



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

**“CONTROL Y MONITOREO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN
DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON PANELES SOLARES PARA EL
ALUMBRADO PÚBLICO EN LA FACULTAD DE INFORMÁTICA
Y ELECTRÓNICA”**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

AUTORES: ALEX BOLÍVAR LLAMUCA LANDA
ALEX XAVIER CAISAGUANO MOREANO

TUTOR: Dr. JOSÉ RIGOBERTO MUÑOZ C.

Riobamba-Ecuador

2016

©2016, Alex Bolívar Llamuca Landa, Alex Xavier Caisaguano Moreano.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el

Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: “CONTROL Y MONITOREO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON PANELES SOLARES PARA EL ALUMBRADO PÚBLICO EN LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA”, de responsabilidad de los señores Alex Bolívar Llamuca Landa y Alex Xavier Caisaguano Moreano, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, quedando autorizados su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna E. DECANO FIE	-----	-----
Ing. Freddy Chávez V. DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES	-----	-----
Dr. José Muñoz C. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	-----	-----
Ing. Wilson Zúñiga V. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	-----	-----
NOTA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	-----	

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

Nosotros, ALEX BOLÍVAR LLAMUCA LANDA y ALEX XAVIER CAISAGUANO MOREANO, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Alex Bolívar Llamuca Landa

Alex Xavier Caisaguano Moreano

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por permitirme vivir y saberme guiar por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante cada día y poder cumplir con uno más de mis objetivos el llegar a ser un profesional. A mis padres por brindarme su amor, consejos, comprensión, ayuda incondicional en los momentos difíciles. A mi familia por estar siempre ahí apoyándome en cada decisión en el transcurso de mi carrera Universitaria.

Alex Bolívar

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que estuvieron junto a mí guiándome por el camino del bien, a mis tíos Franklin, Nancy, Patricio y a mis abuelitos quienes me apoyaron en todo momento con sus consejos, a mis hermanos por los ánimos que me brindaron en los momentos difíciles, en especial a mi madre Luzmila con el esfuerzo de su trabajo me ayudó a salir adelante en mi carrera Universitaria.

Alex Xavier

AGRADECIMIENTO

Agradeciendo a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por ofrecernos la oportunidad de formar parte de esta prestigiosa institución, a la Facultad de Informática y Electrónica y a la vez al Centro de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente-EsPOCH por permitirnos la implementación del desarrollo del Trabajo de Titulación adquiriendo nuevos conocimientos para cumplir los objetivos propuestos.

Alex Bolívar y Alex Xavier

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ACRÓNIMO	DESCRIPCIÓN
A	Amperios
Ah	Amperios hora
AWG	American wire gauge
CM	Centímetros
Em	Nivel de iluminación
Fm	Factor de mantenimiento
Ge	Germanio
G	Gramo
Hp	Horse power
HMI	Human-Machine Interface
HPS	Horas diarias de luz solar
Imp	Corriente máxima pico
Isc	Corriente de cortocircuito
kW/m²	Kilo vatio metro cuadrado
kg	Kilogramo
L	Latitud
M	Metro
mA	Miliamperios
m²	Metro cuadrado
N	Factor de utilización
Nm	Newton metro
RPM	Revolución por minuto
Si	Silicio
V	Voltios

VDC	Voltaje de corriente directa
Voc	Voltaje de circuito abierto
Vmp	Voltaje máximo pico
W	Watt o vatio
Wh/día	Vatio hora día
Wp	Vatio pico

TABLA DE CONTENIDOS

	Páginas
PORTADA	
DERECHO DE AUTOR.....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	vii
TABLA DE CONTENIDO	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
INDICE DE ECUACIONES.....	xvi
INDICE DE ANEXOS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
SUMMARY.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	6
1.1. La Energía Solar.....	6
1.2. Paneles Solares.....	6
1.2.1. Proceso de generación de energía eléctrica.....	6
1.2.2. Definición de célula fotovoltaica	7
1.2.3. Paneles Monocristalinos	7
1.2.3.1. Ventajas de los paneles monocristalinos.....	8
1.2.3.2. Desventajas de los paneles monocristalinos	8
1.2.4. Panel policristalino.....	8
1.2.4.1. Ventaja de un panel policristalino.....	9
1.2.4.2. Desventaja de un panel policristalino	9
1.2.5. Panel de silicio de amorfo	10
1.2.5.1. Ventajas de los paneles de silicio amorfo	10
1.2.5.2. Desventajas de los paneles de silicio amorfo.....	10

1.3.	Usos y aplicaciones de los Paneles solares	10
1.4.	Controlador de carga	11
1.5.	Batería Solar.....	11
1.5.1.	Baterías de plomo-ácido.....	12
1.6.	Luminaria led	13
1.7.	Radiación solar.....	14
1.7.1.	Radiación directa.....	14
1.7.2.	Radiación difusa.....	14
1.7.3.	Radiación global	15
1.7.4.	Irradiancia	15
1.7.5.	Posición del sol	15
1.7.5.1.	Declinación solar (δ)	16
1.7.5.2.	Ángulo horario (w).....	16
1.7.5.3.	Ángulo acimutal.....	16
1.7.5.4.	Angulo cenital	16
1.7.5.5.	Altura solar.....	17
1.7.6.	Posicionamiento de los paneles solares.....	17
1.8.	Fusible.....	17
1.9.	Conductor eléctrico	18
1.10.	Relé	18
1.11.	Dispositivo Arduino	19
1.12.	Software Labview	19

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	21
2.1.	Sistema a implementar	21
2.2.	Sistema general	21
2.3.	Etapas del sistema de iluminación	22
2.4.	Diseño del plano a iluminar en software Dialux.....	23
2.5.	Dimensionamiento del sistema de alumbrado.....	24
2.5.1.	Cálculo del área.....	24
2.5.1.1.	Área de iluminación	24
2.5.2.	Cálculo del brazo para la luminaria	25
2.5.3.	Cálculo del alumbrado de exterior	28
2.5.3.1.	Nivel de iluminación (E_m).....	28
2.5.3.2.	Factor de mantenimiento.....	29

2.6.	Dimensionamiento del sistema de generación eléctrica.....	31
2.6.1.	Estimación del consumo	31
2.6.2.	Dimensionamiento del generador fotovoltaico	32
2.6.2.1.	Cálculo de número de horas diarias de luz solar	33
2.6.2.2.	Cálculo del consumo energético real	34
2.6.2.3.	Cálculo del número de paneles solares	35
2.6.3.	Dimensionamiento del sistema de acumulación	36
2.6.4.	Dimensionamiento del regulador	37
2.6.5.	Dimensionado del cableado	38
2.7.	Ángulo de inclinación y orientación de los paneles solares.....	42
2.7.1.	Orientación.....	42
2.7.2.	Inclinación.....	42
2.8.	Diseño de los planos eléctricos	44
2.9.	Diseño del tablero de control	45
2.10.	Circuitos de acondicionamiento.....	46
2.10.1.	Circuito de acondicionamiento acumulador.....	47
2.10.2.	Circuito de acondicionamiento panel.....	48
2.11.	Diseño de la placa electrónica.....	48
2.12.	Programación en Arduino	50
2.13.	Monitoreo en Labview	53
2.13.1.	Comunicación serial arduino-Labview	53
2.13.2.	Adquisición de datos del sistema	54
2.13.3.	Almacenamiento de datos	55
2.14.	Simulación de un seguidor solar en Labview.....	56
2.14.1.	Toolkit 3D	57
2.14.2.	Almacenamiento de datos de radiación, potencia, eficiencia y energía.....	57
2.14.2.1.	Declinación	58
2.14.2.2.	Altura	59
2.14.2.3.	Acimut.....	59
2.14.2.4.	Inclinación del panel	60
2.15.	Materiales para el seguidor solar.....	61
2.15.1.	Arduino	61
2.15.2.	Relevador	61
2.15.3.	Selección del motor.....	62
2.15.4.	Fuente de poder dc	64
2.15.5.	Eje	65
2.15.6.	Rodamientos de bolas	65

2.15.7.	Engranajes	65
---------	------------------	----

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	69
3.1.	Sistema de generación eléctrica	69
3.1.1.	Pruebas del sistema de alumbrado	69
3.1.2.	Pruebas del sistema de almacenamiento	70
3.2.	Sistema de monitoreo	70
3.2.1.	Análisis de datos de radiación.....	71
3.3.	Simulación en Labview.....	76
3.4.	Análisis de corrientes de los paneles solares.....	79
3.5.	Análisis de costos.....	80
3.6.	Resultados	80
	CONCLUSIONES.....	83
	RECOMENDACIONES.....	84
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXO	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Parámetros Técnicos Iluminación LED LU4	13
Tabla 2-1:	Ángulo de inclinación del panel solar de acuerdo a la posición geográfica	17
Tabla 1-2:	Especificaciones para diferentes tipos de brazos de iluminación de exterior	25
Tabla 2-2:	Niveles de iluminación	28
Tabla 3-2:	Factor de mantenimiento.	29
Tabla 4-2:	Dimensionamiento del consumo.	31
Tabla 5-2:	Datos de radiación.	33
Tabla 6-2:	Distancias del conductor para diferentes tramos del sistema.	38
Tabla 7-2:	Caídas de tensión por tramos.....	39
Tabla 8-2:	Calibres del cable del conductor.....	41
Tabla 9-2:	Simbología del plano eléctrico.	45
Tabla 10-2:	Elementos de control instalados en el tablero de control.	45
Tabla 11-2:	Lista de materiales.	68
Tabla 1-3:	Promedio diario de radiación.....	71
Tabla 2-3:	Radiación por hora semana 1	73
Tabla 3-3:	Radiación por hora semana 2	74
Tabla 4-3:	Radiación por hora semana 3	75
Tabla 5-3:	Datos de simulación del panel estático.....	77
Tabla 6-3:	Datos de simulación del panel móvil.....	77
Tabla 7-3:	Corrientes de los paneles.	79
Tabla 8-3:	Análisis de costos.	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Célula Fotovoltaica	7
Figura 2-1	Panel Monocristalino.....	8
Figura 3-1	Panel Policristalino.....	9
Figura 4-1	Controlador Morningstar.....	11
Figura 5-1	Batería Solar Ultracell.....	12
Figura 6-1	Luminaria led LU4.....	13
Figura 7-1	Componentes de radiación solar terrestre.	14
Figura 8-1	Coordenadas horizontales	15
Figura 9-1	Partes de un relé	18
Figura 10-1	Arduino Uno.....	19
Figura 1-2	Sistema de Control	21
Figura 2-2	Etapas del sistema.....	22
Figura 3-2	Plano del Área	23
Figura 4-2	Diseño del área a iluminar.....	23
Figura 5-2	Área real a iluminar.....	24
Figura 6-2	Distancia del brazo.....	26
Figura 7-2	Disposición unilateral de luminaria.....	27
Figura 8-2	Factor de utilización.....	27
Figura 9-2	Modelamiento 3D de la estructura.	43
Figura 10-2	Construcción de la estructura para los paneles solares.....	43
Figura 11-2	Estructura final para los paneles solares.....	44
Figura 12-2	Plano eléctrico.....	44
Figura 13-2	Caja eléctrica y tablero de control.....	46
Figura 14-2	Divisor de voltaje	47
Figura 15-2	Circuito pictórico del sistema de control.....	49
Figura 16-2	Circuito impreso del sistema de control.....	50
Figura 17-2	Comunicación serial.....	54
Figura 18-2	Adquisición de datos.....	55
Figura 19-2	Almacenamiento de datos.....	55
Figura 20-2	Sistema de monitoreo.....	56
Figura 21-2	Animación sol y paneles.....	57
Figura 22-2	Diagrama para obtener datos de radiación, potencia, eficiencia y energía.....	58
Figura 23-2	Cálculo de la declinación.....	59
Figura 24-2	Cálculo de la altura solar.....	59
Figura 25-2	Cálculo del acimut solar.....	60
Figura 26-2	Cálculo de la inclinación del panel.....	60
Figura 27-2	Motor MY1020Z Dayton.....	64
Figura 28-2	Características de un engranaje.....	65
Figura 1-3	Luminaria encendida.....	69
Figura 2-3	Área iluminada	70
Figura 3-3	Monitoreo de variables.....	71
Figura 4-3	Promedio diario de radiación	72
Figura 5-3	Promedio por hora de radiación semana 1	73
Figura 6-3	Promedio por hora de radiación semana 2	74
Figura 7-3	Promedio por hora de radiación semana 3	75
Figura 8-3	Simulación del movimiento del panel.....	76

Figura 9-3	Radiación solar panel estático versus panel móvil.....	78
Figura 10-3	Potencia panel estático versus panel móvil.....	79

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2-1	Área total a iluminar	24
Ecuación 2-2	Cálculo triángulo de la base x	26
Ecuación 2-3	Cálculo triángulo de la base y	26
Ecuación 2-4	Cálculo triángulo del soporte del brazo x1	26
Ecuación 2-5	Cálculo triángulo del soporte del brazo y1	26
Ecuación 2-6	Distancia para el cálculo de la disposición unilateral de luminaria	26
Ecuación 2-7	Altura total del brazo.....	26
Ecuación 2-8	Distancia 1 para la disposición unilateral de luminaria.....	27
Ecuación 2-9	Coficiente1 del ancho de la calle sobre la altura	27
Ecuación 2-10	Coficiente2 del ancho de la calle sobre la altura	28
Ecuación 2-11	Coficiente total del ancho de la calle sobre la altura	28
Ecuación 2-12	Iluminación media.....	29
Ecuación 2-13	Iluminación media.....	30
Ecuación 2-14	Cálculo del número de luminarias.....	30
Ecuación 2-15	Sumatoria de energía requerida total en dc.	31
Ecuación 2-16	Energía requerida de cada equipo en dc.....	32
Ecuación 2-17	Energía total del sistema dc.	32
Ecuación 2-18	Irradiancia.	33
Ecuación 2-19	Número de horas diarias de luz solar.	33
Ecuación 2-20	Parámetro de rendimiento global de la instalación fotovoltaica.	34
Ecuación 2-21	Energía real.	35
Ecuación 2-22	Número de paneles solares.....	35
Ecuación 2-23	Número de paneles en serie	35
Ecuación 2-24	Número de paneles en paralelo.	36
Ecuación 2-25	Calcular tamaño del acumulador.....	36
Ecuación 2-26	Capacidad del acumulador.	37
Ecuación 2-27	Número de acumuladores.....	37
Ecuación 2-28	Corriente de la capacidad del regulador.....	38
Ecuación 2-29	Resistividad del conductor.	38
Ecuación 2-30	Diferencia de potencial.	39
Ecuación 2-31	Corriente del conductor.....	39
Ecuación 2-32	Sección del conductor.	40
Ecuación 2-33	Diámetro del conductor.....	40
Ecuación 2-34	Divisor de voltaje V1.	47
Ecuación 2-35	Divisor de voltaje V2.	47
Ecuación 2-36	Declinación.	58
Ecuación 2-37	Altura.	59
Ecuación 2-38	Acimut.....	60
Ecuación 2-39	Inclinación del panel.	60
Ecuación 2-40	Momento de inercia total	62
Ecuación 2-41	Momento de inercia del panel.....	62
Ecuación 2-42	Momento de inercia de la estructura	62
Ecuación 2-43	Masa de la estructura.....	62
Ecuación 2-44	Volumen de la estructura	62
Ecuación 2-45	Torque total requerido.....	62
Ecuación 2-46	Carga inicial total	62

Ecuación 2-47	Cálculo de la potencia en Hp	62
Ecuación 2-48	Módulo	66
Ecuación 2-49	Diámetro primitivo.....	66
Ecuación 2-50	Diámetro primitivo.....	66
Ecuación 2-51	Paso circular	66
Ecuación 2-52	Altura del diente.....	66
Ecuación 2-53	Altura del pie del diente	66
Ecuación 2-54	Espesor del diente	66
Ecuación 2-55	Anchura del diente	66
Ecuación 2-56	Relación de engranes	66

INDICE DE ANEXOS

Anexo A	Datos técnicos del Panel Solar SIMAX 125 Monocrystalline
Anexo B	Características del motor MY1020Z Dayton
Anexo C	Módulo Convertidor Dc-dc Elevador Ajustable - X16009 Arduino
Anexo D	Características del controlador solar SUNSAVER
Anexo E	Características de la Batería Ultracell
Anexo F	Implementación del sistema fotovoltaico
Anexo G	Plano del área a iluminar
Anexo H	Plano eléctrico
Anexo I	Cuadro de símbolos

RESUMEN

Se diseñó un sistema de generación de energía eléctrica eficiente con paneles solares para el alumbrado público en el modular uno de la Facultad de Informática y Electrónica, el sistema consta de tres partes importantes como: módulo de generación eléctrica encargado de producir y almacenar la energía en un banco de baterías y a la vez usada por el módulo de alumbrado el cual es controlado por un circuito electrónico que se encarga del encendido y apagado de la lámpara led mediante un tiempo determinado, el control se realizó con un Arduino que se encarga de la comunicación serial con los circuitos como: divisor de voltaje de las baterías, paneles solares, actuadores y otros. Se incorporó con el Toolkit VISA a una interfaz gráfica desarrollado en el software de Labview, que se encarga del monitoreo, captando información de radiación solar, voltaje, porcentaje de carga de los paneles solares y baterías, almacenando los datos en un archivo .xlsx para luego ser transformados a un archivo Excel y procesados; la simulación se desarrolló en Labview utilizando Toolkit 3D para obtener datos por el software como: radiación solar, declinación, altura, inclinación, potencia, energía, acimut del movimiento del sol estos datos son mostrados en la herramienta Table Control donde la simulación demostró que el sistema móvil es más eficiente con un 27.22%; concluyendo que las pruebas realizadas determinaron que el sistema de generación eléctrica es más eficiente al momento de recolectar la energía y almacenar en el banco de baterías puesto que abastece al funcionamiento de la carga en los días de autonomía estipulados sin que exista la descarga profunda del acumulador, recomendando instalar los paneles fotovoltaicos alejados de objetos que puedan obstruir los rayos solares y no permitan que los mismos no trabajen a su mayor capacidad.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGIA Y CIENCIAS DE LA INGENIERIA >.

<INGENIERIA DEL CONTROL AUTOMÁTICO>. < SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA >. <ALUMBRADO PÚBLICO >. <CONTROL Y MONITOREO>. <LABVIEW (SOFTWARE)>. <RADIACIÓN SOLAR>. <PANEL SOLAR>.

ABSTRACT

A System of generation of efficient electric energy was designed with solar panels for street lighting in the modular one of the Faculty of Informatics and Electronics, the system consists of three major parts as: module responsible power generation to produce and store energy in a battery bank and simultaneously used by the lighting module which is controlled by an electronic circuit that is responsible for turning on and off lamp led by a certain time, this control was performed with an Arduino that handles communication serial with circuits such as: voltage divider batteries, solar panels, actuators and others. It joined with VISA Toolkit to a graphical interface developed in Labview software, which is responsible for monitoring, capturing information of solar radiation, voltage, load percentage of solar panels and batteries, storing the data in a file xlx, then, to be transformed to an Excel file and processed, too; the simulation was developed in Labview using Toolkit 3D to obtain data from software such as: solar radiation, declination, height, tilt, power, energy, azimuth movement of the sun, these data are shown in Table Control tool, where the simulation showed that the mobile system is more efficient with 27.22%; concluding that tests determined that the power generation system is more efficient when collecting energy and stored in the battery bank because it caters to the operation of the load in the days of autonomy stipulated without any deep discharge of the accumulator, recommending install photovoltaic panels away from objects that may block sunlight and do not allow them not to work at their highest capacity.

KEYWORDS: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES >.

<AUTOMATIC CONTROL ENGINEERING>. <POWER GENERATION SYSTEM>.

<STREETLIGHTING>. <CONTROL AND MONITORING>. <LABVIEW

(SOFTWARE)>. <SOLAR RADIATION>. <SOLAR PANEL>.

INTRODUCCIÓN

La utilización de las energías limpias como: mini centrales hidráulicas, solares de baja temperatura, solares de alta temperatura, solar fotovoltaica, eólicas ha ido tomando espacio a nivel mundial con el propósito de disminuir la contaminación en el medio ambiente; en nuestro país existen lugares que son estudiados con el propósito de crear grandes plantas solares. Debido a que un panel fijo no capta radiación solar perpendicularmente desde los primeros rayos solares inciden en la tierra este no trabaja de forma eficiente durante todo el día obteniendo así la producción de energía no deseada.

Por esta razón en este trabajo de titulación tiene la finalidad de implementar y controlar un sistema de generación eléctrica obtenido así mayor eficiencia en el mismo, ya que tienen un buen dimensionamiento puesto que la energía que capta es suficiente para cargar las baterías y no permite que haya descargas profundas de las misma abasteciendo para los días de autonomía y con la energía suficiente para alimentar a la lámpara led comprobando que esta cubre el área a iluminar empleando un conjunto de paneles solares, así como también se desarrolló una simulación de producción de energía mediante un panel móvil en Labview en el que se analiza que los rayos solares caen perpendicularmente en las celdas solares durante todo día, dando como resultado que este tiene mejor captación de energía con una mayor eficiencia frente a un panel fijo.

Para la implementación de este trabajo de titulación se utilizó un controlador programable arduino, este tiene como finalidad controlar el monitoreo del sistema indicando varias variables así como también el control del encendido y apagado de la luminaria led.

En el estudio del lugar a iluminar con lámparas led se realizó con una serie de cálculos para determinar los números de luminarias necesarias para cubrir el lugar, así como la distancia a la cual serán instaladas las lámparas determinando los lúmenes necesarios para cubrir el lugar.

El monitoreo del sistema con paneles solares se visualiza a través de una interfaz gráfica donde se obtiene parámetros de voltaje de las baterías y paneles, en el cual se indica el nivel de carga de las baterías, la información se almacena en una base de datos así como también se obtiene la radiación solar del dicho lugar solucionado.

Por medio de un proceso fotovoltaico que se produce en los paneles solares cuando inciden los rayos solares se genera energía eléctrica que circula por el circuito diseñado para la

implementación de este sistema de iluminación controlado. El sistema está constituido por: panel fotovoltaico, baterías, lámpara led, regulador y controlador programable.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

ANTECEDENTES

La búsqueda de energía que sea amigable con el medio ambiente, como la energía obtenida del sol se realizaba en menor escala, pero con el pasar de los tiempos esto ha tomado mayor importancia a nivel mundial la utilización de células fotovoltaicas, estas transforman la energía solar en electricidad donde los rayos del sol inciden sobre el dispositivo semiconductor en la cual se produce una diferencia de potencial.

En diferentes lugares del Ecuador se han implementado paneles solares con movimiento y estáticos, estos son instalados en pequeñas aplicaciones.

Observamos que existen sistemas instalados con paneles solares que no tienen el correcto dimensionamiento en su mayor parte estáticos, los cuales no captan de forma eficiente los rayos del sol provocando que estos no trabajen en toda su capacidad nominal, es uno de los problemas que se tienen con este sistema debido a que no se aprovecha en su totalidad la energía solar que existe en el Ecuador el cual tiene un alto potencial energético solar, además de la emanación de CO₂ que generan los sistemas convencionales eléctricos.

La importancia de controlar el movimiento de los paneles solares es aprovechar al máximo la luz del sol durante todo el día para poder almacenar la energía de manera eficiente, esta será usada para alimentar a una lámpara led.

En el año 2012 Carlos Tejada y Leonardo Motoche de la Universidad Salesiana del Ecuador realizaron su tesis de “Posicionamiento de paneles solares usando lógica difusa para prácticas de laboratorio de control, automático” su trabajo consiste en el diseño construcción e implementación de una estructura, circuitos electrónicos y control, usando lógica difusa para que un sistema de posicionamiento solar fotovoltaico se encargue de controlar la posición de un panel solar en un solo eje, mediante un actuador y el software Labview visualizando los datos de corriente y voltaje.

