

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA**  
**INGENIERÍA Y APLICADAS**



**INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE**  
**POTENCIA**

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**  
**DE INGENIERO ELÉCTRICO EN SISTEMAS ELECTRICOS**  
**DE POTENCIA**

**TEMA:**

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA FUENTE DE GENERACIÓN ELÉCTRICA USANDO UN PANEL FOTOVOLTAICO PARA MEJORAR LA ILUMINACIÓN DEL ÁREA VERDE DE LAS CANCHAS DEPORTIVAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”.

**AUTOR:**

NESTOR YANCHAGUANO

**DIRECTOR:**

ING. MARCELO BARRERA

LATACUNGA – ECUADOR

ENERO DEL 2014





# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Latacunga - Ecuador

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe técnico de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes:

- Néstor franklin Yanchaguano Collaguazo

Con el título de tesis: "IMPLEMENTACIÓN DE UNA FUENTE DE GENERACIÓN ELÉCTRICA USANDO UN PANEL FOTOVOLTAICO PARA MEJORAR LA ILUMINACIÓN DEL ÁREA VERDE DE LAS CANCHAS DEPORTIVAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI".

Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis**.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 20 de Enero del 2014

Para constancia firman:

  
Ing. Xavier Proaño

**PRÉSIDENTE:**

  
Ing. Vicente Quispe

**OPOSITOR:**

  
Dr. Galo Terán

**MIEMBRO:**



## **AVAL DEL DIRECTOR**

En calidad de Director de Trabajo de Investigación sobre el tema:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA FUENTE DE GENERACIÓN ELÉCTRICA USANDO UN PANEL FOTOVOLTAICO PARA MEJORAR LA ILUMINACIÓN DEL ÁREA VERDE DE LAS CANCHAS DEPORTIVAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, de Néstor Franklin Yanchaguano Collaguazo, egresado de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos Metodológicos y aportes Científicos – Técnicos, suficiente para ser sometida a la evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 14 de Noviembre del 2013

Ing. Eléc. Marcelo Barrera  
C.C.180184877-9

**DIRECTOR DE TESIS**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Latacunga - Ecuador

## CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de Coordinador de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, certifico que el mencionado proyecto cuyo tema es: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA FUENTE DE GENERACIÓN ELÉCTRICA USANDO UN PANEL FOTOVOLTAICO PARA MEJORAR LA ILUMINACIÓN DEL ÁREA VERDE DE LAS CANCHAS DEPORTIVAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”, cumple con los requerimientos metodológicos y aporte científico – técnico para presentar el acto de defensa de tesis cuyo postulante de la Carrera de Ingeniería Eléctrica es el Sr: Néstor Franklin Yanchaguano Collaguazo, que ha realizado la respectiva implementación de una fuente de generación eléctrica usando un panel fotovoltaico con tecnología LED, en el área verde de dicha institución.

Latacunga, 20 de Enero del 2014

Ing. Xavier Proaño  
C.C. 050265642-4

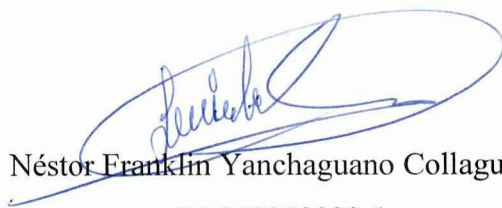
**COORDINADOR:**

## AUTORÍA

Yo, Néstor Franklin Yanchaguano Collaguazo con C.I. 050259322-1 declaro que los resultados obtenidos y expuestos en el presente trabajo de investigación con el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA FUENTE DE GENERACIÓN ELÉCTRICA USANDO UN PANEL FOTOVOLTAICO PARA MEJORAR LA ILUMINACIÓN DEL ÁREA VERDE DE LAS CANCHAS DEPORTIVAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, son absolutamente de mi autoría; a excepción de las referencias bibliográficas que se incluyen en este texto.

Que los criterios emitidos en el trabajo de investigación así como también los contenidos, conclusiones, recomendaciones son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor del presente trabajo.

Latacunga, 14 de Noviembre del 2013



Néstor Franklin Yanchaguano Collaguazo  
C.I.050259322-1

**AUTOR:**

## DEDICATORIA

*El presente Proyecto lo dedico a Dios, por impulsar mis anhelos, por fortalecerme espiritualmente en los momentos de flaqueza y por haberme bendecido con una gran familia e inolvidables amistades.*

*Primeramente a mis padres: Segundo y Carmen quienes son los verdaderos artifices de este logro, quienes con su amor, paciencia, comprensión y con su ejemplo de sacrificio y responsabilidad supieron apoyarme en cada decisión que he tomado. A mis hermanos: Darío y Fredy, y cuñada Rosa quienes supieron apoyarme incondicionalmente y me dieron ánimo para continuar y perseverar en la culminación de mi carrera. A mis sobrinos: René y Joselyn quienes siempre me apoyan y me hacen feliz con su ternura, alegría y travesura. A mi tío Manuel (+) quien desde mi infancia me apoyó moralmente. A mi primo Edwin quien fue como un hermano. Gracias por haber estado en las buenas y en las malas.*

*A mis amigos/as y compañeros: Carlos Quinatoa quien me brindó su apoyo y amistad incondicional, al pastor Ayuso amistad que me honra y me bendice.*

*Gracias a todos ellos por pertenecer a mí más íntimo círculo de amigos.*

***Néstor Yanchaguano***

## AGRADECIMIENTO

*A Dios porque a pesar de mis debilidades nunca me ha apartado de su presencia y me ha guiado por el camino del bien haciendo me entender que con el todo es posible. Eternamente agradecido por tal bendición.*

*A mis padres, hermanos y familia en general por apoyarme en todo momento para así alcanzar el éxito tan anhelado.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas Ingeniería Eléctrica por abrirme las puertas de la institución. Y a cada uno de los docentes quienes impartieron vuestros conocimientos para formarme como ser humano y profesional.*

*Al Ing. Marcelo Barrera director de tesis, por su incomparable ayuda, colaboración y orientación del presente trabajo. Al Ing. Klever Sailema y al Ing. Franklin Melo, quienes laboran en la Empresa Eléctrica Ambato Regional Centro Norte que con sus conocimientos y experiencia en la rama del alumbrado público e hizo posible el desarrollo del presente proyecto.*

*Mi más sincero agradecimiento a quienes de una u otra forma supieron brindarme ayuda para salir de algún problema y a los que no lo hicieron, porque me hicieron madurar.*

**Néstor Yanchaguano**

## **INDICE GENERAL DE CONTENIDOS**

### **PORTADA**

	PAG.
AVAL DEL DIRECTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
AVAL DE TRADUCCIÓN .....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	xix

### **CAPITULO I**

	PAG.
1. MARCO TEÓRICO. ....	2
1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS. ....	2
1.3 ENERGÍAS RENOVABLES. ....	2
1.4 RADIACIÓN SOLAR. ....	4
1.4.1 Tipos de radiación solar. ....	5
1.4.2 Radiación recibida y absorbida por la tierra. ....	6
1.4.3 Radiación solar en el planeta tierra. ....	6
1.4.4 Recurso Solar en el Ecuador. ....	6
1.5 ENERGÍA SOLAR. ....	8
1.6 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN .....	9
1.6.1 Sistema de Alumbrado Público. ....	9
1.6.2 Alumbrado Público Ornamental.....	9
1.6.3 Las lámparas LED's. ....	9
1.6.4 Luminarias LED's .....	10

1.6.5	Beneficios que aporta esta Tecnología LED's en la Iluminación .....	10
1.7	LINEAMIENTO PARA EL DISEÑO DEL MODULO LED .....	11
1.8	TIPO DE VÍA A ILUMINAR.....	12
1.9	REQUERIMIENTOS PARA ILUMINACIÓN EXTERNA .....	14
1.10	TIPOS DE MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE ILUMINACIÓN .....	15
1.10.1	Método de Cálculo Punto por Punto .....	16
1.11	MÉTODO DE LOS LÚMENES O DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN..	17
1.12	DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	19
1.12.1	Tipo de Celdas Solares .....	20
1.12.2	Conexión de Celdas Solares.....	22
1.13	ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL PANEL FOTOVOLTAICO .....	23
1.14	BATERÍAS O ACUMULADORES.....	24
1.15	REGULADOR O CONTROLADOR DE CARGA.....	26
1.19.1	Material del Poste Solar .....	31
1.19.2	Formas de Poste Solar .....	32

## CAPITULO II

	PAG.
CAPÍTULO II.....	34
2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	34
2.1 INTRODUCCIÓN .....	34
2.2 LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN SUS INICIOS .....	34
2.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
2.3.1 Investigación Bibliográfica .....	36
2.3.2 Método Experimental .....	36
2.5.1 Población .....	37

2.5.2	Muestra.....	37
2.7	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS .	38
2.8	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	45
2.8.1	Planteamiento de la hipótesis .....	45
2.8.2	Resolución de la fórmula.....	47
2.8.3	Regla de decisión.....	47
2.9	ANÁLISIS DEL ÁREA .....	49

### CAPITULO III

	PAG.
CAPÍTULO III .....	55
3 PROPUESTA.....	55
3.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	55
3.1.1 Tema.....	55
3.1.2 Presentación. ....	55
3.2 OBJETIVOS .....	56
3.2.1 Objetivo General .....	56
3.2.2 Objetivos Específicos .....	56
3.3 DESARROLLO TÉCNICO DE LA PROPUESTA .....	56
3.4 CALCULO DE LOS LÚMENES O DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN	58
3.4.1 Cálculos de luminarias para el proyecto.....	60
3.5 SOFTWARE PARA LA SIMULACIÓN .....	61
3.5.1 Ejecución de la simulación.....	61
3.6 CÁLCULO DE CONSUMO DE ENERGÍA TOTAL DE LA ILUMINACIÓN DEL ÁREA VERDE.....	63
3.7 CÁLCULO DE PANEL SOLAR PARA UNA SOLA LUMINARIA.....	63

3.7.1	Cálculo y selección del número de paneles solares.....	64
3.8	CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LA BATERÍA DE ALMACENAMIENTO .....	67
3.9	CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL REGULADOR DE CARGA .....	69
3.10	CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL INVERSOR .....	71
3.13	INCLINACIÓN ADECUADA DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICO	76
3.14	CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE LÁMPARA LED's .....	77
3.14.1	Conformación de la Matriz de LED .....	77
3.15	ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO .....	81
3.15.1	Generalidades .....	81
3.15.2	Costos directos .....	82
3.15.3	COSTOS INDIRECTOS .....	84
3.15.4	Costo total.....	84
1.17	MANTENIMIENTO DEL SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	88
1.17.1	Mantenimiento del Panel Fotovoltaico .....	88
1.18	CONCLUSIONES .....	90
1.19	RECOMENDACIONES .....	91
1.21	ANEXOS.....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

	PAG.
Tabla 1.1 Coordenadas de Cotopaxi Ecuador .....	2
Tabla 1.2 Energía solar recibida por la tierra.....	6
Tabla 1.3 Zonas del Ecuador según Irradiación Solar.....	7
Tabla 1.4 Valores promedio de Irradiación Solar de ciertas zonas del Ecuador .....	7
Tabla 1.5 Irradiación solar mensual y promedio para Cotopaxi valores en kWh/m <sup>2</sup> .día.....	8
Tabla 1.6 Distancias entre Columnas de Luminarias.....	11
Tabla 1.7 Comparativa de características de las fuentes de luz actual más usada en iluminación. ....	12
Tabla 1.8 Clasificación de las vías .....	13
Tabla 1.9 Clase de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales	13
Tabla. 1.10 Clasificación de zonas de protección contra la contaminación luminosa.....	13
Tabla 1.11 Valores límite del flujo hemisférico superior instalado .....	14
Tabla 1.12 Clases de iluminación según Normas CONELEC No. 008/11 .....	15
Tabla 1.13 Unidades de energía solar y factores de conversión .....	19
Tabla 1.14 Tabla de comparación de estado de la batería.....	25
Tabla 1.15 Valores de tabla de las resistencias .....	29
Tabla 1.16 Resistividad de Aluminio y Cobre.....	30
Tabla 1.17 Factor FCV en KVA-m Para el 1%de caída de voltaje conductor cobre aislado para bajo voltaje.....	31
Tabla 2.1 Demostrativo de los sectores involucrados.....	37
Tabla 2.2 Representación de las variables. ....	38
Tabla 2.3 Resultado de la pregunta N°1 .....	39
Tabla 2.4 Resultado de la pregunta N°2 .....	40
Tabla 2.5 Resultado de la pregunta N°3 .....	41
Tabla 2.6 Resultado de la pregunta N°4 .....	42
Tabla 2.7 Resultado de la pregunta N°5 .....	43
Tabla 2.8 Resultado de la pregunta N°6 .....	44
Tabla 2.9 Datos de la encuesta observada.....	4

Tabla 2.10 Resultados de la frecuencia esperada.....	46
Tabla 2.11 Cálculo del Chi-cuadrado.....	47
Tabla 2.12 Distribución Chi-cuadrado.....	48
Tabla 2.13 Datos del voltaje, corriente y la radiación promedio .....	51
Tabla 2.14 Datos del voltaje, corriente y la radiación promedio .....	52
Tabla 2.15 Datos del voltaje, corriente y la radiación promedio .....	53
Tabla 3.1 Cálculo de energía total de consumo de las lámparas LED's .....	63
Tabla 3.2 Módulos fotovoltaicos Estándares .....	65
Tabla 3.3 Panel Monocristalino adquirido .....	65
Tabla 3.4 Estimación de Energía de la Luminaria LED's .....	67
Tabla 3.5 Características técnicas de la batería.....	69
Tabla 3.6 Controlador Existente en el Mercado.....	70
Tabla 3.7 Datos técnicos del Controlador adquirido.....	70
Tabla 3.8 Resistividad de Aluminio y Cobre.....	71
Tabla 3.9 Calibre de conductores AWG y sus diámetros de cable. ....	73
Tabla 3.10 Conductor Plastiplomo (2 Conductores Paralelos Planos) 600V – 60 <sup>0</sup> C .....	73
Tabla 3.11 Computo de caída de voltaje.....	74
Tabla 3.12 Computo de caída de voltaje.....	75
Tabla 3.13 Ángulos de Inclinación, Función de la Latitud del Lugar.....	77
Tabla 3.14 Promedio de lux obtenido por el método punto por punto .....	81
Tabla 3.15 Costos Directos .....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

	PAG.
Figura 1.1 Energías Renovables.....	3
Figura 1.2 Aplicación de la Energía Solar .....	4
Figura 1.3 Tipos de radiación solar.....	5
Figura 1.4 Insolación solar en el Ecuador.....	7
Figura 1.5 Energía Solar .....	8
Figura 1.6 Lámparas formadas por arreglos de LED's.....	10
Figura 1.7. Disposición del metodo punto por punto.....	16
Figura 1.8 Curvas de coeficiente de utilización.....	17
Figura 1.9 Celda Monocristalina.....	20
Figura 1.10 Celda Policristalina.....	21
Figura 1.11 Celda de Silicio Amorfo .....	22
Figura 1.12 Conexión de celdas solares en paralelo y serie.....	22
Figura 1.13 Panel Monocristalino .....	23
Figura 1.14 Ángulo de orientación. ....	24
Figura 1.15 Batería ULTRACELL GEL 120.....	25
Figura 1.16 Controlador Morningstar Sunlight SL-10L-12V .....	27
Figura 1.17 Inversor THOR MANUFACTURING.....	28
Figura 1.18 Estructura poste metálico.....	33
Figura 2.1 La Universidad Técnica de Cotopaxi .....	35
Figura 2.2 Triángulo de lados diferentes .....	49
Figura 2.3 Área verde de la Universidad .....	50
Figura 2.4 Luxómetro Modelo 401036 .....	54
Figura 3.1 Dimensiones del área verde de la Universidad Técnica de Cotopaxi..	57
Figura 3.2 Demostración grafica en 3D del sitio a ser Instalado la Luminaria.....	62
Figura 3.3 Ubicación de las luminarias elektroskandiafi en la área.....	62
Figura 3.4 Vista en 3D .....	63
Figura 3.5 Proyectoado .....	66
Figura 3.6 Curva de potencia del panel monocristalino adquirido .....	67

Figura 3.7 Latitud Geográfica de Latacunga de acuerdo a Google Earth.....	76
Figura 3.8 Placa LED de luz blanca.....	79
Figura 3.9 Placa con Aleta de perfil triangular para transferir la temperatura del medio ambiente y así mantener el nivel a una temperatura estable. ....	79
Figura 3.10 Ensamble de la luminaria en la carcasa .....	79
Figura 3.11 Prueba de iluminación .....	80
Figura 3.12 Apertura de dispersión.....	80

## *ÍNDICE DE ANEXO*

	PAG.
<i>ANEXO N°- 1</i> .....	97
<i>ANEXO N°- 2</i> .....	98
<i>ANEXO N°- 3</i> .....	99
<i>ANEXO N°- 4</i> .....	99
<i>ANEXO N°- 5</i> .....	100
<i>ANEXO N°- 6</i> .....	100
<i>ANEXO N°- 7</i> .....	101
<i>ANEXO N°- 8</i> .....	101
<i>ANEXO N°- 9</i> .....	102
<i>ANEXO N°- 10</i> .....	104
<i>ANEXO N°- 11</i> .....	105

## RESUMEN

El presente trabajo de tesis, se desarrolló en una investigación relacionada al aprovechamiento de la radiación solar mediante la implementación de un panel fotovoltaico, como caso de estudio se tomo al área verde de las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con el objetivo de mejorar la iluminación nocturna, y seguridad, la misma que permitirá la visibilidad a personas que transiten por el lugar. Como datos principales se ha obtenido los niveles de radiación solar que se presentan en el campo de investigación obtenidos por el Inamhi. Para el dimensionamiento de los elementos y equipos tales como, panel fotovoltaico, batería, inversor, controlador, y la lámpara LED se realizo en base al diseño de los parámetros que se requiere y se utilizó un software que permitió dimensionar el tipo de la lámpara a ser utilizado en el lugar. Se procedió a la implementación del panel fotovoltaico, esta fuente de generación eléctrica se encarga de obtener la mayor radiación solar, y toda energía se almacena en un acumulador, esta se encargará de alimentar a la lámpara LED que servirá para iluminar la mencionada área verde y determinar la capacidad de energía consumida y el mismo que servirá para análisis de costo de energía eléctrica consumida en el sistema y el tiempo de recuperación. La implementación del panel fotovoltaico en el área verde resultaron ser útiles para la generación eléctrica ya que es amigable con el medio ambiente, no contaminante, inagotable y limpia, de esta forma proporcionando una energía independiente de la red eléctrica; de esta forma mejorando los niveles de iluminación óptimos en el sitio del proyecto. Con ello permitiendo trazar las estrategias encaminadas a la mejora continua de estos tipos de tecnologías para lograr reducir el efecto invernadero y cumplimiento con las normas de calidad y el medio ambiente.

**Panel fotovoltaico en las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.**

## **ABSTRACT**

The present thesis work, developed in a research related to the use of solar radiation through the implementation of a photovoltaic panel, as case study took to the green area of the sports fields of the University Technical of Cotopaxi, with the aim of improving the night lighting, and security, which will allow visibility to people transiting through the place. As primary data has been obtained the levels of solar radiation in the field of research obtained by the Inamhi. Dimensioning of the elements and equipment such as solar panel, battery, inverter, controller, and the lamp LED was conducted based on the design of the parameters that is required and used a software allowing to measure the type of lamp to be used in the place. It was the implementation of photovoltaic panel, this source of electricity generation is responsible for obtaining more solar radiation, and all energy is stored in a battery, this will take care of feeding the LED lamp which will serve to illuminate the mentioned green area and determine the energy consumed and which will be used for analysis of cost of electric power consumed in the system and the recovery time. The implementation of photovoltaic panel in the Green turned out to be useful for power generation since it is environment-friendly, pollution-free, inexhaustible and clean, thus providing an independent of the mains power; thus improving the optimum lighting levels on the site of the project. Thus allowing drawing strategies aimed at the continuous improvement of these types of technologies to reduce greenhouse and compliance with quality standards and the environment.

Photovoltaic panel at the sports fields of the Technical University of Cotopaxi.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas  
Latacunga – Cotopaxi – Ecuador

---

## **AVAL DE TRADUCCIÓN**

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Lic. Jorge Luis Iza Pila, con cédula de ciudadanía N° 050296591-6, CERTIFICO que he realizado la respectiva revisión del ABSTRACT, con el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA FUENTE DE GENERACIÓN ELÉCTRICA USANDO UN PANEL FOTOVOLTAICO PARA MEJORAR LA ILUMINACIÓN DEL ÁREA VERDE DE LAS CANCHAS DEPORTIVAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, cuyo autor es: Néstor Franklin Yanchaguano Collaguazo, con cédula de ciudadanía N° 050259322-1 postulante a Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia y el Director de Tesis Ing. Marcelo Barrera.

