



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA:**

**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MARCAJE  
DIGITAL DE CAMPO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR Y TECNOLOGÍA  
XBEE”**

**AUTOR:**

**EDWING ARNALDO CASTRO MERA**

**DIRECTOR:**

**ING. JORGE FARIÑO CEDEÑO**

**ABRIL 2015**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Edwing Arnaldo Castro Mera portador de la cédula de ciudadanía N° 0923980536, declaro que la responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponde exclusivamente y es propiedad intelectual de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Febrero del 2015

---

**Edwing Arnaldo Castro Mera**

**C.I. 0923980536**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo de titulación a mis señores padres Mercedes Mera y Edwing Castro quienes han sido una guía y a su vez un gran apoyo incondicionalmente desde muy pequeño y más aún en todo este tiempo como estudiante, a mi hermana María José Castro M. que también fue una parte fundamental en todos estos años como estudiante.

**Edwing A. Castro Mera**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco ante todo a Dios por tenerme con vida para poder terminar mi una de las metas que me eh propuesto, a mi familia por siempre estar apoyándome de una manera incondicional en todos los ámbitos que me he propuesto a realizar con sus fuerzas y buenas energías, también a el Ingeniero Jorge Fariño Cedeño quien con sus conocimientos me ayudaron en mi carrera como profesional; y a todos mis amigos más cercanos, quien me acompañaron durante todo el proceso de la tesis.

**Edwing A. Castro Mera**

## ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	XI
Abstract.....	XII
Introducción .....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.1. Enunciado Del Problema .....	2
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo General .....	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. Justificación .....	3
1.4. Delimitación Del Problema .....	3
1.5. Variables E Indicadores .....	4
1.5.1. Variable Dependiente.....	4
1.5.2. Variable Extraña.....	4
1.5.3. Variable Discreta.....	4
1.5.4. Variable Contínua .....	5
1.6. Metodología.....	5
1.6.1. Tipos De Investigación .....	5
1.6.1.1. Descriptiva .....	5
1.6.1.2. De Campo .....	5
1.6.1.3. Bibliográfica.....	5
1.7. Población y Muestra .....	5
1.7.1. Beneficiarios.....	5
1.7.2. Impacto.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	7
2.1. Tecnología Led .....	7
2.2. Comunicación Inalámbrica .....	7
2.2.1 Equipo De Comunicación Inalambrica Xbee.....	8
2.2.2 Circuito Básico Para El Xbee.....	8
2.2.3 Modos De Operación .....	9
2.2.3.1 Modo Recibir / Transmitir .....	9
2.2.3.2 Modo De Bajo Consumo (Sleep Mode).....	10
2.2.3.3 Modo Comando.....	10

2.2.3.4 Modo Transparente .....	10
2.2.3.5 Modo De Operación Api.....	10
2.2.4 Configuración Del Módulo Xbee.....	11
2.2.4.1 Direccionamiento De Los Módulos .....	11
2.2.4.2 Modo De Conexión Transparente .....	11
2.2.4.3 Punto A Punto .....	11
2.2.5 Software De Comunicación X-Ctu .....	12
2.3 Modelo Atmega 8a.....	12
2.4 Programa Proteus .....	12
2.5 Energía Solar Fotovoltaica.....	13
2.5.3 Tipos De Radiación Solar .....	14
2.6 Descripción De Sistemas Fotovoltaicos.....	16
2.6.3 Módulo Solar Fotovoltaico .....	17
2.6.3.1 Tipos De Células Fotovoltaicas .....	18
2.6.4 Regulador De La Carga.....	19
2.6.5 Baterías Eléctricas.....	19
2.6.5.1 Acumuladores O Baterías Eléctricas.....	19
2.6.5.2 Capacidad De Descarga .....	20
<b>CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO.....</b>	<b>21</b>
3.1. Diseño y Elaboración De Placas Con Diodos Led .....	21
3.2. Diseño y Elaboración De La Conexión Inalámbrica .....	27
3.2.1. Configuración De Los Módulos Xbee .....	27
3.2.2. Configuración Del Microcontrolador y Circuito .....	28
3.3. Diseño y Elaboración Del Sistema Fotovoltaico .....	36
3.4. Diseño y Elaboración Del Tablero Metálico .....	43
3.4.1. Diseño Del Tablero Metálico.....	43
3.4.2. Construcción De Tablero Metálico .....	46
3.5. Diagramas De Convertidor De Voltaje.....	46
3.6. Esquema Del Sistema En General .....	47
3.7. Sistema Real Ubicado En Sitio.....	47
Conclusiones .....	49
Recomendaciones.....	50
Cronograma.....	51

Presupuesto .....	52
Bibliografía .....	53
Anexos .....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Conexiones mínimas requeridas para el XBEE.....	9
Figura 2. Diagrama esquemático de los modos en los que operan los módulos XBE.	9
Figura 3. Ejemplo de direccionamiento punto a punto entre los módulos XBEE .....	12
Figura 4. Programa XCTU.....	12
Figura 5. Programa Proteus 8.....	13
Figura 6. Panel fotovoltaico .....	15
Figura 7. Componentes de instalación solar fotovoltaica .....	17
Figura 8. Panel Fotovoltaico marca Exmork .....	17
Figura 9. Vista de células que contiene el panel fotovoltaico.....	18
Figura 10. Regulador marca PWM: empleado para el sistema fotovoltaico.....	19
Figura 11. Batería tipo seca.....	19
Figura 12. Medidas de las placas para diodos LEDs .....	21
Figura 13. Vista isométrica de dibujo de placa LEDs.....	21
Figura 14. Vista de placa en programa con circuito impreso.....	22
Figura 15. Placa para número digital sin elementos .....	22
Figura 16. Placa para número con LEDs: parte posterior elementos sin soldar .....	22
Figura 17. Placa para número con LEDs: parte posterior elementos soldados.....	23
Figura 18. Placa para número con LEDs: Inicio de colocación de leds.....	23
Figura 19. Placa para número con LEDs soldados y puertos de comunicación .....	24
Figura 20. Placas con LEDs soldados y puertos de comunicación soldados .....	24
Figura 21. Verificación funcionamiento de varios segmentos.....	25
Figura 22. Verificación del funcionamiento de todos los segmentos .....	25
Figura 23. Verificación de los Lux del Display .....	25
Figura 24. Configuración del XBEE emisor .....	27
Figura 25. Comunicación entre módulos XBEE.....	28
Figura 26. Asignación de segmentos en placa LEDs.....	29
Figura 27. Conexión de segmentos en placa de LEDs.....	29
Figura 28. Vista de Circuito, capture de programa Proteus .....	30
Figura29. Conexiones de control del sistema .....	30
Figura30. Conexiones de fuerza del sistema.....	30
Figura 31. Conexión del microcontrolador .....	31
Figura 32. Diagrama de bloque de la programación .....	31

Figura 33. Modelo de tarjeta en programa proteus 8 .....	32
Figura 34. Vista de tarjeta electrónica terminada con los elementos soldados .....	32
Figura 35. Vista posterior de tarjeta electrónica con acabados de soldadura.....	33
Figura 36. Conexión desde el mando de control a las placas con diodos LEDs.....	33
Figura 37. Encendido de placas con diodos LEDs.....	33
Figura 38. Pruebas de funcionamiento.....	34
Figura 39. Vista de circuito, captura del programa proteus .....	34
Figura 40. Modelo de tarjeta en programa proteus 8 .....	35
Figura 41. Vista de bosquejo de caja de plástico diseñada en 3D.....	35
Figura 42. Vista de despiece de la caja de plástico diseñada en 3D .....	36
Figura 43. Caja de control manual final.....	36
Figura 44. Trayectoria solar en Guayaquil, captura de programa PVsyst V3.34.....	37
Figura 45. Parámetros del lugar geográfico, captura de programa PVsyst V3.34.....	38
Figura 46. Parámetros del lugar geográfico en mapa, programa PVsyst V3.34 .....	38
Figura 47. Parámetros del lugar geográfico en coordenadas, PVsyst V3.34 .....	39
Figura 48. Captura del programa PVsyst V3.34 .....	39
Figura 49. Esquema de conexión del sistema fotovoltaico .....	41
Figura 50. Pruebas iniciales de sistema solar, panel solar .....	42
Figura 51. Pruebas iniciales de sistema solar, regulador .....	42
Figura 52. Pruebas iniciales de sistema solar, baterías .....	42
Figura 53 Pruebas iniciales de sistema solar, completo.....	43
Figura 54. Vista del conjunto de placas con diodos LEDs .....	43
Figura 55. Vista frontal, lateral y posterior .....	44
Figura 56. Diseño de Caja vista isométrica.....	44
Figura 57. Vista de partes del tablero.....	45
Figura 58. Vista final del marcador .....	45
Figura 59. Circuito de fuente de voltaje 12V a 5V 1 amperios .....	46
Figura 60. Circuito de fuente de voltaje 12V a 5V 3 amperios .....	46
Figura 61. Vista de simulación del proyecto.....	47
Figura 62. Puesta de panel solar.....	47
Figura 63. Conexión de panel solar.....	48
Figura 64. Pruebas de funcionamiento del marcador.....	48

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Energía total producida por un panel .....	40
Ecuación 2. Números de módulos necesarios .....	40
Ecuación 3. Dimensionamiento del sistema de acumulación .....	40
Ecuación 4. Capacidad necesaria .....	40
Ecuación 5. Corriente de regulador.....	41

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas e inconvenientes de la energía solar.....	14
Tabla 2 Asignación de pines en placa leds.....	28
Tabla 3 Representación de números en placa de leds .....	29
Tabla 4. Potencia de la Placa.....	36
Tabla 5. Dimensionamiento de Corriente Continua.....	37
Tabla 6. Cálculo del Margen de Seguridad.....	37
Tabla 7. Cronograma del Proyecto.....	51
Tabla 8. Listado de Materiales y Presupuesto Estimado.....	52

## RESUMEN

AÑO	ALUMNO	DIRECTOR DE TESIS	TEMA DE TESIS
2015	EDWING ARNALDO CASTRO MERA	ING. JORGE FARIÑO CEDEÑO	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MARCAJE DIGITAL DE CAMPO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR Y TECNOLOGÍA XBEE

**Palabras Claves:** Xbee, Comunicación Inalámbrica, Energía Renovable, Panel Solar, Circuitos Electrónicos, Transistores.

La presente tesis “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MARCAJE DIGITAL DE CAMPO UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR Y TECNOLOGÍA XBEE”, se basa en la construcción de un sistema electrónico para un panel fotovoltaico que suministra energía eléctrica al marcador que permitirá la visualización de resultados que se estén suscitando en algún encuentro futbolístico. Este sistema utiliza baterías tipo gel y regulador de voltaje y brinda un respaldo de diez horas diarias por dos días de duración.

El control del marcador digital de campo se lo realiza por medio de comunicación inalámbrica utilizando tecnología y equipos xbee. La manipulación por medio de un control manual permite agregar o disminuir la puntuación de cero a noventa y nueve en el marcaje incluyendo la visualización de la palabra “GOOL” cuando se incrementa el marcador a favor de cualquiera de los equipos.

Se estimó un tiempo de noventa minutos para el cronómetro; además cuenta con la opción de resetear el sistema. Se tiene la opción de un control manual adicional, como medida de respaldo si en algún momento falla la señal inalámbrica.

## ABSTRACT

YEAR	STUDENT	THESIS DIRECTOR	TOPIC
2015	EDWING ARNALDO CASTRO MERA	ING. JORGE FARIÑO CEDEÑO	DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A FIELD DIGITAL MARKING SYSTEM USING SOLAR ENERGY AND XBEE TECHNOLOGY

**Key words:** Xbee, Wireless Communication, Solar Panel, Electronic Circuits, Renewable Energy.

A digital scoreboard implemented in the Sport's Recreation Area, located in the F building of the "Universidad Politécnica Salesiana" at Guayaquil Campus, will allow students to have a better view of the soccer's game score taken place. A photovoltaic panel provides electric energy to the scoreboard; the renewable energy system is complemented with gel type batteries and a voltage regulator that will give a backup of two days with ten hours daily.

The control of the field digital scoreboard is performed through wireless communication using xbee technology and equipment. With the help of those equipments, manipulation is allowed by means of a manual control to increase or decrease the score, from zero to ninety nine, including viewing the word "GOOL" when the score is increased for either team.

It was considered a time of ninety minutes for the timer. In addition it has the option to reset the system. Also has the option of an additional manual control, as a backup if at any time the wireless signal fails.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis consiste en el diseño e implementación de un marcador digital de campo con comunicación inalámbrica xbee, alimentado con energía renovable adquirida por medio de un panel solar fotovoltaico, lo que permite desarrollar otras fuentes de energías existentes dentro de las localidades en el complejo deportivo de la UPS Sede Guayaquil.

Al fusionar formas alternativas de energía con el diseño de un marcador digital dentro del campus universitario, se pone en práctica conocimientos adquiridos en aulas para beneficio de la comunidad salesiana.

Para la implementación del sistema del panel solar se anexa hoja de cálculos que se realizó para el dimensionamiento y selección apropiada de los equipos que conforman este sistema de energía renovable.

También se aprovechó la tecnología inalámbrica xbee que establece la comunicación entre el control remoto y el tablero digital de campo incluyendo el diseño y construyeron tarjetas electrónicas. En la parte estructural se construyó una caja metálica donde se colocaran todos los elementos apropiados y que serán parte del marcador digital de campo.

En el capítulo 1 se delimita el problema en el que se basa la tesis, también se establece el tipo de investigación realizada, objetivos, estudio de las variables y justifica el desarrollo de la misma; en el capítulo número 2 se realizó una compilación de material teórico que sustenta la parte bibliográfica de la presente tesis; mientras que en el capítulo número 3 se explica paso a paso la construcción del marcador electrónico y los cálculos realizados para determinar su funcionamiento.

Este proyecto será una iniciativa para que se puedan replicar trabajos similares aprovechando tecnologías actuales y exponer hacia la comunidad el aporte de los profesionales que salen de la universidad.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

En la actualidad, la cancha del complejo deportivo ubicado en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil no dispone de un marcador electrónico que permita ser manipulado de forma remota con comunicación wifi o de manera local a través de cables. Por lo tanto, durante un encuentro deportivo, el público asistente, si no está atento al encuentro, no tiene un resultado oficial y debe esperar que se finalice el evento.

Cuando se diseñó el complejo deportivo se presume que no se tuvo en cuenta una proyección en instalar un marcador similar. Esto se deduce a que no se han encontrado un espacio disponible exclusivamente para un marcador ni las instalaciones eléctricas apropiadas; es por eso que además de la implementación de un marcador se dispone de utilizar un sistema eléctrico independiente como es el caso de los paneles fotovoltaicos.

Así con este proyecto se aprovecha los conocimientos adquiridos dentro de la carrera Ingeniería Electrónica y desarrollar proyectos que beneficien a la institución.

### **1.2. OBJETIVOS**

#### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar e implementar un marcador digital de campo que permita una interacción entre tecnologías actuales tomando como referencia las conexiones inalámbricas del equipo xbee y a su vez utilizando las energías renovables con panel fotovoltaico.

#### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar el sistema eléctrico y electrónico de un marcador digital contenido en una caja metálica de medidas 80 x 85 x 15 cm (alto x ancho x profundidad).
- Realizar un control de mando portátil que permitirá el ingreso de los datos al marcador de manera inalámbrica usando tecnología xbee.

- Dotar de un panel solar que suministre energía eléctrica a los dispositivos implementados en el proyecto.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad, el complejo deportivo en ninguna de las canchas posee un marcador digital que permita visualizar los resultados de los partidos, donde muchas veces causa incertidumbre del estado entre los espectadores y entre los mismos organizadores del encuentro. Los conocimientos adquiridos en aulas pueden verse plasmados en proyectos en beneficio de la institución. Este trabajo formaría parte de uno de ellos.

El diseño y la implementación de un marcador digital de campo proyecta una mejor imagen a la cancha dentro del complejo deportivo, a su vez facilita a los jueces llevar un mejor control del partido y permite que los espectadores tengan un seguimiento del juego. La comunicación inalámbrica facilita su manejo permitiendo incluso el mismo juez pueda manipular sin necesidad de una persona extra que lleve conteo del encuentro deportivo.

### **1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

El marcador digital de campo se ubicó en el complejo deportivo, a 4 metros del nivel del suelo en el poste central para visualización directa en frente de las gradas. A continuación se describe un poco mejor la propuesta que se planteó desde un inicio, la cual fue implementada en el presente trabajo.