Luis Pabón y Diana Tonato de la ESPE extensión Latacunga realizaron su tesis de “Diseño e implementación de un sistema electrónico para trazar el perfil de radiación solar en la terraza del edificio C de la ESPE extensión Latacunga mediante paneles solares, fijo y móvil” su trabajo consiste en medir la radiación solar mediante paneles fotovoltaicos para mantener informada a la población y lograr que tomen las medidas necesarias de protección para evitar enfermedades muy graves como el cáncer de piel.

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

1. ¿Cuáles son los problemas que se tiene en el momento de captar la luz solar?
2. ¿Cómo seleccionar los elementos eléctricos y electrónicos para el montaje del sistema?
3. ¿Qué problemas puede surgir al momento de almacenar datos de la radiación?
4. ¿Caracterizar los paneles solares adecuados para el sistema de alumbrado?
5. ¿Qué problemas existen en el momento de realizar las pruebas del sistema?

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.

Diseñar un sistema de seguimiento solar es una manera obvia para mejorar la eficiencia de las plantas de energía solar. A medida que el sol se mueve a través del cielo, un sistema de actuador eléctrico se asegura de que los paneles solares sigan automáticamente y mantengan el ángulo óptimo con el fin de aprovechar al máximo los rayos del sol. (Linak, 2012, <http://www.linak.es/techline/?id3=4115>)

Utilizando el seguimiento, la energía total recibida en un día puede ser del orden de un 35% mayor que para el mismo colector estático. (Paneles o módulos fotovoltaicos, 2011, <http://edii.uclm.es/~arodenas/Solar/componentes.htm>)

Los fotos sensores se valen de la radiación solar directa para detectar la posición del sol. La imposibilidad del seguimiento cuando se producen ocultamientos del sol y la necesidad, en

consecuencia, de emplear un tiempo en la recuperación de la puntería cuando el sol reaparece, son características inherentes a todos los sistemas de seguimiento basados en foto sensores.

(Paneles o módulos fotovoltaicos, 2011, <http://edii.uclm.es/~arodenas/Solar/componentes.htm>)

El regulador de carga es el dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y descargas profundas. El regulador de tensión controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de las mismas para alargar su vida útil. También genera alarmas en función del estado de dicha carga. (El regulador de carga, 2006, <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/el-regulador-de-carga.html>)

Este proyecto busca desarrollar el uso óptimo y eficiente de los paneles fotovoltaicos para obtener la mayor captación de los rayos del sol, para lo cual utilizaremos procesadores que son utilizados en la mayor parte de las industrias, por ende debe tomar decisiones acorde a la programación, actuar en presencia de salidas digitales o analógicas dependiendo de las señales que envíen los sensores. La razón por la cual se eligió este proyecto es implementar en sistemas de alumbrado público automatizado altamente, el uso de las energías limpias eficientes y fiables, utilizando paneles fotovoltaicos.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA.

Con el diseño de este sistema se podrá obtener la mejor captación de los rayos del sol por parte de los paneles solares permitiendo que estos trabajen con la mayor eficiencia posible. Por la cual se utilizará un controlador para la parte de programación este se encargara de tomar las decisiones conforme se realice el programa.

El controlador permitirá el manejo de las siguientes variables: el movimiento de los paneles fotovoltaicos a través de la velocidad controlada por los motores para que el sistema funcione correctamente.

La parte del almacenamiento de la energía producida por los paneles fotovoltaicos se lo realizará a través de las baterías, esto dependerá del dimensionamiento que se realice para determinar la capacidad y la potencia que necesite para funcionamiento de la lámpara leds, luego pasara por el sistema de inversión que transformará la corriente continua en corriente alterna.

El uso de este sistema tiene la finalidad de almacenar la electricidad generada por los paneles fotovoltaicos, posteriormente usar esta energía para alumbrar con lámpara leds así como también el respectivo monitoreo para adquirir datos el cual estos pueden ser aprovechados para realizar estudios de la radiación .

Se llevará a cabo la instalación adecuada del sistema eléctrico así como el debido dimensionamiento de los conductores para un correcto funcionamiento para que no exista el calentamiento de los conductores y tenga una mayor durabilidad.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Controlar y monitorear un sistema de generación de energía eléctrica con paneles solares para el alumbrado público en la Facultad de Informática y Electrónica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar diferentes elementos usados para la construcción del seguidor de luz solar.
- Diseñar e implementar los circuitos electrónicos de control.
- Elaborar los planos eléctricos del área a ser alumbrado.
- Dimensionar los paneles solares, conductores y las baterías de acumulación de acuerdo a la potencia de consumo del conjunto de lámparas leds.
- Diseñar un sistema de monitoreo y visualización mediante un HMI.
- Verificar el correcto funcionamiento del sistema.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. La Energía Solar

Esta energía es producida en forma de radiación solar emitida por los rayos del sol que llega al planeta Tierra. El calor producido por el sol es fundamental para la vida de todos los seres vivos, el calor es el producto de las constantes explosiones producidas en el interior del sol. Este tipo de energía es muy útil en las energías renovables para crear grandes centrales eléctricas con paneles solares aprovechando al máximo la radiación solar. (Antusol, 2010, <http://antusol.webcindario.com/energiasolar.html>)

1.2. Paneles Solares

1.2.1. *Proceso de generación de energía eléctrica*

El sol emana energía luminosa o electromagnética que puede verse como la energía transportada por la partícula asociada a la onda llamada fotón, la energía eléctrica aparece como resultado del movimiento de partículas cargadas eléctricamente dentro de campos eléctricos y magnéticos. (DE JUANA, 2002, p.5)

La luz solar incide en las células fotovoltaicas de las placas creando un campo de electricidad entre las capas, si mayor es la luz del sol aumentara el flujo de corriente, hay que tomar en cuenta que no es necesario que haya luz directa ya que en los días nublados funciona de la misma manera. (Twenergy, 2012, <https://twenergy.com/a/como-funciona-la-energia-solar-fotovoltaica-339>)

1.2.2. Definición de célula fotovoltaica

La parte principal de un panel solar es la célula fotovoltaica, es la que se encarga de transformar la energía solar en energía eléctrica por medio de un fenómeno denominado efecto fotoeléctrico, están contruidos de material semiconductor generalmente de Silicio (Si) y de Germanio (Ge), el funcionamiento de la célula es obligar a que se muevan los electrones y a los huecos en forma opuesta creando una diferencia de potencial, al aumentar el número de células solares de tensión del módulo aumentara la potencia así pues cada celula fotovoltaica produce 0.5 v dc. (Antusol, 2010, <http://antusol.webcindario.com/energiasolar.html>)

El conjunto de células fotovoltaicas forman un el panel solar. En la **Figura 1-1** se observa la ilustración de la célula fotovoltaica.

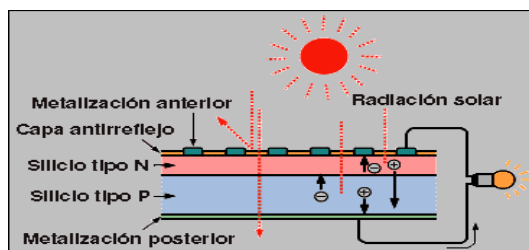


Figura 1-1 Célula Fotovoltaica

Fuente: <http://antusol.webcindario.com/energiafotovoltaica.html>

1.2.3. Paneles Monocristalinos

Este tipo de panel está formado de cristal de silicio, formada perfectamente en una sola pieza cristalizada. En los laboratorios tienen un rendimiento del 24% pero en la realidad en la parte comercial los paneles trabajan al 15%, son los primeros paneles que salieron al mercado pero la calidad y potencias son mejores que los demás tipos de paneles solares. (Antusol, 2010, <http://antusol.webcindario.com/energiasolar.html>)



Figura 2-1 Panel Monocristalino

Fuente: <http://antusol.webcindario.com/energiafotovoltaica.html>

1.2.3.1. Ventajas de los paneles monocristalinos

La vida útil de un panel monocristalino es más larga a comparación de otro tipo de panel solar. Su rendimiento es mejor a comparación de un panel policristalino, son fabricados con silicio de alta pureza.

En condiciones de poca luz este tipo de panel funciona mejor que un policristalino.

En temperaturas altas el rendimiento de los paneles se reduce en policristalinos a comparación de un monocristalino. (Burgos, 2014, <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>)

1.2.3.2. Desventajas de los paneles monocristalinos

En lo aspecto económico los paneles monocristalinos son más caros.

Si se cubre parcialmente con sombra, nieve o suciedad el circuito se puede averiar.

Para la fabricación de las células monocristalinos se recortan los cuatro lados se derrocha mucho silicio en el proceso. (Burgos, 2014, <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>)

1.2.4. Panel policristalino

Este tipo de panel están formados por pequeñas partículas cristalizadas, las células tienen la forma de un cuadrado de silicio estructurado en forma de pequeños cristales. El rendimiento de este

tipo de células es de un 19% en los laboratorios y de un 14% en el medio ambiente la potencia es baja en comparación de un monocristalino, el costo es como de un panel policristalino. (Antusol, 2010, <http://antusol.webcindario.com/energiasolar.html>)



Figura 3-1 Panel Policristalino

Fuente: <http://antusol.webcindario.com/energiafotovoltaica.html>

1.2.4.1. Ventaja de un panel policristalino

El precio de un panel policristalino es menor que un monocristalino.

La fabricación de un policristalino es más simple.

Se pierde menos silicio a comparación de un monocristalino.

(Burgos, 2014, <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>)

1.2.4.2. Desventaja de un panel policristalino

En el calor un panel policristalino el rendimiento es mucho menor que un monocristalino.

El calor puede afectar la vida útil del panel.

Debido a que no están fabricados con silicio puro la eficiencia se sitúa entre 13-16%.

Se necesita mayor superficie con los policristalinos a comparación de un monocristalino.

(Burgos, 2014, <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>)

1.2.5. Panel de silicio de amorfo

Este tipo de panel se caracteriza por que los átomos que los componen no forman una estructura con un orden periódico que se extiende a grandes regiones de todo el sólido, la vida media de los portadores de carga en este material es bien baja. El silicio amorfo presenta problemas para el dopaje con materiales tipo p o n cuando se introduce a la red se reajusta para satisfacer la necesidad de enlace de las impurezas. La fabricación de las células con dos uniones p-i-n superpuestas permite alcanzar eficiencias del orden el 13%. (DE JUANA, 2002, p.109)

1.2.5.1. Ventajas de los paneles de silicio amorfo

El material de partida es prácticamente inagotable al ser de silicio.

El proceso de fabricación es más barato en comparación de los otros tipos de células siendo menos exigente en material y en energía.

La asociación en serie de un conjunto de células se puede realizar en una sola pieza con carácter simultáneo a la fabricación de las mismas, hecho que permite la construcción de módulos más estéticos permitiendo la facilidad de integrarse en los cerramientos de edificios.

(DE JUANA, 2002, p.109)

1.2.5.2. Desventajas de los paneles de silicio amorfo

La inestabilidad que presenta este tipo de panel presenta una degradación por la exposición a la luz cae drásticamente su eficiencia al 4% en los campos fotovoltaicos construidos con células de esta tecnología. (DE JUANA, 2002, p.110)

1.3. Usos y aplicaciones de los Paneles solares

La energía producida por los generadores fotovoltaicos se usa en grandes aplicaciones en la industria.

Telecomunicaciones, electrificación rural, aplicaciones agrícolas, aplicaciones ganaderas, iluminación pública, señalización, control, desarrollo rural. También uno de las grandes aplicaciones que se le puede dar a los sistemas fotovoltaicos es la conexión a la red eléctrica que consiste en un campo fotoeléctrico y un inversor transforma la energía producida por los paneles e inyecta a la red eléctrica, el inversor es el núcleo central debe controlar de ciertas protecciones que puede ocasionar en la red eléctrica como es: tensión fuera de rango, corte de la red y desfase en la red. (Atersa, 2009, <http://www.atersa.es/quienes.asp?param=21>)

1.4. Controlador de carga

Dispositivo electrónico encargado de permitir el paso o no de la electricidad producido por los paneles solares a los elementos de carga en la figura4-1 se observa el controlador de 24voltios a 20 amperios, permite desconectar y conectar garantizando la vida de los dispositivos, las baterías están sometidas a ciclos de carga y descarga constante por lo que sufre demasiado, si la regulación no es buena. Este elemento nos ayuda a controlar la tensión (V) y la corriente. El regulador nos indica el proceso de carga de la batería, protección contra cargas excesivas, tienen sensores de temperatura para que la carga se desarrolle correctamente. (Cuytronic, 2014, <http://www.electricidad-gratuita.com/energia%20fotovoltaica.html>)



Figura 4-1 Controlador Morningstar
Fuente: <http://www.proviento.com.ec/controladores.html>

1.5. Batería Solar

Las baterías solares son los encargados de almacenar la energía durante las horas de luz, para poder usar esta energía en la noche o durante periodos de mal tiempo. Por lo general las baterías

y los paneles solares trabajan conjuntamente para alimentar la carga, en la noche toda la demanda que necesita la carga la provee el banco de baterías, el almacenaje de energía de una batería depende de la velocidad de descarga, si mayor es la descarga mayor es la cantidad de energía que la batería entrega. Si las baterías están conectadas de positivo a negativo las tensiones de las celdas se suman manteniendo la corriente, si se conectan de positivo a positivo y negativo a negativo es una conexión en paralelo manteniendo el voltaje y sumando las corrientes solo se deben hacer este tipo de conexiones con baterías de igual especificación. (La Bateria, 2006, http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/la-bateria_29.html)

En la figura 4-1 se observa la batería solar Ultracell de ciclo profundo de 150Ah a 12 voltios DC con un rendimiento de 2400 ciclos.



Figura 5-1 Batería Solar Ultracell

Fuente: <http://www.proviento.com.ec/baterias.html>

1.5.1. Baterías de plomo-ácido

Este tipo de baterías son muy utilizados en los sistemas de generación fotovoltaicos, existen una gran categoría de baterías solares como: plomo-ácido, las de plomo-antimonio, plomo-selénico y plomo-calcio. La construcción de la celda de una batería es de 2 voltios, la tensión real de la misma depende del estado de carga si está cargado, descargado o en circuito abierto; por lo general el voltaje de una celda varía entre 1.75v y 2.5v siendo el promedio alrededor de 2v que es la nominal de la celda.

Las baterías de plomo-ácido estacionarias de bajo contenido de antimonio son mejores en los sistemas fotovoltaicos poseen unos 2500 ciclos de vida cuando la profundidad de descarga es de un 20% es decir la batería estará cargada el 80% y 1200 ciclos cuando la profundidad de descarga es el 50% la batería estará a la mitad de la carga. Las baterías de plomo-calcio y plomo-selénico poseen una baja resistencia entre valores despreciables de gasificación y una baja auto descarga. (La Bateria, 2006, http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/la-bateria_29.html)

1.6. Luminaria led

La iluminación led es tecnología nueva diseñado para iluminación de exterior como: vías públicas, avenidas, calles, plantas, fábrica, playas de estacionamiento, etc. Esta tecnología led ayuda a reducir el consumo de energía, costos de la instalación y mantención así como también es limpia amigable con el medio ambiente.

La luminaria LED LU4-112w como se observa en la figura 6-1 tiene un ahorro del 79% y el 77% de energía, comparada con la luz de sodio y de halógeno de 250w. La distribución lumínica es 2 a un 3 veces mayor que la lámpara de sodio y de halógeno. En esta misma condición, la luminaria LED ahorra más de 90% de energía.

Este tipo de luminaria es más uniforme en comparación a las otras, la distorsión es lejos más baja que la luz de halógeno y de sodio. La luminaria led es $\pm 20\%$ esto asegura la vida útil sin cambio de brillo. (LedLux, 2010, <http://www.comercialneo.cl/ledlux/Fotometria%20LedLux.pdf>)



Figura 6-1 Luminaria led LU4

Fuente: <http://www.proviento.com.ec/luminarias.html>

Tabla 1-1: Parámetros Técnicos Iluminación LED LU4

						
Model Number	SP90	LU2	LU4	LU6	LU6	SD2
Model Name	High Power LED Streetlight					LED Tunnel Light
Power Consumption	28W	56W	112W	168W	56W	
Lumens	2,100lm	4,200lm	8,400lm	12,800lm	4,200lm	
Dimension	∅ 90 x 275mm	540 x 315 x 90mm	715 x 315 x 90mm	890 x 315 x 90mm	325 x 210 x 100mm	
Beam Pattern Area	(H=6m) 20 x 8m, (H=8m) 26 x 10m, (H=10m) 33 x 13m, (H=12m) 40x 16m					(H=4m) 13 x 5m
Working Voltage	85-264VAC or 12, 24VAC/DC					
Color Temperature	Pure White: 5,000 – 7,000K, Warm White: 3,000 – 4,000K					
Lamp Lens	Acryl					
Lamp Cup Radiator	Alloy Aluminum					
Lamp Base	E40	Hoop			Bracket	
Certification	CE, RoHs	CE				N/A
IP Rate	IP60	IP65				
Warranty	12 Months					

Fuente: <http://www.proviento.com.ec/High%20Power%20LED%20Streetlights%20Catalogue.pdf>

1.7. Radiación solar

La radiación solar que incide sobre la superficie del planeta en la figura 7-1 se puede observar los componentes de radiación solar terrestre.

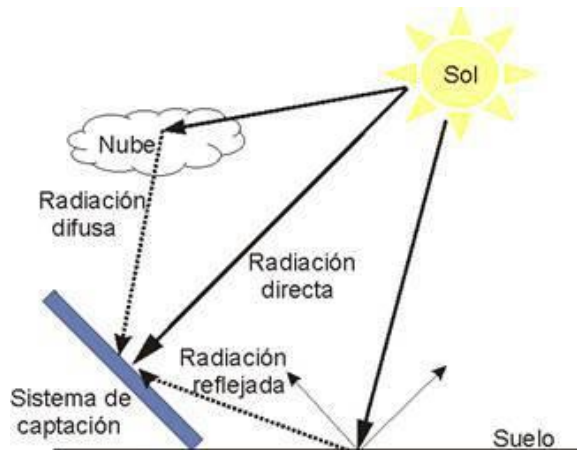


Figura 7-1 Componentes de radiación solar terrestre.

Fuente: <https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>

1.7.1. Radiación directa

La radiación directa es aquella que proviene directamente del sol, es decir los rayos solares no se difuminan o se desvían a su paso por la atmosfera terrestre. (Hernández, 2014, <https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>)

1.7.2. Radiación difusa

La radiación difusa aquella que proviene de la atmosfera, por dispersión de parte de la radiación solar en ella. En los días más soleados sin presencia de nubosidades este tipo de radiación puede suponer aproximadamente el 15% del global, pero en los días nublados en los que se reduce la cantidad de radiación directa este tipo de radiación aumenta de manera considerable.

En cuanto a las edificaciones se puede afirmar que los cerramientos verticales reciben la mitad de la radiación solar que pueden recibir los horizontales. Por esta razón, más adelante estudiaremos

formas de controlar la sobreexposición solar que sufre este cerramiento, en concreto los aislamientos de las cubiertas. (Hernández, 2014, <https://pedrojherandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>)

1.7.3. Radiación global

La radiación global este corresponde a la suma de la radiación directa y difusa.

1.7.4. Irradiancia

La irradiancia es la cantidad de energía que capta en una área es decir la cantidad de radiación solar que cae en una superficie terrestre la cual se considera el dato de un kilovatio por metro cuadrado (kW/m^2). (Eliseo, 2013, <http://eliseosebastian.com/radiacion-solar-irradiancia-e-insolacion/>)

1.7.5. Posición del sol

La posición del Sol dentro de la esfera celeste, puede determinarse mediante coordenadas ecuatoriales o mediante coordenadas horizontales. (DE JUANA, 2002, p.37)

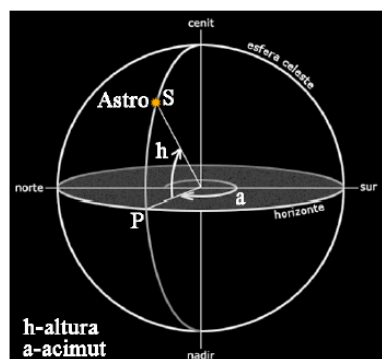


Figura 8-1 Coordenadas horizontales

Fuente: <http://astroaula.net/recursos-didacticos/actividades/altura-y-azimut/>

1.7.5.1. *Declinación solar (δ)*

Es el ángulo que forma la línea Sol-Tierra, centro a centro, con su proyección sobre el plano ecuatorial. En los equinoccios de primavera y otoño su valor es cero, siendo de 23.5° en el solsticio de verano y de -23.5° en el de invierno. (DE JUANA, 2002, p.37)

1.7.5.2. *Ángulo horario (w)*

Al ángulo del diedro formado por el plano meridiano del Sol. En el medio día solar cuando pasa por el meridiano del lugar, el ángulo es nulo, como la tierra da una vuelta alrededor de su eje en 24 horas, a cada hora le corresponde un ángulo de 15° . Los ángulos antes del medio día se consideran negativos y los posteriores del medio día se consideran positivos. Por ejemplo para las 10 horas am le corresponde a un ángulo horario de $w=-30^\circ$, y las 2 horas pm, un ángulo horario de $w=30^\circ$. (DE JUANA, 2002, p.37)

1.7.5.3. *Ángulo acimutal*

El ángulo acimutal, A_z , es el formado por la proyección sobre el plano horizontal de la línea Sol-Tierra, con la línea norte-sur. En el hemisferio norte se mide desde la dirección sur y es positivo hacia el oeste, y en el hemisferio sur se mide desde la dirección norte y es positivo hacia el este. (DE JUANA, 2002, p.38)

1.7.5.4. *Ángulo cenital*

El ángulo cenital, z , es el ángulo formado por la dirección Sol-Tierra con la vertical del lugar. (DE JUANA, 2002, p.38)

1.7.5.5. *Altura solar*

La altura solar, α , es el ángulo formado por la dirección Sol-Tierra con el plano horizontal del lugar y será complementario del anterior $z + \alpha = 90^\circ$. (DE JUANA, 2002, p.38)

1.7.6. *Posicionamiento de los paneles solares*

Los paneles solares se posicionan dependiendo de la latitud de cada situación geográfica a la cual se encuentren, la ciudad de Riobamba se encuentra ubicada al sur de la línea ecuatorial con una latitud de 1.67° , para el posicionamiento del panel solar se lo coloca a 15° por encontrarse en la latitud de $0-5^\circ$ de acuerdo a la tabla 2-1. (Bejarano, 2011, <http://dSPACE.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1884/1/15T00496.pdf>)

Tabla 2-1: Ángulo de inclinación del panel solar de acuerdo a la posición geográfica

Latitud del lugar	Ángulo en invierno	Ángulo en verano
0 al 5 grados	15 grados	15 grados
15 a 25 grados	Latitud	Latitud
25 a 30 grados	Latitud + 5 grados	Latitud - 5 grados
30 a 35 grados	Latitud + 10 grados	Latitud - 10 grados
35 a 40 grados	Latitud + 15 grados	Latitud - 15 grados
más de 40 grados	Latitud + 20 grados	Latitud - 20 grados

Fuente: <http://dSPACE.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1884/1/15T00496.pdf>

1.8. **Fusible**

Un fusible es un dispositivo de protección que protege a una carga eléctrica o electrónica de sobre corrientes, por el circula corriente mientras no supere el valor al que se encuentra dimensionado el fusible.

1.9. Conductor eléctrico

Conductores son todos aquellos materiales o elementos que permiten que los atraviese el flujo de la corriente o de cargas eléctricas en movimiento. Cuando se aplica una diferencia de potencial a los extremos de un trozo de metal, se establece de inmediato un flujo de corriente, pues los electrones o cargas eléctricas de los átomos que forman las moléculas del metal, comienzan a moverse de inmediato empujados por la presión que sobre ellos ejerce la tensión o voltaje, esa presión puede ser ejercida por una batería o generador, etc. (García, 2015, http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_conductores/ke_conductor_1.htm)

1.10. Relé

Un relé es un dispositivo que permite realizar la conmutación de una línea eléctrica a otra de alta potencia, por medio de un circuito electrónico de baja potencia que envía una señal de activación con corriente continua para que se excita a la bobina y permita que los contactos cambien de posición permitiendo pasar una tensión continua o alterna permitiendo activar una carga de gran potencia. Normalmente para corrientes altas se trabaja con relés industriales en este caso tiene una alimentación de 12VDC que es el más usual en el uso para circuitos electrónicos. En la siguiente figura se puede observar la imagen de un relé y sus partes.

