESPECIFICO<br>1: Brindar un diseño de hardware moderno y eficiente a escala para la aplicación al panel foto-voltaico.                                                                                                                                                                                             | OBJETIVO ESPECIFICO<br>2: Diseñar un código en lenguaje propietario para Microcontroladores AVR-ATMEGAX328 que controle el funcionamiento del prototipo robótico. | OBJETIVO ESPECIFICO<br>3: Construir un prototipo robótico utilizando la electrónica, programación, mecánica y ensamblaje, usando tecnología actual y de precio módico. |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ALCANCE 1: Brindar solución tecnológica en apoyo a la maximización de captación de energía, en el laboratorio de electrónica de la Universidad Tecnológica de El Salvador.</p>                                                                                                                                                                             | <p>ALCANCE 2: Diseñar el programa (código), para el Microcontrolador ATMEGA328 a utilizarse en el Dispositivo Robótico, para que ejecute las tareas asignadas.</p>      | <p>ALCANCE 3: Diseñar un sistema electrónico automatizado, implementado la mecánica que permita el sostenimiento y movilidad de un panel foto-voltaico.</p>                                                               |
| <p>PRODUCTO 1: El diseño de un dispositivo robótico automatizado a escala, aplicado al panel foto-voltaico para su posicionamiento contante en dirección al sol.</p>                                                                                                                                                                                          | <p>PRODUCTO 2: El programa a compilar en el Microcontrolador, escrito en lenguaje de programación BASIC, siendo este el que gobernará los procesos del dispositivo.</p> | <p>PRODUCTO 3: Circuito electrónico basado en la tecnología de micro-controladores AVR, sensores y motores, ayudará a desplazarse a panel foto-voltaico, con el fin de obtener una óptima recepción de energía solar.</p> |
| <p><b>DOCUMENTACIÓN TÉCNICA:</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                           |
| <p><b>ATMEGA328</b></p> <p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto rendimiento, bajo consumo de energía Atmel ® AVR ® del microcontrolador</li> </ul> <p>Advanced RISC arquitectura, ejecución de la mayoría de un solo ciclo de reloj, 32 x 8 registros generales de trabajo objeto, Funcionamiento totalmente estática, Hasta</p> |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                           |

20 MIPS de rendimiento a 20MHz, El chip de 2 tiempos multiplicador, Alta resistencia no-volátiles segmentos de memoria, 08/04/16 Kbytes de en-sistema de auto-programación flash de la memoria del programa, 256/512/512 bytes EEPROM, 512/1K/1Kbytes interna SRAM, Escritura / borrado Cycles: 10.000 flash/100, 000 EEPROM, 23 puertos de entrada/salida.

#### **IDE BASCOM AVR**

Siendo este programa diseñado para la gama de los Microcontroladores AVR cuenta con un sistema de programación por el programa de arranque en el chip, verdadera lectura y escritura, mientras que la operación, programación de bloqueo de seguridad como software, QTOUCH ® Biblioteca de ayuda, QTOUCH y adquisición QMatrix, hasta 64 canales de sentido, configuración de características de periféricos, manejo de seis canales de PWM, 8 canales de ADC de 10 bits en TQFP y QFN paquete / FM, 6 canales de ADC de 10 bits en el paquete PDIP, USART serie programable, entre otras.

#### **LDR**

Los resistores LDR (Light Dependent Resistors), se fabrican a base de sulfuro de cadmio, este material, contiene pocos o ningún electrón libre, si se mantiene en completa oscuridad. En estas condiciones, su resistencia es elevada. Si absorbe luz, se libera cierto número de electrones, y esto hace aumentar la conductividad del material, justificando la denominación de "fotoconductor" que recibe.

**MG959**

Servo Digital, con el cuerno de aleación, negro, plata, azul; sistema de control:

Control de Ancho de Pulso + 1520usec Neutral, pulso requerido: 3-5 voltios pico a

pico de la onda cuadrada, tensión de funcionamiento: 4.8Volts-6.0Volts,

temperatura de funcionamiento: -20 a +60 ° C Grado, velocidad de funcionamiento

(4.8V): 0.19sec/60 grados sin carga.