**Latacunga, 14 de Noviembre del 2013**

**Docente:**

Lic. Jorge Iza

C.I 050296591-6

**ENGLISH TEACHER**

# INTRODUCCIÓN

Debido a los notorios cambios climáticos que se vienen presentando día tras día producto de la contaminación por el uso de combustibles fósiles, varios países se han visto obligados en realizar investigaciones sobre como producir energías renovables, que no contaminen el medio ambiente y una de las energías renovables más utilizadas es proveniente del sol. La energía solar se puede describir como la energía que se recibe de la luz del sol y se convierte en energía eléctrica para el uso humano. Es más barata y fiable ya que el sol es fácilmente disponible, por otra parte, los paneles solares son elementos construidos cuya finalidad principal es la de convertir la energía solar en energía eléctrica. Se construyen a partir de un elemento llamado silicio, el cual interviene en el proceso de creación de energía eléctrica a partir de la luz del sol. La energía solar puede incidir de forma directa o indirecta.

El propósito del presente trabajo consistió en hacer uso de la energía solar mediante la implementación de una fuente de generación eléctrica usando un Panel Fotovoltaico para mejorar la iluminación del área verde de las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi. El mismo que permitió mejorar la iluminación y la seguridad de quienes transitan por la noche.

Se utilizó como partes principales para la implementación de un panel fotovoltaico una luminaria LED's la cual fue construido a 12V con una potencia de 50W mediante esta potencia se selecciona el panel fotovoltaico el controlador de la carga y la fuente, los cuales son seleccionados en base a los catálogos y de cálculos, es decir que este equipo está garantizado para su buen uso y desempeño práctico en lo que se refiere en la área del alumbrado público. Con la implementación de esta fuente de generación, se pretende lograr muchos objetivos ya que será de gran utilidad para los estudiantes y los docentes de la carrera de Ingeniería Eléctrica, el mismo que ayudará a la enseñanza y a su comprensión de los conceptos teóricos vistos en la clase. El presente trabajo ha sido dividido en tres capítulos donde se desarrollarán los siguientes temas:

El Capítulo I, contiene las bases teóricas sobre la radiación solar en el planeta tierra y en la ciudad de Cotopaxi, además se describe los sistemas de alumbrado público y los paneles fotovoltaicos con el cual se procederá a generar la energía eléctrica en DC.

El Capítulo II, contiene el tipo de métodos y técnicas de investigación utilizados, así como el diseño de instrumentos para la recolección de los datos y su posterior tabulación para el análisis e interpretación de resultados, finalmente se señalan la verificación de la hipótesis de estudio.

El Capítulo III, se describe las partes principales de los elementos y equipos que se utilizó para la implementación de un panel fotovoltaico, ya que esta implementación ayudara con el mejoramiento del alumbrado en la área verde ubicado junto a las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, también se incluyen las conclusiones y recomendaciones finales respecto al desarrollo del proyecto. El trabajo concluye con manual de mantenimiento, el cual será de mucha ayuda para su correcto funcionamiento.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO.

### 1.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.

El Plan Nacional del Buen Vivir 2009 – 2013, publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 144 de 5 de marzo de 2010, señala en las Políticas: 2.6 promover la investigación y el conocimiento científico, la revalorización de conocimientos y saberes ancestrales, y la innovación tecnológica y 4.3 Diversificar la Matriz Energética Nacional, promoviendo la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles, que fueron analizadas junto con los criterios anteriormente enunciados. Son estos lineamientos los que orientan el rol y competencias del Instituto Nacional Eficiencia Energética y Energía Renovables (INER), buscando generar una articulación adecuada entre las instituciones y entidades relacionadas, de forma que se manejen procesos óptimos, y que satisfagan los principios de eficiencia y sostenibilidad ambiental.

La introducción de los sistemas solares fotovoltaicos (SFV) en el Ecuador se remonta a fines de la década de 1970, mayormente para servicio de electrificación en poblados aislados de la Amazonía, a cargo del entonces Instituto Nacional de Energía, de las Fuerzas Armadas para sus sistemas de comunicaciones, del Ministro de salud y algunas organizaciones no gubernamentales, bajo el auspicio del Ministerio de Vivienda y la Cámara de la Construcción de Quito, con



la participación del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, el Colegio de Ingenieros Mecánicos de Pichincha y el Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos de Pichincha, se ha desarrollado diversas normas técnicas que forman parte del nuevo Código ecuatoriano de la Construcción. Fotovoltaicos Aislados y de Conexión a Red Hasta 100 Kw en el Ecuador<sup>30</sup>.

## **1.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL**

Universidad Técnica de Cotopaxi periodo 2013 - 2014

**Tabla 1.1 Coordenada Geográfica de Cotopaxi Ecuador**

<b>Ciudad</b>	<b>Provincia</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Latacunga	Cotopaxi	00°56'00"S	S1°1'20"	78°37'5"W

Fuente: <http://carta-natal.es/ciudades/Ecuador/Cotopaxi>

## **1.3 ENERGÍAS RENOVABLES.**

Según MENDEZ Emilio (2010), define que las energías renovables tienden a un enfoque público y ecológico, también plantea que, “Las energías renovables son aquellas que se producen de manera continua y son inagotables a escala humana. Además tienen la ventaja adicional de poder complementarse entre sí, favoreciendo la integración entre ellas. Son respetuosas con el medio ambiente, y aunque ocasionen efectos negativos sobre el entorno, son mucho menores que los impactos ambientales de las energías convencionales como combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) y energía nuclear”<sup>5</sup>.

Gracias a estas energías renovables podemos disminuir la contaminación en nuestro medio ambiente, que son causadas por las emisiones de gases, y los derivados de petróleo estos son los principales causantes del efecto invernadero y el calentamiento global, es por ello que se busca nuevas formas de generar la energía sin dañar a nuestro medio ambiente.

**Figura 1.1 Energías Renovables**



**Fuente:** [www.minem.gob.pe](http://www.minem.gob.pe)

**ENERGIAS RENOVABLES**

- Eólica
- Hidráulica
- Biomasa
- Geotérmica
- Solar

**Fuente:** [www.minem.gob.pe](http://www.minem.gob.pe)

Con las energías renovables se pueden obtener las dos formas de energía más utilizadas: calor y electricidad

**Ventajas:**

- Son respetuosas con el medio ambiente.
- No emiten gases contaminantes.
- No generan residuos peligrosos.
- Se pueden instalar en zonas rurales y aisladas.

Este tipo de sistema puede llegar a lugares donde el tendido eléctrico es dificultoso de instalar, en el momento de instalar su costo es muy elevado pero su costo disminuye a medida que la ciencia y la tecnología se van avanzando, y los costos de combustibles se tienden a elevarse. Como se indica el primer principio de la termodinámica la energía ni se crea ni se destruye, es por ello la utilización

de la energía solar para producir electricidad, ya que esta fuente de energía no produce cambios sustanciales en el equilibrio de la tierra.

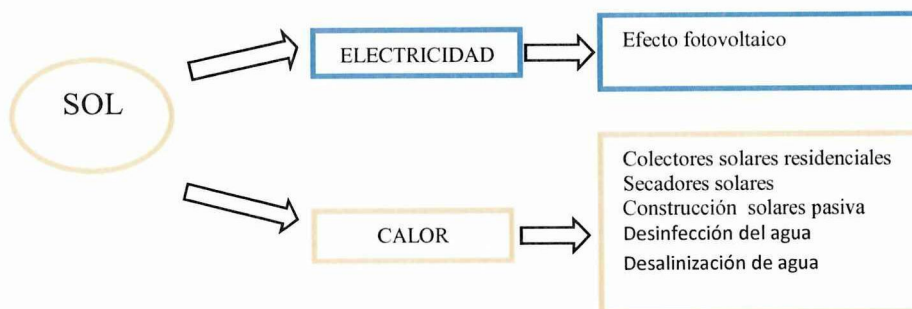
**Eficiencia energética.-** La eficiencia energética se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos servicios energéticos, sin disminuir nuestro confort, calidad de vida y nivel de actividad económica, protegiendo el medio ambiente, asegurando el abastecimiento y fomentando un comportamiento sostenible en su costo.

#### 1.4 RADIACIÓN SOLAR.

MENDEZ y CUERVO (2008), define que el sol es una estrella que se encuentra a una temperatura media de  $5500^{\circ}\text{C}$ , en cuyo interior tienen lugar una serie de reacciones que producen una pérdida de masa que se transforma en energía. Esta energía liberada del sol se transmite al exterior mediante la denominada radiación solar". La radiación en el sol es de  $63450720 \text{ W/m}^2$ , y la energía que llega al exterior de la atmósfera se llama constante solar y es de  $1353 \text{ W/m}^2$ , a la tierra solo llega aproximadamente  $1/3$  de la energía total interceptada por la atmosfera, y de ella el 70% cae en el mar. Aun así, es varios miles de veces el consumo energético mundial<sup>4</sup>.

Otro concepto importante es el de Insolación, las horas solares pico (HSP) una hora horas de energía es equivalente a la energía recibida durante una hora, a una irradiación promedio de  $1,000 \text{ W/m}^2$ , Cuando es de noche, se tiene una irradiación de 0 Watts por metro cuadrado ( $\text{W/m}^2$ ), porque simplemente a esa parte de la Tierra el sol no la puede ver<sup>31</sup>.

**Figura 1.2 Aplicación de la Energía Solar**

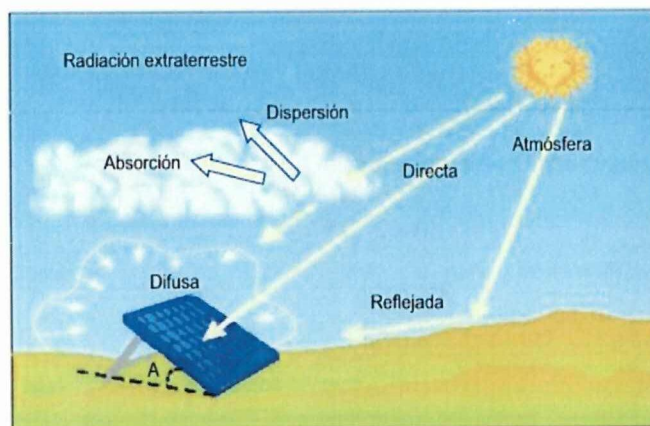


Fuente: <http://es.scribd.com/doc/96401108/Energias-Renovables>

### 1.4.1 Tipos de radiación solar.

En la siguiente figura podemos observar, cómo es la función de los rayos que inciden en la tierra y que a su vez se distinguen tres componentes de la radiación solar como son la radiación directa, difusa, y la reflejada.

**Figura 1.3 Tipos de radiación solar**



Fuente: <http://jessica-ivonne-sda.blogspot.com/>

**a) Directa.-** Es la recibida desde el sol sin que se desvíe en su paso por la atmósfera.

**b) Difusa.-** Es la que sufre cambios en su dirección principalmente debidos a la reflexión y difusión en la atmosfera.

**c) Albedo.-** Es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo, es aquella reflejada por la superficie terrestre.

**d) Radiación global.** Es la suma de las tres radiaciones. La radiación directa es la mayor y más importante en las aplicaciones fotovoltaicas. Cuando la radiación directa no puede incidir sobre una superficie debido a un obstáculo, el área en sombra también recibe radiación gracias a la radiación difusa.

De las tres radiaciones que ingresan a nuestro planeta tierra, la más importante es la radiación global porque en esta se encuentran las tres radiaciones.

### 1.4.2 Radiación recibida y absorbida por la tierra.

**Tabla 1.2 Energía solar recibida por la tierra**

<b>Radiación recibida por la tierra</b>	<b>Porcentaje %</b>	<b>Radiación absorbida por la Tierra</b>	<b>Porcentaje %</b>
Directa a la Tierra	26	Por la atmosfera	16
Indirecta a la Tierra	11	Por las nubes	2
Difusa a la Tierra	14	Por ozono y otros gases	1
<b>Radiación total</b>	<b>47</b>		<b>19</b>

Fuente: <http://www.rena.edu.ve/cuartaEtapa/cienciasTierra/Tema6.html>

### 1.4.3 Radiación solar en el planeta tierra.

Según GUTIÉRREZ MARIO (2010), define que la mayor parte de la energía que llega a nuestro planeta procede del Sol. El Sol emite energía en forma de radiación electromagnética. Estas radiaciones se distinguen por sus diferentes longitudes de onda<sup>8</sup>.

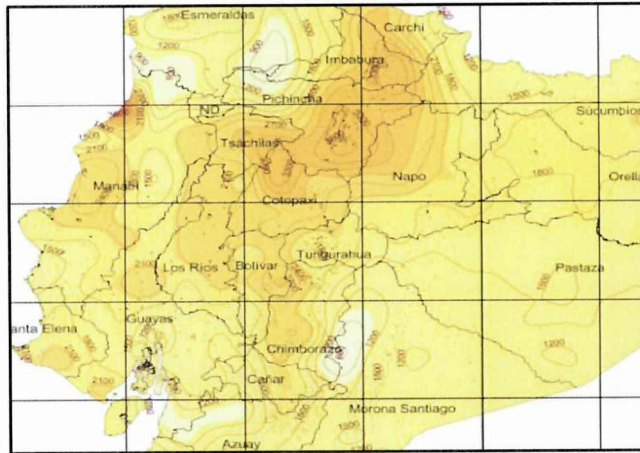
Las estaciones de meses y año es el factor que indica la variación de la inclinación de la tierra respecto al Sol al orbita a su alrededor, por lo que el 21 de diciembre la tierra está más alejado del Sol, mientras el 21 de junio está más cerca.

### 1.4.4 Recurso Solar en el Ecuador.

El CONELEC contrató en el año 2008 la elaboración del Mapa Solar del Ecuador, y se basa en datos tomados de sistemas satelitales del NREL (National Renewable Energy Laboratory) de los Estados Unidos entre 1985 y 1991 que interpola la información a celdas de 1 km<sup>2</sup>. Se muestra información sobre las insolaciones directa (isohelias a 300 Wh/m<sup>2</sup>.día), difusa (isohelias a 100 wh/m<sup>2</sup>.día) y global (isohelias a 150 Wh/m<sup>2</sup>.día)<sup>11</sup>.

Un valor medio aproximado de la radiación solar global en Ecuador es de 4200kWh/año muy superior al de España que es de 1400 KWh/año por m<sup>2</sup>.

**Figura 1.4 Insolación solar en el Ecuador**



Fuente: [www.conelec.gob.ec/archivos\\_articulo/Atlas.pdf](http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf)

De acuerdo a la ubicación geográfica del Ecuador, lo convierte en un país privilegiado en lo que a recurso solar se refiere. Esto se debe a que el ángulo de incidencia de la luz solar, es perpendicular a nuestra superficie durante todo el año, situación que no ocurre en otros sitios del planeta, en donde el ángulo de incidencia de la luz solar, varía acorde a las estaciones del año en la figura 1.4 se puede observar la insolación en varias provincias del Ecuador.

**Tabla 1.3 Zonas del Ecuador según Irradiación Solar**

ZONAS	kWh/m <sup>2</sup> .día
Zona I:	3200 a 3600
Zona II:	3600 a 4000
Zona III:	4000 a 4400
Zona IV:	4400 a 4800
Zona V:	4800 a 5200

Fuente: <http://www.lahora.com.ec/frontEnd/images/objetos/NORMAE~1.PDF>.

**Tabla 1.4 Valores promedio de Irradiación Solar de ciertas zonas del Ecuador**

PROVINCIA	CIUDAD	Wh/m <sup>2</sup> .día	ZONA
Imbabura	Ibarra	4560	IV
Manabí	Portoviejo	4160	III
Pichincha	Quito	4990	IV
<b>Cotopaxi</b>	<b>Latacunga</b>	<b>4420</b>	<b>IV</b>

Fuente: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>

**Tabla 1.5 Irradiación solar mensual y promedio para Cotopaxi valores en kWh/m<sup>2</sup>.día**

Sitio	Latitud	Longitud	Elevación	Años lectura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Pro.
Lat.	0.92 S	78.62 W	2785	20	4.47	4.38	4.21	4.01	4.07	4.09	4.32	4.53	4.44	4.51	4.44	4.37	4.32
Lat.					0.52	0.5	0.39	0.41	0.33	0.44	0.26	0.53	0.48	0.51	0.51	0.68	0.26
Lat.	0.92 S	78.62 W	2785	17	4.53	4.25	4.36	4.03	4.31	4.11	4.53	4.61	4.5	4.64	4.58	4.58	4.42
Cotopaxi	0.62 S	78.57 W	3560	2	4.31	4.25	3.94	3.64	3.75	3.86	4.14	4.64	4	4.44	4.56	4.17	4.14

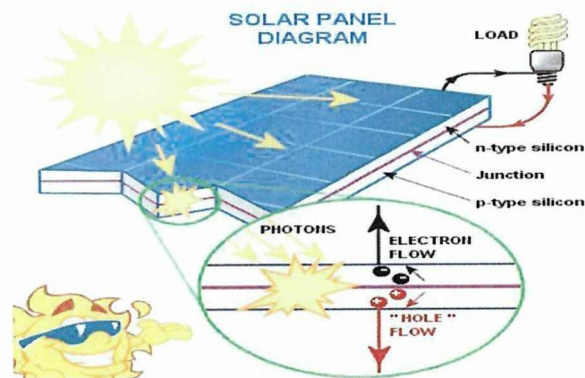
Fuente: <http://www.lahora.com.ec/frontEnd/images/objetos/NORMAE~1.PDF>

Mediante el promedio de irradiación obtenido en la tabla 1.4 podemos darnos cuenta que Cotopaxi se encuentra en la zona cuatro de 4400 a 4800 Wh/m<sup>2</sup>, día promedio de irradiación, esta buena irradiación obtenemos gracias a que en nuestro Ecuador se encuentra atravesando la línea equinoccial.

### 1.5 ENERGÍA SOLAR.

La energía solar es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el Sol. La energía solar es la fuente de energía primaria del planeta.

**Figura 1.5 Energía Solar**



Fuente: [www.mrsolar.com](http://www.mrsolar.com)

Ya que esta energía permite la obtención de energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico.

A efectos de conocer la incidencia de la radiación solar sobre las placas fotovoltaicas, es importante tener claro dos conceptos, la altura y el azimut solar<sup>24</sup>

**a).- Solsticio de Verano.**

Durante el Solsticio de verano el Sol recorre durante el día un arco de círculo paralelo al recorrido equinoccial, que al estar más levantado sobre el horizonte provoca que el día dure más de 12 horas<sup>19</sup>.

**b).- Solsticio de Invierno.**

Durante el Solsticio de invierno el Sol recorre durante el día un arco de círculo paralelo al recorrido equinoccial, que al estar menos levantado sobre el horizonte provoca que el día dure menos de 12 horas<sup>19</sup>.

## **1.6 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN**

### **1.6.1 Sistema de Alumbrado Público.**

Constituye la iluminación de zonas, públicas o privadas, destinadas a la movilidad, ornamentación y seguridad; incluye al alumbrado público general, ornamental e intervenido.

### **1.6.2 Alumbrado Público Ornamental.**

Constituye la iluminación de zonas como parques, plazas, iglesias, monumentos y todo tipo de espacios, cuya iluminación se aparta de los niveles establecidos en la presente Regulación, dados que estos obedecen a criterios estéticos determinados por el municipio o por el órgano estatal competente.

### **1.6.3 Las lámparas LED's.**

Producen luz con una muy reducida generación de calor o disipación de energía, de manera similar a las lámparas fluorescentes. Además, por su naturaleza sólida, proporcionan una gran resistencia a los golpes, vibración y uso, lo cual incrementa su vida útil. Las lámparas LED's tienen una vida útil de aproximadamente 100.000 horas<sup>21</sup>.

**Figura 1.6 Lámparas formadas por arreglos de LED's**



**Fuente:** [www.teknosolar.com](http://www.teknosolar.com)

Para obtener una luminaria que tenga las mismas características de una luminaria común, se debe hacer un arreglo de varios LED's, lo que llevaría a elevar el costo de cada luminaria<sup>21</sup>.

#### **1.6.4 Luminarias LED's**

Con la nueva tecnología de lámparas con LED's en el mercado, se ha creado la nueva iluminación a base de LED's para exteriores, estas lámparas son utilizadas para iluminar zonas exteriores en las avenidas y calles, plantas, fábricas y estacionamientos grandes, ahorrando más de 50% y hasta 80% de energía. Con una vida útil de 50,000 horas lo cual es todavía más larga que las antiguas lámparas y las ahorradoras de energía.

También garantiza los más altos estándares de calidad a través de todas las etapas de fabricación, todos los componentes y subconjuntos son revisados y probados, con la experiencia en ingeniería de soluciones de ahorro de energía desde 1969. ISO9001, ISO14001 y certificación TS16949, operan de acuerdo a la más alta calidad, normas de seguridad y protección al ambiente<sup>7</sup>.

#### **1.6.5 Beneficios que aporta esta Tecnología LED's en la Iluminación**

- Bajo consumo: La lámpara requiere menor potencia para producir la misma cantidad de luz.