#### **1.4.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA**

- **Tablero Metálico:** Está conformado por una caja metálica de 3mm de espesor con las siguientes dimensiones: ancho 80 cm, altura 85 cm, profundidad 15 cm, para su montaje en el poste metálico, además cuenta con un grado de inclinación.
- **Visualización del Tiempo:** El tiempo se mostrará en dos placas de led, con alcance de 90 minutos máximo; solo durante el primer minuto se mostraran 60 segundos, luego de esto se exhibirá en minutos.
- **Visualización del Puntaje:** Para la visualización del puntaje se instalaron cuatro placas de led, dos placas para mostrar la puntuación del equipo local desde 00

hasta 99 y de igual manera para equipo visitante. Cuando se sube un puntaje aparecerán en las cuatro placas la palabra GOOL.

- **Sistema de Energía del Panel Fotovoltaico:** El sistema de energía de panel solar está compuesto por un panel fotovoltaico y un arreglo de baterías que darán respaldo contemplando dos días de 10 horas aproximadas.
- **Operación:** La operación será por medio de un control inalámbrico y un control local para emplear en caso de que el control inalámbrico falle o se dañe; es decir que el control local se conecta directamente por medio de cables al marcador electrónico.

## **1.5. VARIABLES E INDICADORES**

Dentro de la investigación de tesis se pueden aplicar variables que se clasifican por su posición en la investigación:

### **1.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Se enfoca al tiempo de uso del equipo electrónico, especialmente en los paneles solares; para considerar el tiempo de vida útil del mismo. El tiempo de carga y de descarga de la batería que a la vez depende de las condiciones climáticas.

### **1.5.2. VARIABLE EXTRAÑA**

Esta variable se refiere al estudio para determinar qué puede influir en la señal inalámbrica proporcionada por el equipo XBEE, que puede lograr a afectar esta conexión y si hay la posibilidad de manipular el marcaje por medio de otro equipo similar.

### **1.5.3. VARIABLE DISCRETA**

Se realizará dentro de 6 meses el conteo de las personas beneficiadas con el marcador digital de campo durante los eventos deportivos que se realicen.

#### **1.5.4. VARIABLE CONTÍNUA**

Se considera un programa de mantenimiento para los equipos que conforman el marcador digital para evaluar el tiempo de vida útil de los mismos, se expresara en números decimales para ser medido con más exactitud.

### **1.6. METODOLOGÍA**

#### **1.6.1. TIPOS DE INVESTIGACIÓN**

La propuesta de tesis se enmarca dentro de los siguientes tipos de investigación: descriptiva, de campo y bibliográfica.

##### **1.6.1.1. Descriptiva**

Se recopilaron los datos necesarios de funcionamiento de cada equipo especialmente de los paneles solares, batería y los módulos XBEE.

##### **1.6.1.2. De Campo**

La investigación se realizó directamente con los estudiantes que utilizan la cancha sintética para la utilidad del marcador digital de campo. Se observara detenidamente el funcionamiento de los paneles solares y el equipo XBEE para obtener información de comportamiento y considerar las principales fallas que puedan existir en su uso.

##### **1.6.1.3. Bibliográfica**

Todo lo aplicado tiene sustento, mediante consultas a fuentes bibliográficas, textos, revistas, documentos varios así como también fuente informática de internet.

### **1.7. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **1.7.1. BENEFICIARIOS**

La implementación de un marcador digital de campo beneficiará directamente a los estudiantes espectadores del juego, así también las personas involucradas en el mismo; a la vez se podrá llevar un mejor monitoreo del encuentro futbolístico por parte de los jueces y organizadores del evento deportivo. Además, debido a que el sistema de obtención de energía proviene de la luz solar a través de los paneles, el

consumo de energía eléctrica no se verá afectado y por ende no generará ningún costo adicional.

### **1.7.2.IMPACTO**

Al emplear una forma de energía no dañina al medio, el impacto ambiental de este sistema adaptado es mínimo o casi nulo.

Los estudiantes y usuarios de las canchas verán con gran aceptación el encuentro y se verán motivados a seguir aplicando los conocimientos, adquiridos en las aulas, y plasmarlos en ideas como ésta en beneficio de la universidad y comunidad.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. TECNOLOGÍA LED**

Viene del inglés L.E.D (Light Emitting Diode) traducido diodo emisor de luz. Se trata de un cuerpo semiconductor sólido de gran resistencia que al recibir una corriente eléctrica de muy baja intensidad, emite luz de forma eficiente y con alto rendimiento. (Gago & Fraile, 2012)

Las ventajas de su uso son enunciadas a continuación:

- Con la tecnología LED se produce una menor disipación de calor. Esto es debido a que la incandescencia emite luz en todo el espectro visible, siendo el difusor (que hace de filtro) quien deja pasar sólo el color requerido y el resto del espectro se transforma en calor, mientras que el diodo LED emite luz monocromática directamente, en la longitud de onda de color requerido, por lo que no existe la transformación de luz en calor.
- Esta diferencia en la emisión de luz entre la incandescencia más el filtro y el diodo LED, hace que ésta sea más eficiente, ya que toda la luz emitida por foco luminoso es aprovechada en la iluminación del punto de luz.
- La vida útil de la lámpara incandescente es de 6.000 h mientras que la del LED puede llegar a 100.000 h, es decir, 17 veces mayor.
- Altos niveles de flujo e intensidad dirigida.
- Significante tamaño para múltiples y diferentes opciones de diseño.
- Alta eficiencia, ahorro de energía.
- Luz blanca.
- Todos los colores (de 460 nm a 650 nm).
- Requerimientos bajos de Voltaje y Consumos.
- Alta resistencia a los golpes y vibraciones.
- Pueden ser fácilmente controlados y programados.
- Diferentes formas con diferentes ángulos de radiación.

### **2.2. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA**

La comunicación inalámbrica o sin cables es aquella en la que la comunicación (emisor / receptor) no se encuentra unida por un medio de

propagación físico, sino que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio

### **2.2.1. EQUIPO DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA XBEE**

De acuerdo a (Oyarce, Aguayo , & Martin, 2010, pág. 6) se explica que el equipo xbee es basado en el estándar de comunicaciones IEEE\_802.15.4, las comunicaciones ZigBee se desarrollan en la banda libre de 2.4 GHz.

Haciendo una comparación entre la señal de bluetooth, este protocolo no utiliza Frequency hopping (FHSS), sino que realiza las comunicaciones a través de una única frecuencia, es decir de un canal. El alcance normal con antena es de 100 m y en interiores de unos 30 m. La velocidad de transmisión de datos de una red Zigbee de hasta 256 Kbps. Entre las necesidades que satisface el módulo xbee se encuentran las siguientes:

- Bajo costo
- Ultra – Bajo consumo de potencia
- Uso de banda de radio libres y sin necesidad de licencia
- Instalación barata y simple
- Redes flexibles y extensibles.

El resultado del uso de protocolo Zigbee va desde reemplazar un cable por una comunicación serial inalámbrico. Una red Zigbee la forman básicamente tres tipos de elementos. Un único dispositivo coordinador, dispositivos routers y dispositivos finales (endpoints).

### **2.2.2 CIRCUITO BÁSICO PARA EL XBEE**

En la figura 1 se describen las conexiones mínimas que necesita el módulo xbee para poder ser utilizado. En (Oyarce, Aguayo , & Martin, 2010, pág. 12) indica que módulo requiere una alimentación desde 2.8 a 3.4 V, la conexión a tierra y las líneas de transmisión de datos por medio del UART para comunicarse con un

microcontrolador o directamente a un puerto serial utilizando algún conversor para los niveles de voltaje.

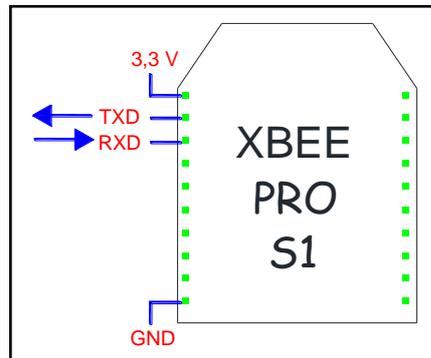


Figura 1. Conexiones mínimas requeridas para el xbee, alimentación de 3,3V , dos líneas de transmisión de datos (TXD / RXD) y una conexión tierra (GND)

### 2.2.3 MODOS DE OPERACIÓN

Repasando las indicaciones de (Oyarce, Aguayo , & Martin, 2010, pág. 13), los módulos xbee, pueden operar en los siguientes cinco modos explicados en el diagrama de la figura 2.

A continuación se hace una revisión de cada modo.

#### 2.2.3.1 Modo Recibir / Transmitir

La información transmitida puede ser directa o indirecta. En el modo directo la información se envía inmediatamente a la dirección de destino. En el modo indirecto la información es retenida durante un período de tiempo y es enviada sólo cuando la dirección de destino la solicita. (Oyarce, Aguayo , & Martin, 2010, pág. 14).

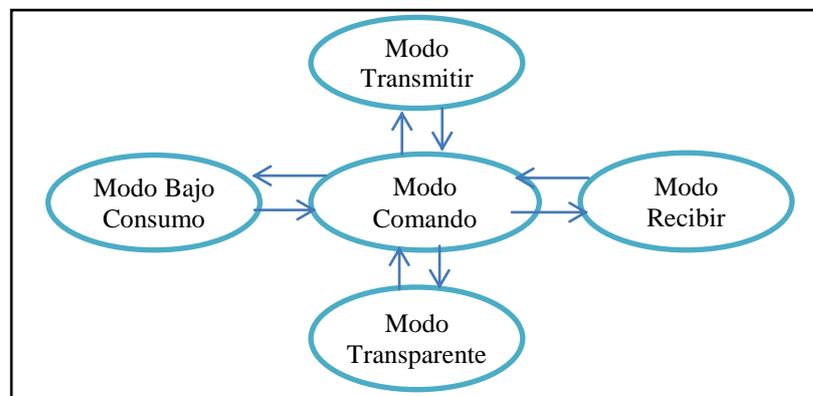


Figura 2. Diagrama esquemático de los modos en los que operan los módulos xbee

### **2.2.3.2 Modo De Bajo Consumo (Sleep Mode)**

La configuración de los ciclos de sueño se realiza principalmente con el comando SM. Por defecto, los modos de sueño están deshabilitados, permaneciendo el módulo en estado de reposo/recepción. En este estado el módulo está siempre preparado para responder a un comando, ya sea, por el puerto serial o la interfaz RF. (Oyarce, Aguayo , & Martin, 2010, pág. 14)

### **2.2.3.3 Modo Comando**

Este modo permite ingresar comandos AT al módulo xbee, para configurar, ajustar o modificar parámetros. Permite ajustar parámetros como la dirección propia o la de destino así como su modo de operación entre otras cosas.

Para poder ingresar los comandos AT es necesario utilizar el Hyperterminal de Windows el programa X-CTU3 o algún microcontrolador que maneja UART y tenga los comandos guardados en memoria o los adquiera de alguna otra forma. ( Oyarce, Aguayo , & Martin, 2010, pág. 16)

### **2.2.3.4 Modo Transparente**

Este modo está destinado principalmente a la comunicación punto a punto, donde no es necesario ningún tipo de control. También se usa para reemplazar alguna conexión serial por cable, que es una de las configuraciones más sencillas y no requiere una mayor configuración. (Oyarce, Aguayo , & Martin, 2010, pág. 19)

### **2.2.3.5 Modo De Operación API**

Este modo es más complejo, pero a su vez permite el uso de frames con cabeceras que aseguran la entrada de datos al estilo TCP. Extiende el nivel en el cual la aplicación del cliente, puede interactuar con las capacidades de red del módulo.

Cuando el módulo xbee se encuentra en este modo, toda la información que entra y sale es empaquetada en frames, que define operaciones y eventos dentro del módulo. (Oyarce, Aguayo , & Martin, 2010, pág. 20)

## **2.2.4 CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO XBEE**

De acuerdo a la información obtenida se explicó sobre los tipos de redes que soporta el módulo xbee, así como las configuraciones necesarias:

### **2.2.4.1 Direccionamiento de los módulos**

Los módulos permiten 2 tipos de direccionamiento. La de 16 bit y la de 64 bits. La principal diferencia es que en la de 64 bit, es posible obtener una mayor cantidad de direcciones y por lo tanto, una mayor cantidad de nodos o equipos funcionando en la misma red. Son a través de estas direcciones que los módulos se comunican entre sí. (Oyarce, Aguayo , & Martin, 2010, pág. 22)

### **2.2.4.2 Modo de conexión transparente**

Esta es la conexión que viene por defecto y es la más sencilla forma de configurar el módem. Básicamente todo lo que pasa por el puerto UART, es enviado al módulo deseado, y lo que llega al módulo, es enviado devuelta por el mismo puerto UART.

Existen básicamente 4 tipos de conexión transparente. La diferencia principal radica en el número de nodos o puntos de acceso, y la forma en que éstos interactúan entre sí. (Oyarce, Aguayo , & Martin, 2010, pág. 23)

### **2.2.4.3 Punto A Punto**

Es la conexión ideal para reemplazar comunicación serial por un cable. Sólo se debe configurar la dirección. Para ello se utilizan los comandos MY y el DL. La idea, es que se define arbitrariamente una dirección para un módulo, usando el comando MY, el cual se va a comunicar con otro que tiene la dirección DL, también definida arbitrariamente. Con esto cada módulo define su dirección con MY, y escribe la dirección del módulo al cual se desea conectar usando DL.

En la figura que se muestra a continuación, la primera conexión es una punto a punto utilizando direccionamiento de 16 bit. Una vez configurado, el módem se encuentra listo para funcionar. (Oyarce, Aguayo , & Martin, 2010, pág. 25)



Figura 3. Ejemplo de direccionamiento punto a punto entre los módulos xbee

### 2.2.5 SOFTWARE DE COMUNICACIÓN X-CTU

Es una aplicación basada en Windows que provee una interfaz gráfica para la configuración e interacción con los módulos de manera más natural, fácil y rápida. El programa XCTU es distribuido por la compañía Digi International Inc. y es descargado directamente desde su página web como se ilustra en la figura 4.



Figura 4. Programa xctu: datos del software empleados para ver el funcionamiento de los módulos xbee (emisor y receptor)

Fuente: Digi Support, 2013

### 2.3 MODELO ATMEGA 8A

La ventaja del microcontrolador Atmega es que puede comunicarse con otros dispositivos externos con un mínimo de elementos adicionales utilizando las diferentes interfaces que poseen. (V. Gadre, 2001)

Barrett & Pack (2008) dicen que un microcontrolador siempre sigue su programación y la serie de instrucciones dadas por el programador, pero este debe contar con un sistema que le permite responder eventos con mayor prioridad, ya sea que estos eventos sean internos o externos.

### 2.4 PROGRAMA PROTEUS

El programa de diseño de tarjeta de circuitos impresos Proteus tiene algunas aplicaciones con diferentes funcionalidades, como por ejemplo realizar tarjetas electrónicas desde el diseño de las conexiones con sus respectivos elementos y a su vez la visualización gráfica en 3D de las tarjetas a implantarse.



Figura 5. Programa Proteus 8: Empleado para realizar el diseño electrónico de las placas utilizadas en el desarrollo de la tesis.

Fuente: Labcenter Electronics, 2014

## 2.5 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Como lo exponen (Méndez Muñíz & Cuervo García, 2007, pág. 31), la energía solar directa es la energía del sol sin transformar, que calienta e ilumina. De la cual existen varias formas de utilización:

- Utilización directa: mediante la incorporación de acristalamientos y otros elementos arquitectónicos con elevada masa y capacidad de absorción de energía térmica, es la llamada energía solar térmica pasiva.
- Transformación de la radiación solar en calor: se llama energía solar térmica, la cual consiste en la transformación de la radiación solar en calor y esta a su vez ser aprovechada para el consumo doméstico o producir energía a través de un ciclo termodinámico y mediante un alternador provee de energía eléctrica y es llamada energía solar termoeléctrica.(Rufes Martínez, 2010)
- Transformación de la radiación solar en electricidad: conocida como energía solar fotovoltaica (ver ilustración 1), la cual se lleva a cabo en los elementos semiconductores que integran los paneles solares fotovoltaicos. De esta manera la electricidad se puede utilizar de forma directa, se almacena en baterías y puede hasta ser inyectada en una red de distribución eléctrica.

Extrayendo datos de (Méndez Muñíz & Cuervo García, 2007, pág. 32) se puede elaborar la siguiente tabla 1 y se logra evidenciar las ventajas e inconvenientes que la energía solar proporciona.

Otro factor que incidirá en la captación de energía para el presente proyecto es la radiación solar expuesta.