**PROYECTO TEMÁTICO:**

Crear un diseño a escala, de carácter académico en la rama de la Robótica contenida en la Informática, mostrar su funcionamiento, para posteriormente sea considerado el construirlo, aplicándolo a la necesidad real en la que está el laboratorio de electrónica de la Universidad Tecnológica de El Salvador.

**DETALLE DEL PRESUPUESTO PROYECTADO:****Elementos Principales**

|                  |            |         |             |
|------------------|------------|---------|-------------|
| Microcontrolador | IDE BASCOM | LDR     | SERVO-MOTOR |
| ATMEGA328        | AVR        |         |             |
| \$ 12.00         | \$ 50.00   | \$ 0.40 | \$ 12.00    |

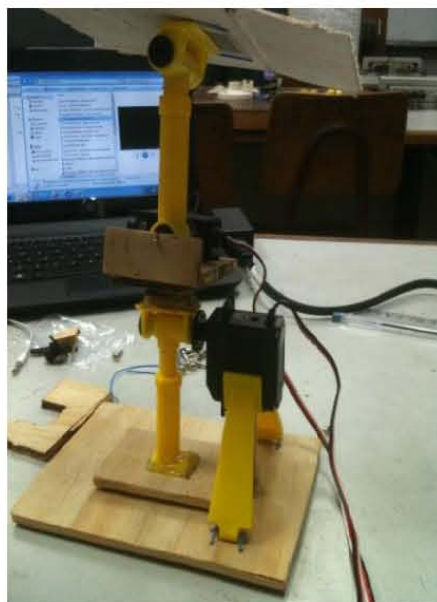
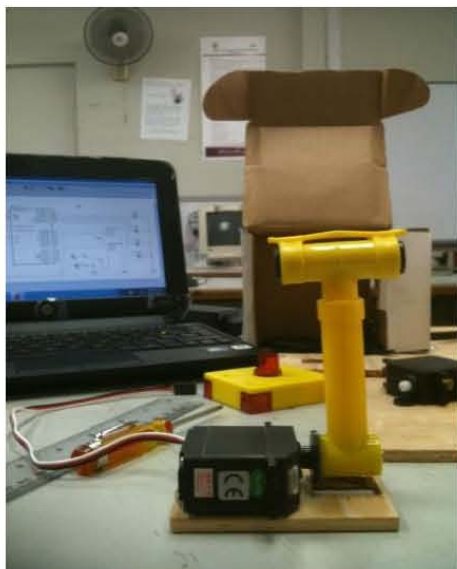
**OFERTA ECONÓMICA:****Elementos Principales**

|                  |             |         |             |
|------------------|-------------|---------|-------------|
| Microcontrolador | IDE BASCOM  | LDR     | SERVO-MOTOR |
| ATMEGA328        | AVR         |         |             |
| \$ 10.00         | DEMO Gratis | \$ 0.40 | \$ 12.00    |

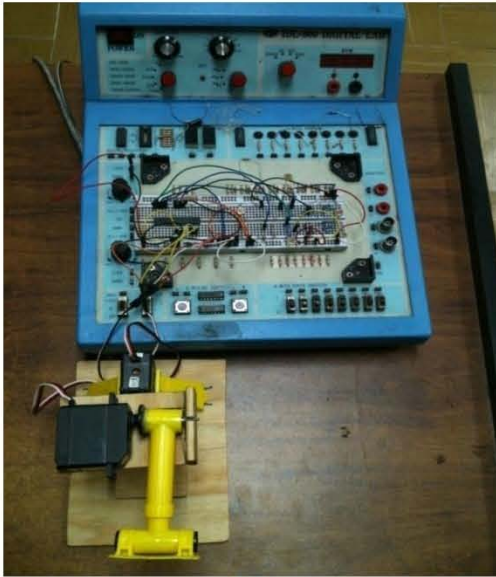
**Imágenes del panel solar, sistema de recolección de energía e instalación luminaria, con el que cuenta en el Laboratorio de Electrónica de la UTEC.**