- **Baja tensión:** Generalmente se alimentan a 12 o 24V de corriente continua, adaptándose a la mayoría de las fuentes de alimentación de los equipos, y reduciendo al mínimo los posibles riesgos de electrocución.
- **Baja temperatura:** Por su alto rendimiento, el LED emite poco calor. Además los procesos de su operación no requieren calor, como las lámparas incandescentes.
- **Mayor rapidez de respuesta:** El LED tiene una respuesta de funcionamiento mucho más rápida que el halógeno, del orden de algunos microsegundos.
- **Mayor duración:** La vida de un LED es muy larga en comparación con los demás sistemas de iluminación.

Para la iluminación de área verde con la lámpara LED's se hace referencia a la tabla de distancias entre columnas de luminaria.

La siguiente tabla nos da una idea de los niveles de iluminación para distinta altura de montaje y separación entre columnas.

**Tabla 1.6 Distancias entre Columnas de Luminarias**

(m)	lm	E <sub>max</sub> (lux)	(d) distancia entre columnas (m)		
			E <sub>min 1</sub> (lux)	E <sub>min 2</sub> (lux)	E <sub>min 3</sub> (lux)
4	1500	18.9	18.4	15.2	13.4
6	3000	16.8	26.8	22.0	19.4
8	5000	15.7	29.8	24.0	22.8
10	8000	16.0	45.0	36.0	31.0

**Fuente:** [http://www.conelec.gob.ec/normativa\\_detalle.php?cd\\_norm=393](http://www.conelec.gob.ec/normativa_detalle.php?cd_norm=393).

La relación entre E<sub>min</sub>/E<sub>max</sub> va a depender exclusivamente de la relación entre altura de montaje y separación de columnas.

### **1.7 LINEAMIENTO PARA EL DISEÑO DEL MODULO LED**

Un punto importante para este proyecto es la brillantez de los LED's pues esta depende de la corriente.

Idealmente la mejor forma para controlar las brillantes es excitar el elemento con una fuente de corriente, lo más parecido a una fuente de corriente es un elevado voltaje de alimentación y una resistencia grande en serie, en este caso la corriente LED's está dada por la ecuación.

$$I = \frac{V_S \times V_{LED}}{R_S} \quad (Ec. 1.1)$$

Dónde:

I= corriente (VDC)

Vs= voltaje de la fuente (VDC)

$V_{LED}$ = Voltaje del LED (VDC)

Rs = Resistencia

**Tabla 1.7 Comparativa de características de las fuentes de luz actual más usada en iluminación.**

<b>Tabla comparativa de características de las fuentes de luz actualmente más usadas en iluminación</b>			
<b>Tipo de lámpara</b>	<b>Eficiencia(lm/W)</b>	<b>Tiempo de vida(h)</b>	<b>IRC</b>
Halógena	20	1.200	100
Halogenuros metálicos	70 - 108	15.000	90
Fluorescente	60 - 100	8.000	80
Sodio baja presión	120 - 200	16.000	25
Sodio alta presión 100W	95- 130	28.000	45
LED 60W	90 - 120	>50.000	>75

Fuente: [www.airisled.es](http://www.airisled.es)

### **1.8 TIPO DE VÍA A ILUMINAR.**

Según el decreto ejecutivo 2393 reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo Atr. 56, niveles iluminación se puede apreciar en la siguiente tabla 1.9.

**Tabla 1.8 Clasificación de las vías**

<b>Clasificación</b>	<b>Tipo de vía</b>	<b>Velocidad del tráfico rodado Km/h</b>
A	De alta velocidad	$V > 60$
B	De velocidad moderada	$30 < V \leq 60$
C	Carriles bici	-
D	De baja velocidad	$5 < V \leq 30$
E	Vías peatonales	$V \leq 5$

**Fuente:** [http://www.alumbradopublicobenito.com/pdf/r\\_efi\\_ener4\\_MANLLEU.pdf](http://www.alumbradopublicobenito.com/pdf/r_efi_ener4_MANLLEU.pdf).

En esta clasificación se elegirá a la clasificación de tipo E que es para vías peatonales y que tiene una velocidad de tráfico rodado de  $V \leq 5$  Km/h.

**Tabla 1.9 Clase de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales**

<b>Tipo de vía</b>	<b>Iluminancia media (lux)</b>	<b>Luminancia media (<math>\text{cd/m}^2</math>)</b>
A	3	2
B	35	2
C	30	1.9
D	28	1.7
E	25	1.4

**Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/54167237/MODULO-UCC-ILUMINACION>

De acuerdo a la tabla 1.9 de la clasificación se elegirá al tipo E entonces la iluminancia media (lux) será 25 y será 1.4 de luminancia media

**Tabla. 1.10 Clasificación de zonas de protección contra la contaminación luminosa**

<b>CLASIFICACIÓN DE ZONAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
E1	<b>ÁREAS CON ENTORNOS O PAISAJES OSCUROS:</b> Observatorios astronómicos de categoría internacional, parques nacionales, espacios de interés natural, áreas de protección especial (red natura, zonas de protección de aves, etc.), donde las carreteras están sin iluminar

E2	<b>ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD BAJA:</b> Zonas periurbanas o extrarradios de las ciudades, suelos no urbanizables, áreas rurales y sectores generalmente situados fuera de las áreas residenciales urbanas o industriales, donde las carreteras están iluminadas.
E3	<b>ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD MEDIA:</b> Zonas urbanas residenciales, donde las calzadas (vías de tráfico rodado y aceras) están iluminadas.
E4	<b>ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD ALTA:</b> Centros urbanos, zonas residenciales, sectores comerciales y de ocio, con elevada actividad durante la franja horaria nocturna.

Fuente: [www.comite.españoila.de.iluminacion.com](http://www.comite.españoila.de.iluminacion.com)

**Tabla 1.11 Valores límite del flujo hemisférico superior instalado**

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO FHSINST
E1	≤1%
E2	≤5%
E3	≤15%
E4	≤25%

Fuente: [www.comite.españoila.de.iluminacion.com](http://www.comite.españoila.de.iluminacion.com)

Como se puede observar la tabla 1.10 en la zona de calificación el E4 da a entender que el área de brillo durante la franja de horas nocturnas equivale a un ≤25% de flujo hemisférico superior instalado fhsinst.

### **1.9 REQUERIMIENTOS PARA ILUMINACIÓN EXTERNA**

Los Requerimientos Normativos de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), según la regulación emitida por el CONELEC No. 008/11, y denominada «Prestación del Servicio de Alumbrado Público General», define 6 clases de áreas: de P1 a P6. La opción de la clase P depende de la importancia del área en términos del número de usuarios y la configuración circundante<sup>13</sup>.

Generalmente, los parques se iluminan a niveles relativamente bajos, con criterios de iluminación de clases P3 a P6. A partir de una determinada hora del anochecer, la iluminación puede apagarse por motivos de ahorro de energía. CONELEC. Regulación No. 008/11 CONELEC. 2011<sup>13</sup>.

Se ofrecen a continuación los valores de los criterios de iluminación que hay que respetar para las diferentes clases P, tal como se encuentran en la regulación del CONELEC:

**Tabla 1.12 Clases de iluminación según Normas CONELEC No. 008/11**

CLASES DE ILUMINACIÓN	TIPO DE APLICACIÓN	
	Iluminancia horizontal (lx) referida al nivel de la superficie del uso	
	Promedio	Mínimo
P1	15.00	3.00
P2	10.00	2.00
P3	7.50	1.50
P4	5.00	1.00
P5	3.00	0.60
P6	2.00	0.40

Fuente: [http://www.conelec.gob.ec/normativa\\_detalle.php?cd\\_norm=393](http://www.conelec.gob.ec/normativa_detalle.php?cd_norm=393)

Al mismo tiempo, se espera una fuerte limitación de la emisión de luz superior, a fin de reducir al mínimo el efecto del resplandor del cielo.

### **1.10 TIPOS DE MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE ILUMINACIÓN**

Existen dos métodos generales en el cálculo de los niveles de iluminación.

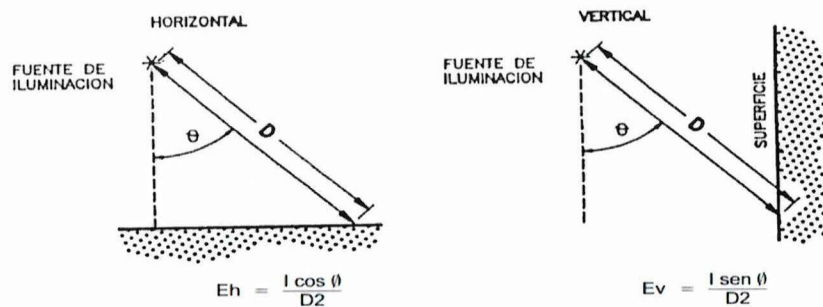
- El método Punto por Punto utilizado para iluminación de exterior
- El método cavidad zonal utilizado para iluminación de interiores.

Para el análisis de la iluminación del área verde de las canchas deportivas se utilizara el método Punto por Punto para iluminación exterior.

### 1.10.1 Método de Cálculo Punto por Punto

Dos fórmulas básicas son usadas para deducir la iluminación en un punto dado de una superficie. Una para las superficies horizontales y una para las superficies verticales.

**Figura 1.7. Disposición del método punto por punto**



**Fuente:** Diseño, Manual de Ingeniería de calculos de Niveles de Iluminacion.

$$E_h = \frac{I \cos \theta}{d^2} \quad (\text{Ec. 1.2})$$

$$E_v = \frac{I \text{ sen } \theta}{d^2} \quad (\text{Ec. 1.3})$$

Dónde:

$E_h$ : iluminación en pie-bujía sobre una superficie horizontal.

$E_v$ : iluminación en pie-bujía sobre una superficie vertical.

$I$ : Intensidad luminosa de la superficie en bujías.

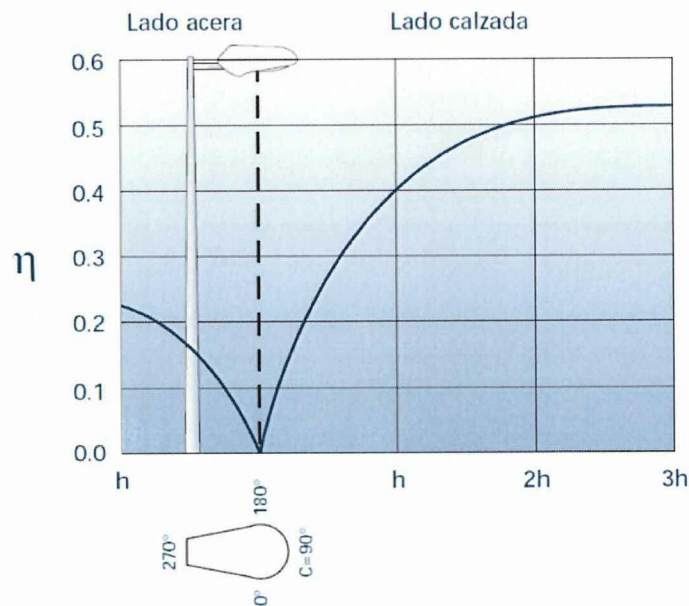
$D$ : Distancia desde la fuente, expresada en pies.

Para la aplicación de este método se requiere de la curva fotométrica, que caracteriza a las fuentes de luz. Esta curva es proporcionada, en forma gráfica o tabla, la información relativa a la distribución de la luz producida por la unidad de alumbramiento o luminaria.

### 1.11 MÉTODO DE LOS LÚMENES O DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN

La finalidad de este método es para calcular la distancia y la separación adecuada entre las luminarias que garantice un nivel de iluminancia medio determinado. Este método sirve de referencia para empezar a aplicar otros métodos.

**Figura 1.8** Curvas de coeficiente de utilización



Fuente: [www.eficiencia.de.la.luminaria.com](http://www.eficiencia.de.la.luminaria.com)

**Primero:** Se determina el nivel de iluminancia media ( $E_m$ ). Según las recomendaciones del CIE.

$$E_m = 20 \text{ lux.}$$

$$L_m = 1.4 \text{ cd/m}^2$$

**El segundo:** Selección de la lámpara para el cual se elige una lámpara de LEDs de una Tensión de 50 VDC, Corriente 1.2 A con un Flujo luminoso de 4000 lm

**Tercero:** Para estructura de tipo ornamental se utilizara tubos de hierro galvanizado por inmersión en caliente, sección circular de un diámetro mínimo de 3 pulgadas 4mm de espesor y 5 metros de altura según la empresa eléctrica regional del sur S.A (ERSSA)<sup>22</sup>.

**Cuarto:** La disposición de las luminarias se elige según la relación altura vs anchura, por lo tanto.

$$\frac{\text{Anchura (W)}}{\text{Altura(H)}} = < 1 \text{ para una disposicion unilateral} \quad (\text{Ec. 1.4})$$

**Quinto:** El factor de mantenimiento (Fm) se recomienda tomar un valor no superior a 0.8, se elige dependiendo de las características de la zona analizando, para este cálculo de ha de tomar un Fm de 0.7

**Sexto:** Cálculos de factor de utilización Kt normalmente vienen representados en curvas que son proporcionados por los fabricantes, están en función de la anchura y altura como se puede apreciar la siguiente ecuación.

Factor de utilización lado calzada o área a iluminar

$$K1 = \frac{W1}{H} \quad (\text{Ec. 1.5})$$

Factor de utilización lado vereda o parte trasera del poste.

$$K2 = \frac{W2}{H} \quad (\text{Ec. 1.6})$$

Factor de utilización total

$$Kt = K1 + K2 \quad (\text{Ec. 1.7})$$

Al realizar la respectiva lectura en las curvas de factor de utilización se visualiza un valor de 10% aproximadamente.

**Séptimo:** Finalmente se calcula la separación de las luminarias

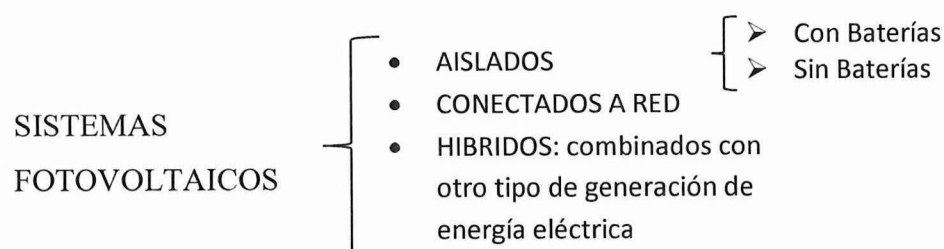
$$Em = \frac{Kt \times fm \times \Phi L}{S \cdot W} \quad (\text{Ec. 1.8})$$

$$S = \frac{Kt \times fm \times \Phi L}{Em \cdot W} \quad (\text{Ec. 1.9})$$

## 1.12 DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurre para captar la energía solar disponible y transformarla en utilizable como energía eléctrica<sup>32</sup>

Estos sistemas independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, se pueden clasificar según el esquema siguiente:



**Fuente:** [http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/uso/4/04/sistemas\\_fv.htm](http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/uso/4/04/sistemas_fv.htm)

Dentro de un sistema fotovoltaico se encuentran las celdas fotovoltaicas estas son las encargadas de captar la radiación solar que es producida durante el día, las celdas o módulos fotovoltaicos son encargadas en convertir de radiación solar a corriente eléctrica.

**Tabla 1.13 Unidades de potencia solar y factores de conversión**

UNIDAD	EXPLICACIÓN	CONVERSIÓN
Wp	Vatio pico	-
KW	Kilovatio 1000W	-
W/m <sup>2</sup>	Vatios por metro cuadrado	-
<b>Energía solar</b>		<b>AKWh/m<sup>2</sup></b>
KWh/m <sup>2</sup>	KWh por metro cuadrado	1
KJ/cm <sup>2</sup>	KJ por centímetro cuadrado	2.778
MJ/m <sup>2</sup>	MJ por metro cuadrado	0.2778
Kcal/cm <sup>2</sup>	1000 calorías por centímetro cuadrado	11.67
BTU/pie <sup>2</sup>	Unidades Térmicas Británicas por pies <sup>2</sup>	0.0428
Langley	Calorías por centímetro cuadrado	0.00116

**Fuente:** [www.conelec.gob.ec/archivos\\_articulo/Atlas.pdf](http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf).

En la tabla 1.13 se presenta una visión general de las diferentes unidades comúnmente utilizadas en el dimensionamiento de sistema fotovoltaico, y sus factores de conversión.

La manera más simple de determinar el tamaño de un sistema fotovoltaico es utilizando la siguiente fórmula:

$$Ar = 1200 \times \frac{(Ed)}{(Id)} \quad (Ec. 1.10)$$

Dónde:

Ar: Tamaño del panel (Wp)

Ed: Consumo de energía (kWh/día) = 1 kWh/día

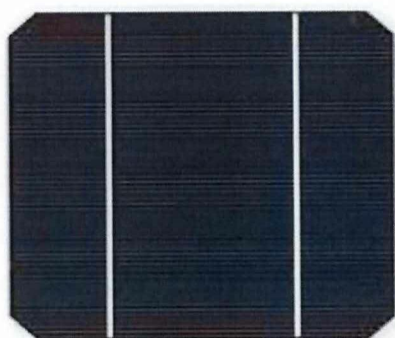
Id: HPS en el peor de los casos se ha determinado en la tabla 1.5 que existen 4.03 horas pico de sol radiante por día.

### 1.12.1 Tipo de Celdas Solares

#### a) Celda de Silicio Monocristalino

La mayoría de las celdas solares actualmente en el mercado son monocristalinas. La fabricación consiste en purificar el silicio, fundirlo y éste se cristaliza en lingotes que son cortados en finas rodajas de 250 a 350 %m para hacer celdas individuales. Las celdas monocristalinas tienen un color uniforme, generalmente azul o negro<sup>17</sup>.

**Figura 1.9 Celda Monocristalina**



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

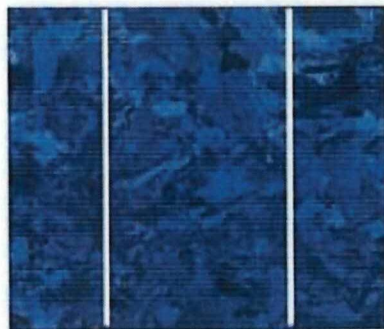


Basados en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza (reconocibles por su forma circular u octogonal), son las celdas más utilizadas debido a su gran confiabilidad y duración, aunque su precio es ligeramente mayor que los otros tipos. En los laboratorios se han alcanzado rendimientos máximos del 25% para este tipo de paneles solares y en los comercializados del 16%<sup>17</sup>.

### **b) Celda de Silicio Policristalino**

Las celdas policristalinas se fabrican de forma similar a las monocristalinas. La diferencia es que se utiliza un silicio muy económico (de bajo costo). Por lo general se tiene una reducción en la eficiencia. La superficie de las celdas policristalinas tiene un patrón irregular y más claro en la cristalización en lugar del color homogéneo de la monocristalina<sup>17</sup>

**Figura 1.10 Celda Policristalina**



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

Los paneles policristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales debido a un proceso de modelo en cual el silicio fundido es vertido en un molde y se lo deja asentar<sup>17</sup>.

### **c) Celda de Silicio Amorfo**

Esta celda usa una nueva tecnología que consiste en una película delgada de cristal de silicio puro sobre un sustrato de vidrio o cerámica.

**Figura 1.11 Celda de Silicio Amorfo**



**Fuente:** <http://www.deltaenergie.it/solare-fotovoltaico/pannelli-fotovoltaici>

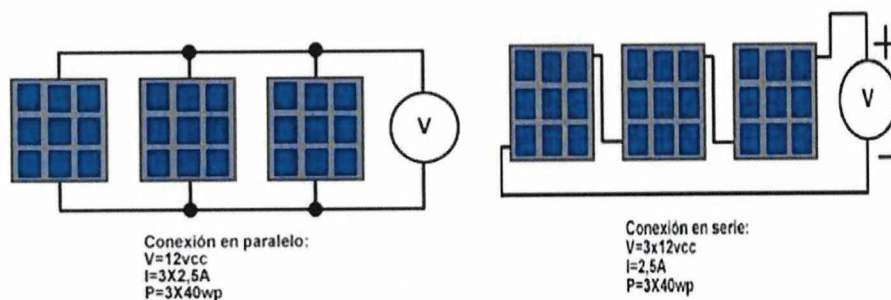
Esta capa no supera los 20  $\mu\text{m}$ . El espesor de toda la celda es de 300 a 800  $\mu\text{m}$ . El substrato también puede ser plástico lo cual permite obtener un panel flexible. La ventaja de esta tecnología es que es mucho más barata que las celdas cristalinas. Una desventaja es que el silicio amorfo sufre una degradación debido a la luz al inicio de su operación<sup>17</sup>.