(Inventable, 2013, <http://www.inventable.eu/introduccion-a-los-reles/>)

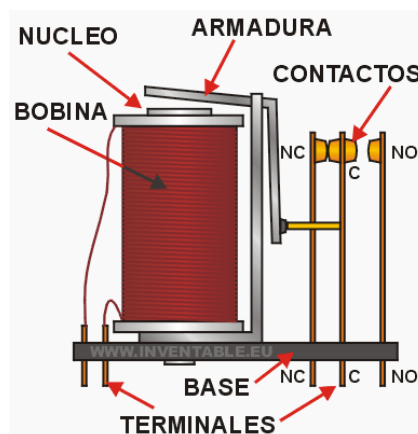


Figura 9-1 Partes de un relé

Fuente: <http://www.inventable.eu/introduccion-a-los-reles/>

1.11. Dispositivo Arduino

Es un dispositivo formado por una plataforma de hardware de código abierto, está formada por una placa de entradas y salidas: analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación processing. Es un dispositivo que conecta el mundo físico con el mundo virtual o el mundo analógico con el digital. (Proyecto Arduino, 2009, <https://proyectoarduino.wordpress.com/%C2%BFque-es-arduino/>)

En la figura 10-1 se observa las partes de un Arduino uno que la compone a este dispositivo de programación.

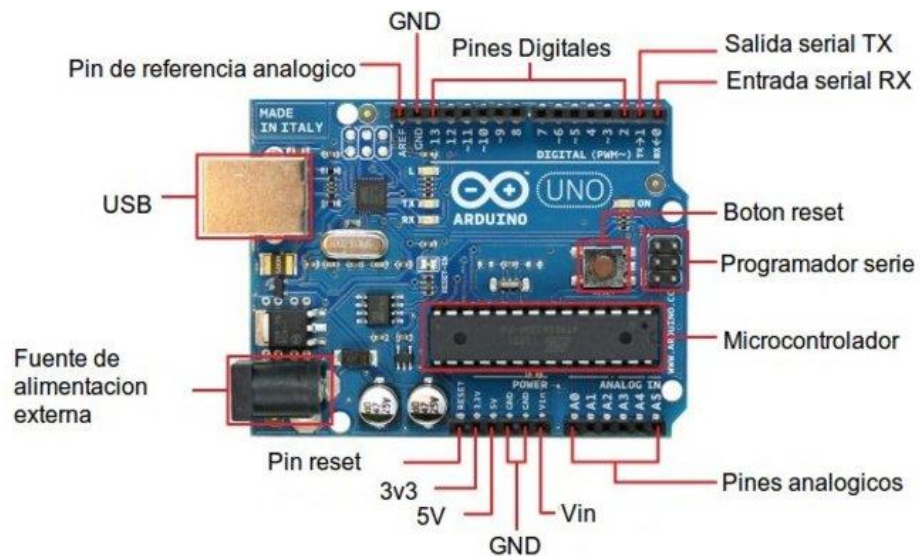


Figura 10-1 Arduino Uno

Fuente: <http://comohacer.eu/analisis-comparativo-placas-arduino-oficiales-compatibles/>

1.12. Software Labview

Labview es un lenguaje de entorno gráfico de programación, utiliza el lenguaje “G” que simboliza el lenguaje de tipo gráfico, los programas desarrollados en este software se llaman VI’s por el control de instrumentos. Los programas no se escriben sino se dibujan ya que este programa consta de gran cantidad de bloques prediseñados. Esto nos ayuda a la adquisición de datos, instrumentación y control.

Está formando por el panel de control: esta es la interfaz con el usuario interactúa con el mismo cuando el programa se encuentra en ejecución, está formado por indicadores de entradas como los botones, marcadores etc., indicadores de salida como pueden ser las gráficas. Los diagramas de bloques es el programa donde se colocan los íconos que realizan una determinada función y se interconectan. (Estuelectronic, 2012, <https://estuelectronic.wordpress.com/2012/08/06/que-es-y-para-que-sirve-labview/>)

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Sistema a implementar

El proceso de control y monitoreo de un sistema de generación de energía eléctrica con paneles solares para el alumbrado público en la facultad de informática y electrónica, está formada por una serie de paneles solares, banco de baterías y controlador los cuales serán monitoreados, además se realiza el control del encendido y apagado de la luminaria led mediante un reloj programado en arduino, de la misma forma consta de una simulación desarrollada en Labview para la producción de energía a través del movimiento simulado de un panel solar y almacenar la información en una base de datos.

2.2. Sistema general

El tipo de control del sistema de generación de energía eléctrica será de lazo abierto, ya que la señal enviada controlará el encendido y apagado de la luminaria led, teniendo en cuenta que el arduino será quien controle todo el sistema y la captación de datos para el monitoreo y el respectivo almacenamiento en una base de datos.

El desarrollo de una simulación de un seguidor solar nos ayudara a determinar, que sistema es más factible de implementar, si un panel en movimiento o un panel fijo; esto determinará cuál es la mejor opción a través de los datos que se obtenga.

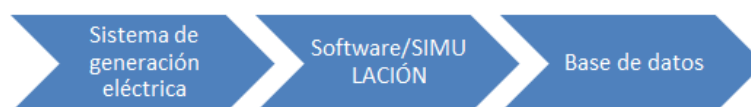


Figura 1-2 Sistema de Control

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

2.3. Etapas del sistema de iluminación

En la figura 2-2 se puede observar las etapas para el sistema de generación eléctrica.

En la primera etapa está formado por una serie de paneles solares los cuales son los encargados de generar la energía eléctrica producida por los rayos del sol, en la segunda etapa el voltaje producido por los paneles solares pasa por el regulador, el cual se encarga de controlar el paso o no del voltaje y desconectándolo cuando ya se encuentren cargadas las baterías, en el regulador van conectados los paneles, banco de baterías y la carga. En la tercera etapa consta de un banco de baterías el que está encargado de almacenar el voltaje producido por los paneles y a la vez suministrar energía eléctrica a todo el sistema cuando no exista energía solar. En la cuarta etapa está formado por los circuitos de acondicionamiento que se usa para obtener el porcentaje, el voltaje y la radiación solar del panel y la batería. En la quinta etapa está formada por el Arduino el cual se encarga de controlar todo el sistema; iluminación y procesamiento de las señales de los circuitos de acondicionamiento. La sexta etapa se encuentra el circuito de potencia el cual se encarga de activar a la luminaria led y el convertidor dc/dc que reduce el voltaje de la batería para alimentar al Arduino y al circuito de potencia, en la última y séptima etapa está formada por la luminaria led se activa con una señal digital proveniente del Arduino.

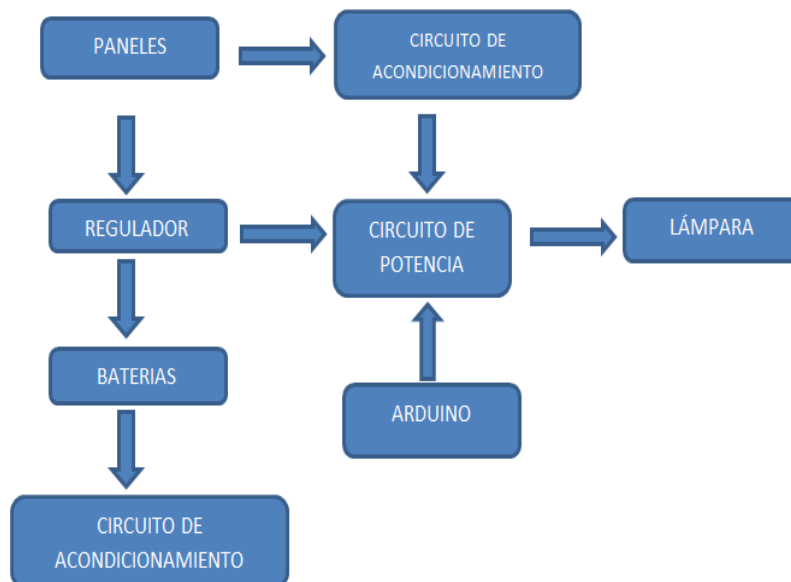


Figura 2-2 Etapa del sistema

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

2.4. Diseño del plano a iluminar en software Dialux.

Para la elaboración del plano se realizó el levantamiento del área a iluminar, acorde con las medidas tomadas se procedió con el estudio del área a iluminar en el software Dialux, el cual contiene herramientas que ayudo para el estudio del mismo.

En la figura 3-2 se puede observar el plano del área a iluminar en vista 2D.

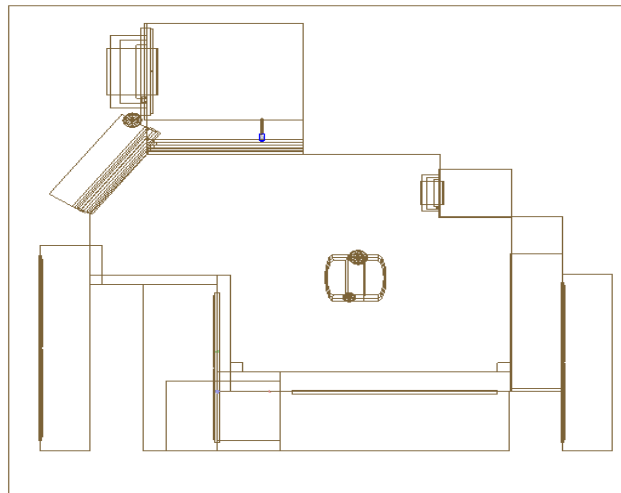


Figura 3-2 Plano del Área

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

En la figura 4-2 se observa el diseño del área a iluminar en 3D en Dialux con la respectiva luminaria colocada con la distancia obtenida en el apartado 2.5.3.2.

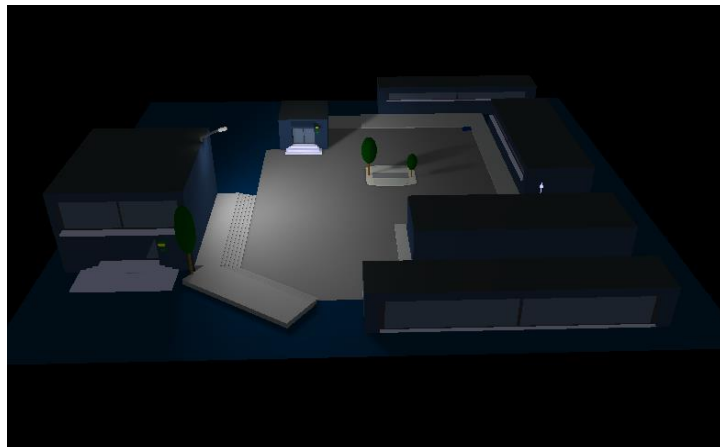


Figura 4-2 Diseño del área a iluminar

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

2.5. Dimensionamiento del sistema de alumbrado.

El propósito de implementar un sistema de alumbrado público es crear un ambiente seguro para los transeúntes que circular por el lugar, esto ayuda a la visibilidad nocturna creando un ambiente más agradable. El objetivo del presente trabajo es proporcionar comodidad a los estudiantes de la FIE y demás peatones que circulan por la escuela.

2.5.1. Cálculo del área

En los modulares antiguos de la escuela de la FIE consta de un patio cuya área es de $318.68 m^2$ en su totalidad, de la cual se tomó un fragmento para ser iluminada con un total de $266.2 m^2$ en la figura 5-2 se puede observar el área a ser iluminada.

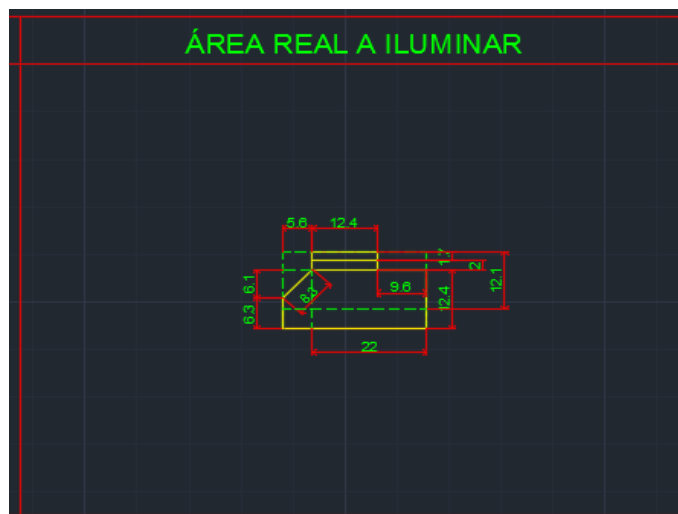


Figura 5-2 Área real a iluminar

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

2.5.1.1. Área de iluminación

De la figura 5-2 se puede obtener los datos para el cálculo del área a iluminar

$$A_{iluminar} = d1 * d2 \quad \text{Ecuación 2-1. Área total a iluminar}$$

$$A_{iluminar} = 22m * 12.1m$$

$$A_{iluminar} = 266.2 \text{ m}^2$$

2.5.2. Cálculo del brazo para la luminaria

Para la correcta iluminación del área es necesario determinar las dimensiones del brazo de acuerdo a las especificaciones técnicas de la luminaria led LU4, tiene que ser ubicada a un ángulo de 15°, por esta razón se procedió al diseño del brazo para instalar a la misma.

La luminaria led de 112w LU4 reemplaza a una lámpara de sodio de 250w, en la tabla 1-2 se observa las especificaciones para el diseño de un brazo tipo B.

Tabla 1-2: Especificaciones para diferentes tipos de brazos de iluminación de exterior

BRAZO TIPO	LUMINARIA DE Na (w)	ANGULO DE INCLINACION LUMINARIA	RADIO DE DOBLEZ (R)		L1 (mt)	L (mt)	L2 (mt)	LT (mt)	DIÁMETRO		ALCANCE A (m)	ALTURA DEL BRAZO (K) (m)	ALTURA LIBRE DE BRAZO HL(m)
			(cm)	(pulg)					mm	(pulg)			
A	400	15°	50,8	20	0,45	2,2	0,35	3	38,1	1 - 1/2"	1,44	2,44	1,84
B	250	15°	50,8	20	0,45	1,2	0,35	2	38,1	1 - 1/2"	0,94	1,58	0,98
C	150/70	15°	50,8	20	0,45	1,2	0,35	2	31,7	1-1/4 "	0,94	1,58	0,98
D	70	0°	50,8	20	0,35	0,30	0,15	0,8	31,7	1- 1/4 "	0,41	0,50	0,15
E	70	0°	137,4	54,1	0,39	1,0	0,20	1,705	38,1	1 - 1/2"	1,2	0,72	0,33

Fuente: <http://www.emcali.com.co/documents/10848/142294/08.+Capitulo+8+--+Alumbrado+publico.pdf?version=1.3>

Datos

L= 0.6 m

L2= 1.15 m



Figura 6-2 Distancia del brazo
Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

$$\cos(60^\circ) = \frac{x}{L} \text{ Ecuación 2-2. Cálculo triángulo de la base } x$$

$$x = \cos(60^\circ) * 0.6$$

$$x = 0.3 \text{ m}$$

$$\sin(60^\circ) = \frac{y}{L} \text{ Ecuación 2-3. Cálculo triángulo de la base } y$$

$$y = \sin(60^\circ) * 0.6$$

$$y = 0.52 \text{ m}$$

$$\cos(15^\circ) = \frac{x1}{L} \text{ Ecuación 2-4. Cálculo triángulo del soporte del brazo } x1$$

$$x1 = \cos(15^\circ) * 0.6$$

$$x1 = 1.11 \text{ m}$$

$$\sin(15^\circ) = \frac{y1}{L} \text{ Ecuación 2-5. Cálculo triángulo del soporte del brazo } y1$$

$$y1 = \sin(15^\circ) * 1.15$$

$$y1 = 0.30 \text{ m}$$

$$D = x + x1 \text{ Ecuación 2-6. Distancia para el cálculo de la disposición unilateral de luminaria}$$

$$D = 0.3 + 1.11$$

$$D = 1.41 \text{ m}$$

$$h = y + y1 \text{ Ecuación 2-7. Altura total del brazo}$$

$$h = 0.52 + 0.30$$

$$h = 0.82 \text{ m}$$

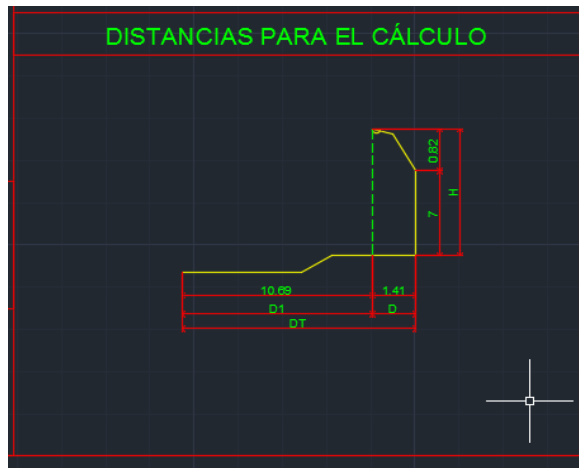


Figura 7-2 Disposición unilateral de luminaria
Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

De la figura 5-2. Se puede obtener los datos de la distancia total del área a iluminar:

$$DT = 8.4 + 2 + 1.7$$

$$DT = 12.1 \text{ m}$$

$D1 = DT - D$ Ecuación 2-8. Distancia 1 para la disposición unilateral de luminaria.

$$D1 = 12.1 - 1.41$$

$$D1 = 10.69 \text{ m}$$

En la figura 8-2 se puede ver la curva del factor de utilización, esta curva se puede encontrar en función del coeficiente del ancho de la calle sobre la altura.

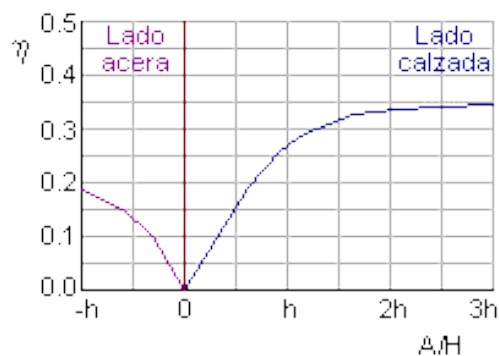


Figura 8-2 Factor de utilización

Fuente: <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/externor/calculos.html>

$$n1 = \frac{D1}{H} \text{ Ecuación 2-9. Coeficiente1 del ancho de la calle sobre la altura}$$

$$n1 = \frac{10.69}{7.82}$$

$$n1 = 1.37 = 0.43\%$$

$$n2 = \frac{D}{H} \text{ Ecuación 2-10. Coeficiente del ancho de la calle sobre la altura}$$

$$n2 = \frac{1.41}{7.82}$$

$$n2 = 0.18 = 0.06\%$$

$$n = n1 + n2 \text{ Ecuación 2-11. Coeficiente total del ancho de la calle sobre la altura}$$

$$n = 0.43 + 0.06 = 0.49\%$$

El factor de utilización total es un parámetro importante para el cálculo del número de luminarias.

2.5.3. *Cálculo del alumbrado de exterior*

Para el cálculo del alumbrado de exterior es necesario determinar la separación correcta entre las luminarias para obtener una iluminación media exacta en el área a iluminar.

2.5.3.1. *Nivel de iluminación (Em)*

Para el nivel de iluminación depende de las características de cada área, tipo de suelo, intensidad de tránsito peatonal, etc.

Tabla 2-2: Niveles de iluminación

Uso nocturno de la calle por la noche	Categoría	Nivel medio iluminación Em(lux)	Nivel mínimo iluminación Emin(lux)
Zonas privilegiadas (áreas comerciales, de ocio...)	P1	20	7.5
Uso alto	P2	10	3.0
Uso moderado	P3	7.5	1.5

Uso menor: asociado a propiedades adyacentes	P4	5.0	1.0
Uso menor: importante preservar el carácter de ambiente rural o la arquitectura	P5	3.0	0.6
Uso muy bajo: importante preservar el carácter de ambiente rural o la arquitectura	P6	1.5	0.2
Solo es necesario el guiado visual	P7	-	-
Clasificación según el uso nocturno hecho por los peatones. CIE(1995)			

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7328/1/CD-5467.pdf>

De acuerdo a la tabla 2-2 se detallan los niveles de iluminación para cada lugar esto se selecciona dependiendo en donde se va instalar una lampara led. El nivel medio de iluminación para este caso se usa de 20 lux por lo que es una zona de circulación de personas de ocio.

2.5.3.2. Factor de mantenimiento

Para determinar el factor de mantenimiento depende de las características del lugar o la zona, ya sea contaminación, mantenimiento, tráfico, etc.

Tabla 3-2: Factor de mantenimiento.

Característica de la zona	Luminaria abierta	Luminaria cerrada
Limpia	0.7	0.80
Media	0.68	0.70
Sucia	0.65	0.68

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7328/1/CD-5467.pdf>

Este el caso de nosotros el lugar a implementar es limpia y una zona abierta por tanto se escogerá un factor de mantenimiento de 0.7.

El flujo luminoso de la lámpara led es de 8400 lúmenes

$$d = \frac{n*fm*\phi L*cd}{DT*Em} \text{ Ecuación 2-12. Iluminación media.}$$

Em : Iluminación media.

n : Factor de utilización.

fm : Factor de mantenimiento.

$\varnothing L$: Flujo luminoso de la lámpara

$$d = \frac{0.49 * 0.7 * 8400}{12.1 * 20}$$

$$d = 11.90m$$

La separación que debe existir entre cada luminaria led es de 11.90m para obtener una correcta iluminación en el área.

$$Em = \frac{n * fm * \varnothing L * cd}{DT * d} \text{ Ecuación 2-13. Iluminación media.}$$

Em : Iluminación media.

n : Factor de utilización.

fm : Factor de mantenimiento.

$\varnothing L$: Flujo luminoso de la lámpara

cd : Coeficiente de depreciación de la lámpara

$$Em = \frac{0.49 * 0.7 * 8400}{12.1 * 11.9}$$

$$Em = 20.009Lux$$

La iluminación medias calculada es de 20.009 lux por tanto se comprueba que el valor estimado en la ecuación 2-12 es la correcta.

Para el cálculo de la superficies de puede obtener el dato de la figura 5-2 Siendo $S = 12.1 * 22$

$$N = \frac{Em * S}{\varnothing L * Cu * Fm} \text{ Ecuación 2-14. Cálculo del número de luminarias.}$$

$$N = \frac{20 * 266.2}{8400 * 0.9 * 0.7}$$

$$N = 1,006 \text{ Igual a 1 lámpara}$$

Para nuestro caso el área seleccionado abastece con una sola luminaria led LU4 que es suficiente con los lúmenes de la misma, por esta razón se usará 1 luminaria.

2.6. Dimensionamiento del sistema de generación eléctrica.

Determinado el número de luminarias, sabemos la potencia requerida para el cálculo de la estimación del consumo. Para obtener el correcto tamaño del generador fotovoltaico debemos dimensionar tanto los paneles solares y las baterías. Para que el sistema sea autónomo y funcione correctamente debemos conocer las cargas a conectar así como las potencias de cada uno de los elementos y las horas que permanecerán en funcionamiento.

2.6.1. Estimación del consumo

Para determinar la demanda correcta de energía, se deberá detallar todos los aparatos eléctricos que serán la carga del sistema. Para lo cual se deberá encontrar la energía diaria que consume cada aparato, por lo que se calcula la potencia y el tiempo de uso de cada uno de ellos.

Tabla 4-2: Dimensionamiento del consumo.