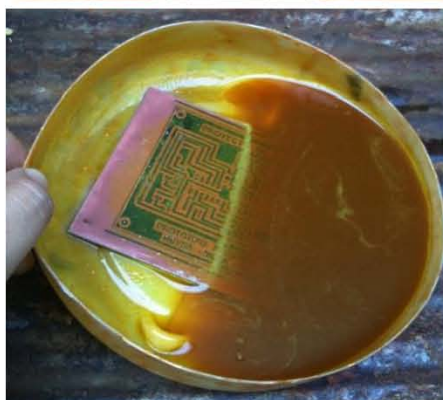
## Imágenes del ensamble de la mecánica del prototipo

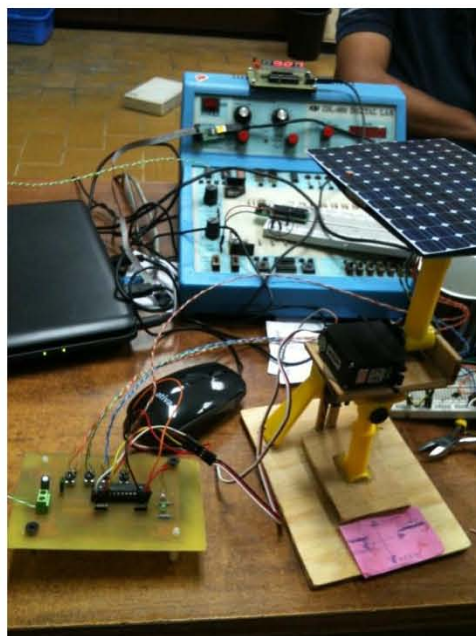
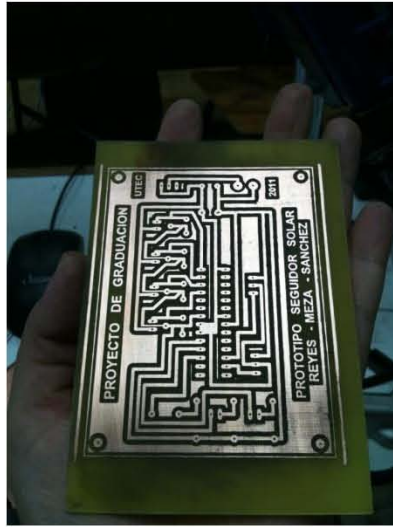