### 1.12.2 Conexión de Celdas Solares.

Un panel fotovoltaico se compone de varias celdas conectadas entre sí. Generalmente es el nivel de voltaje el que determina la unión de celdas en serie, hasta llegar a valores estandarizados de 6V, 12V, 24V, 36V, o 48V. Cada celda tiene 0,5 V. Para un panel de 12 V conectamos 24 celdas en serie.

La corriente en una conexión en serie es la misma, pues hay un solo camino para el circuito. Para incrementar la corriente debemos hacer una conexión serie – paralelo en un panel, aunque lo que se prefiere es unir varios paneles en paralelo para llegar a la corriente requerida como se indica en la figura 1.12<sup>17</sup>.

**Figura 1.12 Conexión de celdas solares en paralelo y serie**



**Fuente:** Sanchez, Santiago Energias Renovables concepto y aplicacion

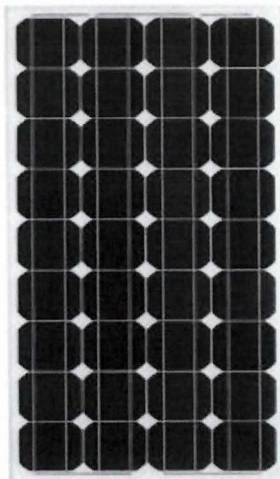
Una conexión en serie de celdas o paneles solares permite incrementar el voltaje, considerando que cada uno debe producir la misma cantidad de corriente.

Una conexión en paralelo de celdas o paneles solares permite obtener corrientes mayores, siempre tomando en cuenta que cada uno de ellos debe producir el mismo voltaje.

### 1.12.3 Panel Monocristalino

Se para el mencionado proyecto se selecciona un panel monocristalino ya que son más eficientes y más confiables tienen una vida útil mínima de 25 años y puede superar hasta los 50 años de vida, en cambio los policristalinos tienen una vida útil de 20 años.

**Figura 1.13 Panel Monocristalino**



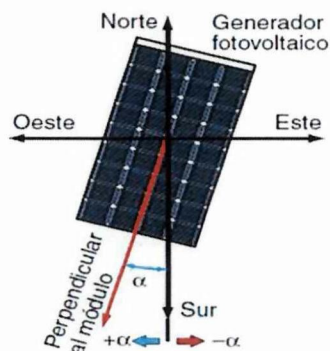
Fuente: [www.proviento.com](http://www.proviento.com)

### 1.13 *ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL PANEL FOTOVOLTAICO*

La orientación de un generador fotovoltaico se define mediante coordenadas angulares, las cuales varían en relación al lugar en la instalación.

Ángulo de azimut ( $\alpha$ ): ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la superficie del generador y la dirección Sur. Vale 0 grados si coincide con la orientación sur, es positivo hacia el oeste y negativo hacia el este. Si coincide con el este su valor es  $-90$  y si coincide con el oeste su valor es  $+90$  grados.

**Figura 1.14 Ángulo de orientación.**



**Fuente:** PAREJA, M. Energía fotovoltaica cálculo de una instalación aislada

Como norma general los módulos fotovoltaicos deben orientarse: hacia el sur si la instalación se encuentra en el hemisferio norte, y si se ubica en el hemisferio sur habrá que orientarlo hacia el norte<sup>33</sup>.

Como la instalación se va a realizar en la Universidad Técnica de Cotopaxi de la ciudad de Latacunga, muy cerca de la línea ecuatorial hacia el sur, el panel solar se debe orientar hacia el norte, con una variación máxima de  $\pm 00^\circ$  Grados.

#### **1.14 BATERÍAS O ACUMULADORES.**

Existen básicamente dos tipos de baterías solares de ciclo profundo, las de Plomo-ácido, en particular las de electrolito líquido, que ofrecen el mejor balance entre costo y desempeño y las baterías de Níquel Cadmio (Ni-Cd) que debido a su alto costo inicial (6 a 8 veces el de una batería de Pb-ácido), no han podido suplantar a las de Pb-ácido, a pesar que el costo operacional (costo a largo plazo) es mucho menor (5 veces) al de una batería de Pb-ácido de igual capacidad<sup>18</sup>.

La función prioritaria de las baterías en un sistema de generación fotovoltaico es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luminosidad para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo. Otra importante función de las baterías es la de proveer una intensidad de corriente superior a la que el dispositivo fotovoltaico puede entregar.

Las baterías usadas en los sistemas fotovoltaicos se denominan baterías solares. Como estas baterías admiten un alto porcentaje de descarga, suelen llamarse baterías de ciclo profundo

### 1.14.1 Batería ULTRACELL GEL 120

Se selecciona Batería ULTRACELL GEL 120 debido a que esta batería es Protegido contra los cambios en la presión, y la prevención de la acumulación de gas en la batería. La autonomía y la longevidad es de un 30% más de una batería convencional.

**Figura 1.15** Batería ULTRACELL GEL 120



Fuente: [www.proviento.com](http://www.proviento.com)

Una batería de 100 Ah AGM., es capaz de ofrecer tanta energía como una batería de 120 Ah. semi-clásica estacionaria. Esta batería se demora en cargar de 1 hora a 1.5 hora la numeración de recargas es de 5000, el auto descarga por mes es de 10%, el peso de la batería esta alrededor de 68.4 libras, su longitud es de 328 mm, ancho 172 mm, alto 222 mm, incluye en la altura los bornes, porque permite la colocación los bornes<sup>23</sup>.

**Tabla 1.14** Tabla de comparación de estado de la batería

Voltios	% De Carga	Observaciones
13,0	100 %	Cargada.
12,5	80 %	Normal.
12,0	60 %	Uso normal.
11,5	40 %	Reducir el consumo.
11,0	20 %	Limite aconsejable.
10,5	10 %	Peligro para los aparatos conectados.
10,0	VACIA	Recargar inmediatamente, no consumir.

FUENTE: <http://web.archive.org/web/20110522224637/http://www.elektron.org/bateria.pdf>

## 1.14.2 Métodos de Cálculo de Baterías

### Primer método de cálculo

Cálculo del tamaño de la batería:

$$Tamaño = \frac{(AUT \times Ed)}{(REND \times DESC)} \quad (Ec. 1.11)$$

Donde:

AUT = (Autonomía – días sin luz solar)

REND = (eficiencia de la batería)

DESC = (descarga de la batería)

$$Numero\ de\ baterias = \frac{Tamaño}{(Ah \times V)} \quad (Ec. 1.12)$$

### Segundo método de Cálculo

$$C = \frac{(E \times AUT)}{(V \times Pd)} \quad (Ec. 1.13)$$

Dónde:

E = Consumo energético

AUT= días de autonomía solar

V= voltaje nominal de operación

Pd= Porcentaje de descarga de la batería

## 1.15 REGULADOR O CONTROLADOR DE CARGA.

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

Existen dos tipos de reguladores de carga

### a) Reguladores de Carga Lineales.

Controlan la tensión de salida ajustando continuamente la caída de tensión en un transistor de potencia conectada en serie entre la entrada no regulada y la carga, puesto que el transistor debe conducir corriente continuamente.

Aunque son más sencillos de utilizar que los reguladores de conmutación, tienden a ser ineficientes debido a la potencia consumida por el elemento en serie, su eficiencia es de 20%, y resultan eficaces para paneles de baja potencia < 5 Watts<sup>1</sup>.

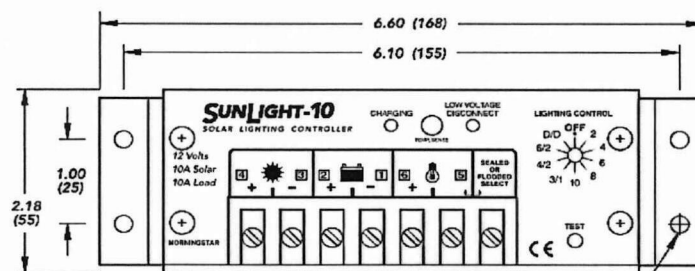
### b) Reguladores de Carga de Conmutación.

Utilizan un transistor de potencia como conmutador de alta frecuencia, de tal manera que la energía se transfiere desde la entrada a la carga en paquetes discretos. Los pulsos de intensidad se convierten después a una corriente continua mediante un filtro inductivo y capacitivo. Puesto que, cuando se opera como conmutador, el transistor consume menos potencia que en su región lineal, estos reguladores son más eficientes que lo lineales llegando hasta un 80%, además son más pequeños y ligeros<sup>1</sup>.

#### 1.15.1 Controlador Morningstar Sunlight SL-10L-12V

Se selecciona el SunLight de Morningstar por que incluye todas las características de un controlador y esta certificado por ISO 9001. 2000 aprobado desde el 20 Julio del 2008. También cuenta con un interruptor giratorio que le permite encender cargas después del anochecer durante 2, 4, 6, 8 ó 10 horas. Una opción enciende las luces al anochecer, las apaga durante la noche y las vuelve a encender antes del amanecer.

**Figura 1.16** Controlador Morningstar Sunlight SL-10L-12V



Fuente: [www.proviento.com](http://www.proviento.com)

Usted puede elegir entre los siguientes valores (en horas): 3/apagado/1, 4/apagado/2 o 6/apagado/2. También es posible mantener las luces o carga encendidas desde el anochecer hasta el amanecer también. Los modelos SunLight incluyen LVD (Low Voltaje Disconnect) el cual desconecta las baterías cuando su voltaje es demasiado bajo<sup>23</sup>.

En estos modelos también incluyen indicadores de LED's para monitoreo del estado de carga y descarga. Un botón de prueba enciende la luz durante cinco minutos

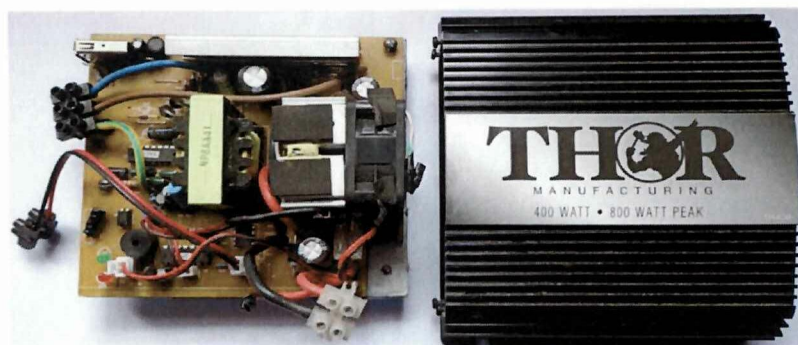
### **1.16 EL INVERSOR**

La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente directa a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna. Los inversores convierten la corriente continua generada por los paneles fotovoltaicos, en corriente alterna de 110 voltios.

#### **1.16.1 THOR MANUFACTURING**

Se selecciona un Inversor THOR MANUFACTURING ya que cumple con los parámetros necesarios para el cambio de voltaje.

**Figura1.17 Inversor THOR MANUFACTURING**



Fuente: [www.proviento.com](http://www.proviento.com)

### **1.17 RESISTENCIAS**

Cuando hablamos de la Ley de Ohm, vimos que la resistencia era una propiedad de los materiales que hacía que se opusieran al paso de corriente eléctrica. Esta propiedad ha sido aprovechada para crear un componente electrónico con el

mismo nombre (resistencia). Los valores más típicos de potencia de la resistencia en electrónica son ¼ y ½ watt, pero existen valores mayores, incluso de varios miles de watts. Código de colores<sup>29</sup>.

**Tabla 1.15 Valores de tabla de las resistencias**

1	10	100	1K	10K	100K
1.2	12	120	1K2	12K	120K
1.5	15	150	1K5	15K	150K
1.8	18	180	1K8	18K	180K
2.2	22	220	2K2	22K	220K
2.7	27	270	2K7	27K	270K
3.3	33	330	3K3	33K	330K
3.9	39	390	3K9	39K	390K
4.7	47	470	4K7	47K	470K
5.6	56	560	5K6	56K	560K

**Fuente:** Como calcular la resistencia para tu Led.htm

Para medir la resistencia de un componente, se puede utilizar un multímetro. Sin embargo no siempre se tiene un multímetro a mano. Es por esto que se creó un código universal para escribirle a las resistencias su valor, el cual se conoce como código de colores.

### 1.18 CONDUCTOR

La sección del conductor a utilizar en una instalación fotovoltaica es muy importante, debido fundamentalmente a que se trabaja con corriente continua de bajo valor (12 V) y como consecuencia el número de amperios aumenta, haciendo que las pérdidas en los conductores eléctricos sean notorias si éstos no están bien dimensionados<sup>29</sup>.

La resistencia de un conductor viene dada por las siguientes ecuaciones.

$$R = \frac{L}{(\rho \times S)} \quad (\text{Ec. 1.14})$$

Dónde:

R = Resistencia en ohmios

L = Longitud en metros

S = Sección del conductor en mm

$\rho$  = Conductividad (inversa de la resistividad)

La misma resistencia de un conductor se puede definir como:

$$R = \frac{(V_a - V_b)}{I} \quad (\text{Ec. 1.15})$$

Dónde:

$V_a - V_b$  es la diferencia de potencial entre los puntos a y b; I es la intensidad eléctrica.

Luego, sustituyendo, resulta que:

$$\frac{(V_a - V_b)}{I} = \frac{L}{(\rho \times S)} \quad (\text{Ec. 1.16})$$

Donde el valor constante de la resistividad para conductores de **cobre** es de:

**Tabla 1.16 Resistividad de Aluminio y Cobre.**

Material	Resistividad (en 20 °C-25 °C) ( $\Omega \cdot m$ )
Plata	1,55 x 10-8
Cobre	1,71 x 10-8
Aluminio	2,82 x 10-8

Fuente: [es.wikipedia.org/wiki/Resistividad](http://es.wikipedia.org/wiki/Resistividad)

Por lo tanto despejando la sección del conductor es:

$$S = \frac{2LI}{56(V_a - V_b)} \quad (\text{Ec. 1.17})$$

Dónde:

S = Sección en mm<sup>2</sup>

L = Longitud en metros hasta el receptor

I = Intensidad en amperios



La caída de tensión se calcula para un porcentaje de la tensión nominal, que variara entre los equipos que serán interconectadas.

$V_a - V_b$  = Caída de tensión en voltios

**Tabla 1.17 Factor FCV en KVA-m Para el 1% de caída de voltaje conductor cobre aislado para bajo voltaje.**

Conductor calibre (AWG)	Factor FCV(KVA-m)	
	120V 2 Hilos	240/120V 3Hilos
6	54	215
4	81	335
2	128	510

Fuente: Guías de Diseño de la Empresa Electrica Ambato Reguional Centro Norte S.A

### **1.19 MODELACIÓN DE POSTE PARA LA LUMINARIA LED 's.**

En el mercado existen postes solares que están a nuestra entera disposición últimamente, estos postes solares han ganado gran popularidad y se están convirtiendo en el estándar de iluminación para las rutas urbanas y rurales. Sus principales beneficios radican en la autosuficiencia del mismo, sin ser necesaria la presencia de un tendido eléctrico para energizarlo.

Un poste solar está compuesto por los siguientes elementos:

- Panel fotovoltaico con su respectivo soporte
- Batería de Ciclo Profundo con gabinete para su alojamiento
- Controlador de Carga
- Luminaria de bajo consumo
- Poste de acero.
- Cables para interconexiones.

#### **1.19.1 Material del Poste Solar**

El tipo material a ser empleado son tubos estructurales de un acero A-36 con un límite de fluencia mínimo de 2400 kg/cm<sup>2</sup>, que los encontramos en el mercado en una gama de diferentes diámetros.

Para construir la cama para los paneles solares que están ubicados sobre el poste, estos están fabricados con ángulos laminados en L de 1.20x 0,54x 0,035 metros empernados a una plancha cuadrada de acero hierro dulce de 6 mm de espesor, plancha que estará soldada al poste.

De igual forma la placa base estará echa de un plancha de acero A-36

### 1.19.2 Formas de Poste Solar

En cuanto a la forma de un poste solar varía desde un simple tubo perpendicular hasta un diseño estructural, más adelante se observara cada uno de estos.



Fuente: [www.bydlighting.com](http://www.bydlighting.com)



Fuente: [www.bydlighting.com](http://www.bydlighting.com)

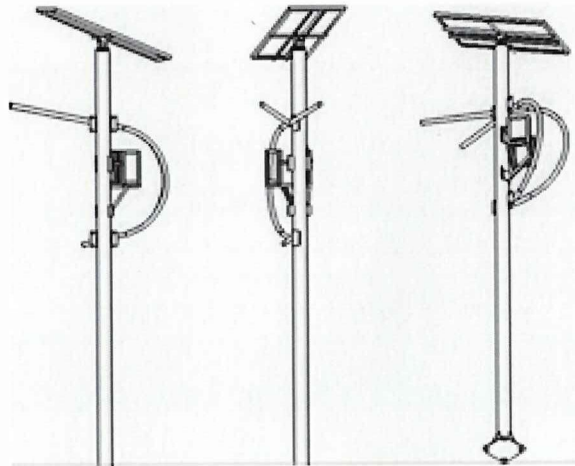
### 1.19.3 Diseño del poste solar

Para el diseño del poste solar se procederá a utilizar un Software que simulara las estructuras en 3D.

Para las estructuras de tipo ornamental se utilizará tubos de hierro galvanizado por inmersión en caliente, sección circular, de un diámetro mínimo de 3 pulgadas, 4

mm de espesor y 5 m de altura. La sujeción de los postes deberá realizarse por medio de una base de hormigón simple con 4 anclajes como mínimo. La altura mínima de montaje de las luminarias será de 4.50 metros<sup>22</sup>.

**Figura 1.18 Estructura poste metálico**



**Fuente:** Autor

En la siguiente figura 1.18 se puede apreciar la estructura de un poste para el sistema fotovoltaico que será instalado con una luminaria LED's

## **CAPÍTULO II**

### **2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### ***2.1 INTRODUCCIÓN***

La Universidad Técnica de Cotopaxi a través de la de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas e Ingeniería Eléctrica posee un gran potencial de contribuir al cambio tanto a la colectividad como a la provincia y al país. Por ello en la carrera de Ingeniería Eléctrica se ha planteado una nueva forma de generación eléctrica mediante la implementación de un panel fotovoltaico.

En la Universidad aún no se han realizado investigaciones acerca de generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía renovable como es la radiación solar.

En el presente capítulo, se procederá al análisis de datos obtenidos de los estudiantes y los empleados de La Universidad Técnica de Cotopaxi y se espera confirmar nuestra hipótesis de trabajo. Determinar la factibilidad de diseñar e implementar un módulo fotovoltaico para mejorar la iluminación en el área verde ubicada junto a las canchas deportivas frente al restaurante de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

#### ***2.2 LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN SUS INICIOS***

La Universidad Técnica de Cotopaxi, se crea con la necesidad de contar con un centro de estudios superiores, con las cuales se pueda satisfacer las expectativas de la juventud estudiantil de nuestra Provincia.

En Cotopaxi el anhelado sueño de tener una institución de Educación Superior se alcanza el 24 de enero de 1995. Las fuerzas vivas de la provincia lo hacen posible,

después de innumerables gestiones y teniendo como antecedente la Extensión que creó la Universidad Técnica del Norte <sup>25</sup>.

**Figura 2.1 La Universidad Técnica de Cotopaxi**



**Fuente:** <http://www.utc.edu.ec/es-es/lautc/historia.aspx>.

En estos 15 años de vida institucional la madurez ha logrado ese crisol emancipador y de lucha en bien de la colectividad, en especial de la más apartada y urgida en atender sus necesidades <sup>25</sup>.

Actualmente dentro de su oferta Académica se encuentra formando profesionales en distintas especialidades como en Ingenierías: Electromecánica, Eléctrica, Industrial y Sistemas y en Diseño Gráfico, etc. El nuevo reto institucional cuenta con el compromiso constante de sus autoridades hacia la calidad y excelencia educativa

La Universidad Técnica de Cotopaxi a través de la Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas dentro del campo eléctrico contribuye con el mejoramiento de la iluminación utilizando energías renovables para producir un cambio, y tratar de reducir el efecto invernadero.

### **2.2.1 Misión**

La Universidad "Técnica de Cotopaxi", es pionera en desarrollar una educación para la emancipación; forma profesionales humanistas y de calidad; con elevado nivel académico, científico y tecnológico; sobre la base de principios de solidaridad, justicia, equidad y libertad, genera y difunde el conocimiento, la

ciencia, el arte y la cultura a través de la investigación científica; y se vincula con la sociedad para contribuir a la transformación social-económica del país<sup>25</sup>

### **2.2.2 Visión**

En el año 2015 seremos una universidad acreditada y líder a nivel nacional en la formación integral de profesionales críticos, solidarios y comprometidos en el cambio social; en la ejecución de proyectos de investigación que aporten a la solución de los problemas de la región y del país, en un marco de alianzas estratégicas nacionales e internacionales; dotada de infraestructura física y tecnología moderna, de una planta docente y administrativa de excelencia; que mediante un sistema integral de gestión le permite garantizar la calidad de sus proyectos y alcanzar reconocimiento social<sup>25</sup>.