DIMENSIONAMIENTO DEL CONSUMO				
Descripción del equipo	Potencia(W)	N Equipos	Horas/día funcionamiento	Energía requerida(Wh/día)
Iluminación Exterior	112	1	11	1232
Convertidor DC/DC	4.55	1	24	109.2
Divisor de voltaje Panel	1	1	9	9
Divisor de voltaje Batería	1	1	12	12
Arduino	2	1	24	48
Circuito de potencia	2	1	11	22
Energía requerida total (Wh/día)				1432.2

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

Eficiencia de la batería 97%

Máxima profundidad de descarga 85%

Número de días de autonomía 2

Tensión nominal de la batería 24v

$E_{rt_{dc}} = \sum E_{r_{dc}}$ Ecuación 2-15. Sumatoria de energía requerida total en dc.

$Er_{dc} = P * Nd * H$ Ecuación 2-16. Energía requerida de cada equipo en dc.

Ert_{dc} : Energía requerida total (Wh/día)

Er_{dc} : Energía requerida (Wh/día)

P: Potencia del equipo (W)

H: Número de horas por cada día (h/día)

Nd: Número de equipos

En la Tabla 4-2 se observa de forma detallada las cargas con sus potencias, horas de funcionamiento y el número de equipos para la obtención de la sumatoria de energía requerida total del sistema siendo este de 1432.2 Wh/día.

$ET = \frac{Ert_{dc}}{NBat}$ Ecuación 2-17. Energía total del sistema dc.

ET: Energía total (Wh/día)

NBat: Eficiencia del acumulador (%)

$$ET = \frac{1432.2 \text{ Wh/día.}}{0.97}$$

$$ET = 1476.495 \text{ Wh/día}$$

Con el uso de la Ecuación 2-17 Se calcula la energía total del sistema de corriente continua siendo $1476.495 \frac{\text{Wh}}{\text{día}}$.

2.6.2. Dimensionamiento del generador fotovoltaico

Determinada la demanda energética de toda la carga que se necesita, procedemos a dimensionar los paneles fotovoltaicos. Los paneles solares producen energía eléctrica todo el día, donde en las horas pico el panel trabaja a su máxima potencia, existen diferentes tipos de paneles con distintas potencia pero a través del cálculo se determinará el número correcto de paneles a usarse.

2.6.2.1. Cálculo de número de horas diarias de luz solar

Para calcular el número de horas diarias se tomó los datos de radiación de la estación meteorológica de la ESPOCH de dos años calendario 2014 y 2015, como se puede observar en la Tabla 5-2, se procesó los datos cada 10 horas diarias de radiación global para obtener datos promedios mensuales, obteniendo un promedio total anual de 481.900859 W/m². Este dato se utilizará para el cálculo del número de horas diarias de luz solar (HPS).

Tabla 5-2: Datos de radiación.

MES	RG 2014	RG 2015	PROMEDIO
ENERO	513.155982	479.740145	496.448064
FEBRERO	493.571243	554.0426	523.806921
MARZO	490.949655	461.919677	476.434666
ABRIL	495.964522	513.30922	504.636871
MAYO	481.097643	477.150597	479.12412
JUNIO	434.866261	495.662853	465.264557
JULIO	466.445116	504.524267	485.484691
AGOSTO	0.00621613	533.070587	266.538401
SEPTIEMBRE	421.939987	587.03095	504.485468
OCTUBRE	548.675429	529.722755	539.199092
NOVIEMBRE	543.101383	504.641407	523.871395
DICIEMBRE	524.696523	510.33559	517.516056
PROMEDIO ANUAL			481.900859

Fuente: Estación meteorológica ESPOCH.

$$I = \frac{RG}{1000} \text{ Ecuación 2-18. Irradiancia.}$$

RG: Radiación global (W/m²)

$$I = \frac{481.900859}{1000}$$

$$I = 0.4819 \text{ KW/m}^2$$

$HPS = I * H$ Ecuación 2-19. Número de horas diarias de luz solar.

HPS: Número de horas diarias de luz solar (kWH/m²)

I: Irradiancia (kW/m²)

H: Horas pico

$$HPS = 0.48 * 10$$

$$HPS = 4.82 \text{ kWH/m}^2$$

El número de horas diarias de luz solar (HPS) es de 4.82 kWh/m².

2.6.2.2. Cálculo del consumo energético real

El consumo energético real es sumamente importante ya que ayuda a reducir la pérdida de vida de los factores en la instalación fotovoltaica, de manera que se deberá tomar en cuenta el rendimiento de cada una de las etapas.

$R = (1 - kb - kc - kv) * (1 - (\frac{ka * Na}{Pd}))$ Ecuación 2-20. Parámetro de rendimiento global de la instalación fotovoltaica.

R: Parámetro de rendimiento global de la instalación fotovoltaica

Kb: Coeficiente de pérdidas por rendimiento del acumulador

0.05 en sistemas que no demanden descargas intensas

0.1 en sistemas con descargas profundas

Kv: Coeficiente de perdidas varias (efecto joule, rendimiento de red)

0.05-0.15 como valores de referencia

Ka: Coeficiente de auto descarga diario

0.002 para baterías de baja auto descarga Ni-Cd

0.005 para baterías estacionarias de Pb-Acido

0.012 para baterías de alta auto descarga

Na: Número de días de autonomía de la instalación

Pd: profundidad de descarga del acumulador

Para el cálculo del consumo energético real se ha tomado los siguientes parámetros:

Kb = 0.05 el sistemas no demanda descargas intensas

Kv = 0.05 no cuenta con otras perdidas que provoquen el efecto joule.

Ka = 0.005 baterías estacionarias de Pb-Acido

$$R = (1 - 0.05 - 0 - 0.05) * (1 - (\frac{0.005 * 2}{0.85}))$$

$$R = 0.889$$

$$E = \frac{ET}{R} \text{ Ecuación 2-21. Energía real.}$$

E: Consumo energético real (WH/día)

ET: Energía total (KWH/día)

$$E = \frac{1.476}{0.889}$$

$$E = 1.66 \text{ KWH/día}$$

2.6.2.3. Cálculo del número de paneles solares

Encontrado el consumo energético real se calcula el número de paneles solares, en el mercado existen paneles con distintas potencias, para nuestro caso se usará paneles monocristalinos de 190Wp a 24 voltios. Con la siguiente expresión se calcula el número exacto de paneles.

$$Np = \frac{E}{0.9 * Wp * HPS} \text{ Ecuación 2-22. Número de paneles solares}$$

Np: Número de paneles

Wp: Potencia nominal del panel

$$Np = \frac{1.66}{0.9 * 190 * 4.82}$$

$$Np = 2.014 \approx 3 \text{ paneles fotovoltaicos.}$$

Con la ecuación 2-23 podemos hallar el número de paneles que van conectados en serie, como se usara paneles monocristalinos de 190Wp el voltaje máximo de este tipo es de 36.5 voltios.

$$Nps = \frac{Vbat}{Vmax} \text{ Ecuación 2-23. Número de paneles en serie}$$

Vbat: Tensión nominal del acumulador

Vmax: Voltaje máximo del panel

$$Nps = \frac{12}{36.5}$$

$$Nps = 0.3287 \approx 1 \text{ solo panel en serie.}$$

$$N_{pp} = \frac{N_p}{N_{ps}} \text{ Ecuación 2-24. Número de paneles en paralelo.}$$

N_{ps} : Número de paneles en serie

N_{pp} : Número de paneles en paralelo

$$N_{pp} = \frac{2.01412}{1}$$

$N_{pp} = 2.01412 \approx 3$ paneles en paralelo.

Por la variedad tipos de paneles solares que existen con cualidades especiales que los distinguen, se seleccionó paneles monocristalinos ya que son construidos a base de silicio puro, así también su eficiencia puesto que es mejor a temperatura ambiente a comparación de otros tipos de paneles.

En el ANEXO A se puede observar las características técnicas del panel monocristalino.

2.6.3. Dimensionamiento del sistema de acumulación

El dimensionamiento del sistema de acumulación es muy importante ya que este es el que proporciona energía a la carga en el momento que no exista energía solar, para esto se debe conocer los días de autonomía, en este caso se trabajará con dos días como el número mínimo. Se debe tener en cuenta la máxima profundidad de descarga de la batería para proteger la vida de la misma, para las baterías de plomo-ácido el valor adecuado es de 0.85, los días de autonomía es un factor importante ya que en ausencias del sol el sistema de acumulación debe ser capaz de abastecer el consumo de energía a la carga, sin sobre pasarse de la máxima profundidad de descarga de las baterías.

$$T = \frac{(Na * ET)}{Mpd} \text{ Ecuación 2-25. Calcular tamaño del acumulador.}$$

Mpd : Máxima profundidad de descarga (%)

T : Tamaño del acumulador (Wh)

$$T = \frac{(2 * 1476.4948)}{0.85}$$

$$T = 3474.1055Wh$$

$$C = \frac{T}{V} \text{ Ecuación 2-26. Capacidad del acumulador.}$$

C: Capacidad del acumulador (Ah)

V: Voltaje nominal del acumulador (V)

$$C = \frac{3474.1055}{24}$$

$$C = 144.75 \text{ Ah}$$

Con la ayuda de la ecuación 2-27 encontramos la capacidad de la batería en amperio hora por ende se debe buscar en el mercado una batería de 144.75 Ah pero en el mercado existen acumuladores de 150 Ah. Si se usa la ecuación 2-28 se encuentra el número exacto de baterías a utilizarse.

$$Nb = \frac{T}{Ah * V} \text{ Ecuación 2-27. Número de acumuladores.}$$

Ah: Corriente nominal del acumulador (Ah)

Nb: Número de acumuladores

$$Nb = \frac{3474.1055}{150 * 12}$$

$$Nb = 1.93 \approx 2 \text{ acumuladores}$$

Para este sistema fotovoltaico se usará dos baterías solares Ultracell de 150Ah a 12V que se conectará en serie para abastecer el voltaje de los paneles y el regulador que son de 24 voltios.

2.6.4. Dimensionamiento del regulador

El dimensionamiento del regulador es muy importante ya que ayuda a controlar la carga y la descarga de la batería permitiendo el paso o no de voltaje de los paneles hacia las baterías, protege de las sobrecargas.

Para el sistema de 24 voltios, se usa la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico de $I_{sc} = 5.21 \text{ A}$ y multiplicamos por el número de paneles.

$$I = 1.25 * I_{sc} * Np \text{ Ecuación 2-28. Corriente de la capacidad del regulador.}$$

I: Capacidad del regulador (A)

$$I = 1.25 * 5.21 * 3$$

$$I = 19.54 \text{ A}$$

Para nuestro sistema la corriente máxima es de 19.54 A por lo cual se toma un regulador de carga de 20 A de marca SUNSAVER-20L-24V.

2.6.5. Dimensionado del cableado

El dimensionamiento del cableado es uno de los aspectos importantes dentro del sistema fotovoltaico, ya que esto ayuda a transportar la potencia requerida con un mínimo de pérdidas de energía hacia las cargas con mayor seguridad. Hay que tratarlos cuidadosamente cuando no se dimensiona correctamente, se corre el riesgo que se produzca algunos efectos como: el efecto joule, corto circuito y estos pueden destruir al material aislante y al conductor.

Para el dimensionamiento del cableado se debe tomar las respectivas distancias del conductor en el sistema, en la tabla 6-2 se puede observar las distancias por tramos del sistema fotovoltaico.

Tabla 6-2: Distancias del conductor para diferentes tramos del sistema.

Distancias por tramos		
Panel-Regulador	1	m
Regulador-Baterías	0,25	m
Regulador-Luminaria	5	m

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

Se debe tomar en cuenta la resistividad del cobre del conductor que es $p = 0.01786$

$$r_0 = \frac{1}{p} \text{ Ecuación 2-29. Resistividad del conductor.}$$

p: La resistividad hecho para un conductor de cobre (cte)

$$r_0 = \frac{1}{0.01786}$$

$r_o = 56$

Tabla 7-2: Caídas de tensión por tramos.

Caída de tensión por tramos		
Caída de tensión	Máxima (%)	Recomendada (%)
Panel-Regulador	0,03	0,01
Regulador-Acumuladores	0,01	0,005
Regulador-Luminaria	0,03	0,03

Fuente: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1884/1/15T00496.pdf>.

En la tabla 7-2 se visualiza las caídas de tensión máximas y recomendadas por tramos en porcentaje.

$(V_a - V_b) * \%$ Ecuación 2-30. Diferencia de potencial.

V_a-V_b: Diferencia de potencial entre el punto a y b (V)

Panel- regulador

$$(V_a - V_b) * \% = 24 * 0.03$$

$$(V_a - V_b) * \% = 0.72$$

Regulador-acumulador

$$(V_a - V_b) * \% = 24 * 0.01$$

$$(V_a - V_b) * \% = 0.24$$

Regulador-luminaria

$$(V_a - V_b) * \% = 24 * 0.03$$

$$(V_a - V_b) * \% = 0.72$$

Para el cálculo de la corriente del conductor por tramos se procede de la siguiente manera:

$$I_c = \frac{Ar}{V} \text{ Ecuación 2-31. Corriente del conductor.}$$

Panel- regulador

$$I_c = \frac{367.5920}{24}$$

$$I_c = 15.32 A$$

Regulador-acumulador

$$I_c = \frac{1432.2}{24}$$

$$I_c = 59.68 A$$

Regulador-luminaria

$$I_c = \frac{P}{V}$$

$$I_c = \frac{112}{24}$$

$$I_c = 4.66 A$$

Para obtener el calibre del conductor se aplica las siguientes ecuaciones:

$$S = \frac{2 * L * I_c}{(V_a - V_b) * 56} \text{ Ecuación 2-32. Sección del conductor.}$$

$$\theta = \sqrt{\frac{4 * S}{\pi}} \text{ Ecuación 2-33. Diámetro del conductor.}$$

L: Longitud del conductor (m)

S: Sección del conductor (mm^2)

ro: Resistividad del material del conductor (Ωm)

θ : Diámetro del conductor (mm)

Panel- regulador

$$S = \frac{2 * 3 * 15.32}{0.72 * 56}$$

$$S = 2.28 mm^2$$

$$\theta = \sqrt{\frac{4 * 2.28}{\pi}}$$

$$\theta = 1.76 mm$$

De acuerdo a la tabla 8-2 el conductor seleccionado es 12AWG por norma se coloca el cable 10 AWG.

Regulador-acumulador

$$S = \frac{2 * 0.25 * 59.68}{0.24 * 56}$$

$$S = 2.22 \text{mm}^2$$

$$\theta = \sqrt{\frac{4 * 2.22}{\pi}}$$

$$\theta = 1.68 \text{mm}$$

De acuerdo a la tabla 8-2 el conductor seleccionado es 12AWG por norma se coloca el cable 10 AWG.

Regulador-luminaria

$$S = \frac{2 * 14 * 4.66}{0.72 * 56}$$

$$S = 3.24 \text{mm}^2$$

$$\theta = \sqrt{\frac{4 * 3.24}{\pi}}$$

$$\theta = 2.03 \text{mm}$$

De acuerdo a la tabla 8-2 el conductor seleccionado es 12AWG por norma se coloca el cable 10 AWG.

Tabla 8-2: Calibres del cable del conductor.

Calibre A.W.G	Diámetro mm	Sección mm ²	Intensidad en amperios			
			Aire libre		3 conductores en tubo	
			TW	desnudo	TW	asbesto
0000	11.58	107.20	300	370	195	340
000	10.38	85.00	260	320	165	285
00	9.36	67.42	225	275	145	250
0	8.25	53.48	195	235	125	225
2	6.54	33.62	140	175	95	165
4	5.18	21.15	105	130	70	120
6	4.11	13.29	80	100	55	95
8	3.26	8.32	55	70	40	70
10	2.59	5.29	40	55	30	55
12	2.05	3.29	25	40	20	40
14	1.62	2.08	20	30	15	30
16	1.29	1.29	12	16	8	16
18	1.02	0.85	8	12	6	12

Fuente: <http://unicrom.com/conductores-electricos/>

2.7. Ángulo de inclinación y orientación de los paneles solares

2.7.1. Orientación

Los paneles solares generan energía eléctrica incluso en los días que no existe sol, es decir que estos producen en presencias de radiación directa o difusa, de acuerdo a la posición que se encuentren los módulos solares dependerá de cuanta energía logrará captar, si la situación geográfica se encuentra bajo la línea ecuatorial en este caso al sur los colectores solares serán ubicados hacia el norte y si se encuentran sobre la línea ecuatorial en este caso norte los colectores solares serán ubicados hacia el sur.

Los módulos fotovoltaicos serán instalados en la ciudad de Riobamba la cual se encuentra ubicado en el hemisferio sur con una latitud de 1.67 por tal razón los colectores solares se orientaran hacia el norte. Como se puede observar en la figura.

2.7.2. Inclinación

Como se puede observar en la tabla 2-1. La instalación del sistema es en el hemisferio sur de la línea ecuatorial se selecciona un ángulo de inclinación de 15° dependiendo de la latitud del lugar en este caso 1.67 que corresponde a Riobamba.

En la figura 9-2. Se puede observar el modelamiento en tres D de la estructura de los paneles solares.

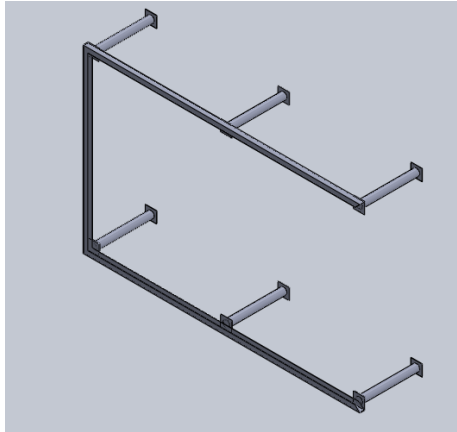


Figura 9-2 Modelamiento 3D de la estructura.
Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

Una vez realizado el análisis de la inclinación y orientación se realiza el diseño de la estructura para el soporte de los paneles solares como se puede visualizar en la figura 10-2. La estructura está diseñada con canal u de 50x2mm la dimensiones de la estructura total es de 2.47 x 1.59 m, la altura de las patas entre el piso y la estructura es de 0.70 m de un extremo, como la inclinación es de 15° las patas del otro extremo es de 0.40 m de altura.



Figura 10-2 Construcción de la estructura para los paneles solares
Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

Estructura final con la colocación de los paneles solares como se puede ver en la figura 11-2.



Figura 11-2 Estructura final para los paneles solares.
Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

2.8. Diseño de los planos eléctricos

El desarrollo de los planos eléctricos es parte fundamental para determinar la conexión de todo el sistema, esto facilita al usuario interactuar de la mejor manera con el tablero de conexión, el diseño está constituido por paneles, regulador, baterías, fusibles, convertidor dc/dc, arduino y dispositivos de acondicionamiento.

En la figura12-2 se observa el diseño y la constitución eléctrica de cada uno de los elementos, la conexión de cómo se encuentra en el tablero de control.

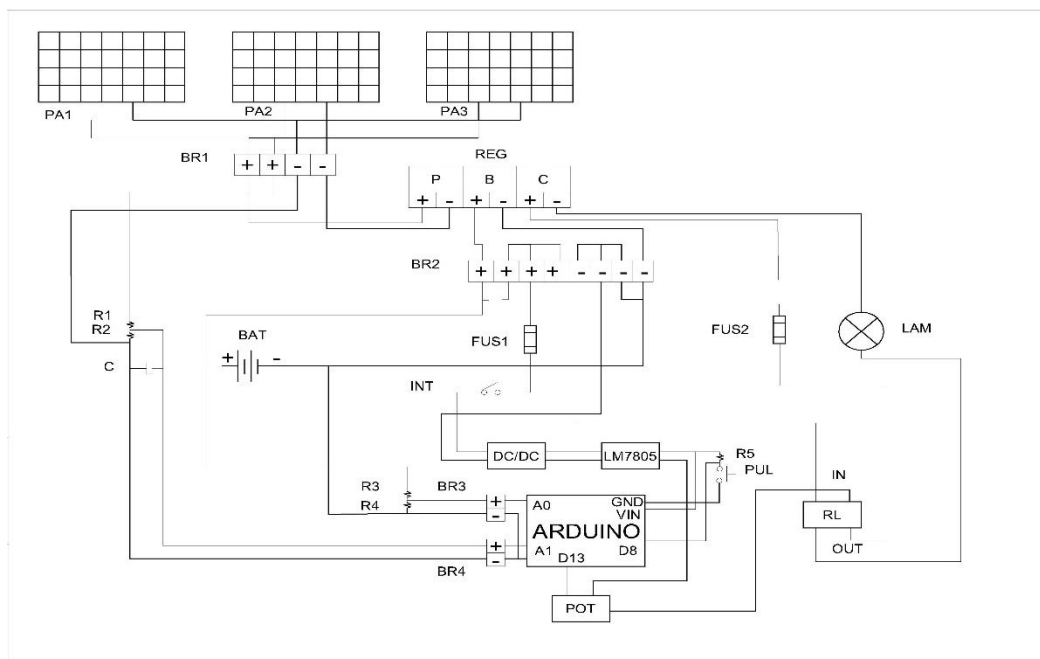


Figura 12-2 Plano eléctrico.
Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

En la tabla 9-2 se detallan la simbología usada en los planos eléctricos de la representación de los elementos de cada uno de los dispositivos instalados.

Tabla 9-2: Simbología del plano eléctrico.

CUADRO DE SÍMBOLOS			
SÍMBOLO	NOMBRE	ETIQUETA	CANTIDAD
	CABLE DE FASE DC	-----/-----	
	CABLE NEUTRO DC	N	
	TRANSMISIÓN DE DATOS	T	
	FUSIBLE	FUS	2
	BORNERA G	BR1,BR2	1 C/U
	BORNERA P	BR3,BR4	2
	REGULADOR	REG	1
	ARDUINO	ARDUINO	1
	INTERRUPTOR	INT	1
	PULSADOR	PUL	1
	BANCO DE BATERIA	BAT	1 BANCO CON 2 BATERIAS
	RESISTENCIA 1	R1	1
	RESISTENCIA 2	R2	1
	RESISTENCIA 3	R3	1
	RESISTENCIA 4	R4	1
	RESISTENCIA 5	R5	1
	LÁMPARA	LAM	1
	PANEL	PA	3
	CONVERTIDOR	CONV	1
	REGULADOR VOLTAJE 5V	7805	1
	POTENCIA	POT	1
	RELÉ	RL	1

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

2.9. Diseño del tablero de control

En la caja eléctrica se encuentra todos los dispositivos electrónicos de control, por motivo de espacio y acoplamiento de las baterías se procedió a la construcción de este, la cual tiene las siguientes dimensiones 54cm de alto, 41 cm de ancho y 52cm de profundidad. En la tabla 10-2. Se detalla los elementos que se encuentran instalados en la caja eléctrica.

Tabla 10-2: Elementos de control instalados en el tablero de control.

Elementos	Lugar de instalación
Arduino	Interior
Convertidor de voltaje DC-DC	Interior
Circuitos de acondicionamiento	Interior

Porta fusibles	Interior
Relé	Interior
Interruptor de paro	Interior
Borneras eléctricas	Interior
Regulador de carga	Interior

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

Para la conexión de cada elemento se utilizó cable flexible número 12 AWG de color rojo y negro, dependiendo de los dispositivos y la corriente se realizó los cálculos del calibre del conductor en los ítems anteriores, para la conexión regulador batería se usó cable flexible número 10 AWG.

En la figura 13-2 se puede observar la caja eléctrica con el tablero de control.



Figura 13-2 Caja eléctrica y tablero de control
Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

2.10. Circuitos de acondicionamiento

2.10.1. Circuito de acondicionamiento acumulador

Para determinar el nivel de voltaje del acumulador se diseña un divisor de voltaje, calculando el valor de las resistencias para reducir la tensión y obtener una señal de ingreso al arduino. Esta señal adquirida facilita monitorear el acumulador a través de una interfaz desarrollada en Labview.

En la figura 14-2 se observa el circuito de divisor de voltaje.