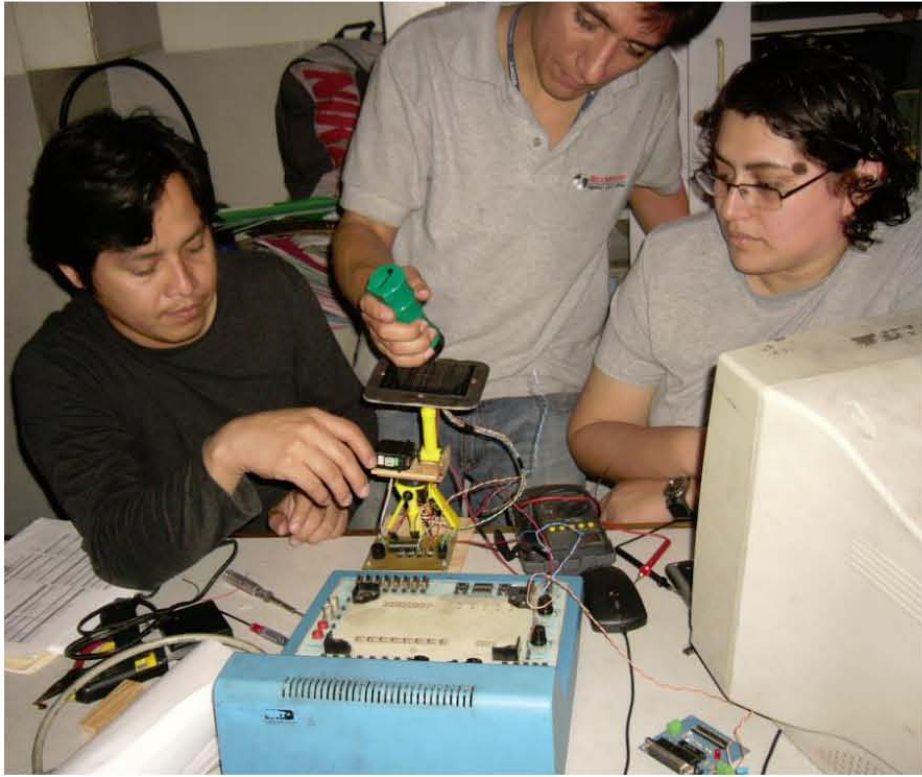
## Imágenes de pruebas del prototipo



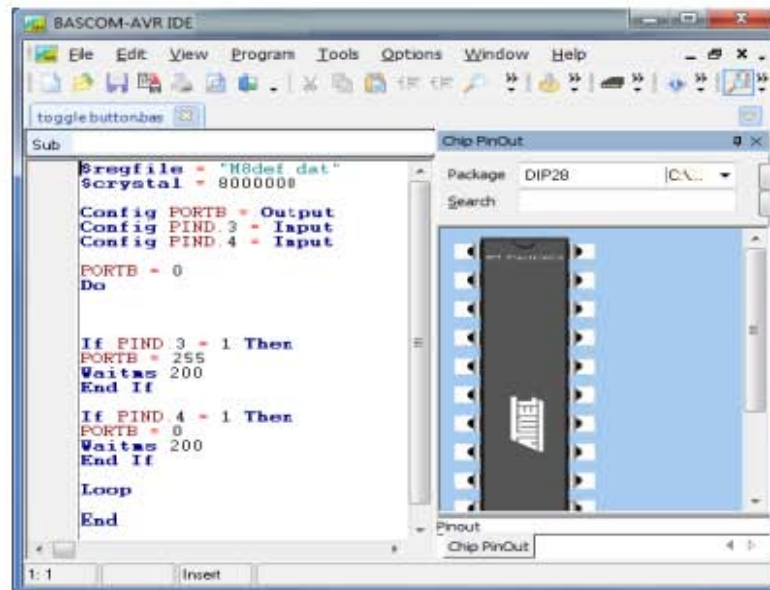
## Imágenes de la construcción del circuito