## **2.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.3.1 Investigación Bibliográfica**

La presente investigación adquiere una modalidad de investigación bibliográfica puesto que se revisara múltiples fuentes de consulta libros, revistas; el cual dará una visión amplia de las ventajas, desventajas y demás aspectos que sean necesarios establecer para la realización de la investigación.

### **2.3.2 Método Experimental**

Se necesitara de este método ya que se realizara pruebas de tomas de luxes para verificar el correcto funcionamiento de iluminación así como la realización de verificación de su correcto funcionamiento antes de su total acabado.

### **2.3.3 Observación**

Se ha propuesto utilizar esta técnica ya que nos ayudara a observar de manera directa el área de investigación en la Universidad Técnica de Cotopaxi. De este modo se podrá apreciar de mejor manera la problemática planteada al inicio del proceso investigativo.

### 2.3.4 Encuesta

Mediante esta técnica se realizara un sondeo dirigido tanto a los estudiantes de diferentes carreras y a los empleados que trabajen en horario nocturno, ya que el mencionado tema de estudio beneficiara a las personas quienes transiten por el mencionado lugar en las jornadas nocturnas.

## 2.5 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS A LOS ALUMNOS Y EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

El objetivo de esta encuesta es verificar la factibilidad del proyecto que se desea realizar con la “Implementación de una fuente de Generación Eléctrica usando un Panel Fotovoltaico para mejorar la iluminación del área verde de las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi”

### 2.5.1 Población

Tabla 2.1 Demostrativo de los sectores involucrados

INVOLUCRADOS	POBLACIÓN
Estudiantes	80
Empleados	5
<b>TOTAL</b>	85

Fuente: Autor del tema

### 2.5.2 Muestra

Considerando que en el horario nocturno circulan por el parque exterior un determinado número de personas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, del cual se procede a obtener la muestra para lo cual se aplica la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{E^2(N - 1) + 1}$$

n = Tamaño de muestra

N = Población o muestra

E = Error admisible determinado por el investigador.

$$n = \frac{85}{0.05^2(85 - 1) + 1}$$

$$n = \frac{85}{1,21}$$

$$n = 70$$

De acuerdo a la muestra obtenida en la Universidad Técnica de Cotopaxi y el cálculo realizado tenemos un tamaño de muestra de 70 personas a la cual se les procederá a ser encuestadas.

## 2.6 REPRESENTACIÓN DE VARIABLES.

**Tabla 2.2 Representación de las variables.**

VARIABLES	INDICADORES
<p><b>INDEPENDIENTE</b></p> <p>la implementación de un sistema de iluminación, utilizando como fuente de energía un modulo fotovoltaico</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Determinar la área donde se va a implementar</li> <li>➤ Aplicar la normativa del Conelec y los datos del INAMHI en la cual nos indica la área de irradiación que existe en el Ecuador, los cuales ya se encuentran calculados y se encuentran en las Altas Solar del Ecuador y se miden en Wh/m<sup>2</sup>/d</li> </ul>
<p><b>DEPENDIENTE</b></p> <p>Permitirá mejorar el alumbrado, seguridad, y accesibilidad en el área verde junto al restaurante y entre las canchas deportivas de la universidad técnica de Cotopaxi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Encuesta</li> <li>➤ Luxómetro</li> <li>➤ Tipo de área</li> <li>➤ Tipo de iluminación</li> </ul>

Fuente: Autor del tema

## 2.7 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS

**Pregunta 1.-** ¿Considera usted que la iluminación existente en el área verde junto a las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi es apropiado?

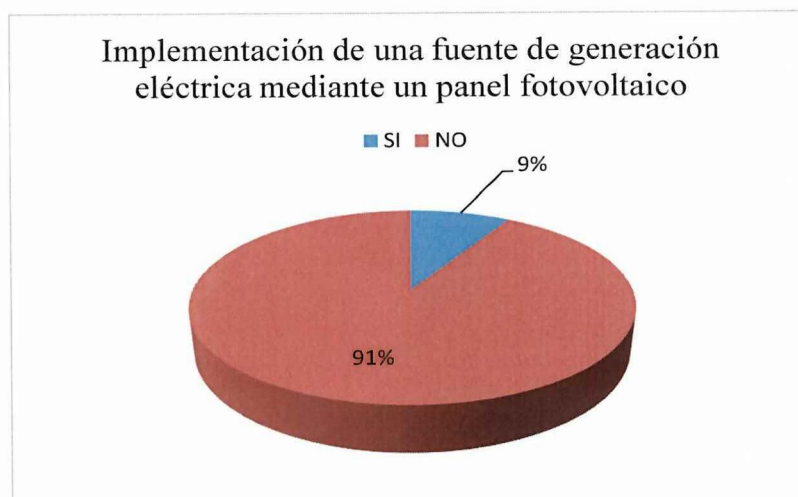
**Tabla 2.3 Resultado de la pregunta N°1**

ITEM	ALTERNATIVAS	PERSONAS	(%)
1	SI	6	9
2	NO	64	91
<b>TOTAL</b>		70	100

**Fuente:** Estudiantes y empleados de la U.T.C

**Elaborado por:** Autor del tema

**Gráfico 2.1 Iluminación apropiada**



**Fuente:** Estudiantes y empleados de la U.T.C

**Elaborado por:** Autor del tema

### Interpretación

Como se puede observar en el gráfico 2.1 del 100% de los estudiantes y empleados encuestados, el 64 equivalentes al 91%, manifiestan que la iluminación en el área verde junto a las canchas deportivas no es apropiada.

De acuerdo a estos resultados se puede mencionar que es de gran necesidad la implementación de un Panel Fotovoltaico con luminarias en tecnología LED's para su buena iluminación en el área verde de las canchas deportivas para así poder dar una buena imagen a la Universidad

**Pregunta 2.-** ¿Cree usted que con una mejor intensidad de iluminación en la parte externa de la Universidad Técnica de Cotopaxi se mejorara el entorno visual?

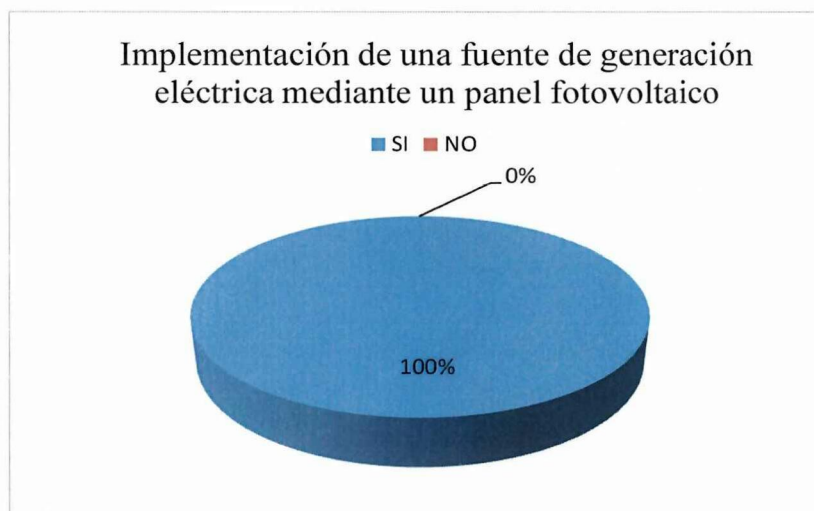
**Tabla 2.4 Resultado de la pregunta N°2**

ITEM	ALTERNATIVAS	PERSONAS	(%)
1	SI	70	100
2	NO	0	
<b>TOTAL</b>		70	100

**Fuente:** Estudiantes y empleados de la U.T.C

**Elaborado por:** Autor del tema

**Gráfico 2.2 Mejorar el entorno visual**



**Fuente:** Estudiantes y empleados de la U.T.C

**Elaborado por:** Autor del tema

### **Interpretación**

Como se puede observar el gráfico 2.2 del 100% de los estudiantes y empleados encuestados, el 70 equivalentes al 100%, manifiestan que si se mejorar la iluminación en el área verde de la Universidad Técnica de Cotopaxi.



**Pregunta 3.-** ¿Esta de acuerdo que con la implementación de energías renovables tales como la energías solar sean utilizadas para iluminar el área verde junto a las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, mejorando la circulación en las horas nocturna por la Universidad Técnica de Cotopaxi?

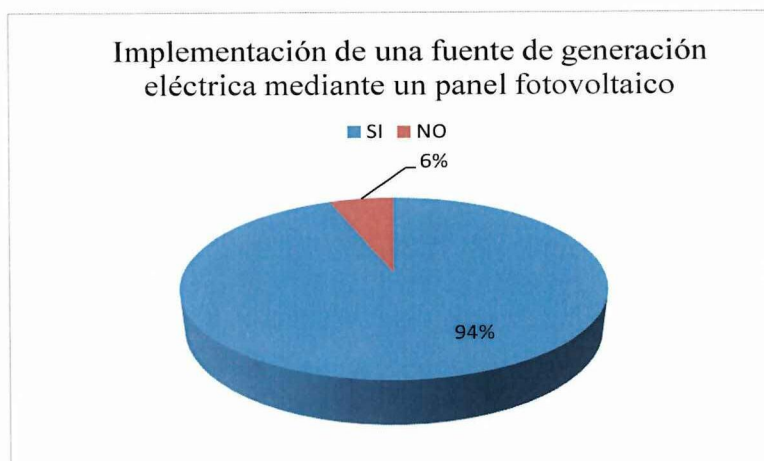
**Tabla 2.5 Resultado de la pregunta N°3**

ITEM	ALTERNATIVAS	PERSONAS	(%)
1	SI	66	94
2	NO	4	6
<b>TOTAL</b>		70	100

**Fuente:** Estudiantes y empleados de la U.T.C

**Elaborado por:** Autor del tema

**Gráfico 2.3 Mejorar la circulación nocturna**



**Fuente:** Estudiantes y empleados de la U.T.C

**Elaborado por:** Autor del tema

### Interpretación

Como se puede observar el gráfico 2.3 del 100%, el 66 equivalentes al 94%, manifiestan que mediante el empleo de la energía solar se podrá obtener una buena iluminación ya que la misma serviría, también para la circulación en las horas nocturna Universidad Técnica de Cotopaxi.

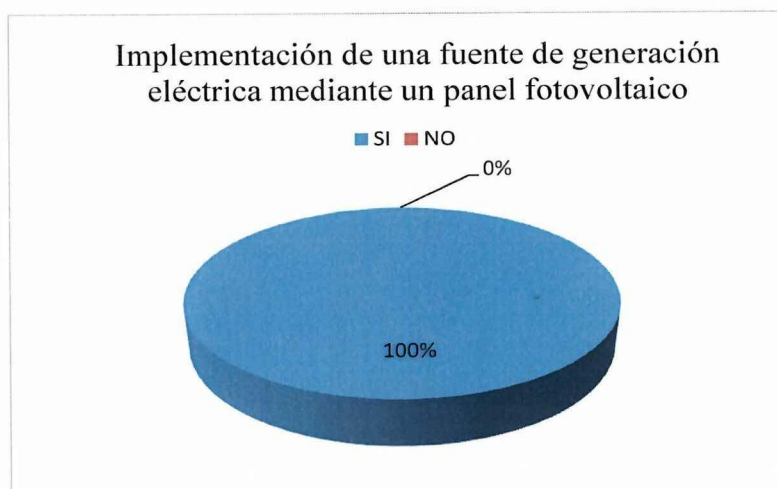
**Pregunta 4.-** ¿En las horas nocturnas se le dificulta el tránsito por el área verde de las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi?

**Tabla 2.6 Resultado de la pregunta N°4**

ITEM	ALTERNATIVAS	PERSONAS	(%)
1	SI	70	100
2	NO	0	0
<b>TOTAL</b>		70	100

**Fuente:** Estudiantes y empleados de la U.T.C  
**Elaborado por:** Autor del tema

**Gráfico 2.4 Implantación de una iluminación**



**Fuente:** Estudiantes y empleados de la U.T.C  
**Elaborado por:** Autor del tema

### **Interpretación**

Como se puede observar en la tabla 2.6 el 70 de los encuestados que equivale al 100% manifiestan que en las horas nocturnas se le dificulta el tránsito por el área verde. Y cabe mencionar que es de muy importancia la implementación de una iluminación en el área verde junto en las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

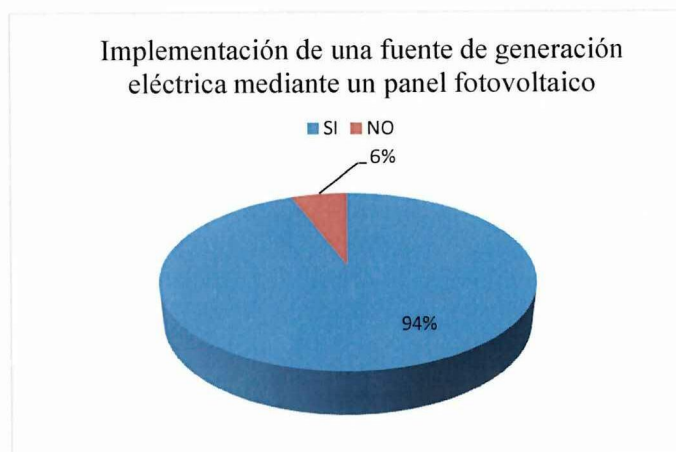
**Pregunta 5.-** ¿Con que frecuencia en las horas nocturnas transita usted, por las área verde ubicado junto a las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi?

**Tabla 2.7 Resultado de la pregunta N°5**

ITEM	ALTERNATIVAS	PERSONAS	(%)
1	SI	66	94
2	NO	4	6
TOTAL		70	100

**Fuente:** Estudiantes y empleados de la U.T.C  
**Elaborado por:** Autor del tema

**Gráfico 2.5 Proporcionar beneficio a la U.T.C.**



**Fuente:** Estudiantes y empleados de la U.T.C  
**Elaborado por:** Autor del tema

**Interpretación**

Como se puede observar el gráfico 2.5 del 100% de los estudiantes y empleados encuestados, el 66 encuestados equivalentes al 94%, manifiestan circulan con frecuencia en las horas nocturnas por el área verde ubicado junto a las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Pregunta 6.-** ¿Considera usted, necesario la implementación de una luminaria con tecnología led, para mejorar la circulación de la comunidad universitaria por el área verde junto a las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi?

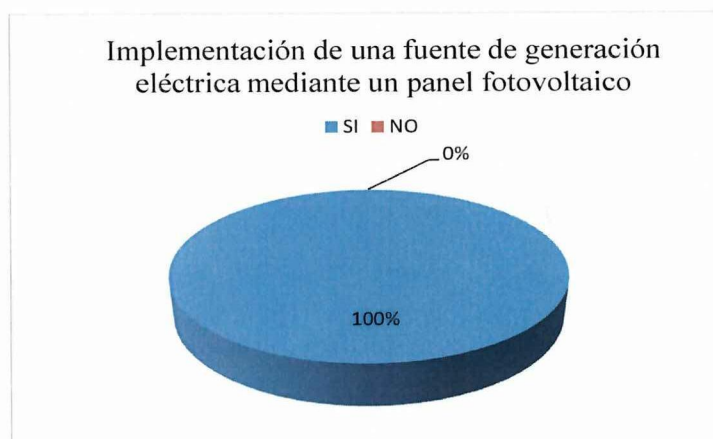
**Tabla 2.8 Resultado de la pregunta N°6**

ITEM	ALTERNATIVAS	PERSONAS	(%)
1	SI	70	100
2	NO	0	0
TOTAL		70	100

**Fuente:** Estudiantes y empleados de la U.T.C

**Elaborado por:** Autor del tema

**Gráfico 2.6 Implementación de un panel fotovoltaico**



**Fuente:** Estudiantes y empleados de la U.T.C

**Elaborado por:** Autor del tema

### **Interpretación**

Como se puede observar el gráfico 2.6 del 100% de los estudiantes y empleados encuestados, el 70 encuestados que equivalen a un 100%, manifiestan que en la Universidad Técnica de Cotopaxi con la iluminación con tecnología led's ayudaría a visualizar en las horas nocturna en el mencionado lugar y evitar a posibles accidentes en las horas nocturnas.

## 2.8 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

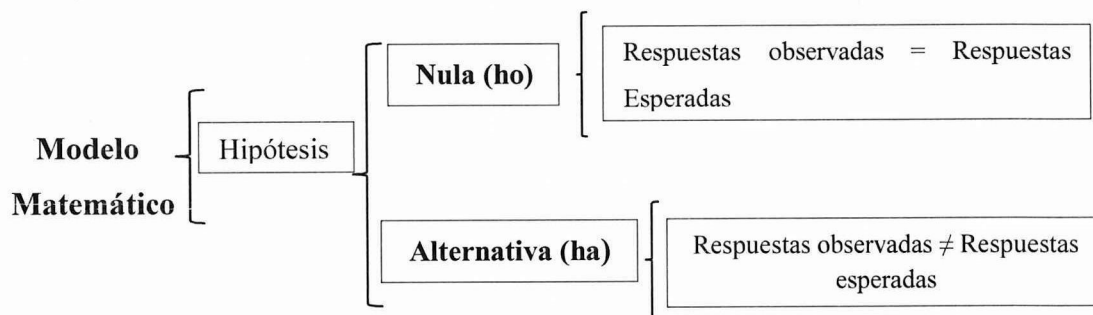
### 2.8.1 Planteamiento de la hipótesis

Para realizar el presente trabajo de investigación se planteó las siguientes hipótesis:

#### a) Modelo Lógico

La implementación de un sistema de iluminación, utilizando como fuente de energía un modulo fotovoltaico. Permitirá mejorar el alumbrado, seguridad, y accesibilidad en el área verde junto al restaurante y entre las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

#### b) Modelo Matemático



Fuente: <http://www.slideshare.net/deicycumbal/chi-cuadrado-13779244>

**ho** = La implementación de un sistema de iluminación, utilizando como fuente de energía un modulo fotovoltaico. , **NO** Permitirá mejorar el alumbrado, seguridad, y accesibilidad en el área verde junto al restaurante y entre las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**ha**= La implementación de un sistema de iluminación, utilizando como fuente de energía un modulo fotovoltaico. , **SI** Permitirá mejorar el alumbrado, seguridad, y accesibilidad en el área verde junto al restaurante y entre las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi

#### Argumentación, Estadístico de prueba

Para la verificación de la hipótesis se toma la fórmula del Chi-cuadrado, se utilizó

la encuesta como técnica de investigación, donde ( $f_o$ ) es la frecuencia observada y escogiendo cinco preguntas como se muestra en la tabla 2.9

**Tabla 2.9 Datos de la encuesta observada**

Ítems	Nº Pregunta	SI ( $f_o$ )	NO ( $f_o$ )	TOTAL
1	2	70	0	70
2	3	66	4	70
3	4	70	0	70
4	5	66	4	70
5	6	70	0	70
<b>TOTAL</b>		<b>342</b>	<b>8</b>	<b>350</b>

Fuente: Elaborado por el autor

Aplicamos la fórmula de la frecuencia esperada

$$fe = \frac{tf * tc}{tg} \quad \text{Ecuación (2.1)}$$

fe: frecuencia esperada

tf: total filas

tc: total columnas

tg: total general

**Tabla 2.10 Resultados de la frecuencia esperada**

Ítems	Nº Pregunta	SI ( $fe$ )	NO ( $fe$ )	Total
1	2	69	1	70
2	3	69	1	70
3	4	69	1	70
4	5	69	1	70
5	6	69	1	70
<b>TOTAL</b>		<b>345</b>	<b>5</b>	<b>350</b>

Fuente: Elaborado por el autor

Aplicamos la fórmula de Chi-cuadrado<sup>26</sup>.

$$X_c = \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

**Ecuacion 2.2**

Dónde:

Xc: Valor a calcularse de Chi-cuadrado

f<sub>o</sub>: frecuencia observada

f<sub>e</sub>: frecuencia esperada

### 2.8.2 Resolución de la fórmula

**Tabla 2.11 Cálculo del Chi-cuadrado**

N0.- de preguntas		f <sub>o</sub>	f <sub>e</sub>	(f <sub>o</sub> - f <sub>e</sub> )	(f <sub>o</sub> - f <sub>e</sub> ) <sup>2</sup>	X <sub>c</sub>
Pregunta 2	SI	70	69	1	1	0,014
	NO	0	1	-1	1	1
Pregunta 3	SI	66	69	-3	9	0,130
	NO	4	1	3	9	9
Pregunta 4	SI	70	69	1	1	0,014
	NO	0	1	-1	1	1
Pregunta 5	SI	66	69	-3	9	0,130
	NO	4	1	3	9	9
Pregunta 6	SI	70	69		1	0,014
	NO	0	1	-3	9	9
<b>TOTAL X<sub>c</sub></b>						<b>29,302</b>

Fuente: Elaborado por el autor

### 2.8.3 Regla de decisión

Si  $X_{2c} > X_{2t}$  rechazo H<sub>0</sub> y acepto H<sub>1</sub>

Aplicamos la fórmula para el calcular el grado de Libertad

$$gl = (nr - 1) * (nc - 1)$$

*Ecuación (2.3)*

Dónde:

gl: Grado de libertad

nr: Número de filas

nc: Número de columnas

$$gl = (5 - 1) * (2 - 1)$$

$$gl = 4$$

Con un nivel de significación de 4% y 4 grado de libertad  $X^2_p = 11,143$

**Tabla 2.12 Distribución Chi-cuadrado**

Nº	$X^2_{0,005}$	$X^2_{0,01}$	$X^2_{0,025}$	$X^2_{0,05}$	$X^2_{0,95}$	$X^2_{0,975}$	$X^2_{0,99}$	$X^2_{0,995}$
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	<b>11,143</b>	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,759
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,698	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,647	2,179	2,733	15,507	17,535	20,09	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188

Fuente: From "Tables of the Percentage Points of the Distribution." Biometrika, Vol. 32 (1941), pp 188-189, by Catherine M. Thompson.