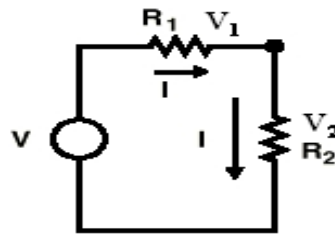


Figura 14-2 Divisor de voltaje

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos40/circuitos-electricos/circuitos-electricos2.shtml>

$$V_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V \text{ Ecuación 2-34. Divisor de voltaje } V_1.$$

$$V_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} * V \text{ Ecuación 2-35. Divisor de voltaje } V_2.$$

Para el monitoreo de carga y descarga del acumulador de 24V se aplicó la fórmula del divisor de voltaje, con un valor de resistencia $R_1=1.8M\Omega$ para encontrar el valor de la resistencia R_2 , la cual nos dará un voltaje $V_2=5V$, el valor de voltaje en este punto ira variando en un rango máximo de 5V para la lectura analógica A1 del arduino.

$$R_2 = \frac{V * R_1 - V_1 * R_1}{V_1}$$

$$R_2 = \frac{(24V * 1.8M\Omega) - (19 * 1.8M\Omega)}{19}$$

$$R_2 = 473.7k\Omega$$

2.10.2. Circuito de acondicionamiento panel

Para el monitoreo de los niveles de voltaje y radiación de los paneles solares, al igual que el acumulador se aplicó la fórmula del divisor de voltaje, con un valor de resistencia $R_1=1M\Omega$ para obtener el valor de la resistencia R_2 la cual nos dará un voltaje $V_2=5V$, el valor de voltaje en este punto ira variando en un rango máximo de 5V para la lectura analógica A0 del arduino y luego poderla transformar a radiación.

$$R_2 = \frac{V * R_1 - V_1 * R_1}{V_1}$$
$$R_2 = \frac{(30V * 1M\Omega) - (25 * 1M\Omega)}{25}$$
$$R_2 = 200k\Omega$$

Con el valor de resistencia de $200k\Omega$ se obtiene un voltaje de salida de 5v.

Para obtener el dato de radiación se realiza una relación dependiendo del sensor de radiación ya que este por cada 1mv es igual a 100w.

2.11. Diseño de la placa electrónica

Para el diseño de la placa electrónica se usó el software PCB Wizard donde se procedió a distribuir los elementos para el control del sistema, se encuentra el arduino, parte fundamental para el control, los circuitos de acondicionamiento para leer las señales analógicas del panel y el acumulador, circuito de activación de la etapa de potencia encargado de activar y desactivar la carga, fusibles y porta fusibles usados para la protección de todo el sistema así como también está instalado un pulsador para poner en marcha el reloj.

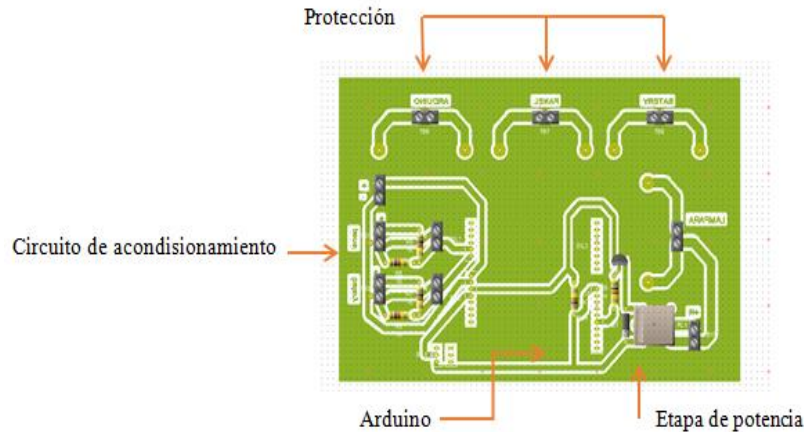


Figura 15-2 Circuito pictórico del sistema de control.
Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

En la figura 15-2 se puede observar el circuito pictórico del sistema de control con cada una de sus etapas que se detallan a continuación:

La etapa de protección sirve para proteger los dispositivos electrónicos y los de potencia contra sobrecorrientes, para ello se necesita saber la corriente que consume cada uno de estos a continuación se puede los cálculos realizados para uno de los elementos.

Los circuito de acondicionamiento para el panel el $R1=1M\Omega$ y $R2=200k\Omega$ y para el acumulador $R3=1.8M\Omega$ y $R4=390k\Omega$ como se puede observar en el apartado 2.9.

En la etapa del controlador está compuesto por espadines machos los cuales están soldados en la placa para dar mayor seguridad al módulo arduino, en los pines predeterminados por el diseño están conectadas las analógicas y digitales tanto de entrada como de salida.

La etapa de potencia está formado por $R5=220\Omega$, un transistor 2222, un diodo rectificador de 3 A y un relé industrial de 10 A. La señal digital en alto enviada por el arduino pone en corte y saturación al transistor activando al relé industrial, el diodo rectificador protege contra sobre corrientes evitando así que se queme los elementos al momento que se activa la luminaria LED.

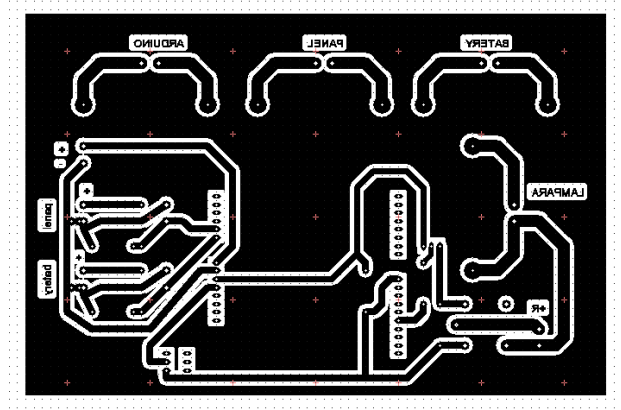


Figura 16-2 Circuito impreso del sistema de control.
Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

En la figura 16-2 se puede apreciar el circuito impreso del sistema de control detallando las pistas a las que van conectados los diferentes elementos electrónicos.

2.12. Programación en Arduino

El desarrollo del programa en arduino se realiza con la finalidad de establecer la conexión serial con Labview, para poder controlar las lecturas analógicas del panel y batería que serán monitoreadas en el mismo, así como también controlar el encendido y apagado de la luminaria led a través de un reloj programado en el arduino. La programación del reloj tiene como objetivo realizar el control del encendido y apagado de la luminaria LED con una señal digital que es enviada por el mismo y activará el relé para dar paso al encendido de la carga. A continuación se puede observar el código detallado en Arduino.

```

////DEFINICION DE VARIABLES //////////
////variables del reloj//////////
int horas=19; //00
int minutos=45; //59
int segundos=56; //59
int boton=8 ;

//variables de la iluminaria led //
int lampara=13; //

```

```

//variables para lectura del Panel y Bateria //
int Panel;
int Bateria;
///// RUTINA PARA EL RELOG INTERNO DEL ARDUINO /////
String zero(int n)
{
  if(n < 10)
  {
    return "0" + String(n);
  }
  else
  {
    return String(n);
  }
}
}
////////////////////////////////////
void setup()
{
  pinMode(lampara, OUTPUT);
  pinMode(boton, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}
////////////////////////////////////
void loop()
{
  /////////////////////////////////// PROGRAMA PARA EL RELOG ///////////////////////////////////
  int ocho = digitalRead(boton);
  if (ocho==HIGH)
  {
    segundos++;
    if(segundos>59)
    {
      minutos++;
      segundos=0;
    }
    if(minutos>59)
    {

```

```

    horas++;
    minutos=0;
}
if(horas>23)
{
    horas=0;
    minutos=0;
    segundos=0;
}
}
//////////////////////////////// CONTROL DE LA ILUMINARIA LED //////////////////////////////////
if(horas==19)
{
    if(minutos==50)
    {
        if(segundos==0)
        {
            digitalWrite(lampara,HIGH);
        }
    }
}

if(horas==5)
{
    if(minutos==30)
    {
        if(segundos==0)
        {
            digitalWrite(lampara,LOW);
        }
    }
}
//////////////////////////////// MONITOREO DE LAS VARIABLES DEL PANEL Y DE LA BATERIA
////////////////////////////////
Panel=analogRead(0);
Bateria=analogRead(1);

```



```

////////////////////////////////////IMPRESION DE VARIABLES //////////////////////////////////////
//Serial.print(zero(horas) + ":" + zero(minutos) + ":" + zero(segundos)); // IMPRESION DEL
RELOG
//Serial.print("\t");
Serial.print(Panel);
Serial.print("\t");
Serial.print(Bateria);
Serial.println();
delay(1000);
}

```

2.13. Monitoreo en Labview

El software Labview es una herramienta industrial la cual nos permite realizar programación en forma gráfica, está constituida por varias librerías que son importantes para el usuario en el momento del desarrollo de una aplicación.

El monitoreo en Labview es una interfaz gráfica que se utiliza para la comunicación hombre máquina, en donde el usuario puede visualizar e interactuar con los datos obtenidos del sistema. A continuación se detalla cada uno de los bloques del sistema.

2.13.1. Comunicación serial arduino-Labview

Para la comunicación arduino-Labview se utiliza las librerías de VISA: serial read y closed.

En la librería VISA SERIAL se configura añadiendo una entrada y salida (I/O) para poder escoger en puerto com del arduino, además la configuración de la velocidad de baudios a la cual trabaja el mismo (baud rate (9600)).

La librería VISA read lee los datos seriales del arduino y mediante la librería Scan From String transforma los datos leídos serialmente a string.

La librería VISA closed se usa para cerrar la lectura serial.

En la figura 17-2 se puede observar la conexión de los bloques de la comunicación.

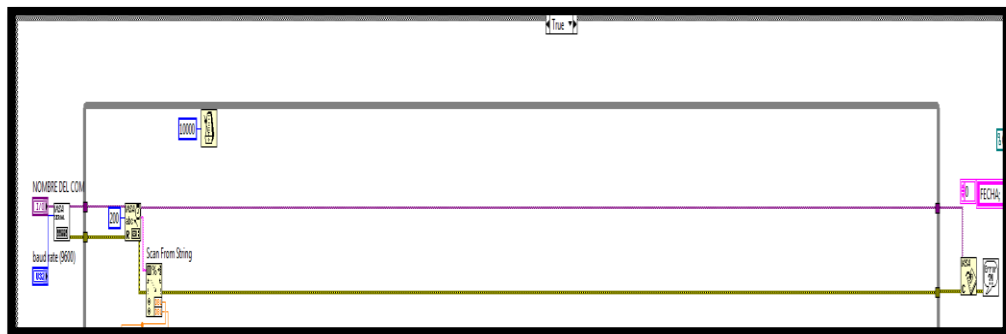


Figura 17-2 Comunicación serial.

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

2.13.2. *Adquisición de datos del sistema*

En la figura 18-2 se realiza la adquisición de datos del panel y de la batería mediante el divisor de voltaje desarrollados en el apartado 2.10, dichas señales obtenidas se las adquiere de forma análogas, en el caso de la batería el valor se toma de 0 a 1023 valores analógicos la cual es transformada a 30 voltios determina el nivel de porcentaje dependiendo de la carga o descarga del acumulador.

En el caso del panel solar la señal leída al igual que el acumulador es de 0 a 1023 donde se realiza un arreglo matemático para obtener 45 voltios continuos, de la misma forma para la adquisición de los datos de radiación se tomó en cuenta que el sensor pirómetro por cada 1 milivoltio se obtiene $100\text{w}/\text{m}^2$ entonces para el monitoreo del sistema se tomó que 45 voltios es igual a $1213\text{ w}/\text{m}^2$ valor máximo de radiación global, promedio obtenido de la estación meteorológica de la ESPOCH del años 2014 y 2015

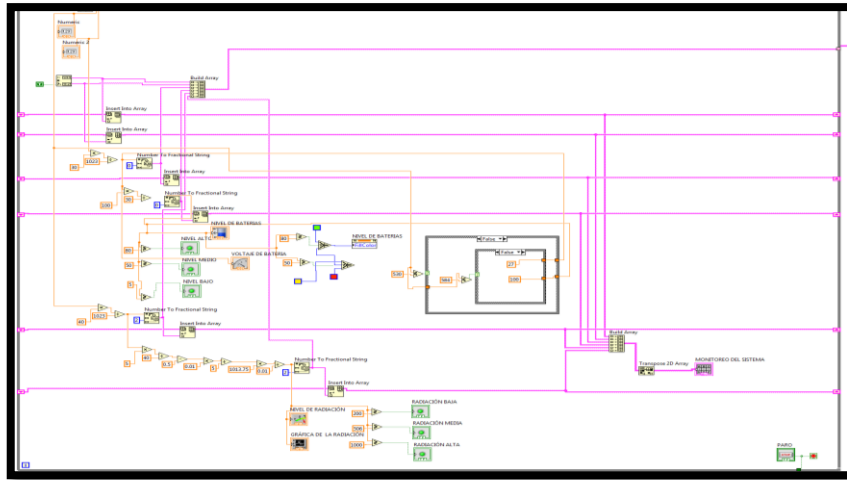


Figura 18-2 Adquisición de datos.
 Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

2.13.3. Almacenamiento de datos

Para la adquisición de datos se usó una de las herramientas de Labview en este caso Write To Spreadsheet File.vi, el cual se añade etiquetas para cada una de las columnas, la dirección donde será almacenada y el tipo de dato xlx, las delimitaciones son separadas por punto y coma, los datos son almacenados en 2D por ser una matriz. La estructura de adquisición sirve para almacenar información de voltaje del panel y acumulador, radiación solar y porcentaje del acumulador, estos se guardará con la fecha y hora de cada uno de los días, para poder identificarlas y posteriormente usarlas para el análisis respectivo.

En la figura 19-2 se visualiza la estructura para el almacenamiento de datos.

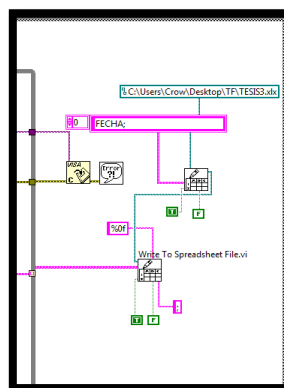


Figura 19-2 Almacenamiento de datos.
 Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

En la figura 20-2 se puede observar el diagrama completo con cada uno de los bloques explicados anteriormente para el monitoreo correcto del sistema de generación eléctrica.

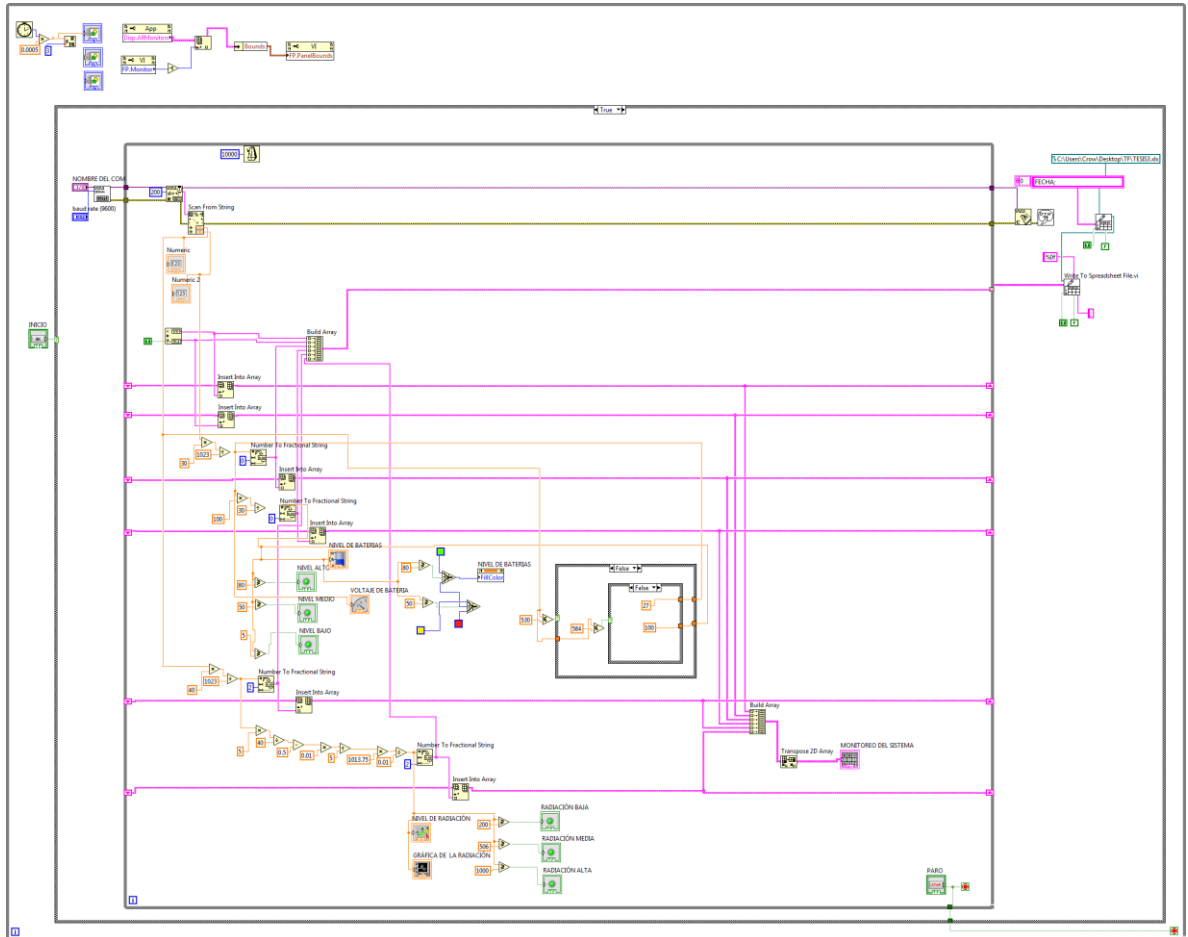


Figura 20-2 Sistema de monitoreo.
Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

2.14. Simulación de un seguidor solar en Labview

Para el desarrollo de la simulación del seguidor solar se utilizó diferentes librerías, para obtener una comparación de datos entre un panel móvil y fijo, además se aprovechó de librerías 3D para la animación del sol, paneles móviles y fijos.

A continuación se detalla cada uno de los bloques del simulado:

2.14.1. Toolkit 3D

En la figura 21-2 se observa el desarrollo de la animación del movimiento del sol y paneles solares, este bloque está dividido en dos partes una para el sistema de paneles móviles y otra para paneles fijos, para el caso del sistema móvil inicialmente los paneles están colocados a 15° y el movimiento se realiza cuando el sol se encuentra perpendicular a ellos, para el sistema fijo el panel solar se encuentra ubicado a 0° , cabe recalcar que el sol para los dos casos recorre por cada hora 15° .

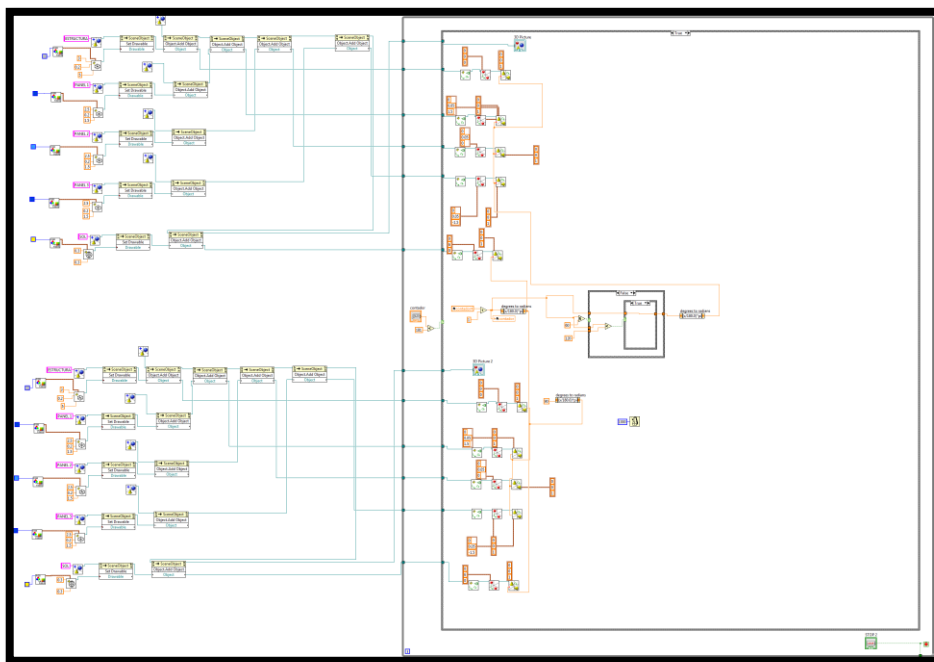


Figura 21-2 Animación sol y paneles.
Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

2.14.2. Almacenamiento de datos de radiación, potencia, eficiencia y energía

Para la obtención de los datos de radiación se procesó los datos históricos de dos años de radiación de la estación meteorológica de la Politécnica, en el caso del panel fijo del simulador, los datos de radiación para el panel móvil se tomó del monitoreo del sistema real, promediando cada hora, estos datos están almacenados internamente en un case de Labview. La potencia generada por los paneles de cada hora se calcula por medio de la radiación por los 190wp del panel dividido para los 1213 w/m^2 , el valor se obtiene cuando los rayos solares caen de manera perpendicular a la

superficie del panel. Cada case realiza una comparación del ángulo del movimiento producido por el panel este envía los datos de radiación, potencia y el ángulo necesario para calcular altura, azimut del sol y la inclinación del panel como se puede apreciar en la figura 22-2.

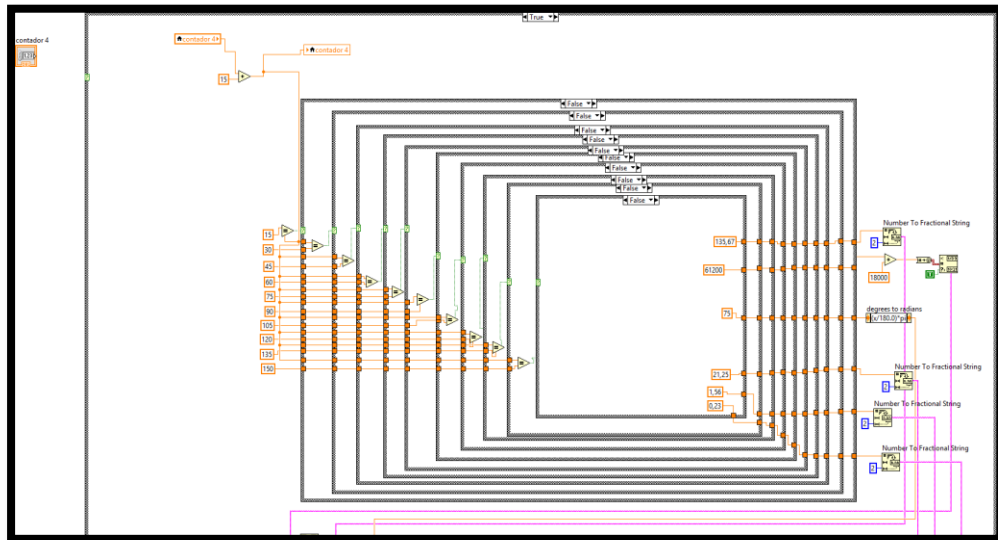


Figura 22-2 Diagrama para obtener datos de radiación, potencia, eficiencia y energía.
Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

Para determinar la eficiencia del panel solar dependiendo de cada hora se calcula con la potencia descrita anteriormente dividido para 1213 por el área del panel (1.125m²) por 100 por ciento esto nos ayuda a determinar con que rendimiento trabaja el panel cada hora del día. La energía se calcula con la potencia multiplicada por el tiempo que se obtiene los datos de radiación (11 horas) dividido para 1000 obteniendo la energía hora en kWh, ayudando a determinar cuánto de energía produce los paneles cada hora en el transcurso del día.