Tabla 1. Ventajas e inconvenientes de la energía solar

<b>ENERGÍA SOLAR</b>	
<b>VENTAJAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mínimo impacto ambiental</li> <li>• No desarrolla residuos perjudiciales para el medio ambiente</li> <li>• Se expande por todo el planeta</li> <li>• Una vez instalada que el sistema su mantenimiento es sencillo y no generan costos adicionales</li> <li>• No se depende de las compañías suministradoras</li> </ul>
<b>INCONVENIENTES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sistema va ligado a sistemas de acumulación que contienen agentes químicos peligrosos la cual los depósitos de agua caliente deben protegerse contra la contaminación</li> <li>• Puede afectar a los ecosistemas por el espacio ocupado por los paneles en caso de grandes instalaciones</li> <li>• El impacto visual negativo que proporcionan los módulos solares en el entorno</li> </ul>

Nota: Resumen de las ventajas e inconvenientes que conlleva el uso de energía solar.

### 2.5.3 TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR

En función de cómo inciden los rayos en la tierra, se distinguen tres componentes de radiación solar.

- **Directa:** es la recibida desde el sol, sin que se desvíe en su paso por la atmosfera
- **Difusa:** es la que sufre cambios en su dirección, principalmente debido a la reflexión y difusión en la atmosfera
- **Albedo:** es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas

Aunque las tres componentes están presentes en la radiación total que recibe la tierra, la radiación directa es la mayor y más importante en las aplicaciones fotovoltaicas.

Cuando la radiación directa no puede incidir sobre una superficie debido a un obstáculo, el área en sombra también recibe radiación gracias a la radiación difusa. Estos datos fueron extraídos de (Méndez Muñiz & Cuervo García, 2007, pág. 35)

Como dato anexo podemos indicar que las proporciones de radiación directa, difusa y albedo que recibe una superficie dependen de muchos factores que se enuncian a continuación:

- Condiciones meteorológicas: en un día nublado la radiación es prácticamente difusa mientras que en uno soleado es directa.

- Inclinación de la superficie respecto al plano horizontal: una superficie horizontal recibe la máxima radiación difusa y la mínima reflejada.
- Presencia de superficies reflectantes: las superficies claras son las más reflectantes por lo que la radiación reflejada aumenta en invierno por el efecto de la nieve. Estos datos fueron extraídos de (Méndez Muñíz & Cuervo García, 2007, pág. 36)



Figura 6. Panel fotovoltaico: Vista del panel debajo de la radiación solar

Un dato importante es que tasa a la cual la radiación es recibida por una superficie por unidad de área se denomina irradiación, la misma que se expresa en unidades de potencia por unidad de área,  $w/m^2$ . La cantidad de radiación recibida por una superficie por unidad de área durante un determinado periodo se denomina irradiación y se expresa en unidades de energía por unidad de área  $Wh/m^2$ .

La radiación solar puede ser estimada para un determinado plano ya sea horizontal, o normal a los rayos solares. La radiación solar en plano horizontal representa la radiación solar incidente sobre una superficie horizontal.

Si se considera un plano inclinado, la radiación solar representa la radiación solar incidente sobre una superficie inclinada. Por otra parte la radiación solar en plano perpendicular a los rayos solares representa la radiación solar incidente sobre una superficie perpendicular a los rayos solares. (Álvarez Hernández, Montaña Peralta, & Maldonado Correa, 2014, pág. 26)

## 2.6 DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

En (Méndez Muñíz & Cuervo García, 2007, pág. 40) se describe que un sistema fotovoltaico se encuentra comprendido de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que captan la energía solar disponible y transformarla en utilizable como energía eléctrica. Se clasifican en:

- Aislados: con baterías, sin batería
- Conectados a red
- Híbridos: combinados con otro tipo de generación de energía eléctrica.

Existen diferentes opciones para construir un sistema fotovoltaico, sin embargo esencialmente hay los siguientes componentes:

Panel Fotovoltaico: encargado de captar y convertir la radiación solar en corriente eléctrica mediante módulos fotovoltaicos.

Baterías o acumuladores: almacenan la energía eléctrica producida por el generador fotovoltaico para poder utilizar en periodos en los que la demanda exceda la capacidad de producción del generador fotovoltaico

Regulador de carga: encargado de proteger y garantizar el correcto mantenimiento de la carga de la batería y evitar sobretensiones que puedan destruirla.

Inversor o acondicionador de la energía eléctrica: encargado de transformar la corriente contigo producida por el generador fotovoltaico en corriente alterna, necesaria para alimentar algunas cargas o para introducir la energía producida en la red de distribución eléctrica.

Elementos de protección de circuito: como interruptores de desconexión diodos de bloqueo, etc., dispuestos entre diferentes elementos del sistema para proteger la descarga derivación de elementos en caso de fallo o situaciones de sobrecarga.(Méndez Muñíz & Cuervo García, 2007, pág. 42)

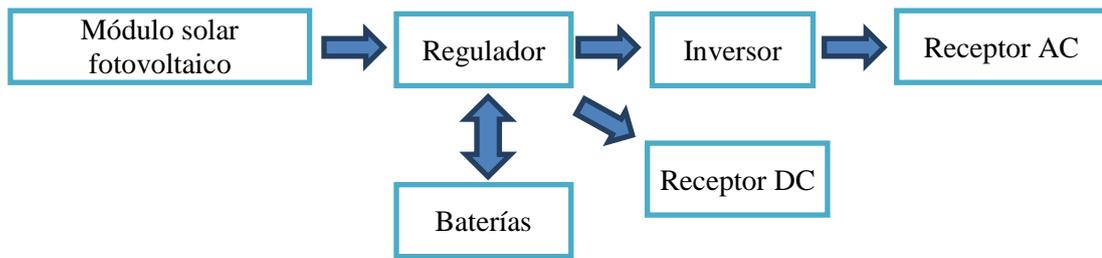


Figura 7. Componentes de instalación solar fotovoltaica

### 2.6.3 MÓDULO SOLAR FOTOVOLTAICO

Una célula individual solamente es capaz de proporcionar una tensión de algunas decima de voltio (0.5 V para las células de silicio) y una potencia máxima de uno o dos vatios. Un panel o módulo solar fotovoltaico está constituido por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí en serie, de forma que la tensión suministrada por el módulo se incrementa hasta ajustarse a un valor deseado.

Normalmente, los paneles comerciales utilizados están diseñados para trabajar a una tensión de 12v en condiciones reales de funcionamiento, aunque se fabrican también paneles de 6 y 24 v. Los módulos fotovoltaicos de 12 v constan de entre 33 y 36 células conectadas en serie.(Luna Sánchez, y otros, 2008, pág. 334). El modulo contiene otros elementos que le confieren la rigidez mecánica, de protección física, y permiten conexión eléctrica por ejemplo:

- Cubierta frontal de vidrio
- Encapsulante
- Lámina o protección posterior
- Marco metálico de aluminio anodizado o acero inoxidable
- Bornes de conexión



Figura 8. Panel Fotovoltaico marca Exmork: Panel empleado para la aplicación de la tesis  
Fuente: Exmork, 2014

### 2.6.3.1 Tipos de células fotovoltaicas

Dentro de lo enunciado por (Méndez Muñiz & Cuervo García, 2007, pág. 64) las células fotovoltaicas de mayor uso son las formadas por la unión p-n y construidas con silicio monocristalino, aunque existen diversos procedimientos y tipos de materiales para su construcción.

Hay una serie de aspectos que afectan a todos los materiales semiconductores que se enuncian a continuación:

- Cristalinidad
- Coeficiente de absorción
- Coste y complejidad de fabricación

Las capas de semiconductor en donde se liberan los electrones y se produce la energía eléctrica pueden ser del tipo

- Células de silicio
  - Monocristalino
  - Policristalino
  - Amorfo
- Célula de película delgada
- Célula de arseniuro de galio



Figura 9. Vista de células que contiene el panel fotovoltaico  
Fuente: Exmork, 2014

## 2.6.4 REGULADOR DE LA CARGA

Como se menciona en (Luna Sánchez, y otros, 2008, pág. 354) el regulador tiene la función de regular la corriente que absorbe la batería con el fin que no pueda sobrecargarse de una manera peligrosamente, y al mismo tiempo capta la energía entregada por los paneles. El regulador es un dispositivo electrónico que censa los niveles de voltajes, además indica el estado de la batería en su nivel de tensión máxima admisible la cual impide que continúe cargándose.



Figura 10. Regulador marca PWM: empleado para el sistema fotovoltaico  
Fuente: PMW, 2014

## 2.6.5 BATERÍAS ELÉCTRICAS

### 2.6.5.1 Acumuladores o Baterías Eléctricas

Un acumulador o batería es un dispositivo electroquímico capaz de transformar una energía potencial química en energía eléctrica. La misión principal de una batería dentro de un sistema solar fotovoltaico qué es la de acumular la energía producida para que se pueda para que pueda ser utilizada en periodos donde la iluminación es escasa o incluso nula. (Méndez Muñíz & Cuervo García, 2007, pág. 99)



Figura 11. Batería tipo seca: utilizada para la acumulación de energía que es suministrada por el panel fotovoltaico  
Fuente: EVL, 2014

### **2.6.5.2 Capacidad De Descarga**

Se define la capacidad como la cantidad de electricidad que puede obtenerse durante una descarga completa de la batería plenamente cargada. Es el producto de la intensidad de descarga por el tiempo que actúa se expresa en amperios hora (AH), por ejemplo una batería de 200 Ah puede suministrar 200 A durante una hora. (Méndez Muñiz & Cuervo García, 2007, pág. 101)

Como factores que enuncia (Méndez Muñiz & Cuervo García, 2007, pág. 101) y que pueden variar la capacidad de una batería son:

- Tiempo de descarga; los tiempos de descarga se refieren a 10 20 ó 100 h principalmente.
- Temperatura de la batería y de su entorno; si es inferior a la temperatura a la que se cataloga la batería, la capacidad disminuye. Si es superior, la capacidad aumenta pero puede reducir el número de ciclos de vida de la batería.
- Conexión de baterías; en paralelo (positivo a positivo y negativo a negativo) se suman las capacidades. Sólo se deben conectar en paralelo baterías de igual tensión y capacidad. En serie (positivo a negativo) no afecta a la capacidad.

### CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL PROYECTO

Para una mejor comprensión en el diseño e implementación del marcador digital de campo se ha dividido este capítulo en partes y cada uno indicando desde el inicio hasta la parte final de funcionamiento, al final se anexan documentos necesarios como respaldo de información técnica.

#### 3.1. DISEÑO Y ELABORACIÓN DE PLACAS CON DIODOS LED

Partiendo desde el diseño inicial presentado en el anteproyecto se comenzó con el diseño de las placas para construir caracteres luminosos por medio de diodos led de color rojo. A continuación en las siguientes figuras se registran las actividades realizadas.

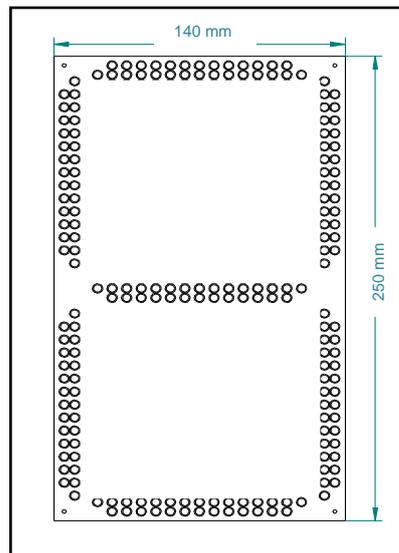


Figura 12. Medidas de las placas para diodos LEDS

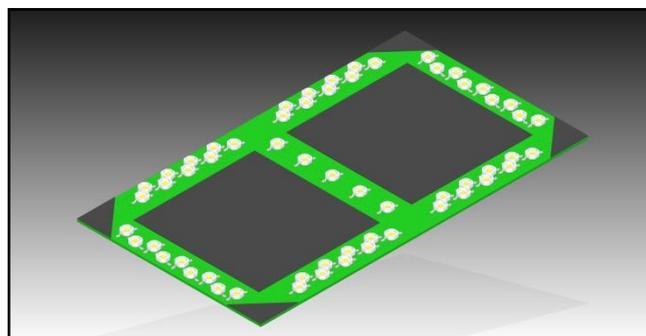


Figura 13. Vista isométrica de dibujo de placa LEDS

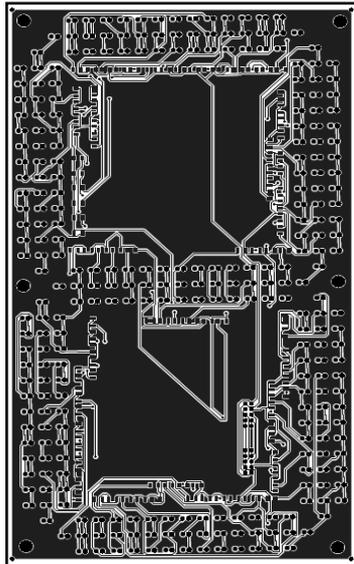


Figura 14. Vista de placa en programa con circuito impreso

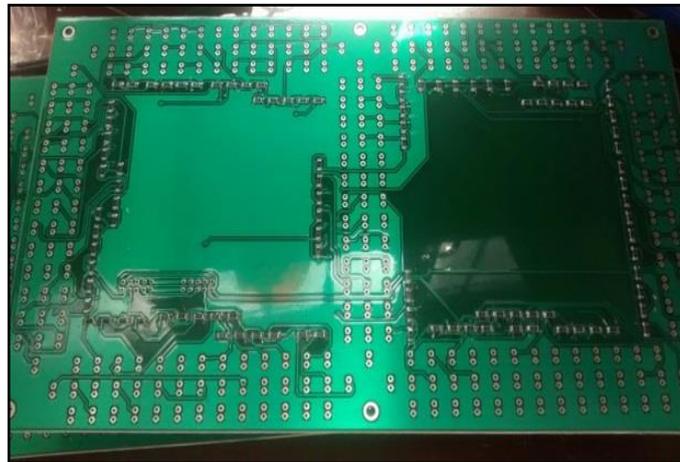


Figura 15. Placa para número digital sin elementos

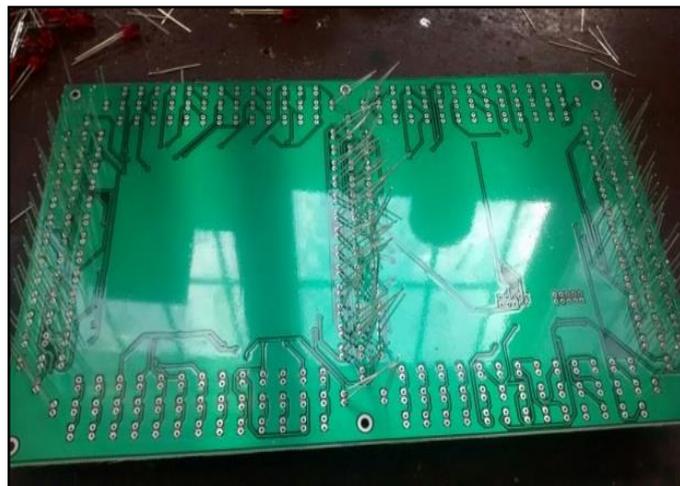


Figura 16. Placa para número con LEDS: parte posterior elementos sin soldar



Figura 17. Placa para número con LEDS: parte posterior elementos soldados



Figura 18. Placa para número con LEDS: Inicio de colocación de LEDS

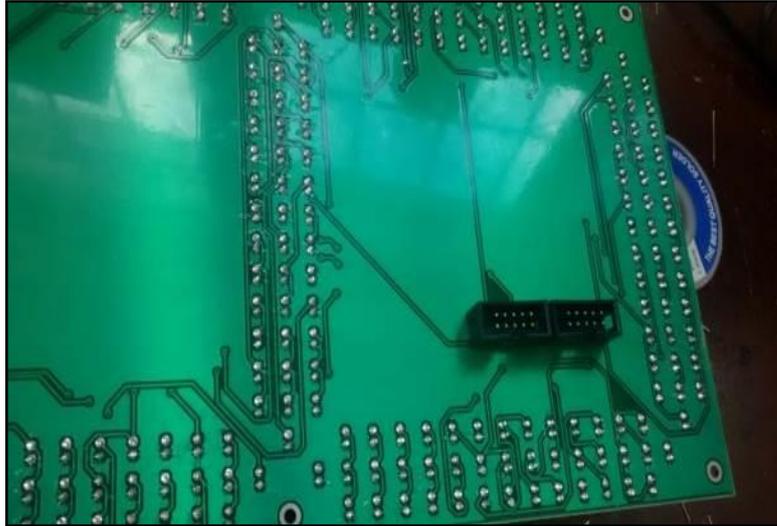


Figura 19. Placa para número con LEDS soldados y puertos de comunicación sin soldar