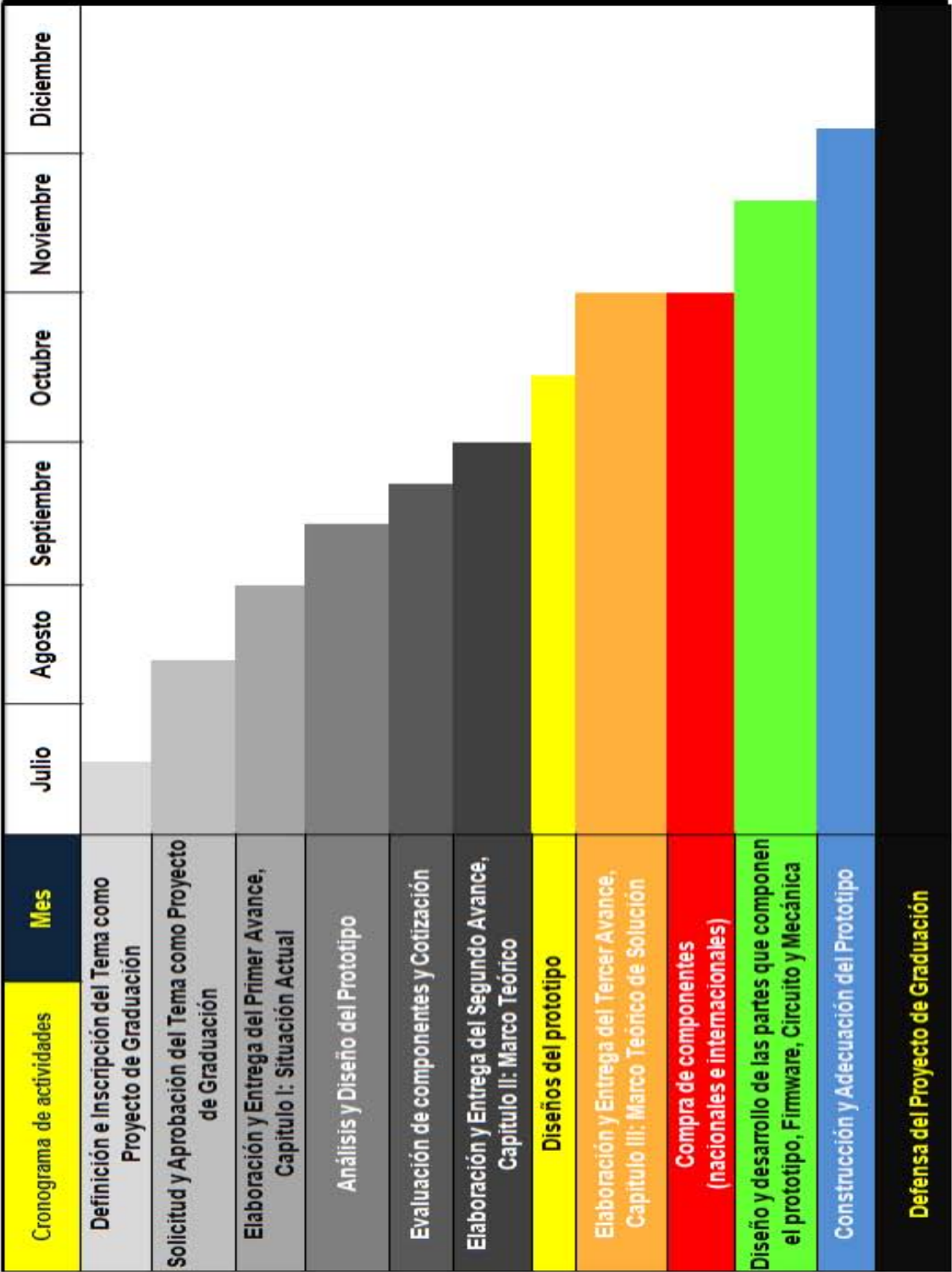




## Imagen del Programa BASCOM-AVR



Cronograma de actividades



**A continuación se detalla el presupuesto para elaboración del proyecto de graduación:**

| DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | COSTO TOTAL     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>PAPELERÍA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | \$100.00        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Avances de cada capítulo</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                 |
| <b>VIÁTICOS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | \$45.00         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Reuniones a charlas asesorías y entregas de avances.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |
| <b>MATERIALES PARA ELABORACIÓN DE PROTOTIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | \$180.00        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Tarjeta cobreada</li> <li>Microcontrolador ATMEGA328</li> <li>Motores</li> <li>Resistencias LDR (foto sensores)</li> <li>Resistencias Trimer Tripot 10 k<math>\Omega</math> (ajustable)</li> <li>Terminales de fuente</li> <li>Interruptor</li> <li>Terminales dobles</li> <li>Buzzer</li> <li>Diodos led</li> <li>Alambre</li> <li>Estaño</li> <li>Percloruro de hierro</li> <li>Impresiones de pista (para planchado)</li> <li>Madera, Silicón</li> <li>Estructura Mecánica</li> <li>Breadboard (montaje de componentes)</li> <li>Envíos de material y Viáticos</li> </ul> |                 |
| <b>PAPELERÍA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | \$90.00         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Impreso de documento final y copias</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                 |
| <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>\$415.00</b> |