2.14.2.1. Declinación

En el desarrollo de la simulación la declinación es el ángulo que forma la línea sol tierra para cada día del año.

$$\delta = 23,45 * \sin\left[(248 + n) * \frac{360}{365}\right] \text{ Ecuación 2-36. Declinación.}$$

Para este caso se tomó el solsticio de verano que es 23,45 y n es el día del año, desde n =1 para el 1 de enero.

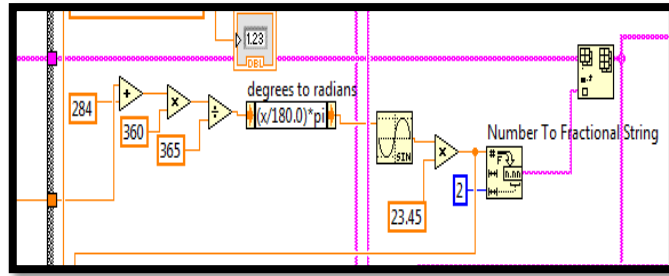


Figura 23-2 Cálculo de la declinación.
 Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

2.14.2.2. *Altura*

Para el cálculo de la altura por hora se toma en cuenta la latitud de la zona geográfica en la cual se encuentra ubicado el sistema fotovoltaico, sabiendo que los ángulos antes de las 12 del medio día son negativo y los ángulos después del medio día son positivos por ejemplo a las 11am es -15° y a la 13pm es 15°.

$$\sin \alpha = \sin L * \sin \delta + \cos L * \cos \omega * \cos \delta \text{ Ecuación 2-37. Altura.}$$

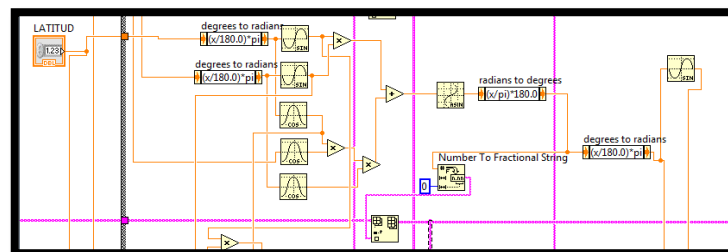


Figura 24-2 Cálculo de la altura solar.
 Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

2.14.2.3. *Acimut*

El ángulo acimutal solar por horas se ubica en el plano horizontal, cuando el sol sale de este a oeste este se desplaza de norte a sur en sentido de las manecillas del reloj.

$$\cos A_z = \frac{\sin L \cdot \sin \alpha - \sin \delta}{\cos L \cdot \cos \alpha} \quad \text{Ecuación 2-38. Acimut.}$$

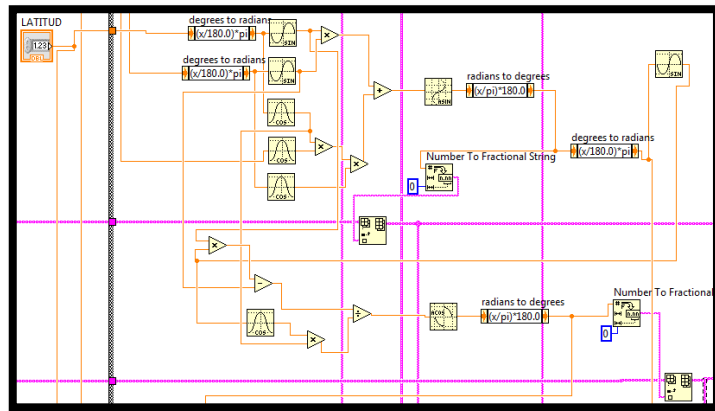


Figura 25-2 Cálculo del acimut solar.
Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

2.14.2.4. *Inclinación del panel*

El ángulo de inclinación (p) del panel rota alrededor del plano horizontal de este a oeste, depende del azimut y la altura del sol. Los ángulos para el movimiento del panel recorren cada 15° por hora.

$$\tan p = \frac{\sin A_z}{\tan \alpha} \quad \text{Ecuación 2-39. Inclinación del panel.}$$

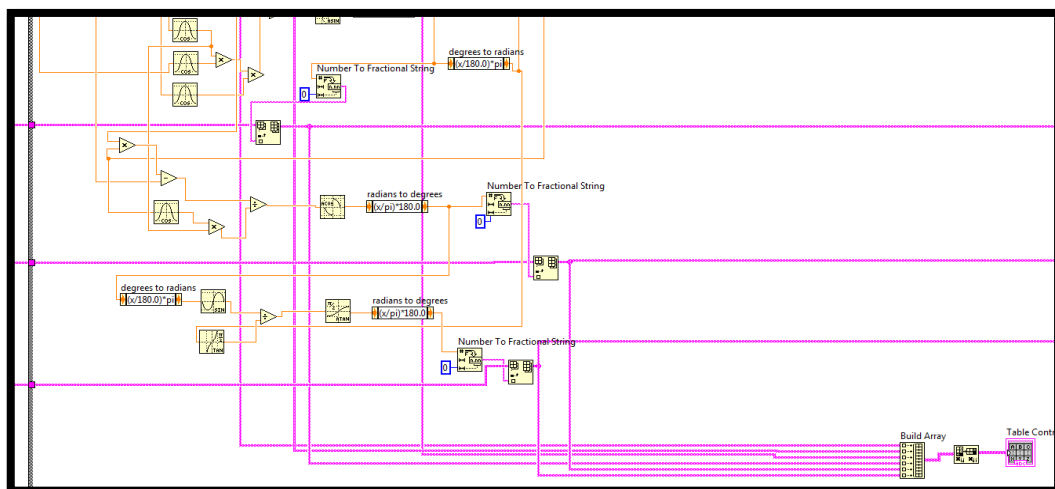


Figura 26-2 Cálculo de la inclinación del panel.
Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

El conjunto de bloques descritos anteriormente como: Toolkit 3D, almacenamiento de datos de radiación y potencia, declinación, altura, acimut e inclinación del panel estos forma una sola estructura de programación para la simulación de los paneles móviles y de los fijos, además cuenta con botones de inicio, de paro e indicadores donde se puede visualizar los parámetros obtenidos.

2.15. Materiales para el seguidor solar

Los materiales a tomar en cuenta para la construcción del seguidor solar del sistema de generación eléctrica calculado en el apartado 2.6 se encontraron el número de paneles solares, así también en el apartado 2.7.2 se obtuvo las dimensiones de la estructura donde van colocados los módulos solares.

Los materiales se detallan a continuación:

2.15.1. *Arduino*

Dispositivo que ayudará al control el movimiento de forma positiva y negativa al motor, enviando señales analógicas mediante puertos pwm para que el desplazamiento sea de manera estable, posicionando al panel de una forma eficiente ayudando así al movimiento de los mismos para que no tengan cambios bruscos, el controlador enviará la señal cada hora con un movimiento de 15° como se pudo analizar en el apartado 2.15.

2.15.2. *Relevador*

Es el dispositivo importante dentro de los circuitos electrónicos ya que controla la tensión que envía al motor de 24 voltios, es conocido como puente h y el encargado de invertir las polaridades con las que trabaja el motor de corriente continua, esto permite funcionar de manera positiva como negativa del motor.

2.15.3. Selección del motor

Para seleccionar el torque del motor de manera correcta, se realiza los siguientes cálculos:

l: Largo del panel

n: Ancho del panel

p: Peso del panel

a: Ancho de la estructura

b: Largo de la estructura

c: Espesor de la estructura

d: Densidad del hierro fundido

m1: Masa del panel

m2: Masa de la estructura

v: Volumen de la estructura

IT = ***IP*** + ***IE*** Ecuación 2-40. Momento de inercia total

IP = $\frac{1}{12} * m1 * (l^2 + n^2)$ Ecuación 2-41. Momento de inercia del panel

IE = $\frac{1}{12} * m2 * (a^2 + b^2)$ Ecuación 2-42. Momento de inercia de la estructura

m2 = ***d*** * ***v*** Ecuación 2-43. Masa de la estructura

v = ***a*** * ***b*** * ***c*** Ecuación 2-44. Volumen de la estructura

T: Torque total requerido en (mNm)

J_T: Carga inicial total en ($g * m^2$)

J_R: Inercia del rotor del motor despreciable con el valor de ***J_L***

J_L: Carga inercial de la parte móvil

V: Velocidad del motor

K: Constante del motor

T = ***J_T*** * $\frac{V^2}{2}$ * ***K*** Ecuación 2-45. Torque total requerido

J_T = ***J_R*** + ***J_L*** Ecuación 2-46. Carga inicial total

Hp = $\frac{T * RPM}{716}$ Ecuación 2-47. Cálculo de la potencia en Hp

Estructura

b = 247cm

a = 159cm

c = 0.2cm

$$d = 7.8g/cm^3$$

$$v = 159 * 247 * 0.2$$

$$v = 7854.6cm^3$$

$$m2 = 7.8 * 7854.6$$

$$m2 = 61265.88 g$$

$$IE = \frac{1}{12} * m2 * (a^2 + b^2)$$

$$IE = \frac{1}{12} * 61265.88 * (159^2 + 247^2)$$

$$IE = (5105.44) * (86290)$$

$$IE = 440552732.1g * cm^2$$

Panel

$$l = 158cm$$

$$n = 80.8cm$$

$$p = 15.5 kg$$

$$p = 15500 g$$

$$m1 = 3 * p$$

$$m1 = 3 * 15500$$

$$m1 = 46500g$$

$$IP = \frac{1}{12} * m1 * (l^2 + n^2)$$

$$IP = \frac{1}{12} * 46500 * (158^2 + 80.8^2)$$

$$IP = 122033980g * cm^2$$

$$IT = IP + IE$$

$$IT = 122033980g + 440552732.1$$

$$IT = 562586712.1g * cm^2 * \frac{m^2}{10000cm^2}$$

$$IT = 56258.67g * m^2$$

$$JT = JR + JL$$

$$JT = 56258.67g * m^2$$

Con la IE, IP e IT se puede encontrar el momento de inercia tanto de la estructura, panel con la cual dará la inercia total del panel con la estructura, además JT que nos permitirá ver la carga inercial para poder calcular el torque del motor .

$$T = JT * \frac{v^2}{2} * K$$

$$T = 56258.67g * \frac{8.33^2}{2} * 0.00435$$

$$T = 8490.606 \text{ mNm}$$

$$T = 8.490606 \text{ Nm}$$

$$T = 0.849 \text{ kg} * m$$

$$Hp = \frac{0.849 * 500}{716}$$

$$Hp = 0.59$$

$$Hp \approx 0.6 \text{ Hp}$$

Se escoge un motor reductor de 0.67 Hp con torque de 8,5 Nm marca MY1020Z Dayton de acuerdo a los cálculos obtenidos anteriormente, ya que este tipo de motor reduce la velocidad y aumenta la potencia para el movimiento de la estructura con los paneles. En el Anexo B se observan las características del motor seleccionado.



Figura 27-2 Motor MY1020Z Dayton.

Fuente: <https://www.motiondynamics.com.au/dayton-500w-0.67-hp-24v-dc-planetary-500rpm.html>

2.15.4. Fuente de poder dc

Dispositivo encargado de alimentar al motor con un voltaje de 24v, este tipo de fuente debe ser de una corriente de 30 A para que el motor funcione de manera correcta y poder mover la estructura conjuntamente con los paneles.

2.15.5. Eje

Eje para el movimiento de la estructura de los módulos fotovoltaicos puede ser de tubo galvanizado de pulgada y media con una longitud de dos metros treinta, el cual ira soldado a la estructura, para el desplazamiento del mismo.

2.15.6. Rodamientos de bolas

El rodamiento sirve de apoyo al eje sobre el cual este gira, evita que existan fricciones ayudando a que el movimiento sea más suave, va colocado a una distancia de 189 cm de rodamiento a rodamiento.

2.15.7. Engranajes

Los engranajes son mecanismos que está formado por dos ruedas dentadas, estos engranes van inmovilizados mediante chavetas u otros elementos para producir el movimiento de los paneles, esto ayuda reducir las revoluciones del motor y aumentar la potencia transmitida por el mismo y mover con mayor facilidad la estructura, esto dependerá de la programación que se realice en el micro controlador para mover 15° cada hora. Para determinar los engranajes se aplica las siguientes ecuaciones:

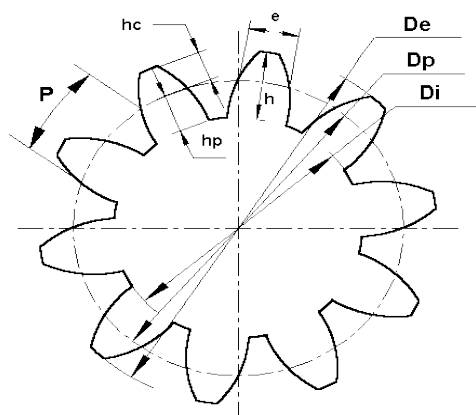


Figura 28-2 Características de un engranaje.
Fuente: <http://polamalu.50webs.com/OF1/mecanica/engranajes.htm>

$$m = \frac{D_e}{z+2} \text{ Ecuación 2-48. Módulo}$$

$$D_p = m * z \text{ Ecuación 2-49. Diámetro primitivo}$$

$$D_i = D_p - 2.5 * m \text{ Ecuación 2-50. Diámetro primitivo}$$

$$p = \pi * m \text{ Ecuación 2-51. Paso circular}$$

$$h = 2.25 * m \text{ Ecuación 2-52. Altura del diente}$$

$$h_p = 1.25 * m \text{ Ecuación 2-53. Altura del pie del diente}$$

$$e = 0.5 * p \text{ Ecuación 2-54. Espesor del diente}$$

$$B = 10 * m \text{ Ecuación 2-55. Anchura del diente}$$

$$d1 * N1 = d2 * N2 \text{ Ecuación 2-56. Relación de engranes}$$

D_e : Diámetro del exterior

N : Número de revoluciones por minuto

d : Diámetro

z : Número de dientes

Para calcular el engranaje para la estructura se considera los parámetros del engranaje del motor con un diámetro de 148,5mm con un número de dientes de 80 tomando en cuenta las revoluciones del motor 500 rpm.

Datos de los engranajes

$$d1 = 148.5mm$$

$$N1 = 500rpm$$

$$d2 = ?$$

$$z2 = ?$$

$$z1: 80 \text{ Dientes}$$

$$N2 = 250rpm$$

$$d2 = \frac{d1 * N1}{N2}$$

$$d2 = \frac{148.5 * 500}{250} = 297mm$$

$$z2 = \frac{N1 * z1}{N2}$$

$$z2 = \frac{80 * 500}{250}$$

$$z2 = 160 \text{ Dientes}$$

$$m = \frac{D}{z+2} \text{ Anchura del diente}$$

$$m = \frac{297}{160+2} = 1.83 mm$$

$$D_p = m * z$$

$$D_p = 1.83 * 160$$

$$D_p = 292.8 \text{ mm}$$

$$D_i = D_p - 2.5 * m$$

$$D_i = 292.8 - 2.5 * 1.83$$

$$D_i = 288.225 \text{ mm}$$

$$p = \pi * m$$

$$p = \pi * 1.83$$

$$p = 5.75 \text{ mm}$$

$$h = 2.25 * m$$

$$h = 2.25 * 1.83$$

$$h = 4.117 \text{ mm}$$

$$h_c = m$$

$$h_c = 1.83 \text{ mm}$$

$$h_p = 1.25 * m$$

$$h_p = 1.25 * 1.83$$

$$h_p = 2.29 \text{ mm}$$

$$e = 0.5 * p$$

$$e = 0.5 * 5.75$$

$$e = 2.88 \text{ mm}$$

$$B = 10 * m$$

$$B = 10 * 1.83$$

$$B = 18.3 \text{ mm}$$

Para calcular el engranaje de mayor diámetro se considera la distancia 297 mm con un número de dientes de 160, donde se considera que el modulo, la altura de la cabeza del diente, la altura del pie del diente, espesor y anchura del diente son las mismas ya que las dos ruedas forman un engranaje.

$$D_p = m * z$$

$$D_p = 1.83 * 80$$

$$D_p = 146.4 \text{ mm}$$

$$D_i = D_p - 2.5 * m$$

$$D_i = 146.5 - 2.5 * 1.83$$

$$D_i = 141.825 \text{ mm}$$

Se obtiene el diámetro primitivo para el engranaje del motor y estructura, la construcción de los engranajes se lo debe construir con material de hilo de Nylon.

Tabla 11-2: Lista de materiales.

TABLA DE PRECIOS			
MATERIAL	CANTIDAD	C/U	PRECIO
Arduino	1	\$23.0	\$23.0
Puente H	1	\$20.0	\$20.0
Motor reductor	1	\$119.0	\$119.0
Estructura	1	\$200.0	\$200.0
Panel	3	\$270.0	\$810.0
Fuente de poder	1	\$180.0	\$180.0
Eje	1	\$11.4	\$11.4
Rodamiento de bolas	2	\$12.0	\$24.0
Engranaje grande	1	\$20.0	\$20.0
Engranaje pequeño	1	\$10.0	\$10.0
Total			\$1,417.4

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

Como se puede ver en la tabla 11-2 se detalla los precios de cada material que se necesita para la construcción de un seguidor solar con los cálculos desarrollados en los apartados 2.6 y 2.15.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se detallara los resultados obtenidos de la implementación del sistema de generación de energía eléctrica con paneles solares, describiendo de forma individual cada paso desarrollado para obtener el resultado final de todo el sistema.

3.1. Sistema de generación eléctrica

3.1.1. *Pruebas del sistema de alumbrado*

Los tiempos de encendido y apagado de la lámpara led se controla mediante un reloj desarrollado en arduino encargado de realizar el contador, el sistema de generación eléctrica se encuentra dimensionado para abastecer el tiempo de encendido de la lámpara para una duración de 11 horas diarias.

La lámpara entra en funcionamiento a partir de las 18H30 min de la noche hasta la 5H30 min de la mañana, dejando a los acumuladores a una carga media de 25 voltios continuos ya que el sistema tiene dos días de autonomía tranquilamente puede funcionar un día sin la necesidad que haya luz solar. En la figura 1-3 se muestra el encendido de la luminaria led.

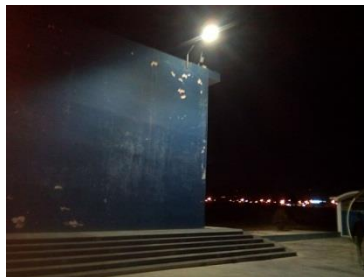


Figura 1-3 Luminaria encendida

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

El sistema de alumbrado led abastece el área de acuerdo a los cálculos realizados en el apartado anterior como se muestra en la figura 2-3.



Figura 2-3 Área iluminada
Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

3.1.2. Pruebas del sistema de almacenamiento

El sistema de almacenamiento está conformado por un banco de dos baterías conectadas en serie, el sistema se demora aproximadamente 4 horas con 30 minutos en cargarse, en un día totalmente soleado, generando los paneles solares mayor voltaje y las recargara de manera más rápida a las baterías. Cuando el día es nublado los acumuladores se demoran aproximadamente entre 6 a 7 horas en cargarse completamente ya que los paneles no se encuentran generando el voltaje necesario, la corriente de las baterías es de 4,72 amperios cuando se encuentran totalmente cargado.

3.2. Sistema de monitoreo

La interfaz gráfica en Labview se obtiene datos de voltaje de los paneles y acumuladores así como radiación solar a la vez se puede visualizar el porcentaje de almacenamiento de las baterías, el nivel de radiación indicando si es bajo, medio o alto. Se recolecto datos de 11 horas de 7H00 de la mañana hasta las 17H00 de la tarde la adquisición de los mismos, en la figuran 3-3 se puede observar la interfaz gráfica.}

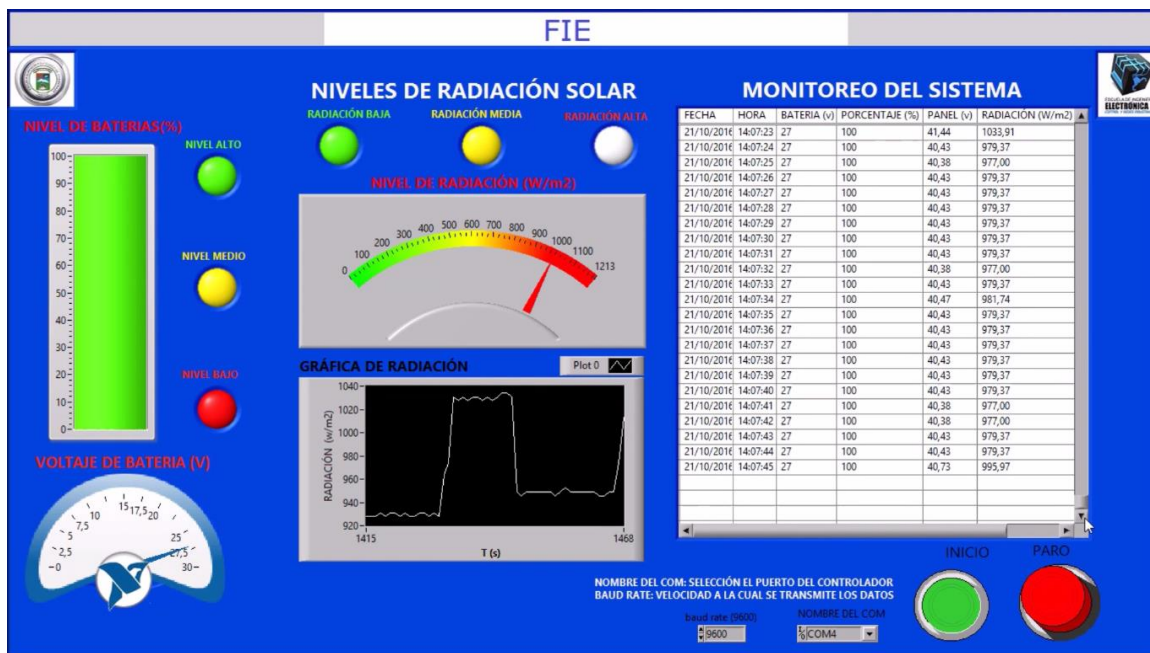


Figura 3-3 Monitoreo de variables
Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

Para la conexión entre la interfaz gráfica y arduino se realiza mediante comunicación serial enviando señales analógicas. Se selecciona el respectivo COM del arduino para la conexión correcta y poder visualizar los datos.

3.2.1. Análisis de datos de radiación

Para analizar los datos tomados mediante la interfaz gráfica mediante el monitoreo se muestra en la tabla 1-3 los promedios diarios. Los datos de radiación varían de acuerdo al comportamiento del clima, cuando el día es completamente soleado se obtiene radiación alta o por el contrario cuando el día es nublado la radiación es baja, estos datos pueden variar por lo que puede existir cambios bruscos en el medio ambiente variando así la radiación.

Tabla 1-3: Promedio diario de radiación.