### Decisión

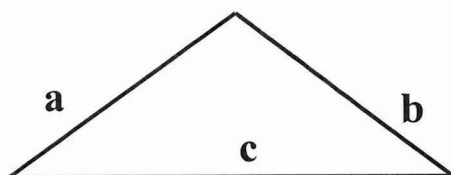
El valor de  $X^2_c = 29,302 > X^2_p = 11,143$  y de conformidad a lo establecido en la regla de decisión, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, es decir, La implementación de un sistema de iluminación, utilizando como fuente de energía un modulo fotovoltaico, SI Permitirá mejorar el alumbrado, seguridad, y accesibilidad en el área verde junto al restaurante y entre las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

De tal forma la hipótesis planteada es viable, ya que ha permitido ser la guía de trabajo investigativo, llegando a ser comprobada satisfactoriamente por medio del Método de Chi-cuadrado.

## 2.9 ANÁLISIS DEL ÁREA

Para el análisis del área verde de la Universidad Técnica de Cotopaxi se utilizara la fórmula de Herón, debido a que los lados del triángulo rectángulo son de diferente magnitud, esta fórmula nos permite calcular el área de un triángulo conocidos los tres lados. No es necesario por tanto conocer la altura ni ninguno de los ángulos. Si llamamos (s) al semiperímetro y a, b, c a los tres lados:

**Figura 2.2 Triángulo de lados diferentes**



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/F%C3%B3rmula\\_de\\_Her%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/F%C3%B3rmula_de_Her%C3%B3n)

Formula del semiperímetro:

$$s = \frac{a+b+c}{2} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Formula del área:

$$s = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

El área verde a iluminar se encuentra ubicada junto a las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, la misma que ubica en el sector San Felipe, en el presente proyecto trata de implementar una lámpara de tecnología LED's alimentado con una fuente de generación fotovoltaico.

**Figura 2.3 Área verde de la Universidad**



**Fuente:** Autor

## ***2.10 TOMA DE DATOS DE LA POTENCIA REAL DEL PANEL FOTOVOLTAICO MONOCRISTALINO.***

Se procede a tomar datos del voltaje y la corriente, se realiza esta práctica con la finalidad de saber cómo es el comportamiento del panel fotovoltaico en un día y poder establecer la producción de energía absorbida en el día.

Para realizar estas mediciones se debe tomar en cuenta que la batería se encuentre en un 50% de su capacidad ya que si la batería se encuentre en un 100% no existiría el amperaje y el voltaje se mantendría constante, para realizar las medición se hace el uso de un voltímetro para medir el voltaje y una pinza amperimétrica para medir el amperio.

### **2.10.1 Primer día de toma de datos**

Se procede a instalar el sistema fotovoltaico, las mediciones se realizara cada media hora se iniciara a las 9H00 de la mañana hasta las 17H00 de la tarde, y con las variaciones climatológicas que se presenten durante el día.



Los datos de la temperatura máxima y el mínimo se adquirieron en la Dirección nacional de aviación civil del departamento de meteorología aeronáutica internacional de Cotopaxi Ecuador.

**Tabla 2.13 Datos del voltaje, corriente y la radiación promedio**

Horas	Temperatura		Medidas		P (Vatios)	Total potencia de 1hora	Total promedio de 1hora
	Máximo	Mínimo	I (Amperio)	V (Voltio)			
9:h00	23,5 °C	8,5 °C	2,14	12,46	26,6644	111,7178	37,2392
9:h30	23,5 °C	8,5 °C	2,32	12,52	29,0464		
10:h00	23,5 °C	8,5 °C	4,41	12,7	56,007	134,6805	44,8935
10:h30	23,5 °C	8,5 °C	2,82	12,3	34,686		
11:h00	23,5 °C	8,5 °C	3,45	12,75	43,9875	119,5076	39,8358
11:h30	23,5 °C	8,5 °C	2,27	12,43	28,2161		
12:h00	23,5 °C	8,5 °C	3,65	12,96	47,304	134,4807	44,8269
12:h30	23,5 °C	8,5 °C	2,91	12,19	35,4729		
13:h00	23,5 °C	8,5 °C	4,11	12,58	51,7038	144,7133	48,2377
13:h30	23,5 °C	8,5 °C	4,81	12,44	59,8364		
14:h00	23,5 °C	8,5 °C	2,61	12,71	33,1731	124,1861	41,3953
14:h30	23,5 °C	8,5 °C	2,87	12,34	35,4158		
15:h00	23,5 °C	8,5 °C	4,28	12,99	55,5972	90,0712	30,0237
15:h30	23,5 °C	8,5 °C	1,61	12,59	20,2699		
16:h00	23,5 °C	8,5 °C	1,13	12,57	14,2041	36,9106	12,3035
16:h30	23,5 °C	8,5 °C	0,98	12,25	12,005		
17:h00	23,5 °C	8,5 °C	0,85	12,59	10,7015		
TOTAL						896,2678	298,7559
HORAS SOLAR PICO							2.98
RADIACIÓN PROMEDIO HSP/(1000W/m <sup>2</sup> )							372.5

**Fuente:** Elaborado por el Autor

El día viernes 18 de octubre del 2013 se procede a tomar datos reales del panel fotovoltaico, en este día no existe presencia de lluvia, y se puede apreciar una buena irradiación la temperatura mínima tiende a ser de 8.5°C y un máximo de 23.5 °C los datos de la temperatura son obtenidos de acuerdo a la meteorología de Latacunga como se puede apreciar la tabla 2.13 tenemos 3 horas solar pico de radiación.

## 2.10.2 Segundo día de toma de datos.

**Tabla 2.14 Datos del voltaje, corriente y la radiación promedio**

Horas	Temperatura		Medidas		P (Vatios)	Total potencia de 1hora	Total promedio de 1hora
	Máximo	Mínimo	I (Amperio)	V (Voltio)			
9:h00	22,8 °C	8,6 °C	1,34	12,19	16,3346	53,029	17,6763
9:h30	22,8°C	8,6°C	1,35	12,25	16,5375		
10:h00	22,8 °C	8,6 °C	1,67	12,07	20,1569	79,307	26,4356
10:h30	22,8°C	8,6°C	2,28	12,22	27,8616		
11:h00	22,8 °C	8,6 °C	2,55	12,27	31,2885	105,6047	35,2015
11:h30	22,8°C	8,6°C	2,76	12,58	34,7208		
12:h00	22,8 °C	8,6 °C	3,14	12,61	39,5954	172,2079	57,4026
12:h30	22,8°C	8,6°C	5,56	13,85	77,006		
13:h00	22,8 °C	8,6 °C	4,05	13,73	55,6065	160,8771	53,6257
13:h30	22,8°C	8,6°C	6,32	12,48	78,8736		
14:h00	22,8 °C	8,6 °C	2,1	12,57	26,397	103,0928	34,3642
14:h30	22,8°C	8,6°C	2,76	12,75	35,19		
15:h00	22,8 °C	8,6 °C	3,22	12,89	41,5058	81,8787	27,2929
15:h30	22,8°C	8,6°C	1,09	12,73	13,8757		
16:h00	22,8 °C	8,6 °C	2,13	12,44	26,4972		
TOTAL						755,9972	251,9990
Hora solar pico							2,51
Radiación promedio HSP/(1000W/m2)							358,5714

**Fuente:** Elaborado por el Autor

El día sábado 19 de octubre del 2013 se procede a tomar la segunda hoja de datos reales del panel, en este día se presenciaron las nubes por la mañana, durante el día no se presenta lluvia y la temperatura mínima es de 8.6°C y un máximo de 22,8 °C los datos de la temperatura son obtenidos de acuerdo a la meteorología de Latacunga como se puede apreciar la tabla 2.14 tenemos un aproximado de 3 horas solar pico de radiación lo cual sigue en el rango de la hora solar para poder acumular la energía necesaria.

### 2.10.3 Tercer día de toma de datos

**Tabla 2.15 Datos del voltaje, corriente y la radiación promedio**

Horas	Temperatura		Medidas		P (Vatios)	Total potencia de 1 hora	Total promedio de 1 hora
	Máximo	Mínimo	I (Amperio)	V (Voltio)			
9:h00	22,1 °C	10,4 °C	1,78	12,21	21,7338	67,389	22,463
9:h30	22,1°C	10,4°C	1,54	12,29	18,9266		
10:h00	22,1 °C	10,4 °C	2,14	12,49	26,7286	108,8497	36,2832
10:h30	22,1°C	10,4°C	2,78	12,36	34,3608		
11:h00	22,1 °C	10,4 °C	3,61	13,23	47,7603	131,5085	43,8361
11:h30	22,1°C	10,4°C	2,28	12,66	28,8648		
12:h00	22,1 °C	10,4 °C	4,18	13,13	54,8834	224,9089	74,9696
12:h30	22,1°C	10,4°C	6,65	14,85	98,7525		
13:h00	22,1 °C	10,4 °C	5,26	13,55	71,273	228,5718	76,1906
13:h30	22,1°C	10,4°C	6,23	13,84	86,2232		
14:h00	22,1 °C	10,4 °C	5,48	12,97	71,0756	170,8962	56,9654
14:h30	22,1°C	10,4°C	3,76	12,08	45,4208		
15:h00	22,1 °C	10,4 °C	4,27	12,74	54,3998	86,844	28,948
15:h30	22,1°C	10,4°C	1,45	12,33	17,8785		
16:h00	22,1 °C	10,4 °C	1,13	12,89	14,5657	34,0361	11,3453
16:h30	22,1°C	10,4°C	0,7	12,85	8,995		
17:h00	22,1 °C	10,4 °C	0,79	13,26	10,4754		
TOTAL						1053,0042	351,0014
Hora solar pico							3,51
Radiación promedio HSP/(1000W/m2)							438,75

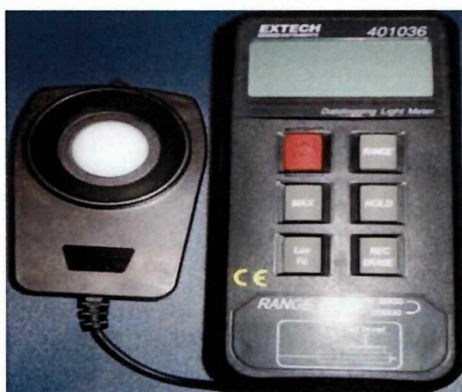
**Fuente:** Elaborado por el Autor

Se procede a tomar datos reales del panel fotovoltaico, después de 5 días el día viernes 25 de octubre del 2013 en este día se encuentra despejado sin presencia de lluvia y se puede apreciar una buena irradiación la temperatura mínima tiende a ser de 10.4°C y un máximo de 22,1 °C los datos de la temperatura son obtenidos de acuerdo a la meteorología de Latacunga como se puede apreciar la tabla 2.15 tenemos un aproximado a 4 horas solar pico de radiación obteniendo un buen almacenamiento de energía en el acumulador.

## 2.11 REGISTRADOR MEDIDOR DE LUX

Para las mediciones de lux se hace el uso de un luxómetro modelo 401036 ya que se compone de una calibración de laboratorio y un certificado según la normativa ISO.

**Figura 2.4 Luxómetro Modelo 401036**



**Fuente:** Autor

Para medir el nivel de Iluminancia en un terreno determinado se utiliza un instrumento llamado Luxómetro, este dispositivo mide la intensidad luminosa hasta 20,000 Bujías-pie (Fc) o Lux. 16,000 lecturas de medida pueden ser registradas por el medidor y transferidas más tarde a la PC usando la interfaz RS-232 para PC. También está soportado el registro en tiempo real de medidor a PC, el uso cuidadoso de este medidor le proveerá muchos años de servicio confiable<sup>4</sup>.

## **CAPÍTULO III**

### **3 PROPUESTA**

#### ***3.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA.***

##### **3.1.1 Tema.**

Implementación de una fuente de generación eléctrica usando un panel fotovoltaico para mejorar la iluminación del área verde de las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

##### **3.1.2 Presentación.**

En el presente capítulo se realizará la descripción de una fuente de generación eléctrica usando un Panel Fotovoltaico con el cual se podrá iluminar el área verde y será instalada con tecnología LED's.

##### **3.1.3 Justificación de la Propuesta**

Mediante la implementación de un panel fotovoltaico para iluminar el área verde ubicado en la parte posterior del restaurante junto a las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el periodo 2013 – 2014 es necesario llevarlo a cabo, debido a que existe la jornada nocturna que va desde las seis de la noche hasta las once de la noche durante la cual los estudiantes y los empleados que transitan por el parque tienen dificultad en visualizar los caminos interiores, de esta manera exponiéndose al peligro de accidentarse por tropiezos o choques, además de dar una mala imagen a la zona por la ausencia de iluminación, mediante el presente proyecto se opta por utilizar la energía que procede del sol, la

cual es gratuita, inagotable y limpia. El mencionado proyecto servirá como incentivo a los estudiantes y diferentes autoridades para la concientización e interés de la investigación de este tipo de dispositivos que utilizan la energía alternativa que sirva de utilidad para la comunidad en especial de los sectores vulnerables.

Además existe factibilidad técnica y económica de realizarlo, cabe mencionar que a nuestro país Ecuador atraviesa la línea equinoccial y cuenta con una condición geográfica favorable de cual la energía fotovoltaica resulta factible ya que el índice de incidencia del sol es muy bueno.

## **3.2 OBJETIVOS**

### **3.2.1 Objetivo General**

- Realizar un estudio técnico económico e implementar un sistema de iluminación propuesto para el área verde las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

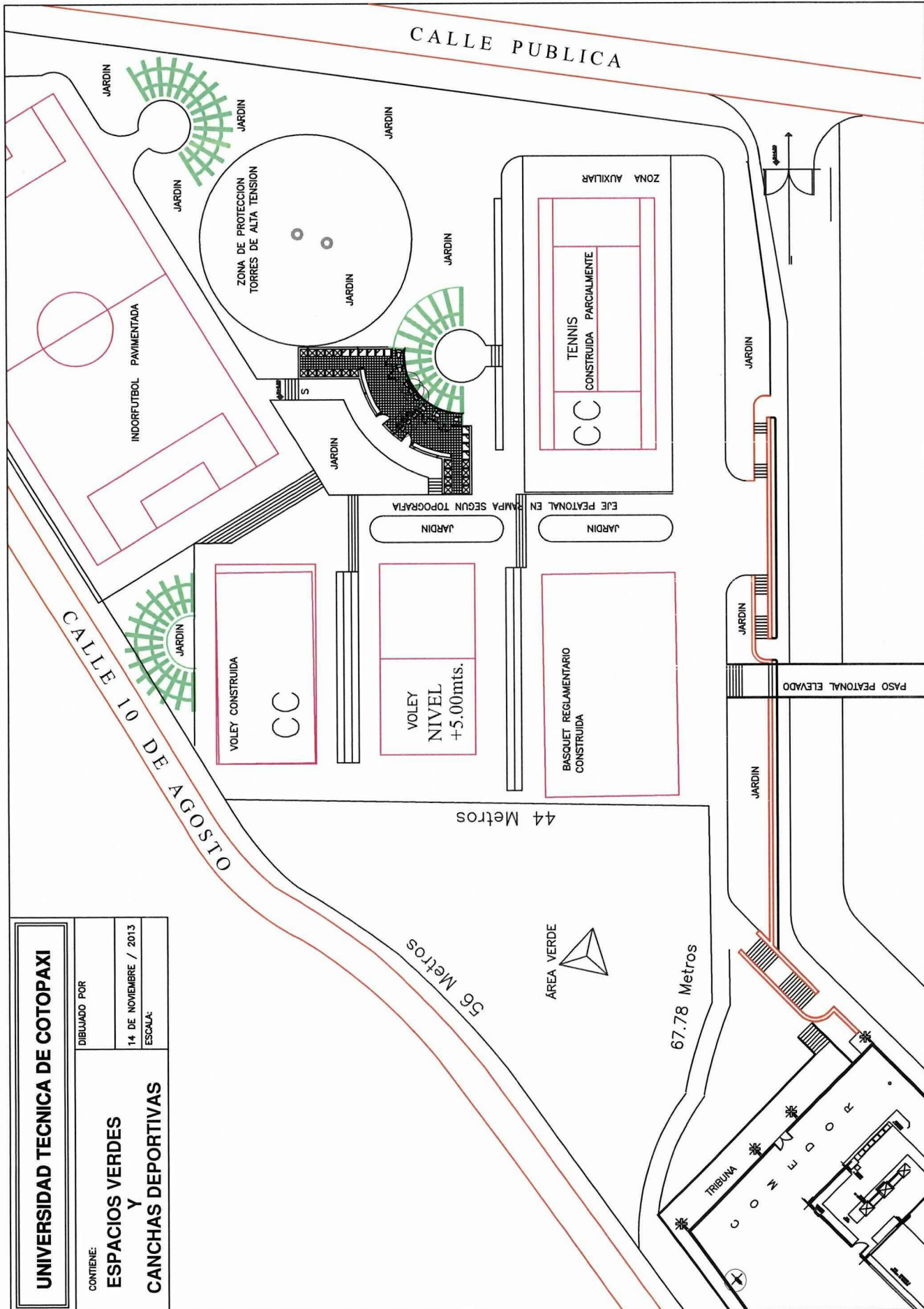
### **3.2.2 Objetivos Específicos**

- Diseñar el sistema de iluminación que permitirá dar una buena imagen seguridad, y accesibilidad en el área verde.
- Diseñar el sistema fotovoltaico para la alimentación del alumbrado propuesto para la iluminación.
- Implementar una iluminación decorativa mediante tecnología led para instalar en la área verde de la cancha deportiva de Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **3.3 DESARROLLO TÉCNICO DE LA PROPUESTA**

Se realizara los cálculos de iluminación por diferentes métodos aplicando las normas establecidas existentes en nuestro país así como la CIE (Comisión Internacional de Iluminación) entre otras.

Figura 3.1 Dimensiones del área verde de la Universidad Técnica de Cotopaxi



Fuente: Autor

Datos:

a: 56 m

b: 44 m

c: 67 m

Calculamos el semiperímetro de acuerdo a la ecuación 2.4:

$$s = \frac{56 + 44 + 67}{2}$$

$$s = \frac{167}{2}$$

$$s = 83.5 \text{ m}$$

Una vez obtenido el semiperímetro procedemos a calcular el área de acuerdo a la ecuación 2.5 (ver pág. 53).

$$s = \sqrt{83.5(83.5 - 56)(83.5 - 44)(83.5 - 67)}$$

$$s = \sqrt{1496580.937}$$

$$s = 1223.34 \text{ m}^2$$

El área total de área verde de las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, es de 1223,34 m<sup>2</sup> a ser iluminado. Para su mejor entendimiento se ha realizado un plano de implantación de esta área.

### **3.4 CALCULO DE LOS LÚMENES O DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN**

Datos:

$$E_m = 20 \text{ lux.}$$

$$L_m = 1.4 \text{ cd/m}^2$$

La distancia ancho a ser iluminada es aproximadamente 5m se reduce hasta los 4.50m ya que desde el filo del bordillo se toma una distancia de 0.5m y la

distancia del brazo donde se monta la luminaria aproximadamente 1.5m la altura de la luminaria a ser instalada es de 4.50 m la mínima aplicando la ecuación 1.4 (ver pág. 18) obtenemos el siguiente resultado.

$$\frac{9}{4.50} = 2$$

Calculo de Factor de utilización lado vereda o parte trasera del poste.

Datos:

$$W1 = 9$$

$$H = 4.50$$

$$W2 = 1.5$$

$$K1 = 2$$

Al realizar la respectiva lectura en las *curvas de factor de utilización* se visualiza un valor de 52.5% aproximadamente y se aplica la siguiente ecuación 1.6 (ver pág. 19).

$$K2 = \frac{1.50}{4.50}$$

$$K2 = 0.33$$

$$Kt = 62.5 \%$$

Se calcula la separación de las luminarias de acuerdo a la ecuación 1.9 (ver pág. 19).

$$S = \frac{0.625 \times 0.7 \times 4000}{20.9}$$

$$S = \frac{1750}{180}$$

$$S = 9.72$$

$S = 9.72$  metros aproximadamente 10 metros

### 3.4.1 Cálculos de luminarias para el proyecto

Se ilumina un área verde de 1223.34m<sup>2</sup> y una iluminancia media de 20 lux utilizando lámparas de tecnología LED's con una potencia de 50 W y un flujo de luminoso de 4000 lm aproximadamente. Las luminarias se instalarán a una altura de 4.50 m en disposición tresbolillo según la empresa eléctrica regional del sur S.A (ERSSA) y la distancia de la vertical del centro óptico de la luminaria al borde de la base es de 1m.