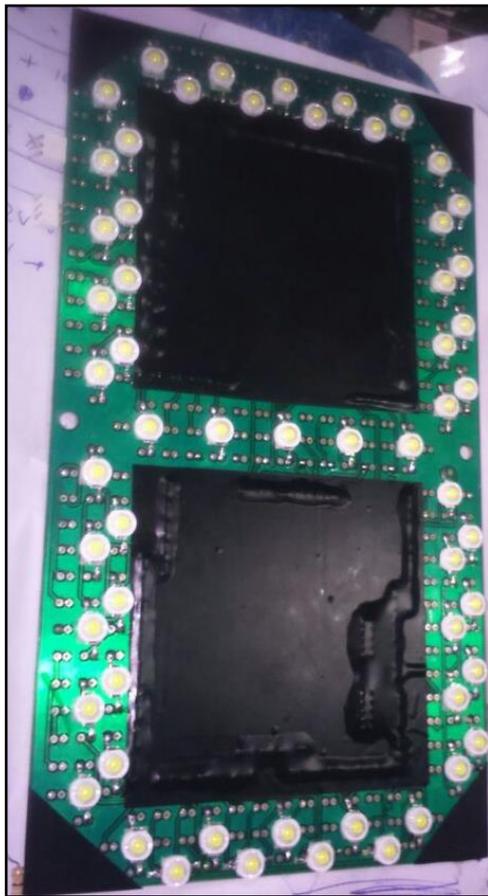


Figura 20. Placa para número con LEDS soldados y puertos de comunicación soldados

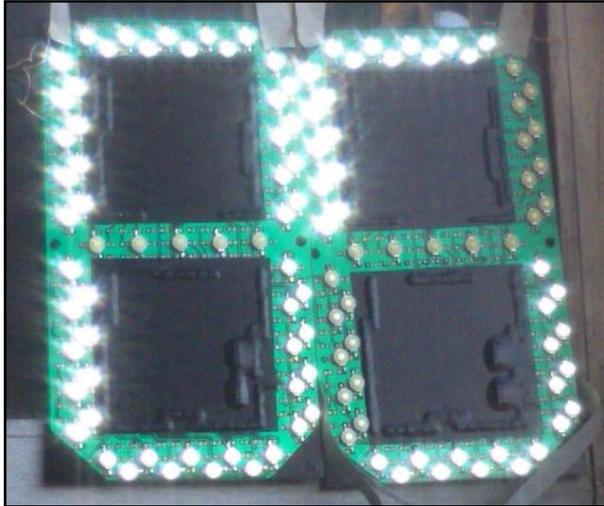


Figura 21. Verificación funcionamiento de varios segmentos

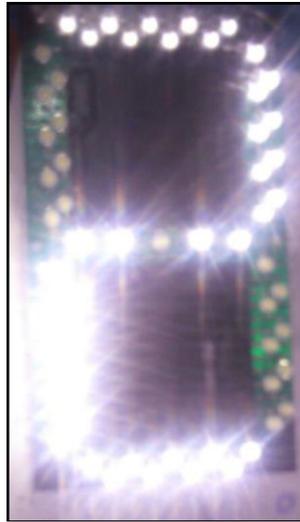


Figura 22. Verificación del funcionamiento de todos los segmentos



Figura 23. Verificación de los Lux del Display

En el proyecto actual se emplearon diodos leds color blanco puro con 1,25 mcd de luminosidad, según datos de fabricantes estos diodos tienen un consumo de 4 mA; con un diámetro de 6 mm.

En conclusión se obtienen los siguientes datos:

### **DATOS DE ELEMENTOS EN PLACAS CON DIODOS LEDS**

- Led blanco de alta potencia tiene un consumo de 4 mA
- Cada segmento consta de 9 leds, excepto el segmento central horizontal que cuenta con 5 leds
- El display está conformado por 7 segmentos
- Voltaje que se va a instalar es de 5v

### **CÁLCULO DE CORRIENTE DEL SEGMENTO**

$I_{\text{segleds}} = \text{Consumo de led blanco} * \text{por cantidad de leds}$

$I_{\text{segleds}} = 4 \text{ mA} * 59 \text{ leds}$

**$I_{\text{segleds}} = 0.23 \text{ A}$**

Se realizaron pruebas de funcionamiento y se midió de manera práctica la corriente de los segmentos

$I_{\text{segleds práctica}} = 0.21 \text{ A}$

### **PORCENTAJE DE ERROR**

$$\frac{(\text{Valor tomado de lo teórico} - \text{valor tomado de lo práctico})}{(\text{valor tomado de lo práctico})} \times 100\%$$

$$\frac{(0.23 - 0.21)}{(0.21)} \times 100 = \mathbf{9.5 \%}$$

## **CORRIENTE TOTAL DE LOS 7 SEGMENTOS EN PLACA CON DIODOS LEDS**

Número de segmentos 7

I total de la placa con diodos leds blancos = I seg leds \* número de segmentos

I total de la placa con diodos leds blancos = 0.23 mA \* 7

I total de la placa con diodos leds blancos = 1.61 A

### **3.2. DISEÑO Y ELABORACIÓN DE LA CONEXIÓN INALÁMBRICA**

#### **3.2.1. CONFIGURACIÓN DE LOS MÓDULOS XBEE**

Los módulos xbee fueron configurados utilizando el programa x-ctu para ser usados como el emisor y el receptor respectivamente. A continuación en las figuras posteriores se visualiza la conexión física de los xbee y se muestra la configuración utilizada en el programa x-ctu. En el anexo 1 se podrá visualizar la configuración detallada.

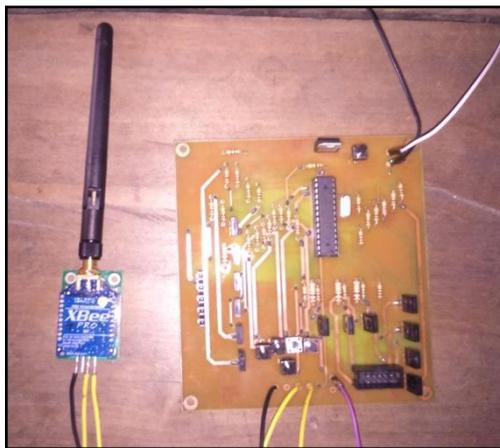


Figura 24. Configuración del XBEE emisor

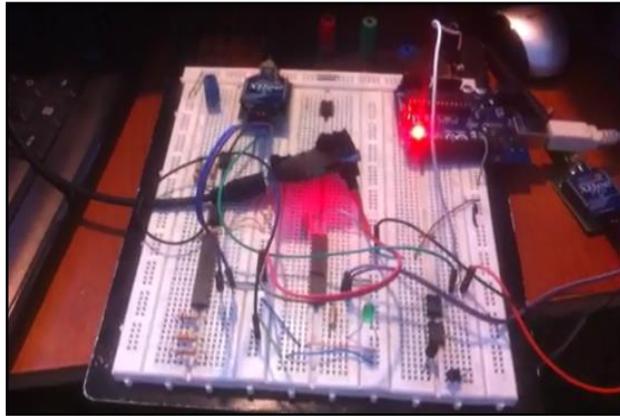


Figura 25. Comunicación entre módulos XBEE

### 3.2.2. CONFIGURACIÓN DEL MICROCONTROLADOR Y CIRCUITO

Se tomó la opción de utilizar el microcontrolador de la familia Atmel en especial el modelo Atmega 8 por las ventajas que ofrece una velocidad de hasta 20 MHz de transmisión en comunicación. En las figuras siguientes se muestran esquemáticos de conexión, el circuito final utilizado y evidencias de las pruebas realizadas.

#### **Descripción del contador de 0-99 con 2 placas de leds de 7 segmentos cada una:**

Lo que se realizó en el programa es de incrementar el valor de una variable, la cual se mostrara a través de un par de placas de leds de 7 segmentos, estas placas se controlaran de manera multiplexada, es decir uno a la vez a una velocidad que el ojo humano no alcance a detectar el cambio y se logre percibir ambas placas de leds encendidas a la vez.

Tabla 2 Asignación de pines en placa leds

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	B	c	D	e	F	g	--	GND	--

Nota: Cada placa tiene un conector de diez pines con las especificaciones mostradas en esta tabla, tomando en cuenta que el primer pin del conector se le asigna la letra a, el segundo la b y así sucesivamente.

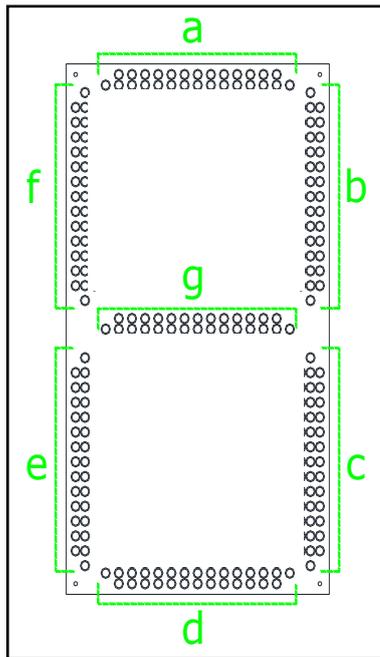


Figura 26. Asignación de segmentos en placa leds

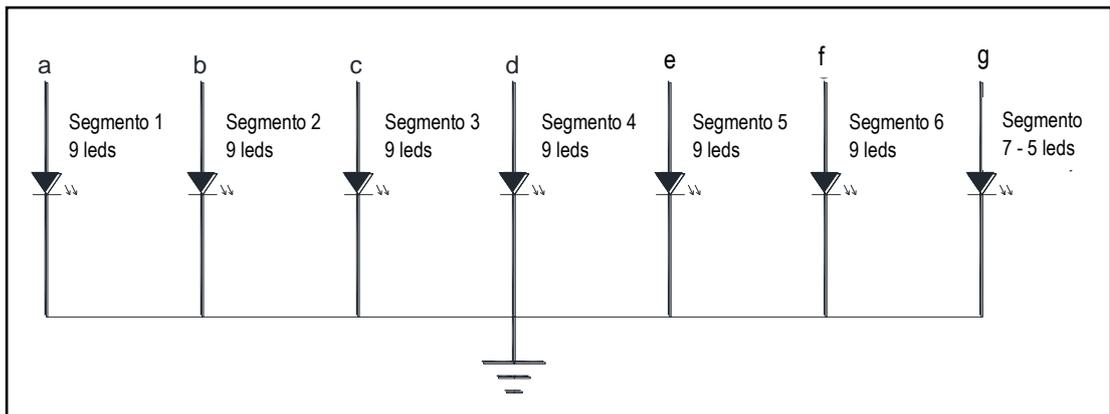


Figura 27. Conexión de segmentos en placa de LEDs

Tabla 3 Representación de números en placa de LEDs

Num	PB6/A	PB5/B	PB4/C	PB3/D	PB2/E	PB1/F	PB0/G	HEX
0	1	1	1	1	1	1	0	7E
1	0	1	1	0	0	0	0	30
2	1	1	0	1	1	0	1	6D
3	1	1	1	1	0	0	1	79
4	0	1	1	0	0	1	1	33
5	1	0	1	1	0	1	1	5B
6	1	0	1	1	1	1	1	5F
7	1	1	1	0	0	0	0	70
8	1	1	1	1	1	1	1	7F
9	1	1	1	1	0	1	1	7B

Nota: Para la formación de los números en los displays se toma como referencia esta tabla donde se puede observar que el 1 significa que el segmento estará encendido y el 0 apagado.

## Descripción de conexión del microcontrolador Atmega 8

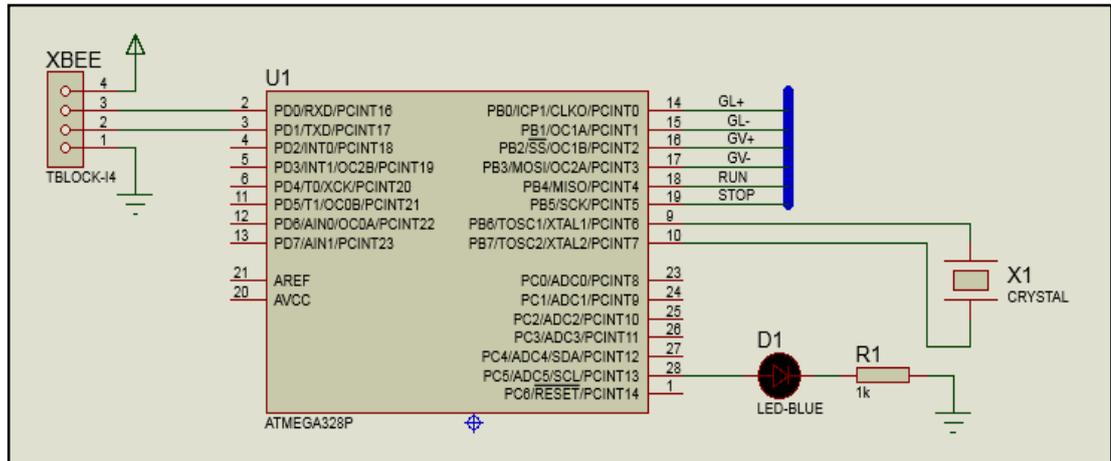


Figura 28. Vista de Circuito, capture de programa proteus

## Pruebas en protoboard para funcionamiento de circuitos



Figura29. Conexiones de control del sistema



Figura30. Conexiones de fuerza del sistema

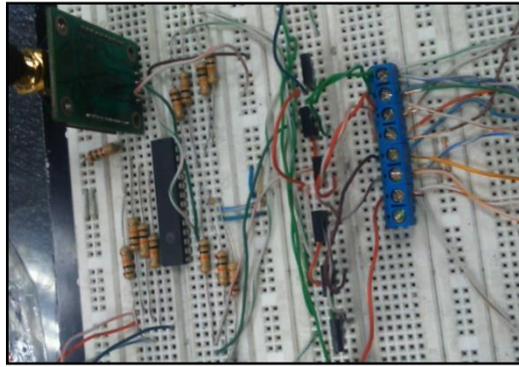


Figura 31. Conexión del microcontrolador

### Programación de microcontrolador

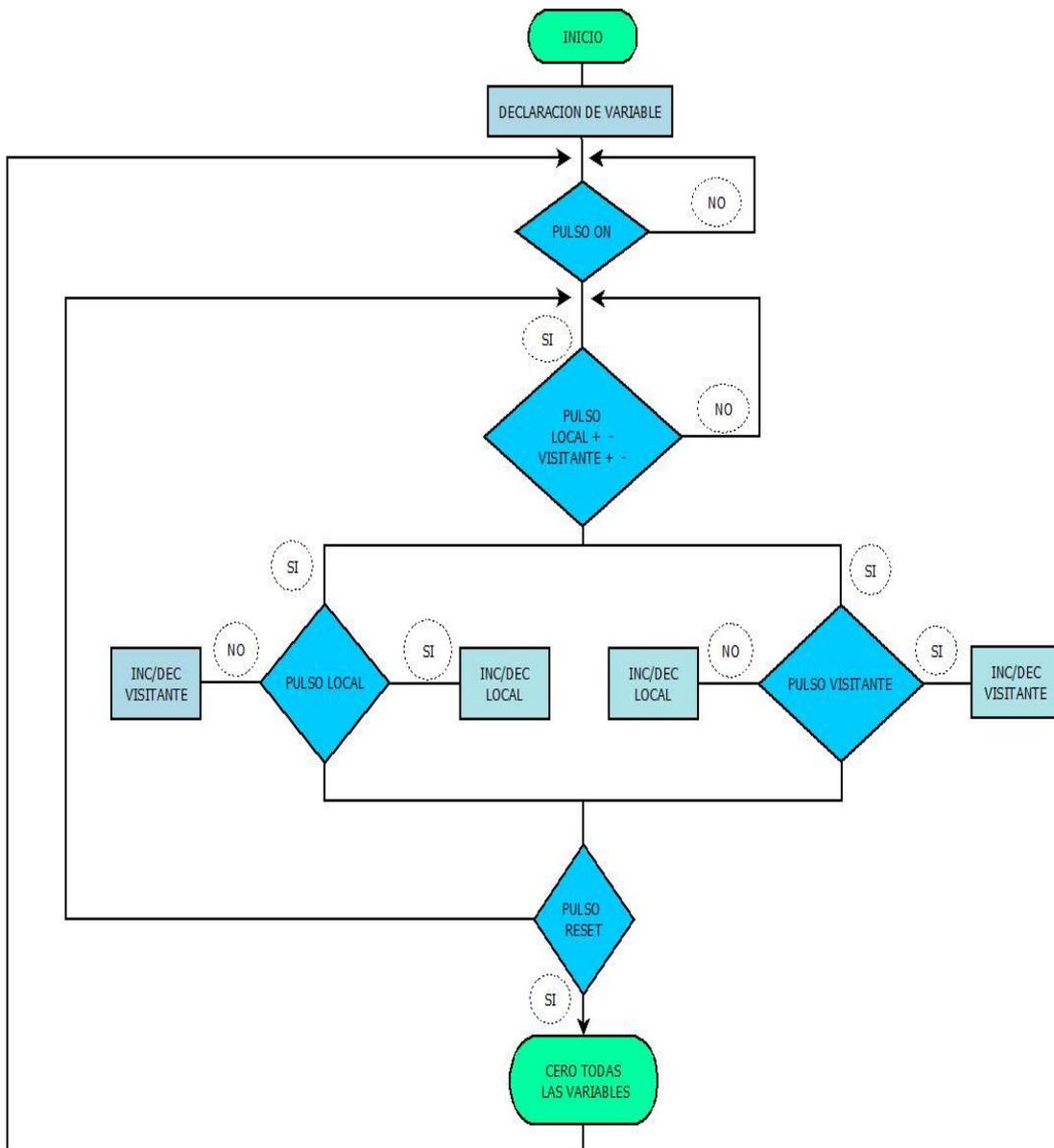


Figura 32. Diagrama de bloque de la programación

El diagrama de bloque mostrado en la figura 32 resume la programación (ver anexo 2) del microcontrolador. Para ejecutar e iniciar el programa se pulsa on iniciando y enviando rápidamente la señal y a la espera del aumento o disminución del marcador. Cada vez que se aumenta el marcador para una de las variables (local o visitante) la variable que no es pulsada no aumenta ni disminuye. Al pulsar reset se enceran todas las variables y el sistema se reinicia.