FECHA	RD_GLOBAL_3
12/09/2016	609.69
13/09/2016	525.58
14/09/2016	366
15/09/2016	501.43

16/09/2016	433.32
19/09/2016	583.85
20/09/2016	518.98
21/09/2016	311.62
22/09/2016	433.33
23/09/2016	303.26
26/09/2016	428.76
27/09/2016	479.67
28/09/2016	207.17
29/09/2016	494.08
30/09/2016	332.15

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

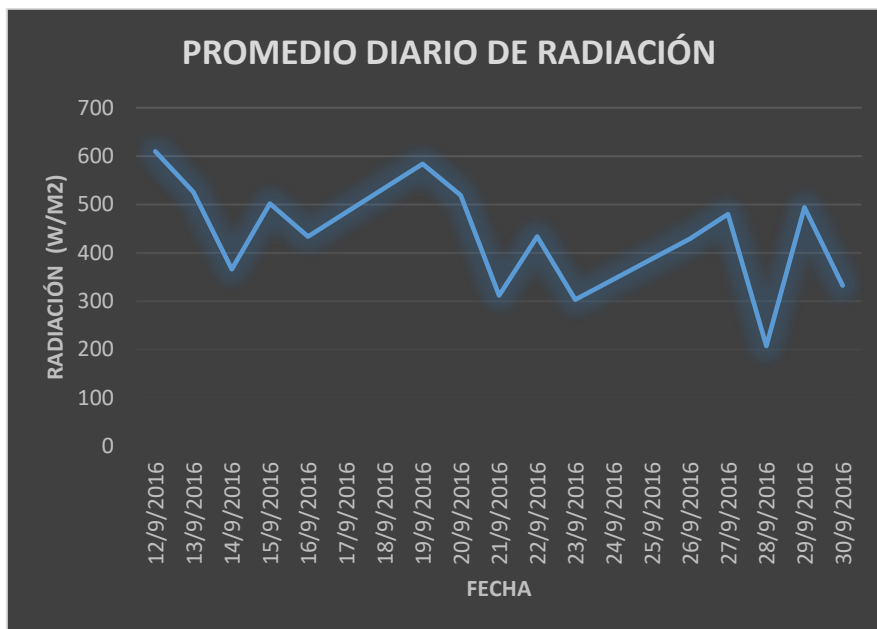


Figura 4-3 Promedio diario de radiación
Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

Como se puede observar en la figura 4-3 el promedio más bajo de radiación es el 28 de septiembre y el promedio más alto de radiación es el 12 de septiembre existen variaciones debido a que en el transcurso de las semanas existen cambios en el clima variando la radiación solar.

Tabla 2-3: Radiación por hora semana 1

HORA	LUNES1	MARTES1	MIERCOLES1	JUEVES1	VIERNES1	PROM_SEMANAL
7:00:00	46.26	47.15	130.72	126.43	126.54	95.42
8:00:00	128.3	129.83	308.94	184.76	188.97	188.16
9:00:00	434.57	217.68	469.52	298.77	235.05	331.118
10:00:00	650.02	365.8	548.67	375.64	272.42	442.51
11:00:00	871.31	606.37	593.89	482.51	444.35	599.686
12:00:00	1118.05	763.1	472.91	716.36	607.28	735.54
13:00:00	1135.31	883.14	454.59	948.07	867.65	857.752
14:00:00	935.01	1056.78	341.26	1012.17	1000.76	869.196
15:00:00	733.62	903.11	321.16	937.58	682.39	715.572
16:00:00	402.8	586.94	244.43	291.21	198.89	344.854
17:00:00	251.33	221.51	139.87	142.24	142.24	179.438

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

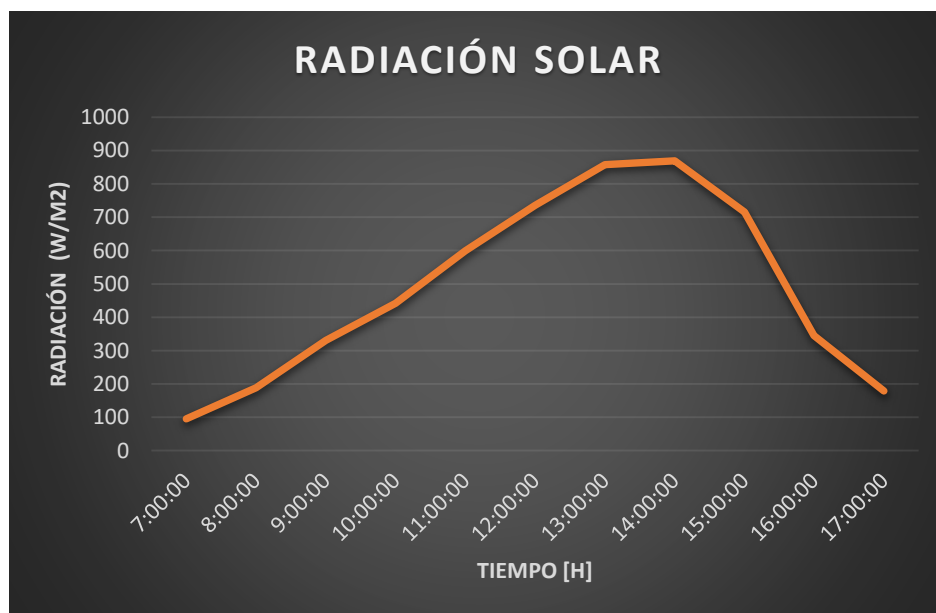


Figura 5-3 Promedio por hora de radiación semana 1

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

Como se puede ver en la figura 5-3 el promedio de radiación por hora de la semana 1 se analiza que la radiación se empieza a elevar a partir de las 11H00 de la mañana siendo la más alta a partir de las 12H00 hasta las 15H00 de la tarde, la radiación más alta en esta semana está en un rango de 599.686 hasta 715.572 W/m².

Tabla 3-3: Radiación por hora semana 2

HORA	LUNES2	MARTES2	MIERCOLES2	JUEVES2	VIERNES2	PROM_SEMANAL
7:00:00	29.65	94.66	139.33	167.27	146.22	115.426
8:00:00	122.19	147.29	184.86	197.73	184.86	167.386
9:00:00	362.61	259.1	198.35	205.6	198.35	244.802
10:00:00	780.76	308.81	220.81	245.15	220.81	355.268
11:00:00	927.18	514.4	277.78	251.54	277.78	449.736
12:00:00	1044.93	764.88	339.25	603.24	328.69	616.198
13:00:00	1090.49	1013.26	662.83	668.92	655.15	818.13
14:00:00	948.25	1094.79	410.03	980.69	393.83	765.518
15:00:00	506.53	966.08	405.48	993.76	328.49	640.068
16:00:00	336.38	324.32	330.67	310.53	312.39	322.858
17:00:00	273.36	221.19	258.45	142.24	289.27	236.902

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

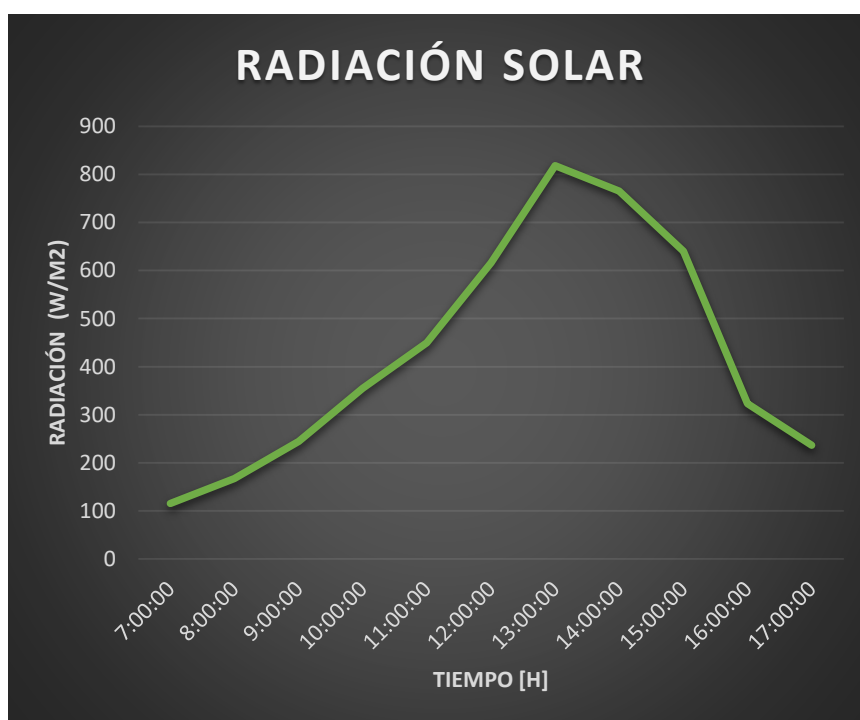


Figura 6-3 Promedio por hora de radiación semana 2

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

Como se puede ver en la figura 6-3 el promedio de radiación por hora de la semana 2 se analiza que la radiación empieza a elevarse a partir de las 12H00 de la tarde siendo el pico más alto a partir de las 13H00 siendo de 818.13 W/m².

Tabla 4-3: Radiación por hora semana 3

HORA	LUNES3	MARTES3	MIERCOLES3	JUEVES3	VIERNES3	PROM_SEMANAL
7:00:00	80.84	128.98	130.82	127.29	70.71	107.728
8:00:00	166.06	166.91	143.13	192.3	159.39	165.558
9:00:00	414.86	277.69	140.57	337.9	278.19	289.842
10:00:00	472.75	398.95	146.6	447.39	422.06	377.55
11:00:00	622.71	559.74	164.31	665.99	432.36	489.022
12:00:00	815.21	706.88	176.54	776.33	643.86	623.764
13:00:00	635.56	871.88	184.56	845.49	768.87	661.272
14:00:00	629.1	955.2	220.46	909.03	384.57	619.672
15:00:00	418.57	753.9	390.13	813.7	206.16	516.492
16:00:00	247.27	330.6	294.88	215.13	187.9	255.156
17:00:00	213.39	125.64	286.9	104.3	99.56	165.958

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

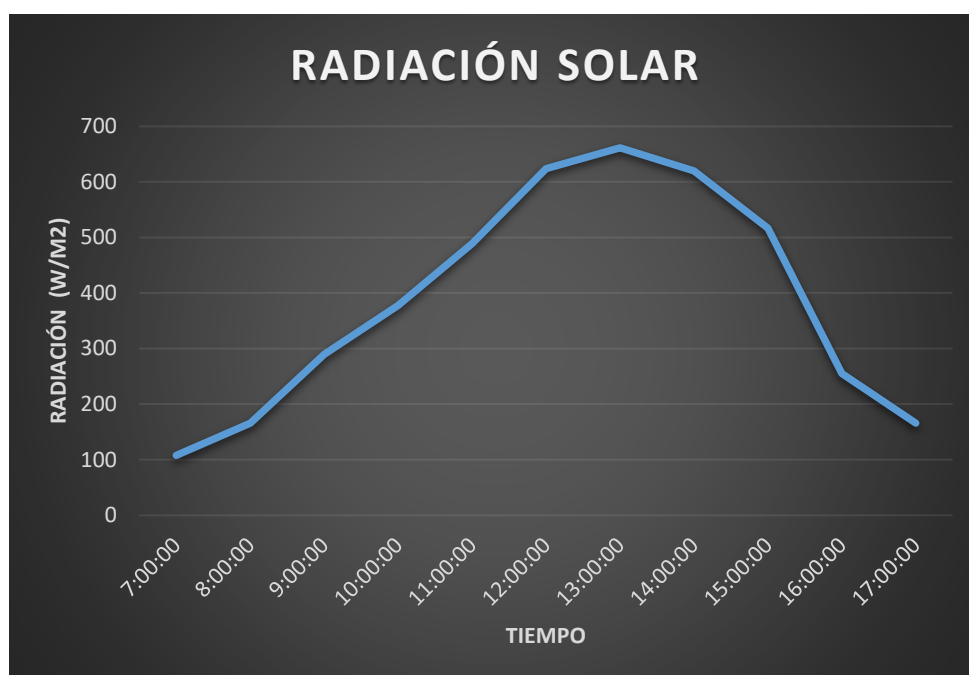


Figura 7-3 Promedio por hora de radiación semana 3

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

Como se puede observar en la figura 7-3 el promedio de radiación por hora de la semana 3 se analiza que la radiación se empieza a elevarse a partir de las 12H00 de la tarde hasta las 14H00 de la tarde, manteniéndose en un rango estable a esas horas siendo de 623.764 hasta 661.272 W/m².

3.3. Simulación en Labview

El desarrollo de la simulación del movimiento del panel se elaboró una interfaz gráfica para analizar las variables de radiación solar, declinación, altura, acimut, inclinación, potencia.

Para poner en funcionamiento es necesario ingresar valores como: la fecha para determinar el número de días del año, ingreso de la latitud de la ciudad en donde se encuentra ubicado el sistema en este caso Riobamba que es de 1.67. En la figura 8-3 se observa la simulación del panel fijo y el móvil con cada parámetro calculado. El tiempo que se demora la simulación completa es de 2 minutos indicando una representación de 11 horas de un día completo.



Figura 8-3 Simulación del movimiento del panel.

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

La simulación está considerada para un día ideal sin nubes donde el panel sigue al sol conforme se va moviendo, los rayos del sol chocan de forma perpendicular al panel haciendo que este trabaje a su mayor eficiencia captando la mayor radiación global, a comparación del panel fijo se considera que esta estático a cero grados, la mayor parte de la captación de la radiación solar es la global. La simulación capta datos a partir de la 7H00 de la mañana hasta las 17H00 de la tarde.

Como se puede ver en la tabla 5-3 y tabla 6-3 son datos procesados que se obtuvo del monitoreo del sistema y datos de la estación meteorológica de la ESPOCH para la simulación y comparación del panel móvil y fijo.

Tabla 5-3: Datos de simulación del panel estático.

SIMULADOR ESTÁTICO				
horas	RADIACIÓN	POTENCIA_RD	EFICIENCIA	ENERGÍA_HORA
7:00:00	30.351	4.75	0.35	0.05
8:00:00	116.75	18.29	1.34	0.2
9:00:00	237.62	37.22	2.73	0.41
10:00:00	348.14	54.53	4	0.6
11:00:00	430.36	67.41	4.94	0.74
12:00:00	464.87	72.82	5.34	0.8
13:00:00	449.02	70.33	5.15	0.77
14:00:00	406.06	63.6	4.66	0.7
15:00:00	331.77	51.97	3.81	0.57
16:00:00	236.64	37.07	2.72	0.41
17:00:00	135.67	21.25	1.56	0.23

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

Tabla 6-3: Datos de simulación del panel móvil.

SIMULADOR MOVIMIENTO				
HORAS	RADIACIÓN	POTENCIA_HORA	EFICIENCIA	ENERGÍA_HORA
7:00:00	106.19	16.63	1.22	0.18
8:00:00	173.7	27.21	1.99	0.3
9:00:00	288.59	45.2	3.31	0.5
10:00:00	391.78	61.37	4.5	0.68
11:00:00	512.81	80.33	5.89	0.88
12:00:00	658.5	103.15	7.56	1.13
13:00:00	779.05	122.03	8.94	1.34
14:00:00	751.46	117.71	8.63	1.29
15:00:00	624.04	97.75	7.16	1.08
16:00:00	307.62	48.18	3.53	0.53
17:00:00	194.1	30.4	2.23	0.33

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

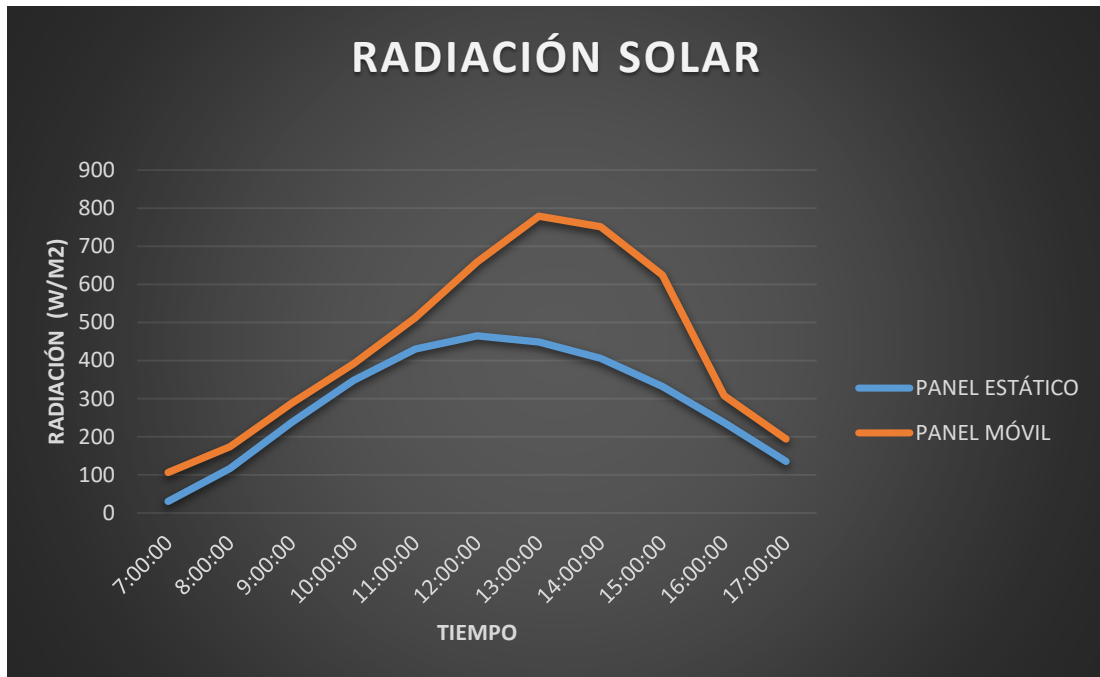


Figura 9-3 Radiación solar panel estático versus panel móvil

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

El figura 9-3 se puede observar la diferencia de radiación entre el panel móvil y el fijo con una eficiencia de 8.94%, esto indica que el panel móvil capta la mayor radiación frente al panel estático. El panel móvil muestra una curva radiación elevada considerable frente al panel fijo, así desde las 11h00 am la radiación con el panel en movimiento comienza a subir y desciende desde las 14h00 pm, no obstante sucede lo mismo con la curva del panel estático ya que desde las 10h00am empieza a subir la radiación con una eficiencia de 4% y desciende desde la 14h00 pm.

Como se puede analizar en la figura 10-3 la potencia por hora a partir de las 7h00 am hasta las 10h00 am no muestra una diferencia muy considerable, pero desde las 10h00 am se puede observar que la curva de potencia del panel móvil aumenta notablemente ante la curva de potencia del panel fijo hasta 16h00 pm donde hay un descenso similar de las dos curvas.

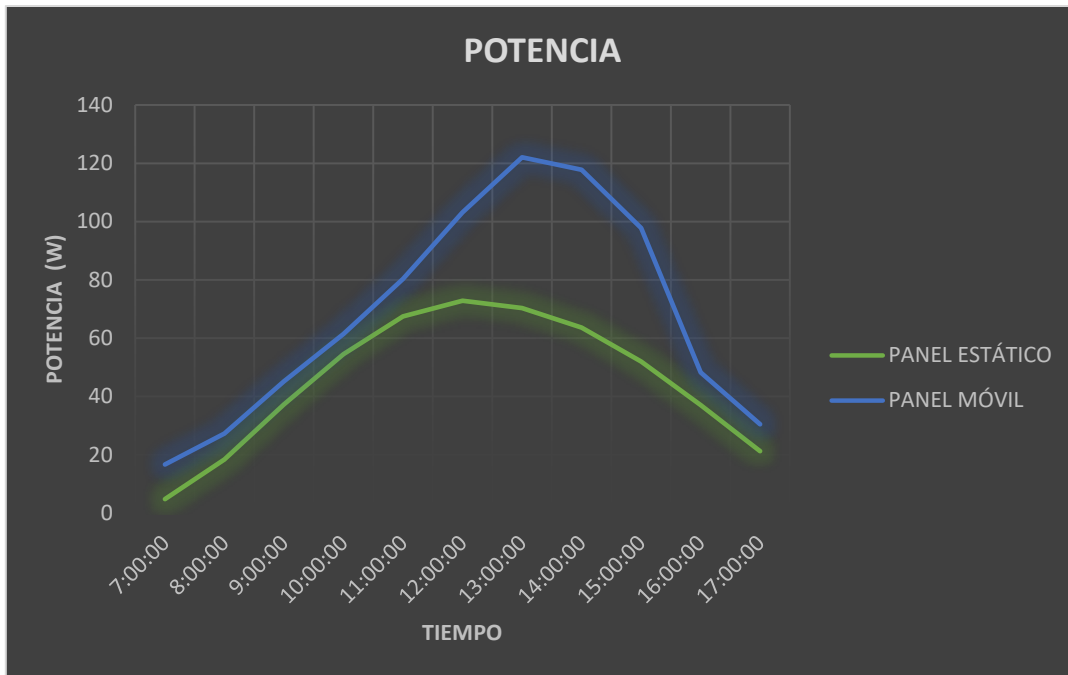


Figura 10-3 Potencia panel estático versus panel móvil
Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

3.4. Análisis de corrientes de los paneles solares

Las corrientes de los paneles solares fueron tomadas de acuerdo a cada hora del día, en la tabla 7-3 se puede analizar las corrientes por tres semanas, se promedió las corrientes por cada hora semanal. Dando como resultado un alcance máximo pico desde las 10H00 am hasta las 13H00 pm esto quiere decir que los paneles generan una corriente a su máximo a dichas horas, ya que los rayos en ese momento caen de forma perpendicular a los paneles y a partir de las 14H00 pm existe un descenso de las mismas puesto que los rayos del sol no caen de forma perpendicular sobre los paneles.

Tabla 7-3: Corrientes de los paneles.

HORA	CORRIENTES SEMANA 1	CORRIENTES SEMANA 2	CORRIENTES SEMANA 3
7:00:00	1.7	2.98	1.59
8:00:00	7.68	6.24	7.32
9:00:00	9.57	9.45	8.65
10:00:00	12.43	10.61	11.62
11:00:00	13.62	13.17	13.41
12:00:00	11.07	13.02	8.97

13:00:00	10.83	12.62	9.02
14:00:00	7.29	11.38	8.71
15:00:00	5.34	9.04	5.21
16:00:00	3.99	5.78	3.08
17:00:00	2.55	4.58	1.48

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

3.5. Análisis de costos

Del estudio realizado se seleccionaron los siguientes equipos ya que cumple con los requerimientos del diseño a implementarse:

Tabla 8-3: Análisis de costos.

SISTEMA ELÉCTRICO PARA 25 AÑOS		
MATERIALES	SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA PANELES FOTOVOLTAICOS	SISTEMA DE ILUMINACIÓN CON LA RED PÚBLICA
PANEL SOLAR	540	0
REGULADOR	150	0
BATERIA	1960	0
LÁMPARA LED	1000	0
CABLE	30	8
LÁMPARA DE SODIO	0	1200
COSTO kWh	0	2190
VARIOS	470	0
TOTAL	4150	3398

Fuente: LLAMUCA, Alex; CAISAGUANO, Alex, 2016

3.6. Resultados

El resultado final del trabajo de titulación se observa en los puntos anteriores, con el estudio realizado para la implementación correcta del sistema, por lo cual se da respuesta a las preguntas planteadas en la sistematización del problema.

¿Cuáles son los problemas que se tiene en el momento de captar la luz solar?

Los problemas que se obtiene al momento de captar la luz solar es el aspecto climático puesto que hay días que tienen nubosidad y días que llueve. Asimismo puede afectar partículas u objetos que pueden obstruir al panel solar y no obtener radiación correcta para el almacenamiento de la energía en los acumuladores.

¿Cómo seleccionar los elementos eléctricos y electrónicos para el montaje del sistema?

Para determinar los elementos correctos en la parte del sistema de generación eléctrica se procedió a realizar los cálculos respectivos como el dimensionamiento del sistema fotovoltaico encontrando la cantidad correcta de los materiales como: baterías, paneles solares, regulador de carga, cable eléctrico, para alimentar a las cargas en este caso la luminaria led y circuito electrónico. Para el dimensionamiento de los circuitos electrónico se aplicó los conocimientos adquiridos durante toda la carrera seleccionando así los elementos correctos para crear el circuito de control y monitoreo del sistema tales como: arduino, relé de 12v industrial, convertidor DC/DC, lm7805, resistencias, capacitores, pulsadores e interruptores, diodos rectificadores. Transistor NPN 2222. El conjunto de todos estos materiales ayuda a que la luminaria led funcione de manera correcta durante las 12 horas.

¿Qué problemas puede surgir al momento de almacenar datos de la radiación?

Al momento de almacenar los datos se puede perder la información si no existe la correcta conexión del cable serial, tanto del sistema como de la interfaz, además por las elevadas corrientes de los paneles se obtuvo datos erróneos de radiación por lo que se procedió a colocar un filtro para eliminar picos de corrientes y obtener datos correctos de radiación.

¿Caracterizar los paneles solares adecuados para el sistema de alumbrado?