Se considera que el factor de mantenimiento de la instalación es de 0.7 según las normas establecidas y se suministran las *curvas de coeficiente de utilización* (Figura 1.8)

#### Datos de luminaria LED's

Voltaje = 12 DC

Potencia = 50 w

Flujo luminoso = 4000

Em = 20 lux

S = 1223.34

Cu = según las fig. 0.578

Cu = según fig. 0.7

$$\Phi_T = \frac{E_m \times S}{C_U \times C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{20 \times 1223.34}{0.578 \times 0.75}$$

$$\Phi_T = \frac{24466.8}{0.4335}$$

$\Phi_T = 28616.140$  Este resultado aplicamos en la siguiente formula

$$NL = \frac{\Phi_T}{n_x \Phi_L}$$

$$NL = \frac{28616.140}{1 \times 4000}$$

NL = 7.15 *equivalente a 8 luminarias*

El cálculo de número de lámparas se realizó tomando el área total a iluminar se tomó como datos la luminaria que se simulara el software Dialux 4.7.

### **3.5 SOFTWARE PARA LA SIMULACIÓN**

Mediante el software “DIALux” que es un programa gratuito y que permite realizar diseños de instalaciones de iluminación tanto interior como exterior, está basado y de hecho da la posibilidad de trabajar en conjunto con el software de diseño gráfico AUTOCAD lo cual facilita el proceso de diseño, pues cuando se utiliza ésta opción solo es necesario cargar el diseño de la edificación en el software y sobre este realizar el diseño de la instalación de iluminación.

El software ofrece la posibilidad de definir escenas de luz en un proyecto, asimismo puede usar una situación de luz diurna<sup>3</sup>.

#### **3.5.1 Ejecución de la simulación**

Este proyecto de iluminación que se realizara en las áreas verdes de las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, comprende en iluminación exterior.

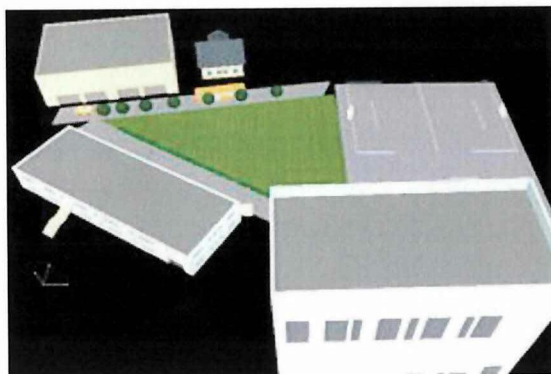
Seguidamente se dimensiona el área a iluminar, el área comprende en un triángulo de tres lados diferentes con los siguientes datos:

Lado a = 56 mts

Lado b = 44 mts

Lado c = 67 mts

**Figura 3.2 Demostración grafica en 3D del sitio a ser Instalado la Luminaria**

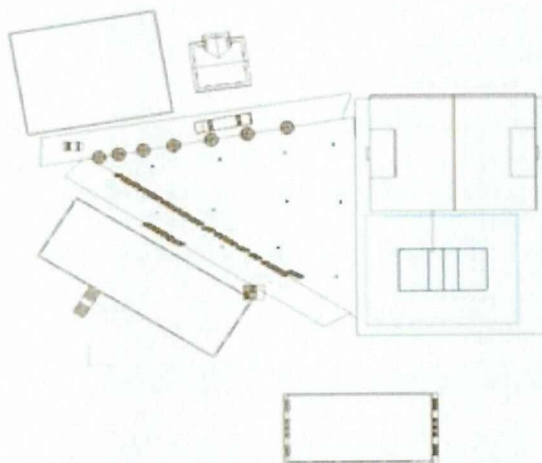


**Fuente:** Autor

Una vez terminado el diseño con sus medidas y coordenadas, se elige el tipo de suelo y se procederá a escoger el tipo de la luminaria, de acuerdo a la lista desplegable del catálogo ONLINE, se escogió la luminaria ELEKTROSKANDIAFI , Area Lighter LED/Single/Asym4/50W/4000K , esta luminaria se acerca a los valores que se construirá.

Ya que se tiene elegido la luminaria a utilizar se procede a insertar el número deseado de luminarias.

**Figura 3.3 Ubicación de las luminarias elektroskandiafi en la área**



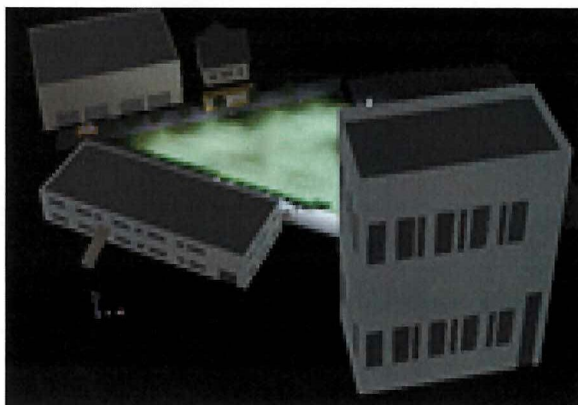
**Fuente:** Autor

Son 8 luminarias LED's insertadas en el proyecto a iluminar, están a una altura de 4.50mts a una separación es de 9mts de poste a poste.

Una vez colocadas las luminarias se procede a cálculo de los parámetros de la iluminación donde se tomó los siguientes parámetros:

Después de insertar y modificar los datos y parámetros a ser calculado, se procede a la simulación, de la iluminación del lugar antes dimensionado, se procede a observar los datos de la simulación, y se puede visualizar en 3D.

**Figura 3.4 Vista en 3D**



Fuente: Autor

### ***3.6 CÁLCULO DE CONSUMO DE ENERGÍA TOTAL DE LA ILUMINACIÓN DEL ÁREA VERDE***

Los cálculos para el dimensionamiento de sistema FV se realizaran en función a los datos obtenidos anteriormente que comprende una iluminación del área total, este cálculo se realizara con el fin de saber el número de paneles FV, posteriormente se analizara para una luminaria.

**Tabla 3.1 Cálculo de energía total de consumo de las lámparas LED's**

Estimación de carga						
Descripción	Unidades	Potencia AC (W)	Potencia DC (W)	Horas uso(h)	Energia/dia (wh/dia)	Carga/dia (Ah/dia)
Luminaria	8	0	50	4	1600	133

Fuente: Autor

### ***3.7 CÁLCULO DE PANEL SOLAR PARA UNA SOLA LUMINARIA***

Datos:

P= 50 w

V= 12 dc

Horas de uso= 4 (18h00 a 22h00)

HPS: 4.03 en las peores condiciones

$$50 W \times 6 \frac{\text{horas}}{\text{dia}}$$

$$300 \frac{W - h}{\text{dia}}$$

$$0,3 \frac{kW - h}{\text{dia}}$$

### 3.7.1 Cálculo y selección del número de paneles solares.

Para dimensionar este tipo de instalaciones solares fotovoltaicas, debemos conocer:

- Los datos de radiación solar los publican varias instituciones, como el CONELEC, y normalmente se expresan en KWh/m<sup>2</sup>/día, y se le ha llamado HPS (horas de pico solar) y según la época del año que se utilice (o la peor, que sería en invierno).
- Características del panel solar o generador fotovoltaico utilizado, valorando su rendimiento, ( $\eta_p$ ) que a falta de datos correctos estaría cercano al 90%.
- Necesidades diarias del usuario, teniendo en cuenta todas las pérdidas que afectan, KT

Los métodos para determinar el tamaño y número de paneles tienen sus limitaciones: debido a que se fija una demanda energética y se utiliza un valor de irradiación fijo (aunque este sea el mínimo posible en un determinado tiempo) nunca va a ser 100% confiable, por lo cual es necesario asegurar el diseño sobredimensionando el sistema aplicando la ecuación 1.10 (ver pág. 21)

$$Ar = \frac{(1200) \times (0,3 \frac{kwh}{\text{dia}})}{(4.03 \text{ HPS})}$$

$$Ar = \frac{240 \frac{kwh}{\text{dia}}}{4.03 \text{ HPS}}$$

$$Ar = 89.33 \text{ WP}$$

De acuerdo a la tabla 3.2. Módulos fotovoltaicos Estándares, se escogió 1 módulo monocristalino de 90 Wp.

$$\text{Energía captada diaria} = \text{HPS} \times W_p \times \eta_p$$

$$\text{Energía captada diaria} = 4,03 \times 90 \times 0,9 = 326,7 \text{ Wh/d}$$

$$\text{Energía captada diaria} = 326,7 \text{ Wh/d}$$

**Tabla 3.2 Módulos fotovoltaicos Estándares**

Descripción	Voltaje (VDC)	Potencia (Wp)
Policristalino	12	25
	12	50
	12	75
	12	100
	12	155
Monocristalino	<b>12</b>	<b>90</b>
	12	190
	12	230

Fuente: [www.proviento.com](http://www.proviento.com).

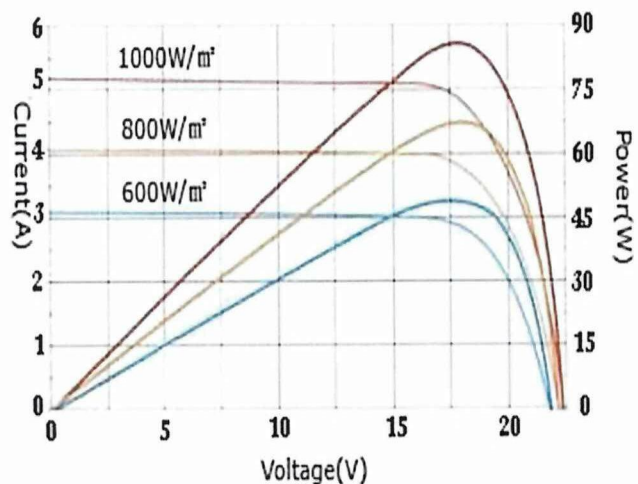
**Tabla 3.3 Panel Monocristalino adquirido**

Datos Eléctricos del panel adquirido		
Potencia máxima	PMPP STC	90W
Potencia tolerable	$\Delta$ STC	+ - 2%
Voltaje máxima de alimentación	UMPP STC	17.6 V
Corriente máximo de alimentación	IMPP STC	5.11 A
Voltaje a circuito abierto	UOC STC	21.8 V
Corriente de cortocircuito	ISC STC	5.51 A
Eficiencia de la célula	$\eta$ STC	16.8%

Fuente: [www.proviento.com](http://www.proviento.com).



**Figura 3.6 Curva de potencia del panel monocristalino adquirido**



Fuente: [www.proviento.com](http://www.proviento.com).

**Tabla 3.4 Estimación de Energía de la Luminaria LED's**

Estimación de carga						
Descripción	Unidades	Potencia AC (W)	Potencia DC (W)	Horas uso(h)	Energía/día (wh/día)	Carga/día (Ah/día)
Luminaria	1	0	50	4	200	16.66

Fuente: Autor

### **3.8 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LA BATERÍA DE ALMACENAMIENTO**

El tamaño de la batería solar de almacenamiento depende de la confiabilidad del suministro de potencia. Se ha considerado estimar un almacenamiento de potencia en la batería de 2 días. Esto significa que la capacidad de la batería debe ser de por lo menos 2 veces el consumo de carga diario para poder cubrir la energía durante 2 días sin luz solar.

Además se considera en el análisis que las baterías no funcionan a un 100% de eficiencia y que las baterías por recomendación de su fabricante nunca deben descargarse por completo.

Cuando la batería sea poco utilizada la auto descarga provocará una baja eficiencia. Las baterías no pueden ser descargadas en más del 55% de lo contrario su tiempo de vida disminuirá paulatinamente.

### 3.8.1 Primer método de Cálculo de Baterías

Datos:

Aut = 2

Rend = 90%(datos del fabricante, nuevo)

Desc = 55%

De acuerdo a la ecuación 1.2

$$Tamaño = \frac{(2 \times 0,2)}{(0,90 \times 0,55)}$$

$$Tamaño = \frac{0,4}{0,495}$$

$$Tamaño = 0,80$$

Tamaño de la batería= 0,80 Kwh

Tamaño= 808 Wh

Ah = Cantidad de Amperios hora que suministra la batería = 85

V = Voltaje de salida = 12 VDC

De acuerdo a la ecuación 3.13

$$Numero\ de\ baterias = \frac{808}{(85 \times 12)}$$

$$Numero\ de\ baterias = \frac{808}{1020}$$

$$Numero\ de\ baterias = 0,79$$

Selecciona 1 Batería Ultracell GEL 120 de 100 Ah y 12 V.

**Tabla 3.5 Características técnicas de la batería**

Especificaciones		
Voltaje	Voltaje nominal	12v
	Capacidad nominal (20HR)	100 AH
Tipo de terminal	Terminal estándar	F10
Material contenido	Opción estándar	ABS
	Opción retardante se llama (FR)	ABS (UL94:VO)
Capacidad nominal	96.0 AH/4.80 <sup>a</sup>	(20hr,1.80V/cell )
	80.0 AH/16.0A	(5hr,1.75V/cell )
	69.6 AH/23.2 <sup>a</sup>	(3hr,1.75V/cell )
	55.0 AH/55.0A	(1hr,1.60V/cell )
Imáx. de descarga	1000A (5s)	

Fuente: www.proviento.com.

### 3.8.2 Segundo método de Cálculo de Baterías

$$C = \frac{(200 \times 3)}{(12 \times 0,55)}$$

$$C = \frac{600}{6,6}$$

$$C = 90 \text{ Ah}$$

De acuerdo a los cálculos obtenidos se selecciona 1 Batería Ultracell GEL 120 de 100 Ah y 12 V.

### 3.9 CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL REGULADOR DE CARGA

Los reguladores o controladores de carga es el encargado de proteger al sistema fotovoltaico, a la batería es la encargada de proteger contra sobrecargas y descargas excesivas, en la mayoría de los controladores son los encargados de detectar la tensión de la batería y actúan de acuerdo a los niveles de tensión, el controlador debe tener la suficiente capacidad de controlar la máxima corriente.

El controlador se selecciona según la máxima corriente que pasa por los cables como se muestra en el siguiente ejercicio:

1. Panel - batería = 100 Watt y Batería de 12 V

$$\text{Panel - batería} = 100\text{W}/12$$

$$\text{Panel - batería} = 8.33 \text{ A}$$

2. Batería – carga = 50 Watt a 12V

Batería – carga = 50W/12V

Batería – carga = 4.166 A

De acuerdo a los cálculos es necesario la instalación de un controlador que soporte los 10 amperios para la cual se selecciona un controlador SunLight Morningstar SL -10

**Tabla 3.6 Controlador Existente en el Mercado.**

DESCRIPCIÓN	CORRIENTE (AMPERIOS)	VOLTAJE
SL - 10	10	12
kiSL - 10.24	10	24
SL - 20	20	12
SL-20-24	20	24

Fuente: www.proviento.com.

**Tabla 3.7 Datos técnicos del Controlador adquirido.**

Descripción	Modelo SL 10
Tensión del sistema	12
Tensión máxima	30
Entrada solar nominal	10
Especificación de cortocircuito PV	12.5
Carga nominal	10
25% de sobrecarga de corriente	5
PWM sellada	14.1
PWM con líquido	14.4
LVD	11.7
Reconexión L VD	12.8
Compensación de temperatura	-27
Consumo propio	8
Rango de temperatura ambiente	-40 o 60

Fuente: www.proviento.com.

Entonces el controlador seleccionado debe soportar una corriente mínima de 8,33 A (la mayor intensidad de corriente). Se selecciona el controlador SunLight Morningstar SL -10 que soporta una corriente hasta 10A.

### 3.10 CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL INVERSOR

Para la selección del inversor se deben tener algunos factores tales como, frecuencia, potencia que proporciona el panel y voltaje de entrada. El inversor seleccionado debe tener las siguientes características técnicas:

La potencia de una lámpara de 50 W y potencia efectiva de 90 W.

- P máxima es de 200Watts en 4 horas de funcionamiento.
- Voltaje de entrada 12VCD
- Voltaje de salida 110VCA
- Frecuencia de 60 Hz

Se selecciona un Inversor **THOR MANUFACTURING** con las siguientes características

- Modelo: TH400 TYPE2
- Input: 12 Vd 40A
- Potencia de salida hasta los: 400Watts
- Vmax. Out: 115VAC- 60Hz

Para lograr una protección continua contra el riesgo de incendio, solo reemplace con el tipo de potencia de fusible de 8Amp a 250V.

### 3.11 CÁLCULO Y SELECCIÓN DEL CONDUCTOR

Donde el valor constante de la resistividad para conductores de cobre es de:

**Tabla 3.8 Resistividad de Aluminio y Cobre.**

Material	Resistividad (en 20 °C-25 °C) ( $\Omega \cdot m$ )
Plata	1,55 x 10-8
Cobre	1,71 x 10-8
Aluminio	2,82 x 10-8

Fuente: [es.wikipedia.org/wiki/Resistividad](http://es.wikipedia.org/wiki/Resistividad)

Aplicamos la ecuación 1.16 (ver pág. 31)

$$\rho = \frac{1}{\rho}$$
$$\rho = \frac{1}{(0.01786)}$$
$$\rho = 56$$

Por lo tanto despejando la sección del conductor es:

Caída de tensión entre panel y regulador: máxima 1,5% y recomendada 1%

Caída de tensión entre regulador y acumulador: máxima 1% y recomendada 0,5%

Caída de tensión entre acumulador e inversor: máxima y recomendada 1%

Caída de tensión entre acumulador/inversor y cargas: máxima y recomendada 3%

Los elementos del sistema fotovoltaico se encuentran a las siguientes distancias:

Longitud panel-regulador: máximo 1,5m

Longitud regulador-batería: máximo 1,5m

Longitud regulador – carga: máximo 1,5 m

La máxima corriente que admite el sistema fotovoltaico ya calculada será entre el panel y el batería, la cual es 8,33 Amperios, por lo tanto:

Donde  $(V_a - V_b)$  se define como caída entre panel y regulador:

$$(V_a - V_b) = (12VDC \times 1,5\%) = 0,18$$

$$S = \frac{2(1.5 \times 8.33)}{56(0,18)}$$

$$S = \frac{24,99}{10,08}$$

$$S = 2,48mm^2$$

Se selecciona el conductor de acuerdo a la tabla de calibres AWG:

**Tabla 3.9 Calibre de conductores AWG y sus diámetros de cable.**

Diámetro mm	Área mm <sup>2</sup>	Diámetro pulgadas	AWG
0.812	0,519	0.032	20
1.020	0,823	0.040	18
1.290	1,31	0.051	16
1.630	2,08	0.064	14
<b>2.050</b>	<b>3,31</b>	<b>0.081</b>	<b>12</b>
2.590	5,27	0.102	10

Fuente: CRC Handbook (1976), CRC Press.

De acuerdo a los cálculos obtenidos, el número del conductor a utilizar para la instalación es un 12 AWG mediante la tabla 3.9 el diámetro es de 2.050mm a continuación se especifican de mejor manera en la siguiente tabla.

**Tabla 3.10 Conductor Plastiplomo (2 Conductores Paralelos Planos) 600V – 60°C**

Calibre	Sección Aprox.	Construcción		Peso CU Total Aprox.	Espesor de Aislam.	Espesor de Chaqueta	Diámetro Exterior Aprox. LxA	Peso Total Aprox.	Cap. Comduc.
		#	Diam.						
AWG	mm <sup>2</sup>	Hilos	mm	Kg/Km	mm	mm	mm	mm	Amp.
2x12	3.31	1	2.05	58.86	0.76	0.76	5.09x10.18	119.33	20

Fuente: [www.Cablec.com](http://www.Cablec.com)

**Especificaciones:** La fabricación de estos productos están basados en las normas ASTM B-3, B-8, NEC (Art. 336 y 339) aprobados según el sistema de calidad de Cablec.

**Voltaje de servicio:** 600Voltios

**Aplicaciones:** Acometidas, sistemas de alumbrado para casas, parques, almacenes y talleres, líneas auxiliares directamente enterradas.

**Aislantes:** El conductor negro y blanco se encuentran aislados y cubierto su exterior de un color gris.

**Embalaje:** Un rollo de 100m, tiene una tolerancia de +/- de 5%

### 3.12 CALCULO DE CAÍDA DE VOLTAJE EN LA RED

De acuerdo a la hoja 1 de 1 de las guías de diseño de la Empresa Eléctrica Ambato parte 3 de redes aéreas se procede a realizar el cómputo de caída de voltaje en la red el tendido del conductor se lo realizara con el conductor Plastiplomo.