### Elaboración de tarjetas electrónicas

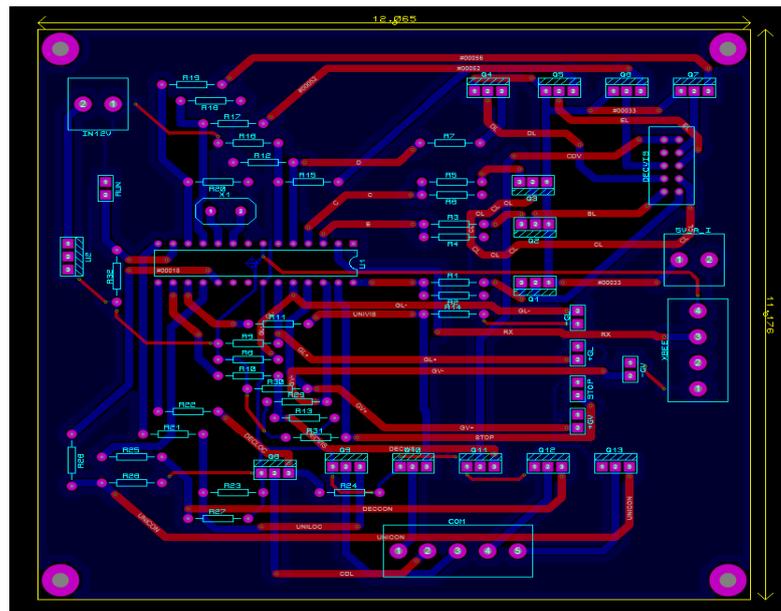


Figura 33. Modelo de tarjeta en programa proteus 8

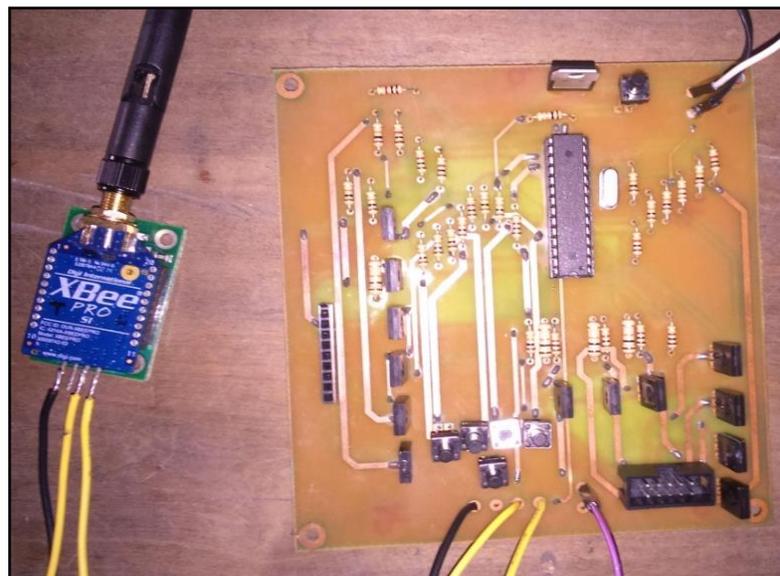


Figura 34. Vista de tarjeta electrónica terminada con los elementos soldados

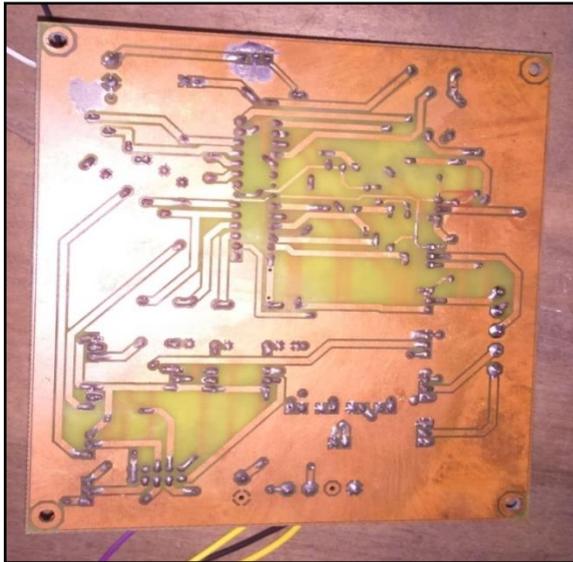


Figura 35. Vista posterior de tarjeta electrónica con acabados de soldadura

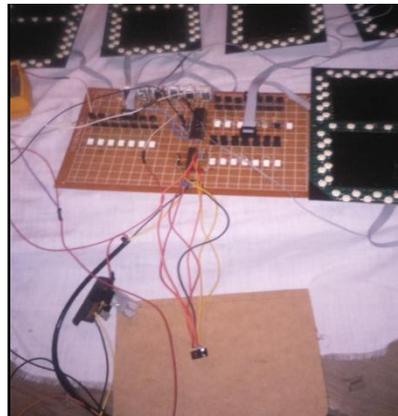


Figura 36. Conexión desde el mando de control a las placas con diodos leds



Figura 37. Encendido de placas con diodos leds



Figura 38. Pruebas de funcionamiento

## Elaboración de Control Inalámbrico

A continuación se evidencia la realización del control inalámbrico que controlara el marcador digital con las operaciones descritas anteriormente.

## Circuito electrónico

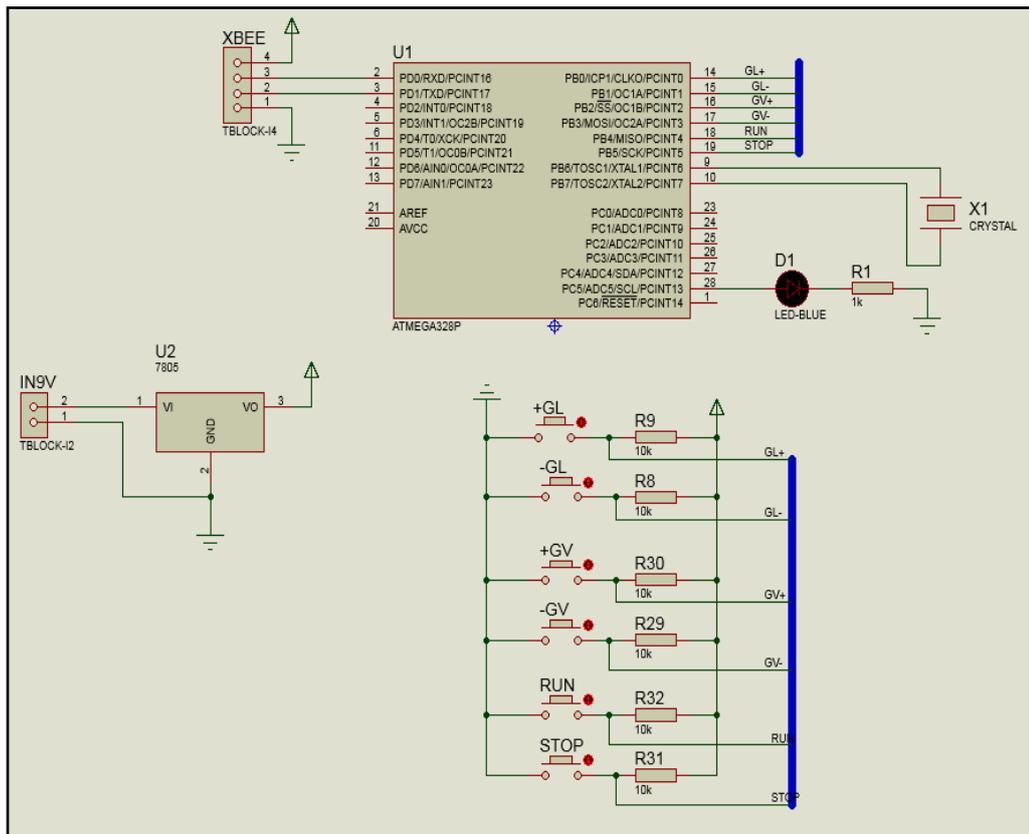


Figura 39. Vista de circuito, captura del programa proteus

## Elaboración de tarjetas electrónicas

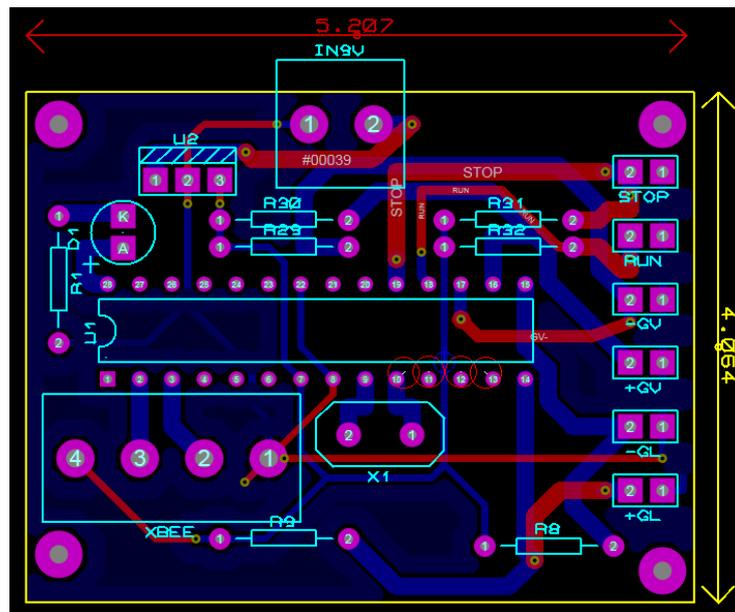


Figura 40. Modelo de tarjeta en programa proteus 8

## Elaboración de Control Manual

A continuación se evidencia la realización del control manual, es decir con conexión directa con cables que controlara el marcador digital con las operaciones descritas anteriormente en caso de que el control inalámbrico falle.

## Diseño de caja de plástico

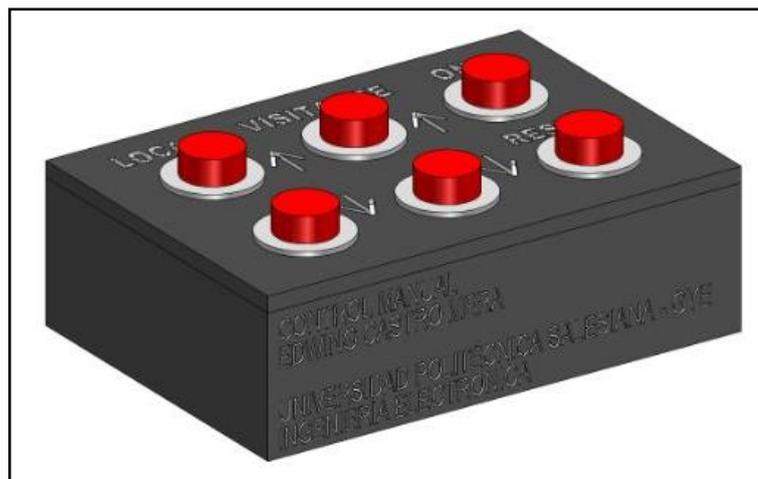


Figura 41. Vista de bosquejo de caja de plástico diseñada en 3D

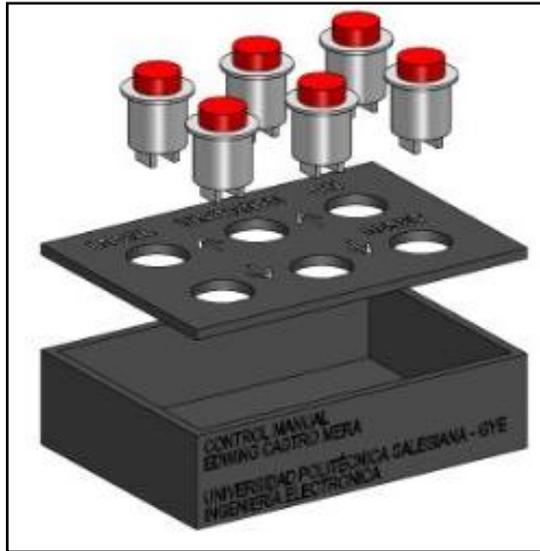


Figura 42. Vista de despiece de la caja de plástico diseñada en 3D



Figura 43. Caja de control manual final

### 3.3. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

#### Cálculos de dimensionamiento

Para estimar las características de los elementos que conforman el sistema solar, se realizó previamente cálculos básicos escogidos de libros guías y de páginas de internet especializadas en estos sistemas

Tabla 4. Potencia de la Placa

Desarrollo del Cálculo de Potencia de la Placa				
Potencia = V * I	V =	5	I =	2,9
P =	14.35 W			

Nota: Se puede observar las fórmulas empleadas para el cálculo de la potencia de la placa.

Tabla 5. Dimensionamiento de Corriente Continua

Receptores de corriente continua				
Tipo de Receptor	Nº Unidades	Potencia (W) P	Horas de funcionamiento Diario (h.)	Energía E = N*P*Horas (Wh)
Sistema	1	14.35	10	143.5
Consumo total en cc (Wh) Ecc				144

Nota: El dimensionamiento de corriente continua se realiza para 1 sólo sistema

Una vez conocido el consumo de corriente continua se aplica un margen de seguridad del 15%.

Tabla 6. Cálculo del Margen de Seguridad

Factor de Corrección de Corriente Continua		
Consumo corriente continua $E'_{cc}=(1+F_s)*E_{cc}$	166.75	Wh/dia
Tensión Nominal 5V	5	V
Potencia pico del panel	50	W

Nota: Se realizó un cálculo extra de un margen de error para asegurar aún más el sistema.

### Promedio de irradiación solar

Se estima el promedio de energía de la irradiación solar que recae en un metro cuadrado en la superficie ubicada en el sitio de instalación de los paneles, con la orientación e inclinación de los mismos.