Se realizó el cálculo respectivo para obtener el número correcto de paneles solares para el sistema, por consiguiente se seleccionó paneles monocristalinos, por lo que tiene un tiempo de vida útil largo, la potencia que genera es deseable, así también trabaja mejor en condiciones de poca luminosidad, y su rendimiento es del 15% a comparación de otro tipo paneles de diferentes características, también este panel carga los acumuladores de manera eficiente en un tiempo determinado para que pueda abastecer a todo el sistema eléctrico.

¿Qué problemas existe en el momento de realizar las pruebas del sistema?

El momento de realizar las pruebas del sistema de generación eléctrica se fundió el portafusible de los paneles solares por el exceso de corriente que existía, así pues se tomó la decisión de conectar directamente las celdas solares al regulador, puesto que se investigó muchos diagramas de conexión de un sistema fotovoltaico, los cuales no tiene la necesidad de conectar un fusible ya que el encargado de regular el amperaje es el regulador, en el monitoreo surgió el problema al momento de captar la radiación por los altos picos de corriente que existía en las horas de mayor radiación solar, para la corrección se añadió un filtro en el divisor de voltaje cortando así los picos elevados para obtener datos correctos.

CONCLUSIONES

- Se determinó que el sistema de generación eléctrica es eficiente al momento de recolectar la energía y almacenar en el banco de baterías puesto que abastece al funcionamiento de la carga en los días de autonomía estipulados sin que exista la descarga profunda del acumulador.
- El dimensionamiento del sistema fotovoltaico es uno de los aspectos fundamentales en la toma de decisiones frente a los componentes de una manera positiva para no minimizar o sobredimensionar cada uno de estos, el desarrollo de los planos eléctricos y diseños de los circuitos electrónicos ayuda al usuario a ubicarse con los elementos para la manipulación correcta y mantener eficiente al sistema frente a las características del ambiente.
- Se demostró con la simulación que un sistema móvil tiene un 27.22% más de eficiencia frente a un sistema estático, a la vez la interfaz gráfica es amigable con el usuario facilitando la manipulación de los datos adquiridos a través de la misma.
- Se determinó que la captación de radiación a través del monitoreo almacena los parámetros de manera confiable en una base de datos para informar a la comunidad politécnica los niveles de radiación que se tienen en horas especificadas, de la misma forma la iluminación está controlada por un reloj programado en arduino para poder encender y apagar la lámpara led.
- De acuerdo con la proyección realizada para 25 años entre un sistema de iluminación con paneles solares y un sistema de iluminación con la red pública, se obtuvo que el sistema con paneles es rentable puesto que tiene una inversión de 4150 dólares teniendo un consumo de energía de 12264 kWh frente al sistema

conectado a la red con una inversión de 5580 dólares con un consumo de energía de 27375 kWh sin tomar en cuenta el subsidio eléctrico.

RECOMENDACIONES

- Para el correcto funcionamiento del sistema se recomienda dar un mantenimiento periódico a todo el sistema eléctrico como: dispositivos electrónicos, el cableado eléctrico y paneles para evitar anomalías, a la vez utilizar un cable de transmisión serial apropiado para largas distancias que evite pérdida de información.
- Instalar los paneles fotovoltaicos alejados de objetos como: árboles, paredes, postes entre otros, que puedan obstruir los rayos solares y no permitan que los mismos trabajen a su mayor capacidad.
- Se puede ampliar más el sistema de generación eléctrica con paneles solares, realizando el estudio para cubrir un área más extensa para de alumbrado público a nivel de toda la politécnica.
- Con la simulación de un seguidor solar desarrollado en Labview se recomienda ampliar más la investigación para la construcción de un tracker solar para obtener una mayor eficiencia energética e incentivar a los futuros estudiantes de ingeniería en control el desarrollo de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

AGIULERA, Jorge; & HONTARIA, Leocadio. *Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos* [archivo PDF]. 2003.

[Consulta: 26 enero 2016].

Disponible en: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45340/componente45338.pdf

ESPAÑA, ANTUSOL. *Energía Solar Fotovoltaica* [en línea]. 2010.

[Consulta: 17 junio 2016].

Disponible en: <http://antusol.webcindario.com/energiasolar.html>

ATERSA. *Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica* [en línea]. 2009.

[Consulta: 13 octubre 2016].

Disponible en: <http://www.atersa.es/quienes.asp?param=21>

BEJARANO, Néstor. Diseño de un Sistema de Generación Eléctrica Solar para la Iluminación Externa del Modular de la Escuela de Ingeniería en Ecoturismo [en línea] (**TESIS**). (Ingeniería Mecánico) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica. Riobamba-Ecuador. 2011. pp. 15- 86.

[Consulta: 2016-06-16].

Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1884/1/15T00496.pdf>

BURGOS, Isabel. *Energía Renovables* [en línea]. 25 de noviembre 2014.

[Consulta: 30 junio 2016].

Disponible en: <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>

CUYTRONIC. *Energía Solar Fotovoltaica* [en línea]. 2014

[Consulta: 9 julio 2016].

Disponible en: <http://www.electricidad-gratuita.com/energia%20fotovoltaica.html>

DE JUANA, José; et al. *Energías Renovables para el desarrollo*. 1ª ed. Madrid. España. 2002, pp.5-105

ELISEO. *Radiación Solar irradiancia e insolación* [en línea]. 2013.

[Consulta: 30 agosto 2016].

Disponible en: <https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>

EL REGULADOR DE CARGA [en línea]. 2006.

[Consulta: 07 julio 2015].

Disponible en: <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/el-regulador-de-carga.html>

ESTUELECTRONIC. *¿Qué es y para qué sirve Labview?* [en línea]. 2012.

[Consulta: 22 julio 2016].

Disponible en: <https://estuelectronic.wordpress.com/2012/08/06/que-es-y-para-que-sirve-labview/>

FALK, Antony; et al. *Fotovoltaica para profesionales*. 1ª ed. Sevilla. España. 2006, pp.85-109

GARCÍA, Pedro. *Que son los conductores, aislantes y semiconductores* [en línea]. 2015.

[Consulta: 31 agosto 2016].

Disponible en: http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_conductores/ke_conductor_1.htm

Hernández, Pedro. *Radiación Directa Difusa y Reflejada* [en línea]. 2014.

[Consulta: 30 agosto 2016].

Disponible en: <https://pedrojhernandez.com/2014/03/08/radiacion-directa-difusa-y-reflejada/>

INGENIERÍA Y ELECTRÓNICA. Quito-Ecuador. 2014. pp. 44-61.

[Consulta: 2016-06-16].

Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7328>

INVENTABLE. *Introducción a los relés* [en línea]. 2013.

[Consulta: 30 agosto 2016].

Disponible en: <http://www.inventable.eu/introduccion-a-los-reles/>

LA BATERÍA. *Energía Solar Fotovoltaica* [en línea]. 2006.

[Consulta: 19 julio 2016].

Disponible en: http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/la-bateria_29.html

LEXLUX. *Alumbrado público con luminaria led con alta intensidad* [archivo PDF]. 2009.

[Consulta: 19 julio 2016].

Disponible en: <http://www.comercialneo.cl/ledlux/Fotometria%20LedLux.pdf>

LINAK. *Sistemas de Actuadores para el Seguimiento Solar, Seguidores de Paneles Solares* [en línea]. 2012.

[Consulta: 07 julio 2015].

Disponible en: <http://www.linak.es/techline/?id3=4115>

Paneles o módulos fotovoltaicos [en línea]. 2011.

[Consulta: 07 julio 2015].

Disponible en: <http://edii.uclm.es/~arodenas/Solar/componentes.htm>

PROYECTO ARDUINO. *¿Qué es Arduino?* [en línea]. 2013.

[Consulta: 22 julio 2016].

Disponible en: <https://proyectoarduino.wordpress.com/%C2%BFque-es-arduino/>

RODRÍGUEZ, Teresa. Diseño Eléctrico e Iluminación del Complejo Turístico 13 de Abril del Cantón Archidona [en línea] (**TESIS**). (Ingeniería Eléctrica y Electrónica) Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Quito-Ecuador. 2014. pp. 47-60

[Consulta: 2016-02-27].

Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7328/1/CD-5467.pdf>

SINGAÑA, Marco. Diseño y Construcción de un Rastreador Solar Controlado por Computador [en línea] (**TESIS**).(PREGRADO) Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica. Quito-Ecuador. 1998. pp. 23-43

[Consulta: 2016-02-27].

Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10681/1/T1308.pdf>

TENERGY. *¿Cómo funciona la energía solar fotovoltaica?* [en línea]. 2012.

[Consulta: 14 octubre 2016].

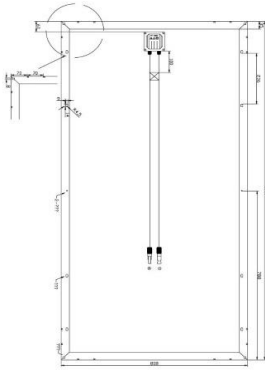
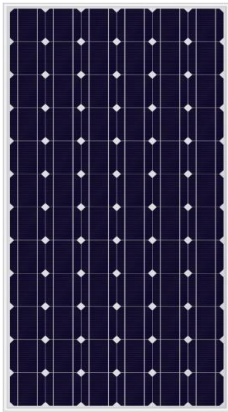
Disponible en: <https://twenergy.com/a/como-funciona-la-energia-solar-fotovoltaica-339>

ANEXOS

ANEXO A. Datos técnicos del Panel Solar SIMAX 125 Monocrystalline



SIMAX 125 Monocrystalline Solar Module (SM572-165W-195W)



Mechanical Characteristics

Solar Cell	Monocrystalline silicon solar cell 125x125(mm)
No. of Cells	72(6x12)
Dimensions	1580x808x45/35/50(mm)
Weight	15.5kg
Front Glass	3.2mm(0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy

Output

Cable Type	Φ=4mm ²
Lengths	L=900mm
Junction Box	PV-GZX0601 MC3 or MC4

Temperature Coefficients

Nominal Operating Cell Temperature(NOCT)	45±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.39%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.052%/°C

Electrical Specifications

Parameters	SM572-165	SM572-170	SM572-175	SM572-180	SM572-185	SM572-190	SM572-195
Peak power Pm(W)	165±3%	170±3%	175±3%	180±3%	185±3%	190±3%	195±3%
Open circuit voltage Voc(V)	42.7	43.3	43.3	43.9	43.9	44.5	44.5
Max. power voltage Vmp(V)	35	35.5	35.5	36.0	36.0	36.5	36.5
Max. power current Imp(A)	4.71	4.79	4.93	5.00	5.14	5.21	5.34
Short circuit current Isc(A)	5.04	5.08	5.23	5.30	5.45	5.52	5.77
Dimensions(L*W*H)	1580*808*45/35/50						
Weigh(kg)	15.5						
Max. over-current (A)	10						
Max. system voltage (V)	1000V DC						
Application Class	Class A						
Mono crystalline silicon solar cell	125*125*0.19mm						
No. of cells and connections	72 series						
No. of bypass diodes	3						
Bypass diode rating (A)	10						
Bypass diode max. junction temperature(°C)	200						
Bypass diode thermal resistance(°C/W)	3.0						
STC	Irradiance:1000W/m ² , Cell temperature:25°C, AM:1.5						
Maximum No. of series connection	22						
Maximum No. of parallel connection	2						

ANEXO B. Características del motor MY1020Z Dayton

Características del motor MY1020Z Dayton	
Voltaje dc	24 v
RPM sin carga	3000
Corriente sin carga	<2.8
Potencia nominal	500w
RPM salida de la caja de cambios	500rpm
Torque (Nm)	8.5
Intensidad de corriente	26.7 A
Constante del motor	0.00435
Eficiencia	78%

ANEXO C. Módulo Convertidor Dc-dc Elevador Ajustable - XL6009 Arduino



Descripción:

El DSN6009 4A es un módulo Elevador (BOOST) conmutado de alto rendimiento. El módulo utiliza como núcleo el chip XL6009E1 de tecnología de conmutación de alta frecuencia de segunda generación, en lugar del chip de tecnología de primera generación LM2577. Este módulo elevador tiene un rendimiento superior a bajo costo.

Los terminales IN-IN + son las entradas negativas y positivas
Los terminales OUT + OUT- son las salidas positivas y negativas.

Referencias de ejemplos de comparación de pruebas:

Entrada 3V Salida 12V 0.4A 4.8W
Entrada 5V Salida 12V 0.8A 9.6W
Entrada 7.4V Salida 12V 1.5A 18W
Entrada 12V Salida 15V 2A 30W
Entrada 12V Salida 16V 2A 32W
Entrada 12V Salida 18V 1.6A 28.8W
Entrada 12V Salida 19V 1.5A 28.5W
Entrada 12V Salida 24V 1 A 24W

$V_{in} \cdot I_{in} \cdot \text{Eficiencia} = V_{out} \cdot I_{out}$

Vin: Voltaje de entrada

Iin: Corriente de entrada

Vout: Voltaje de salida

Iout: Corriente de salida

Características:

- Amplio rango de Voltaje de entrada 3V – 32V, el rango de operación óptimo es 5 – 32V
- Amplio rango de salida 5V – 35V
- Conmutadores MOSFET de 4A integrados permiten eficiencia de hasta 94%.
- Alta Frecuencia de conmutación de 400 KHz
- Tipo de convertidor: Elevador (no aislado)
- Corriente de entrada: 4A max, sin carga 18mA
- Rizo a la salida: 50mV (mientras mayor sea el voltaje, mayor la corriente, mayor el voltaje de rizo)
- Regulación de voltaje y de carga: $\pm 0.5\%$
- Temperatura de Operación: $-40 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim +85 \text{ }^{\circ}\text{C}$

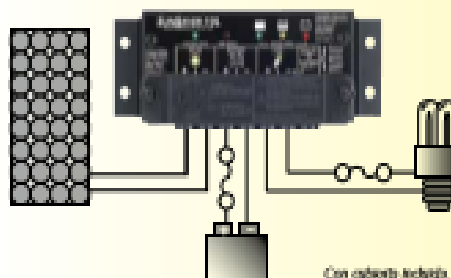
Dimensiones:

43mm * 21mm * 14mm (L * W * H)

SUNSAVER™ CONTROLADOR SOLAR

Versiones de SunSaver

	Corriente solar	Corriente de carga	Voltaje del sistema	EMD
• SS-6-12 V	6 A	6 A	12 V	No
• SS-6L-12 V	6 A	6 A	12 V	Si
• SS-10-12 V	10 A	10 A	12 V	No
• SS-10L-12 V	10 A	10 A	12 V	Si
• SS-10L-24 V	10 A	10 A	24 V	Si
• SS-20L-12 V	20 A	20 A	12 V	Si
• SS-20L-24 V	20 A	20 A	24 V	Si



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Eléctricas

- Clasificaciones máx. de carga y fotovoltaica: Según lo anterior
- Voltaje del sistema: 12 o 24 voltios
- Voltaje mín. de la batería: 1 voltio
- Voltaje de regulación: 12 voltios / 24 voltios
- Batería sellada: 14,1 V / 28,2 V
- Batería con electrolito líquido: 14,4 V / 28,8 V
- Reconexión de carga: 11,5 V / 23,0 V
- Reconexión DBV: 12,6 V / 25,2 V
- Voltaje solar máx.:
 - Batería de 12 V: 30 voltios
 - Batería de 24 V: 60 voltios
- Capacidad de carga precipitada:
 - SunSaver-6: 45 amperios
 - SunSaver-10: 65 amperios
 - SunSaver-20: 140 amperios
- Autoconsumo: < 8 mA
- Precisión de voltaje: 12 V: +/- 25 mV (común) / 24 V: +/- 48 mV (común)
- Protección temporal contra sobrevoltaje: 1500 W por conexión

Mecánicas

- Tamaño de cable: 5 mm² / AWG n.º 10
- Peso (desempacado): 0,23 kg
- Dimensiones: 15,2 x 5,5 x 3,4 cm

Ambientales

- Temperatura ambiente: -40 °C a +60 °C
- Temperatura de almacenamiento: -55 °C a +80 °C
- Humedad: 100 % sin condensación
- Tropicalización: Encapsulación de epoxi / Terminales de clasificación marina / Carcasa de aluminio anodizada

Protecciones electrónicas

- Solar: Sobrecarga, cortocircuito, alto voltaje
- Carga: Sobrecarga, cortocircuito, alto voltaje
- Batería: Alto voltaje
- Todos: Polaridad invertida, alta temperatura, rayos y sobrevoltajes temporales
- Corriente invertida en la noche

Carga de la batería

- Método de carga: PWM de la serie de 4 etapas
- Etapas de carga: Principal, absorción, flotación, compensación
- Compensación de temperatura:
 - Coefficiente: 12 V: -20 mV/°C / 24 V: -60 mV/°C
 - Margen: -30 °C a +60 °C
 - Puntos de ajuste: Absorción, flotación, compensación

Indicaciones de LED

- LED de estado (1): Cargando o no cargando / Condiciones de error solar
- LED de la batería (3): Nivel de la batería / Etapa de carga

Certificaciones

- ETL con clasificación en la lista UL 1741 y CSA C22.2 N.º 107.1-01
- Ubicaciones poligráficas: Clase 1, División 2, Grupos A,B,C,D / CSA C22.2/0713
- Pautas generales de EMC: Inmutabilidad, emisiones, seguridad / Clase B, Parte 15
- FCC
- CE
- RoHS
- ISO 9000

GARANTÍA: Período de garantía de cinco años. Comuníquese con Morningstar o con el distribuidor autorizado para conocer los términos completos.

DISTRIBUIDOR DE MORNINGSTAR AUTORIZADO:



8 Pleasant Run
Newtown, PA 18940 EE.UU.
Tel.: +1 215-321-4457 Fax: +1 215-321-4450
Correo electrónico: info@morningstarcorp.com
Sitio web: www.morningstarcorp.com



ANEXO E. Características de la Batería Ultracell



UCG150-12		Physical Specification	
		Part Number:	UCG150-12
		Length:	485 ± 2 mm (19.09 inches)
		Width:	170 ± 2 mm (6.69 inches)
		Container Height:	240 ± 2 mm (9.45 inches)
		Total Height (with terminal):	240 ± 2 mm (9.45 inches)
		Approx Weight:	Approx. 44 kg

Specifications		
	Nominal Voltage	12V
	Nominal Capacity (10HR)	150AH
Terminal Type	Standard Terminal	F10
	Optional Terminal	F11
Container Material	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	ABS (UL94V0)
Rated Capacity	100.8 AH@5.0A	(20hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	150.0 AH@5.0A	(10hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	131.6 AH@6.3A	(5hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	119.3 AH@8.0A	(3hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	95.9 AH@8.0A	(1hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
Max Discharge Current	1500A (2s)	
Internal Resistance	Approx 2.5mΩ	
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -20 ~ 55°C (-4 ~ 131°F)
		Charge: 0 ~ 40°C (32 ~ 104°F)
		Storage: -20 ~ 50°C (-4 ~ 122°F)
	Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C (77 ± 5°F)
	Cycle Use	Initial Charging Current less than 45.0A. Voltage 14.4V ~ 15.0V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -30mV/°C
	Standby Use	No limit on Initial Charging Current. Voltage 13.5V ~ 13.8V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -30mV/°C
Capacity affected by Temperature	40°C (104°F)	100%
	25°C (77°F)	100%
	0°C (32°F)	85%
Design Floating Life at 25°C	15 Years	
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.	

Dimensions

F11 Terminal

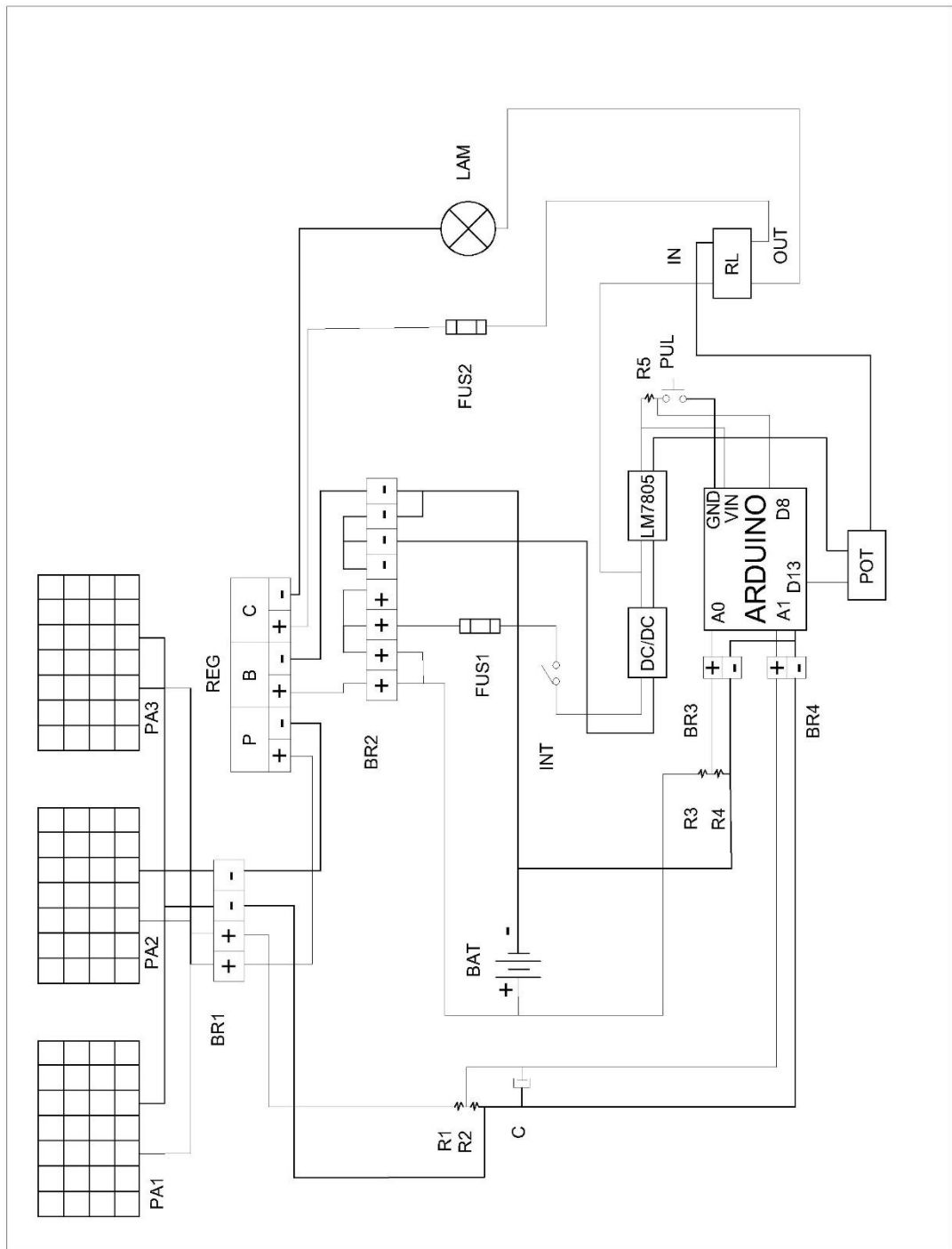
ANEXO F. Implementación del sistema fotovoltaico



ANEXO G. Plano del área a iluminar

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">ÁREA REAL A ILUMINAR</p>		<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">DISTANCIA DEL BRAZO</p>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">ÁREA PRINCIPAL</p>		<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">DISTANCIA PARA EL CÁLCULO</p>	
<p>ESPOCH</p>		<p>2016 09 14</p>	<p>A.LL A.C</p>
<p>PLANO DEL ÁREA A ILUMINAR</p>			<p>Electrónica</p>
			<p>INGENIERÍA</p>
<p>Escala:1:1</p>	<p>Sistema: "A"</p>	<p>Revisado:</p>	<p>Nota:</p>
			<p>Nº 01</p>

ANEXO H. Plano eléctrico



ESPOCH		2016 09 14	A.LL	A.C
PLANO ELÉCTRICO			Electrónica	INGENIERÍA
Escala:1:1	Sistema: "A"	Revisado:	Nota:	
			Nº 02	