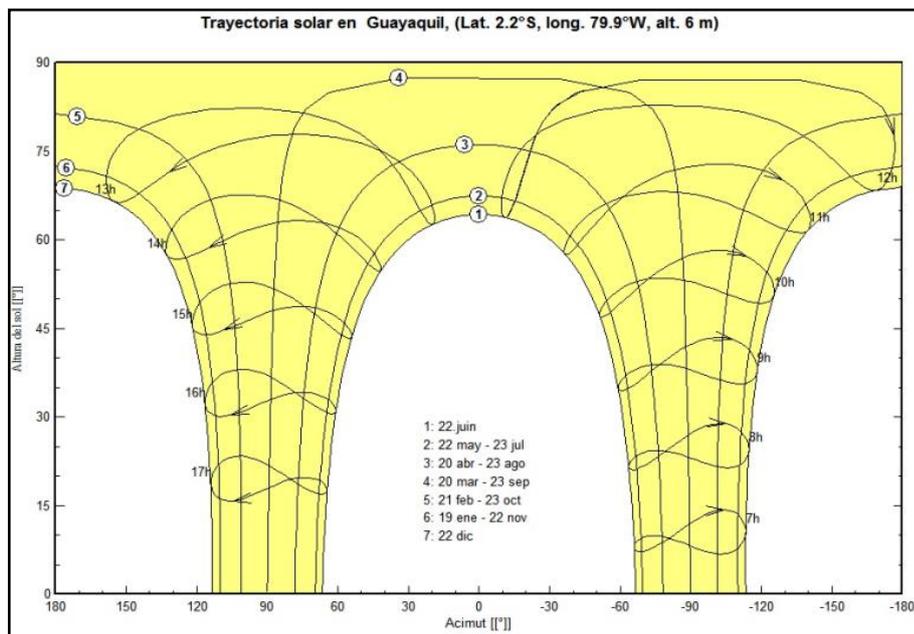


Figura 44. Trayectoria solar en Guayaquil, captura de programa PVsyst V3.34  
Fuente: PVsyst V3.34, 2015

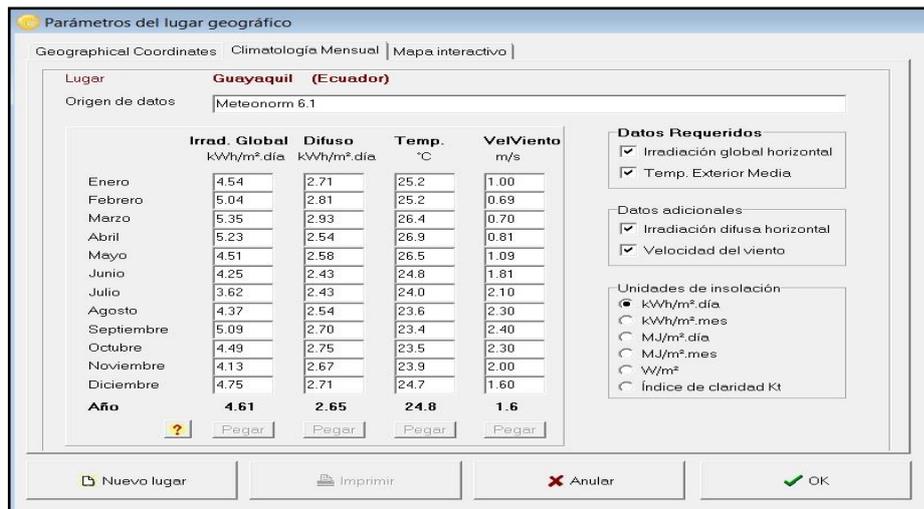


Figura 45. Parámetros del lugar geográfico, captura de programa PVsyst V3.34  
Fuente: PVsyst V3.34, 2015

En las figuras expuestas dentro de este literal, muestran los valores obtenidos del programa PVsyst V6.34 de prueba y actualizado al 6 de febrero del 2015, este programa es descargado de la página [www.pvsyst.com](http://www.pvsyst.com) y con su base de datos se obtuvieron los siguientes valores.

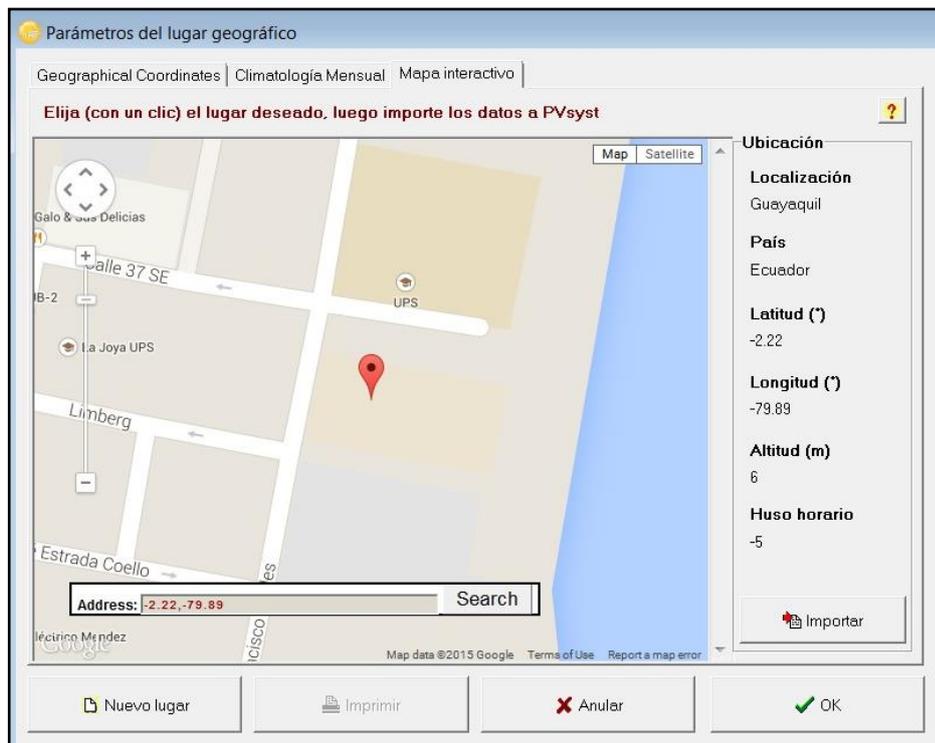


Figura 46. Parámetros del lugar geográfico en mapa, captura de programa PVsyst V3.34  
Fuente: PVsyst V3.34, 2015

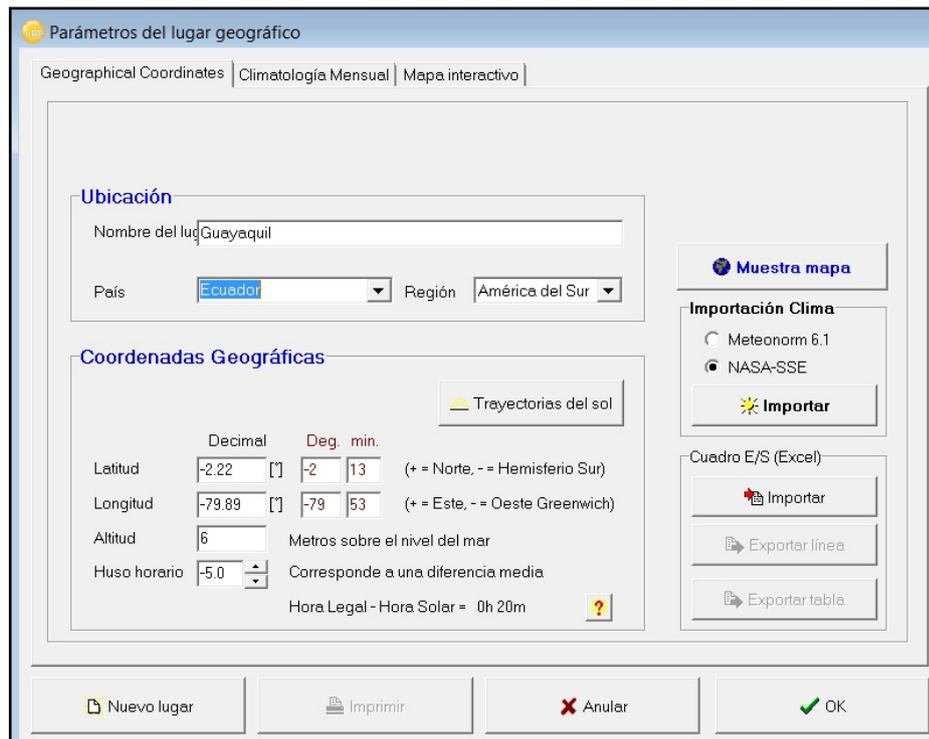


Figura 47. Parámetros del lugar geográfico en coordenadas, captura de programa PVsyst V3.34  
Fuente: PVsyst V3.34, 2015

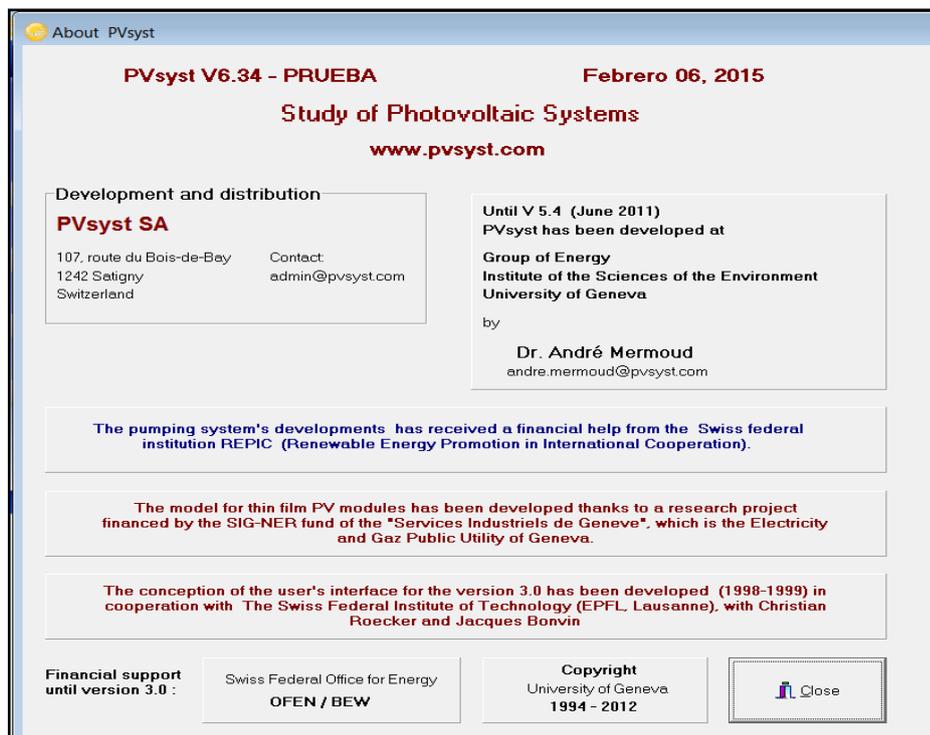


Figura 48. Captura del programa PVsyst V3.34  
Fuente: PVsyst V3.34, 2015

Una vez obtenido el promedio de energía, determinamos el peor mes “Hs”, calculándolo el cociente entre el consumo medio total de energía diario y el

promedio de radiación diaria utilizable. Al determinar el mes más desfavorable en este caso Julio, este será el indicado para saber los módulos que se necesitaran y las baterías. El panel utilizado en este trabajo tiene una tensión nominal de 5 V y potencia pico “Pmod” de 50 W. Para calcular la energía total producida por un panel en un día, se emplea la siguiente fórmula:

Ecuación 1. Energía total producida por un panel

$$Hs \times Pmod = \left( \frac{Kwh}{m^2} \text{ día } wp \right)$$

$$Hs \times Pmod = (3.62 \text{ día} \times 50)$$

$$Hs \times Pmod = 181 \frac{wh}{\text{día}}$$

Para calcular el número de paneles necesarios aplicamos lo siguiente:

Ecuación 2. Números de módulos necesarios

$$E_{acu} = 1.1 \times \frac{Eelec \left( \frac{wh}{\text{día}} \right)}{Hs \left( \frac{Hwh}{m^2} \text{ día} \right) \times Pmod (wp)}$$

$$N \text{ módulos} = 1$$

Para el dimensionado de las baterías tendremos claros los siguientes parámetros:

*Pd max*: Profundidad máxima de descarga. Esta se expresa en tanto por uno; en las baterías de plomo ácido esta entre los 0.6 y 0.8 y en las de NI/Cd = 1.

La energía que almacenarán las baterías  $E_{acu}$ , luego de agregar el factor de corrección es:

Ecuación 3. Dimensionamiento del sistema de acumulación

$$E_{acu} = \frac{1.1 \times Nd (\text{días autonomía}) \times Eelec \left( \frac{wh}{\text{día}} \right)}{PDmax}$$

$$E_{acu} = 455.71 \text{ Wh}$$

Y la capacidad necesaria será:

Ecuación 4. Capacidad necesaria

$$CT (Ah) = \frac{E_{acu} (Wh)}{Vacu (Voltaje baterías)}$$

$$CT(Ah) = 37.97 \text{ Ah}$$

Como siguiente paso dimensionamos el regulador, teniendo en consideración el voltaje nominal de la instalación que es de 5 V junto con la intensidad de corriente necesaria para abastecer el campo fotovoltaico, tomando en cuenta los aumentos de intensidades y tensiones otorgadas por el módulo, aplicamos un coeficiente de corrección:

Ecuación 5. Corriente de regulador

$$I_{regulador} = 1.25 \times I_{sc} \text{ módulo} \times n_{módulos}$$

$$I_{regulador} = 1.25 \times 3.12 \times 1 = 3.9A$$

En resumen para que el sistema funcione 2 días con 10 horas de trabajo cada uno de autonomía, se instalara 1 módulo de 50W de potencia, un juego de baterías de 48Ah (4 unidades), regulador de 10 A.

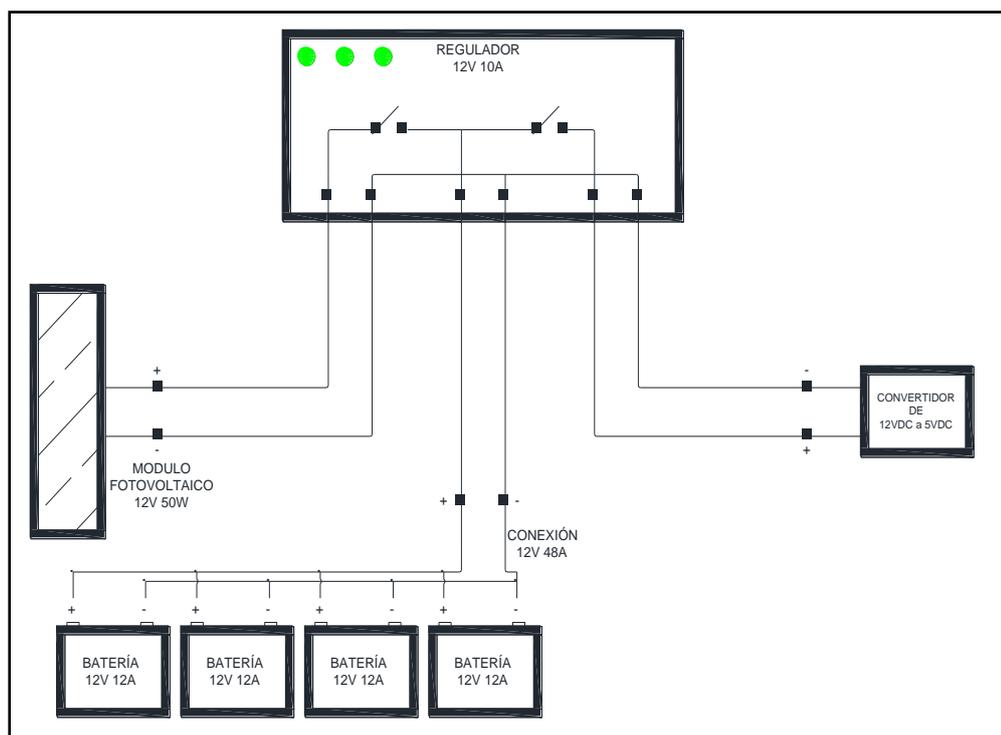


Figura 49. Esquema de conexión del sistema solar



Figura 50. Pruebas iniciales de sistema solar, panel solar



Figura 51. Pruebas iniciales de sistema solar, regulador



Figura 52. Pruebas iniciales de sistema solar, baterías



Figura 53 Pruebas iniciales del sistema fotovoltaico completo

### 3.4. DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL TABLERO METÁLICO

#### 3.4.1. DISEÑO DEL TABLERO METÁLICO

Una vez terminada las placas de LEDs, se procedió a diseñar un tablero que aloje los equipos respectivos. En las siguientes figuras se evidencia el proceso de diseño hasta su implementación.

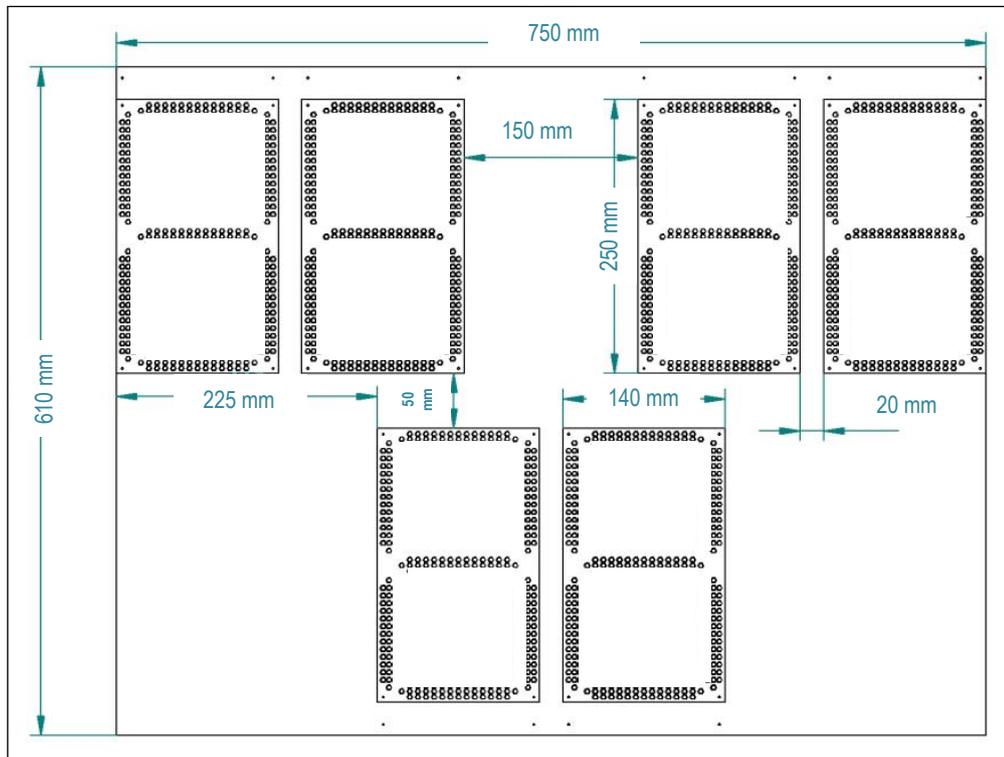


Figura 54. Vista del conjunto de placas con diodos LEDs

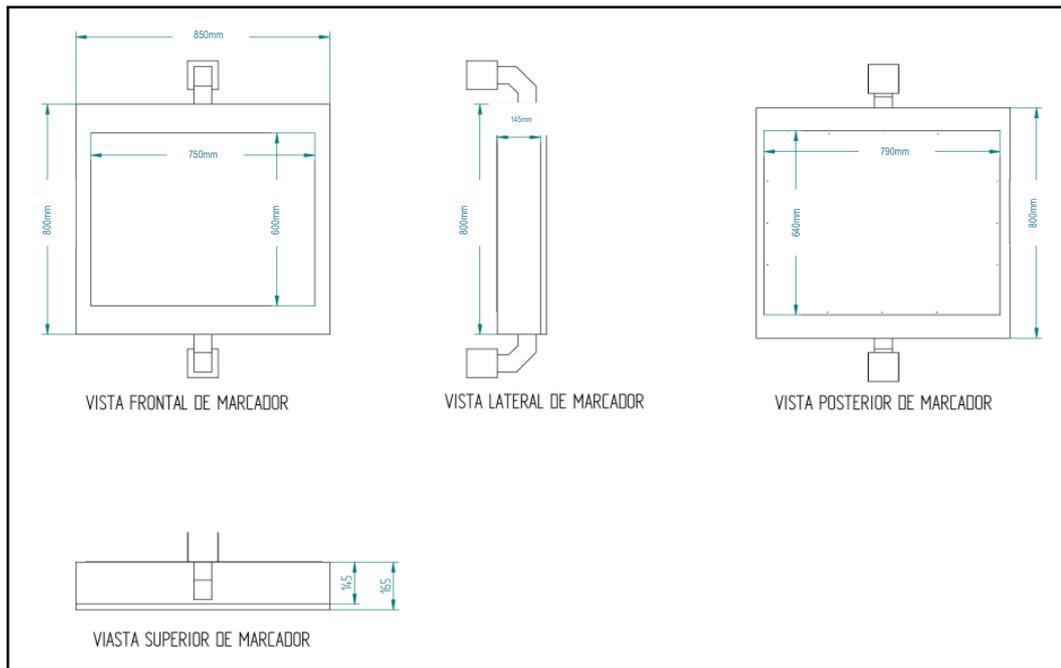


Figura 55. Vista frontal, lateral y posterior

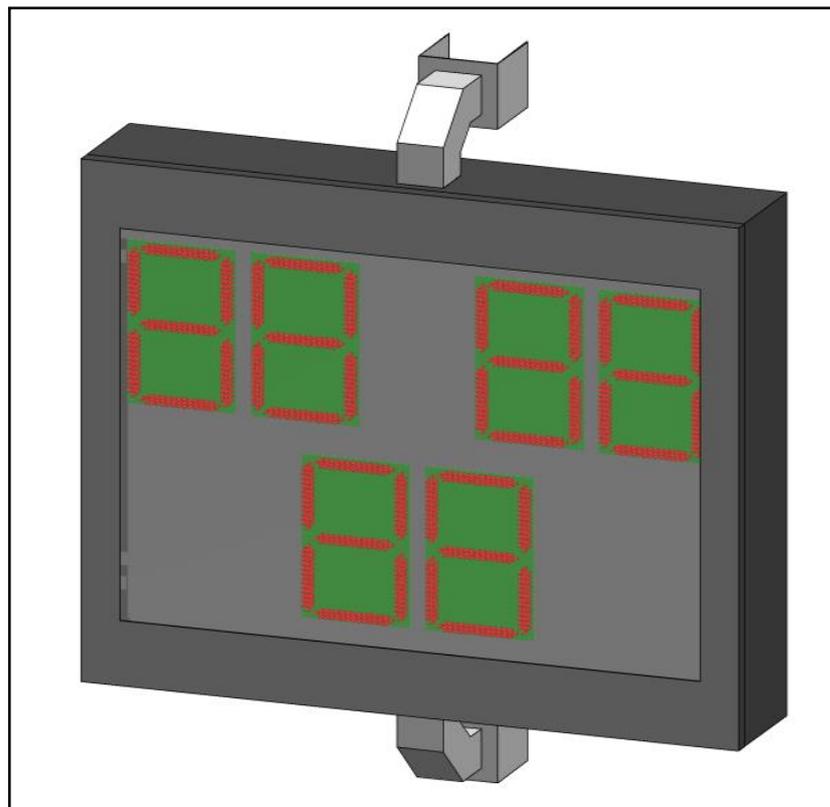


Figura 56. Diseño de Caja vista isométrica

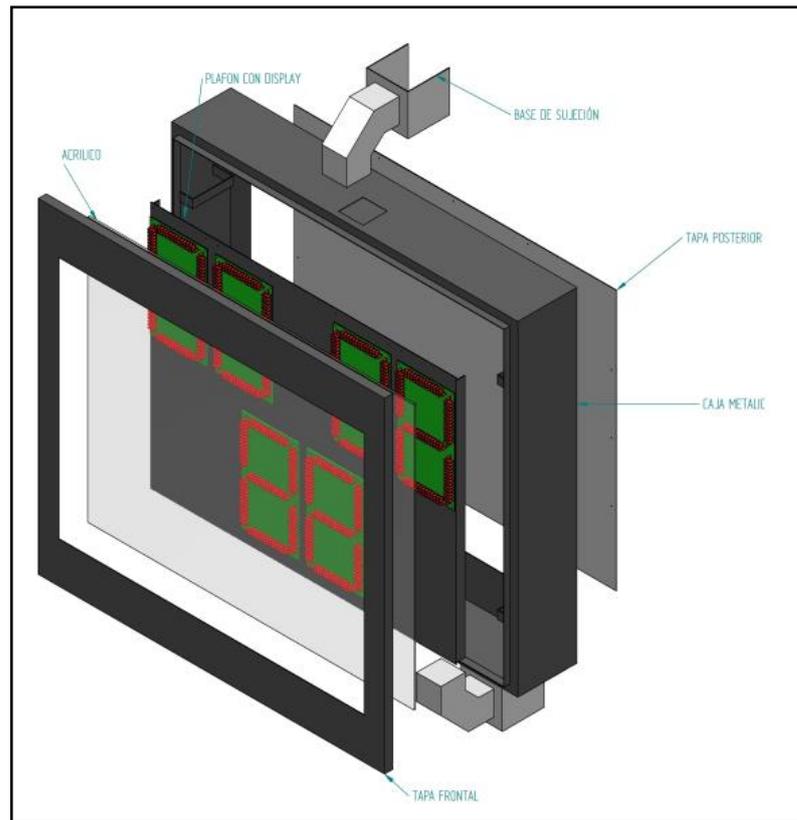


Figura 57. Vista de partes del tablero

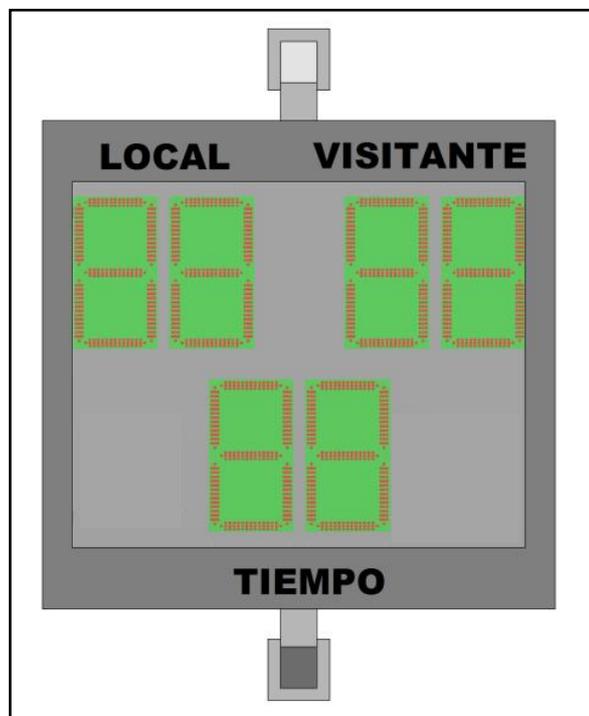


Figura 58. Vista final del marcador

### 3.4.2. CONSTRUCCIÓN DE TABLERO METÁLICO

La estructura del marcador está construido en plancha de hierro negro de 3 mm de espesor; este material es sometido a tratamiento químico de limpieza por inmersión en caliente (desoxidado, desengrasado, fosfatizado) con aplicación de pintura en polvo electrostática epoxi-poliéster horneable color negro mate.

El marcador tiene una dos entradas, o dos tapas, una frontal y posterior que permite dar acceso y seguridad a los equipos que van a estar instalados. Las dimensiones del tablero son de 80 x 85 x 15 cm (ancho x altura x profundidad); se ha procurado mantener un IP 54; este grado de protección se refiere a los estándares de fabricación en donde su primer dígito 5 significa protegido contra polvo sin sedimentos y el dígito 4 nos indica la protección contra rocíos directos en todas las direcciones de agua, entrada limitada permitida.

### 3.5. DIAGRAMAS DE CONVERTIDOR DE VOLTAJE

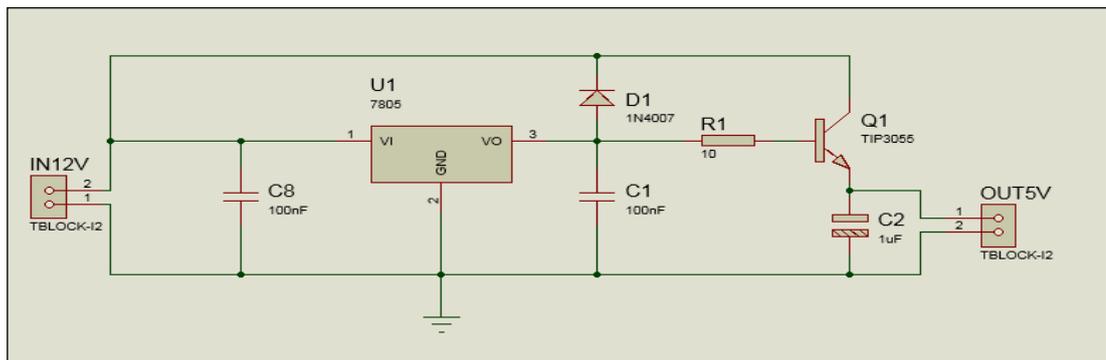


Figura 59. Circuito de fuente de voltaje 12V a 5V 1 amperios

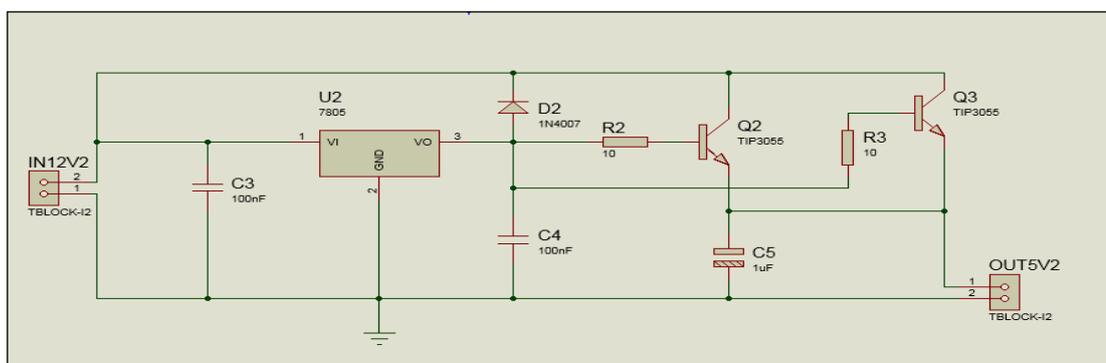


Figura 60. Circuito de fuente de voltaje 12V a 5V 3 amperios

### 3.6. ESQUEMA DEL SISTEMA EN GENERAL

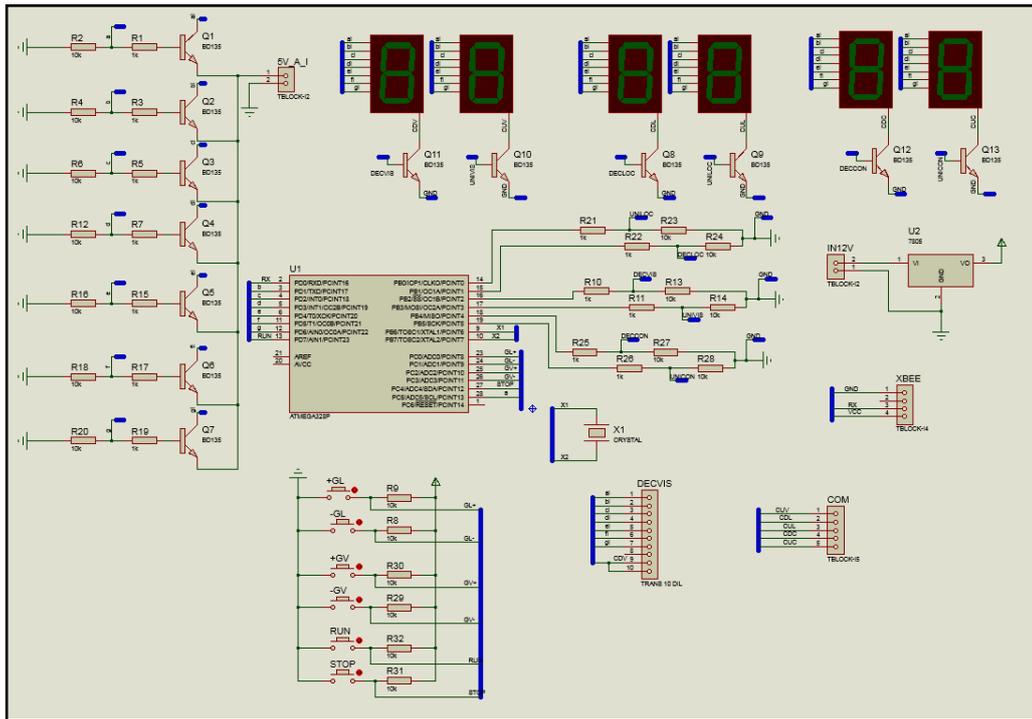


Figura 61. Vista de simulación del proyecto

### 3.7. SISTEMA REAL UBICADO EN SITIO



Figura 62. Puesta de panel solar

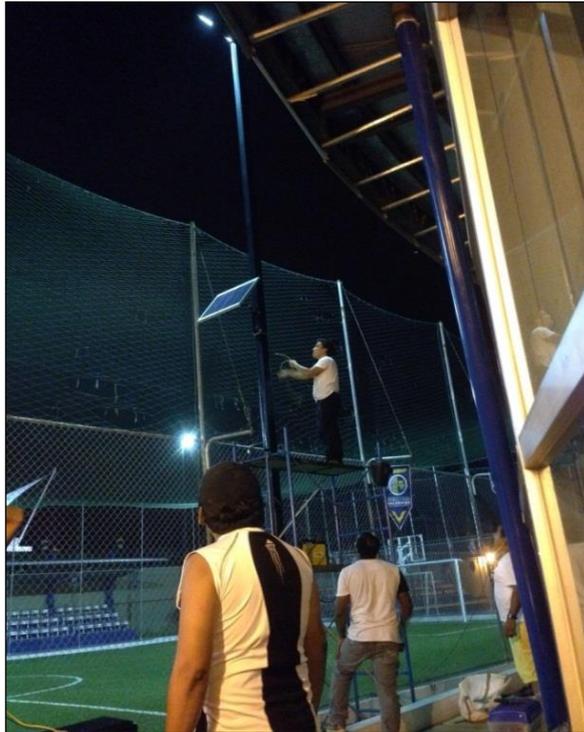


Figura 63. Conexión de panel solar



Figura 64. Pruebas de funcionamiento del marcador

## CONCLUSIONES

- Se estableció el sistema de comunicación inalámbrica para la transmisión de datos hacia el marcador digital de campo; se realizó la programación de los XBEE tanto emisor como receptor.
- Los dimensionamientos del panel fotovoltaico, batería y regulador se realizaron en base a la demanda del sistema; una vez analizados los gráficos de insolación global en la Provincia del Guayas y tomando como referencia el mes de menor impacto solar se concluye que para que el sistema funcione en dos días de autonomía de invierno se instaló 1 módulo de 50W de potencia, un arreglo de baterías de 48Ah, regulador de 10A.
- Se comprobó que la caja del marcador digital de campo puede estar en cualquier tipo de ambiente sin perjudicar el circuito interno.
- El tablero cuenta con diagramas electrónicos del sistema para facilitar la manipulación del mismo.

## **RECOMENDACIONES**

- El marcador digital de campo deberá recibir mantenimiento periódico cada tres meses para mantener el sistema en óptimo funcionamiento.
- Durante el mantenimiento tratar de que las placas no reciban golpes, ya que afectarían al sistema.
- La adecuada manipulación del control inalámbrico influirá en el tiempo de eficiencia y duración del mismo.
- Las personas que realicen el mantenimiento deberán tener conocimientos electrónicos para su adecuada manipulación.

## CRONOGRAMA

Tabla 7. Cronograma del Proyecto

ID	NOMBRE DE TAREA	DURACIÓN	INICIO	FIN
1	<b>Cronograma de actividades</b>	<b>Días</b>		
2	Lista de dispositivos a utilizar	5	29/08/2014	03/09/2014
3	Compra de equipos inalámbricos	5	03/09/2014	08/09/2014
4	Realización de diseño de placas con diodos leds	15	08/09/2014	23/09/2014
5	Prueba y cálculos preliminares de placas con diodo leds	5	23/09/2014	28/09/2014
6	Esquema de circuito electrónico de microcontrolador	30	28/09/2014	28/10/2014
7	Elaboración de listado de equipos a utilizarse en circuito electrónico	3	28/10/2014	31/10/2014
8	Configuración de dispositivos inalámbricos	10	31/10/2014	10/11/2014
9	Configuración de microcontrolador	25	10/11/2014	05/12/2014
10	Pruebas de esquema preliminar	5	05/12/2014	10/12/2014
11	Corrección de fallas en circuitos	5	10/12/2014	15/12/2014
12	Dimensionamiento de sistema solar	5	15/12/2014	20/12/2014
13	Realización de cálculos de sistema solar	5	20/12/2014	25/12/2014
14	Compra de equipos para sistema solar	10	25/12/2014	04/01/2015
15	Diseño de tablero metálico	5	04/01/2015	09/01/2015
16	Montaje de circuitos eléctricos en tablero	4	09/01/2015	13/01/2015
17	Visita de Tutor de tesis	1	13/01/2015	14/01/2015
18	Prueba preliminar de sistema solar con equipos electrónicos	5	14/01/2015	19/01/2015
19	Coordinación para montaje de tablero	1	19/01/2015	20/01/2015
20	Realización de escrito de capítulos	60	20/01/2015	21/03/2015
21	Montaje de marcador electrónico	3	21/03/2015	24/03/2015
22	Impresión de borrador de escrito de tesis	1	24/03/2015	25/03/2015
23	Entrega final de marcador digital de campo	1	25/03/2015	26/03/2015

Nota: Cronograma con tiempos reales de elaboración del proyecto.

## PRESUPUESTO

Tabla 8. Listado de Materiales y Presupuesto Estimado

ITEM	NOMBRE	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Display 139*250 mm	6	40	240
2	Led de Alta potencia	7	45	315
	Header, 5-Pin, Dual row (2)			
	Resistencias de 1k(105)			
3	Antena 2,4 Ghz para Xbee	2	10	20
4	Xbee 2,4 Ghz rpsma	2	50	100
5	Módulo Xbee - Usb	1	22	22
6	Panel solar	1	300	300
7	Regulador	1	35	35
8	Batería	1	50	50
9	Tablero	1	100	100
10	Pic	2	10	20
11	Tarjetas electrónicas	6	30	180
				1382 USD

Nota: El presupuesto estimado fue cubierto por el autor en su totalidad.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez Hernández, O., Montaña Peralta, T., & Maldonado Correa, J. (2014). La radiación solar global en la provincia de Loja, evaluación preliminar utilizando en método de Hottel. *Ingenius*, 68.
2. Caprile, S. (2009). *Equisbí: Desarrollo de Aplicaciones con Comunicación Remotas Basadas en Módulos Zigbee y 802.15.4*. Buenos Aires: Gran Aldea.
3. CONELEC. (Agosto de 2008). *Consejo Nacional de Electricidad*. Recuperado el 19 de Enero de 2015, de Consejo Nacional de Electricidad: [http://www.conelec.gob.ec/archivos\\_articulo/Atlas.pdf](http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf)
4. DForce. (21 de Febrero de 2011). *Mundo Solar*. Obtenido de <http://www.dforcesolar.com/energia-solar/como-construir-paneles-solares/>
5. Fernández Barrera, M. (2010). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid: Liberfactory.
6. Gago, A., & Fraile, J. (2012). *Iluminación con Tecnología LEDS*. Madrid: Nobel.
7. Lindsell, D. (2 de Enero de 2015). *Solar-Facts*. Obtenido de <http://www.solar-facts.com/panels/panel-types.php>
8. Luna Sánchez, L., García Fernández, J., Blaise-Ombrecht, C., García Marí, E., Gutiérrez Colomer, R., Gutiérrez Montes, J., y otros. (2008). *Instalaciones eléctricas d ebaja tensión en el sector agrario y agroalimentario*. Madrid: Mundi-Prensa.
9. Méndez Muñíz, J., & Cuervo García, R. (2007). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid: Fundación CONFEMETAL.
10. Muñoz Rodríguez, D. (2002). *Sistemas Inalámbricas de Comunicación Personal*. México: Marcombo/Alfaomega.

11. Oyarce, A., Aguayo, P., & Martín, E. (17 de Julio de 2010). *Guía del Usuario Xbee Series 1*. Obtenido de Ingeniería MCI LTDA.: [www.olimex.cl/pdf/Wireless/ZigBee/XBee-Guia\\_Usuuario.pdf](http://www.olimex.cl/pdf/Wireless/ZigBee/XBee-Guia_Usuuario.pdf)
12. Rufes Martínez, P. (2010). *Energía Solar Térmica: Técnicas Para Su Aprovechamiento*. Barcelona: Marcombo.
13. SIEMENS. (2015). *SIEMENS*. Obtenido de SIEMENS: [http://www.plm.automation.siemens.com/es\\_mx/products/solid-edge/design/](http://www.plm.automation.siemens.com/es_mx/products/solid-edge/design/)
14. Thayer Ojeda, L. (23 de Febrero de 2013). *Módulos de Transmisión Inalámbrica*. Obtenido de <http://www.xbee.cl/index.html>
15. Tijerino Vargas, A. L. (3 de marzo de 2012). *Curso PIC MikroBasic*. Obtenido de Introducción a MikroBasic: <https://sites.google.com/site/cursopicmikrobasic/system/app/pages/recentChanges>
16. USERS, R. (28 de Enero de 2014). *REDUSERS*. Obtenido de REDUSERS: <http://img.redusers.com/imagenes/ebook/lpcu239/notagratis.pdf>
17. Verle, M. (2010). *PIC Microcontroladores - Programación en Básico*. Mikro Elektronika.

## ANEXOS

### 1. CONFIGURACIÓN DE MÓDULOS XBEE

```
SYMBOL SL1= PORTB.4
SYMBOL BL1= PORTB.5
SYMBOL VL1= PORTB.6
SYMBOL BVL1= PORTB.7
SYMBOL RESET=PORTB.3
' Declarations section
main:
OSCCON=0X75
OPTION_REG = %10000110
INTCON=0
PIE1=0
PIE2=0
TRISA = %00000000
PORTA = %00000000
TRISB = %11110000
PORTB = %00000000
TRISC = %00000000
PORTC = %00000000
ANSEL = 0X00 ' AN<7:0>
ANSELH = 0X00 ' AN<13:8>
delay_ms(100)
UART1_Init(9600)
while(1)
IF (SL1=0) THEN
UART1_Write(0x41)
ELSE IF (BL1=0) THEN
UART1_Write(0x53)
ELSE IF (VL1=0) THEN
UART1_Write(0x44)
ELSE IF (BVL1=0) THEN
UART1_Write(0x46)
ELSE IF (RESET=0) THEN
UART1_Write(0x61)
END IF
END IF
END IF
END IF
end
end.
```

### 2. CONFIGURACIÓN DEL MICROCONTROLADOR

```
SYMBOL DE1= PORTA.0
SYMBOL UN1=PORTA.1
SYMBOL D2= PORTA.2
```

```

SYMBOL U2=PORTA.3
DIM VALOR AS BYTE
DIM UNIDAD,DECENA,VALOR1,UNIDAD1,DECENA1,X,Y AS BYTE
constnumeros as byte[10] = (%01000000, %11111001, %10100100, %10110000,
%10011001, %10010010, %10000010, %11111000, %10000000, %10010000)
const numeros1 as byte[10] = (%01000000, %11111001, %10100100, %10110000,
%10011001, %10010010, %10000010, %11111000, %10000000, %10010000)
' Declarations section
DIM DATO AS CHAR
main:
' Main program
OSCCON=0X75
OPTION_REG = %10000110
INTCON=0
TRISA = %00000000
PORTA = %00000000
TRISD = %00000000
PORTD = %00000000
TRISB = %00000000
PORTB = %00000000
TRISC = %10000000
PORTC = %00000000
ANSEL = 0X00 ' AN<7:0>
ANSELH = 0X00 ' AN<13:8>
delay_ms(100)
UART1_Init(9600)
VALOR=0
UNIDAD = VALOR / 10
DECENA= VALOR-(UNIDAD*10)
PORTB=numeros[UNIDAD]
UN1 = 1
delay_ms(1)
UN1=0
delay_ms(1)
PORTB=numeros[DECENA]
DE1=1
delay_ms(1)
DE1=0
delay_ms(1)
VALOR1=0
UNIDAD1 = VALOR1 / 10
DECENA1= VALOR1-(UNIDAD1*10)
PORTD=numeros1[UNIDAD1]
U2 = 1
delay_ms(1)
U2=0
delay_ms(1)
PORTD=numeros1[DECENA1]
D2=1

```

```

delay_ms(1)
D2=0
delay_ms(1)
delay_ms(500)
WHILE(1)
IF (UART1_Data_Ready())THEN
DATO = UART1_Read()
'delay_ms(100)
IF (DATO=0x041)THEN' SUMA  MARCADOR 1
VALOR=VALOR +1
UNIDAD = VALOR / 10
DECENA= VALOR-(UNIDAD*10)
PORTB=numeros[UNIDAD]
UN1 = 1
delay_ms(1)
UN1=0
delay_ms(1)
PORTB=numeros[DECENA]
DE1=1
delay_ms(1)
DE1=0
delay_ms(1)
for y =0 to 3
for x =0 to 10
'PALABRA GOOL
PORTB=%10000010
PORTD=%01000000
UN1 = 1
U2=1
delay_ms(5)
UN1=0
U2=0
delay_ms(5)

PORTB=%01000000
PORTD=%11000111
DE1=1
D2=1
delay_ms(5)
DE1=0
D2=0
delay_ms(5)
delay_ms(10)
next X
delay_ms(100)
next y
END IF
IF (DATO=0x53)THEN' RESTA  MARCADOR 1
VALOR=VALOR-1

```

```

UNIDAD = VALOR / 10
DECENA= VALOR-(UNIDAD*10)
PORTB=numeros[UNIDAD]
UN1 = 1
delay_ms(1)
UN1=0
delay_ms(1)
PORTB=numeros[DECENA]
DE1=1
delay_ms(1)
DE1=0
delay_ms(1)
IF VALOR=0 THEN
UNIDAD = VALOR / 10
DECENA= VALOR-(UNIDAD*10)
PORTB=numeros[UNIDAD]
UN1 = 1
delay_ms(1)
UN1=0
delay_ms(1)
PORTB=numeros[DECENA]
DE1=1
delay_ms(1)
DE1=0
delay_ms(1)
END IF
END IF
IF (DATO=0x061) THEN 'RESET
VALOR=0
UNIDAD = VALOR / 10
DECENA= VALOR-(UNIDAD*10)
PORTB=numeros[UNIDAD]
UN1 = 1
delay_ms(1)
UN1=0
delay_ms(1)
PORTB=numeros[DECENA]
DE1=1
delay_ms(1)
DE1=0
delay_ms(1)
VALOR1=0
UNIDAD1 = VALOR1 / 10
DECENA1= VALOR1-(UNIDAD1*10)
PORTD=numeros1[UNIDAD1]
U2 = 1
delay_ms(1)
U2=0
delay_ms(1)

```

```

PORTD=numeros1[DECENA1]
D2=1
delay_ms(1)
D2=0
delay_ms(1)
END IF
IF (DATO=0x044)THEN' SUMA  MARCADOR 2
VALOR1=VALOR1 +1
UNIDAD1 = VALOR1 / 10
DECENA1= VALOR1-(UNIDAD1*10)
PORTD=numeros1[UNIDAD1]
U2 = 1
delay_ms(1)
U2=0
delay_ms(1)
PORTD=numeros1[DECENA1]
D2=1
delay_ms(1)
D2=0
delay_ms(1)
for y =0 to 3
for x =0 to 10
'PALABRA GOOL
PORTB=%10000010
PORTD=%01000000
UN1 = 1
U2=1
delay_ms(5)
UN1=0
U2=0
delay_ms(5)
PORTB=%01000000
PORTD=%11000111
DE1=1
D2=1
delay_ms(5)
DE1=0
D2=0
delay_ms(5)
delay_ms(10)
next X
delay_ms(100)
next y
END IF
IF(DATO=0X46)THEN 'RESTA MARCADOR 2
VALOR1=VALOR1 -1
UNIDAD1 = VALOR1 / 10
DECENA1= VALOR1-(UNIDAD1*10)
PORTD=numeros1[UNIDAD1]

```

```

U2 = 1
delay_ms(1)
U2=0
delay_ms(1)
PORTD=numeros1[DECENA1]
D2=1
delay_ms(1)
D2=0
delay_ms(1)
END IF
END IF
IF (UART1_Data_Ready()==0)THEN
UNIDAD = VALOR / 10
DECENA= VALOR-(UNIDAD*10)
PORTB=numeros[UNIDAD]
UN1 = 1
delay_ms(1)
UN1=0
delay_ms(1)
PORTB=numeros[DECENA]
DE1=1
delay_ms(1)
DE1=0
delay_ms(1)
UNIDAD1 = VALOR1 / 10
DECENA1= VALOR1-(UNIDAD1*10)
PORTD=numeros1[UNIDAD1]
U2 = 1
delay_ms(1)
U2=0
delay_ms(1)
PORTD=numeros1[DECENA1]
D2=1
delay_ms(1)
D2=0
delay_ms(1)
END IF
WEND
end.

```