**Tabla 3.11** Cómputo de caída de voltaje para una distancia de 122mts de todo el sistema a ser iluminado.

RED BAJO VOLTAJE									
Anexo 1		Cómputo de caída de voltaje							
<p>ESQUEMA</p>									
Datos			Dmup	Circuito	Conductor		Cómputo		
Trafo.		Carga	KVA	Nº- de conductor	Tamaño (AWG)	Fcv KVA-Km	KVA-m	% Parcial	ΔV acumulado
Ref.	Long.(Km)								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CT1-P2	19	1	0,90	1F1N	12	128	17,10	0,13	0,13
P2-P3	19	4	2,60	1F1N	12	128	49,40	0,39	0,52
P3-P4	14	3	2,10	1F1N	12	128	29,40	0,23	0,75
P4-P5	14	2	1,60	1F1N	12	128	22,40	0,18	0,92
P2-P6	14	6	3,40	1F1N	12	128	47,60	0,37	1,30
P6-P7	14	5	3,00	1F1N	12	128	42,00	0,33	1,62
P7-P8	14	4	2,60	1F1N	12	128	36,40	0,28	1,91
P8-P9	14	3	1,20	1F1N	12	128	16,80	0,13	2,04
Máxima caída de tensión (ΔV%)									<b>2,04</b>

Fuente: Autor

De acuerdo a las guías de diseño las caídas de voltaje como referencia general, el límite máximo de caída de voltaje considerando desde el punto de salida de la fuente de generación eléctrica que es de un panel fotovoltaico hasta el punto más alejado no se debe exceder los 3.5% de caída de tensión.

Como se puede observar la tabla 3.12 la máxima caída de voltaje en todo el sistema es de 2,4% cumpliendo con el rango establecido, de acuerdo a la tabla se puede observar que en el punto P8 a P9 existe una caída de voltaje mayor que a los demás puntos.

**Tabla 3.12** Computo de caída de voltaje para una distancia de 90mts

RED BAJO VOLTAJE									
Anexo 2	Computo de caída de voltaje								
<p>ESQUEMA</p>									
Datos		Dmup	Circuito	Conductor		Computo			
Trafo.		Carga	KVA	Nº- de conductor	Tamaño (AWG)	Fcv KVA-Km	KVA-m	Computo	
Ref.	Long.(Km)							% Parcial	$\Delta V$ acumulado
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CT1-P2	14	1	0,90	1F1N	12	128	12,60	0,10	0,10
P2-P3	30	2	1,60	1F1N	12	128	48,00	0,38	0,47
P1-P4	17	1	0,90	1F1N	12	128	15,30	0,12	0,59
P4-P5	14	2	1,60	1F1N	12	128	22,40	0,18	0,77
P4-P6	14	2	1,60	1F1N	12	128	22,40	0,18	0,94
Máxima caída de tensión ( $\Delta V\%$ )									<b>0,94</b>

Fuente: Autor

Como se puede observar la tabla 3.13 la máxima caída de voltaje en todo el sistema es de 0,94% cumpliendo con el rango establecido, en esta tabla se puede observar que en el punto P2 a P3 existe una de caída de voltaje mayor.

### **3.13 INCLINACIÓN ADECUADA DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICO**

La inclinación que deben tener los módulos fotovoltaicos siempre será en relación con la Latitud del lugar donde se instalen, por ejemplo para la ciudad de Latacunga su Latitud es 1 grados por lo tanto esa inclinación podemos considerar como la adecuada, sin embargo, existen dos parámetros que debemos tomar en cuenta.

- Si la insolación es en tiempo de invierno y queremos tener la mayor captación en los paneles, debemos agregar de 5 a 10 grados más a nuestra inclinación de acuerdo a la latitud (preferentemente).
- Si lo que necesitamos es que en verano sea nuestra mayor captación, debemos restar grados de la Latitud en la misma proporción.

Esto se debe a la posición de recorrido del sol en las diferentes épocas del año. La inclinación deberá ser de acuerdo a la Latitud del lugar donde se instalen los módulos y agregar o disminuir grados dependiendo de la época del año

**Figura 3.7 Latitud Geográfica de Latacunga de acuerdo a Google Earth.**



Fuente: [www.googleearth.com.ec/Latacunga](http://www.googleearth.com.ec/Latacunga)

**Datos del Lugar:** ver tabla 1.1

Cuando se realiza la instalación de un sistema fotovoltaico se requiere conocer la latitud geográfica del lugar donde se vaya a ubicar, para ello se puede utilizar aparatos como un GPS, o mediante herramientas informáticas como el Google Earth.

**Tabla 3.13 Ángulos de Inclinación, Función de la Latitud del Lugar.**

Latitud del lugar	Angulo en Invierno	Angulo 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:** Pareja M. Energía fotovoltaica. Cálculo de una instalación aislada.2010, pág. 90

La inclinación que se aplica en el sistema fotovoltaico es de 15° como recomendación durante todo el año ya que su latitud tiende a ser a 1°.

### **3.14 CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE LÁMPARA LED's**

#### **a) Características de un modelo LED de 50W<sup>23</sup>.**

Lugar de origen: Shenzhen, China

Número de modelo: XL050WP50UWC

Nombre de la marca: Sealand

Certificación: ROHS

Voltaje de entrada: 110 – 240 AC

Corriente: 1700mA

Poder: 50W llevado con blanco fresco

Flujo Luminoso: 40000~5500lm

Curso de la vida: sobre 30, 000 horas

IP67

#### **3.14.1 Conformación de la Matriz de LED**

En cuanto a la geometría de este sistema de iluminación consta de una matriz rectangular de 50 LED's de 0.3mm, para el siguiente calculo se aplicara la ley de ohm.

DATOS:

Voltaje LED = 30V

Potencia = 1W

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1W}{30V} = 0.033A$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{30V}{0.033A} = 909 \Omega \text{ Ver tabla 1.15}$$

$$W = E \times I = 30 \times 0.033 = 0.99w$$

$$W_{led} = 1w \times 50led = 50w$$

De acuerdo al cálculo se instaló 50 LED's color blanco con una tención de 30 voltios y 0.033A de acuerdo a las tablas. Los LED's serán instalados en paralelo por su mayor confiabilidad y estarán conectados a una resistencia de 909 ohmios de acuerdo a los cálculos obtenidos.

### **3.14.2 Materiales para la Construcción de la Luminaria**

Placa LED's de luz blanca

Soldador.

Estaño

Cable

Pinza amperimétrica

Cinta refractiva

Machuelo

Luxómetro Extech 401036

Placa con Aleta de perfil triangular

Inversor de 12 VDC a 30 VDC

Para proceder a la dicha construcción de la toma como referencia a las características de un modelo LED de 50W que se encuentra en la pag. 85

**Figura 3.8 Modulo LED de luz blanca**



Fuente. Autor

**Figura 3.9 Placa con Aleta de perfil triangular para transferir la temperatura del medio ambiente y así mantener el nivel a una temperatura estable de los led's.**



Fuente: Autor

**Figura 3.10 Ensamble de la luminaria en la carcasa**



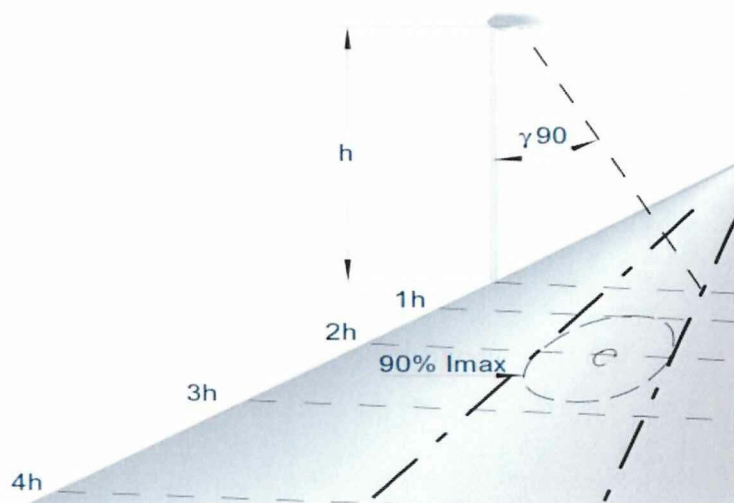
Fuente: Autor

**Figura 3.11 Prueba de iluminación**



Fuente: Autor

**Figura 3.12 Apertura de dispersión**



Fuente: [www.luminotecnea2012.com](http://www.luminotecnea2012.com)

### 3.14.3 Resultados obtenidos por el luxómetro

Los resultados obtenidos de la figura 3.12 de la luminaria LED construida con una potencia de 50W, con una altura de 4.50m, se procede a medir en dirección de norte, este y oeste a una distancia de cada 1 metro con el luxómetro Extech 401036 se utiliza este luxómetro para obtener los resultados reales.

**Tabla 3.14 Promedio de lux obtenido por el método punto por punto**

Para realizar las mediciones se baso por el método europeo de los 9 puntos<sup>39</sup>.

Total lux	Promedio lux	Lux max. De la tabla	Lux min. De la tabla
767.7	27.43	51.3	16

Como se puede observar en la tabla1.9 (ver pag.13) el nivel de iluminación es de 20 Lux, si cumple con el rango de iluminación que se utiliza para los lugares de paso y de patios de galerías

La principal ventaja de la tecnología LED es que con pocos vatios generan muchos lúmenes, lo que se traduce en un ahorro económico.

### **3.15 ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO**

#### **3.15.1 Generalidades**

Al determinar el costo inicial de un sistema fotovoltaico que reemplace la energía eléctrica para alimentar a una luminaria LED's que fue construida con una potencia de 50W, para iluminar la área verde ubicada junto a las canchas deportivas de la universidad Técnica de Cotopaxi, Sin embargo cuando se instala este tipo de sistemas, se obtiene una pequeña central generadora de energía, teniendo por lo tanto que asumir los gastos de materiales de construcción, instalación, así como los de mantenimiento.

Para el análisis de un sistema fotovoltaico se han de considerar algunos aspectos de evaluación como los siguientes:

No existe la posibilidad de comparar un sistema fotovoltaico con otro; ya que cada uno tiene sus características de evaluación como: localización del sistema, la radiación solar, ángulo de inclinación, potencias de carga, HPS, etc.

No se puede comparar la energía producida por un sistema fotovoltaico con la energía producida por fuentes tradicionales, éstas son de distinta calidad si consideramos el impacto ambiental producido, la intermitencia de la energía e incluso su costo de generación y comercialización.

La vida útil de estos sistemas está en los 25 años de uso con lo que el ahorro económico de consumo eléctrico será para esa cantidad de tiempo.

### 3.15.2 Costos directos

Se detallan la inversión fija que se requiere en la elaboración del proyecto, para este análisis se divide los costos por:

- Sistema solar fotovoltaico
- Sistema de luminaria LED
- Sistema de control
- Estructura del poste solar

**Tabla 3.15 Costos Directos**

<b>MATERIALES</b>				
ITEM	DENOMINACIÓN	CANT.	PRECIO UNIT.	TOTAL
1	Panel Monocristalino 90 Wp	1	179,2	179,2
2	Batería Ultracell 12, 100 Ah	1	324,8	324,8
3	Controlador SunLigth SI-10	1	134,4	134,4
4	Inversor	1	95	95,00
5	lámpara	1	100	100
6	Cable AWG #12 (m) plasti.	10	2,20	22,00
7	Electrodos (lb)	10	2,00	2,00
8	Placa Baquelita	1	2,50	2,50
9	Estaño	1	1,00	1,00
11	Soldador	1	1,50	1,50
12	Pomada para soldar	1	1,00	1,00
13	Pernos	12	0,10	1,20
14	Pintura (1/2 Ne, 1/2 Ve.)	2	2,00	4,00
15	Taype	1	0,50	0,50
16	Tornillos	8	0,12	0,96
17	Tubos para poste	4	10,00	40,00
16	Ventilador	1	2,00	2,00
<b>TOTAL</b>				<b>912,06</b>

<b>TRANSPORTE</b>				
ITEM	DENOMINACIÓN	CANT.	PRECIO UNIT.	TOTAL
1	Sistema solar fotovoltaico	1	20,00	20,00
2	Estructura o poste	1	10,00	10,00
<b>TOTAL</b>				<b>30,00</b>

<b>MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>				
ITEM	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
1	Luxómetro	1	20,00	35,00
2	Multímetro	1	6,00	6,00
3	Pinza amperimetrica	1	35,00	60,00
4	Destornillador estrella	1	1,00	1,00
5	Destornillador plano	1	1,00	0,50
6	Llave mista 8 – 10	1	1,00	1,00
7	Pelacables	1	2,00	2,00
<b>TOTAL</b>				<b>105,50</b>

MATERIAL	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
Uso internet (horas)	150	0,70	105
Copias	150	0,02	3,00
Impresiones en B/ N	100	0,08	8,00
Anillados	3	2	6,00
Empastados	2	15	30,00
<b>TOTAL</b>			<b>152</b>

<b>MANO DE OBRA</b>				
ITEM	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
1	Maestro Mecánico	1	40,00	40,00
2	Ayudante mecánico	1	10,00	10,00
<b>TOTAL</b>				<b>50,00</b>

### 3.15.3 Costos Indirectos

En los costos indirectos se consideran algunos valores referenciales en relación a los costos indirectos, se ha estimado conveniente para este caso un valor del 0%. Estos costos desglosan sus valores a continuación:

ITEM	DENOMINACIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR
1	Transporte	50,00	50,00
2	Alimentación	20,00	20,00
<b>Total</b>			<b>70,00</b>

### 3.15.4 Costo total

El costo total del proyecto está representado por la suma de los costos directos e indirectos, por lo tanto:

#### **PRESUPUESTO:**

TOTAL GATOS DIRECTOS (USD):	1250,56
TOTAL GATOS INDIRECTOS (USD):	70,00
<b>COSTO TOTAL (USD):</b>	<b>1320,56</b>

El costo total del proyecto se ha considerado en un valor de \$ 1320,56 dólares americanos los cuales son financiados por el Autor del tema el presente proyecto se instalara en la Universidad Técnica de Cotopaxi, lo cual se generara electricidad a una luminaria instalada.

## **1.16 COSTO ACTUAL DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA Y CONVENCIONAL**

En la actualidad el costo promedio por kWh es de 8 centavos de dólar este valor es lo que se paga a CONELEC, pero en realidad es costo viene subsidiado por el estado.

A pesar de beneficios de contar con las energías alternativas, como por ejemplo la reducción de emisión de CO<sub>2</sub>. Al comparar el costo de la energía eléctrica convencional con otras provenientes de energías renovables este resulta en desventaja ya que por la tecnología que utiliza la producción de energía eléctrica con fuentes renovables resulta muy costosa.

### **1.16.1 Cálculo del TMAR**

Según el boletín del Banco Central del Ecuador en nuestro país la tasa de inflación promedio en el período 2012 - 2013 es de 3,9% y considerando el premio al riesgo de 20% el TMAR se evalúa de la siguiente manera:

$$TMAR = i' + f + i' * f$$

**Donde:**

$i'$  = inflación de 3,9%

$f$  = premio al riesgo (21%)

$$TMAR = 20\% + 3,9\% + 20\% * 3,9\%$$

$$TMAR = 24,7\% = i$$

### **1.16.2 Análisis Económico. Cálculo del VAN**

Mediante el empleo del VAN se suele decidir si un proyecto es factible o no dependiendo de si éste es positivo o negativo.

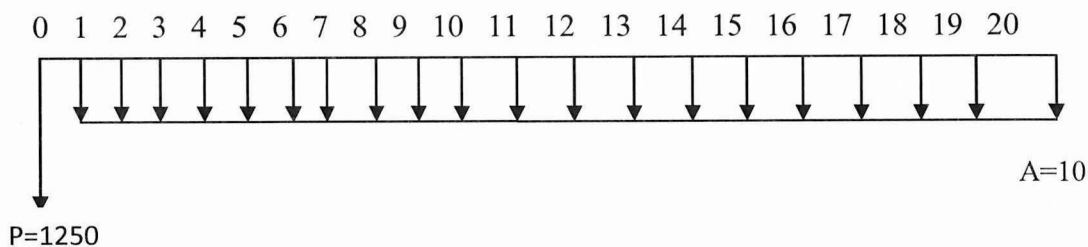
Debido a que no existe ingresos económicos con el proyecto actual ( $VAN < 0$ ), se procede a optar por realizar el análisis económico (comparativo) con el uso de dos alternativas para poste de alumbrado público:

- Mediante de sistema de generación eléctrica fotovoltaica.
- Mediante el uso de un sistema eléctrico convencional.

Para determinar la más recomendable es necesario calcular el valor presente neto de cada una de las alternativas expuestas anteriormente, la que posea el mayor valor del VAN, será la seleccionada.

### 1.16.3 Análisis del Sistema Fotovoltaico

El flujo neto de efectivo es el mostrado a continuación, donde se considera que en gastos de mantenimiento y chequeo anual se emplea \$10.



El  $VAN_1$  se calcula con la fórmula siguiente:

$$VAN_1 = -P + A \left[ \frac{(i + 1)^N - 1}{i(i + 1)^N} \right]$$

$$VAN_1 = -1250 - 10 \left[ \frac{(0.254 + 1)^{20} - 1}{0.254(0.245 + 1)^{10}} \right]$$

$$VAN_1 = -1250 - 10 \frac{81,66}{20,42}$$

$$VAN_1 = -1290$$

### 1.16.4 Análisis del Sistema Convencional

Para realizar el análisis de este sistema se tomara como referencia el mismo tiempo que permanecerá encendida la lámpara que en el sistema fotovoltaico como es de 10 horas, al igual que al de lámpara que tiene una potencia de 200W a continuación se procede a calcular el costo de consumo de este sistema.

$$P = \frac{E}{t}$$

$$E = P * t$$

Donde:

E: Energía

P: Potencia

T: Tiempo

$$E_{dia} = 200W * 10h$$

$$E_{dia} = 2kWh$$

A continuación se procede a calcular el costo por anual de energía.

$$Costo/Dia = Costo * E_{dia}$$

$$Costo/Dia = 0.08USD/kWh * 2kWh$$

$$Costo/Dia = 0,16USD$$

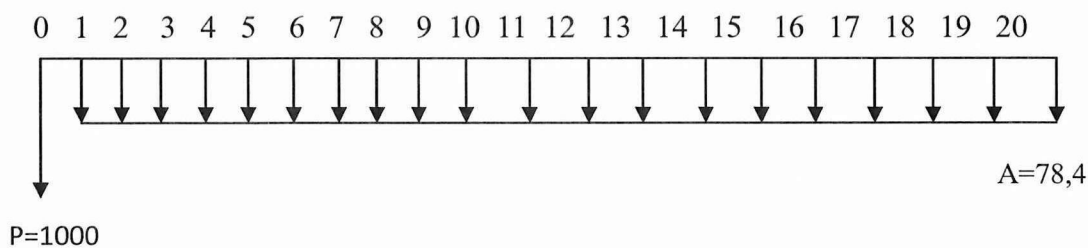
$$Costo/año = 58,4USD$$

El costo de mantenimiento anual que consta de un chequeo general de la lámpara y verificación de la red, va a ser de aproximadamente \$20:

$$Costo mant./año = 20USD$$

El costo para la instalación de la estructura y de los elementos de este sistema ya sea entre el poste, tendido de cables y lámparas mano de obra personal calificado para la instalación es aproximadamente de \$1000

Con los datos calculados anteriormente se procede a realizar el diagrama de flujo efectivo y se calcula el  $VAN_2$ .



$$VAN_2 = -P + A \left[ \frac{(i + 1)^N - 1}{i(i + 1)^N} \right]$$

$$VAN_2 = -1000 - 78,4 \left[ \frac{(0.254 + 1)^{20} - 1}{0.254(0.245 + 1)^{20}} \right]$$

$$VAN_2 = -1000 - 78,4 \frac{81,66}{20,42}$$

$$VAN_2 = -1313,6$$

Se tiene que  $VAN_2$  es mayor que  $VAN_1$  por lo tanto es más factible utilizar el sistema fotovoltaico, esto se explica con el argumento de que en el sistema convencional se gasta más dinero a lo largo de la vida útil de cada sistema.

## **1.17 MANTENIMIENTO DEL SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

### **1.17.1 Mantenimiento del Panel Fotovoltaico**

- Limpie la cubierta frontal de vidrio del panel solar fotovoltaico esta limpieza se lo realiza teniendo en cuenta el nivel de suciedad ambiental.

- Verifique que no haya terminales flojos ni rotos, y que las conexiones estén bien apretadas y que los conductores se hallen en buenas condiciones.
- Verifique que la estructura de soporte esté en buenas condiciones
- Pude sistemáticamente los árboles que puedan provocar sombra en el panel solar fotovoltaico.

Nota:

Nunca trate de limpiar suciedades en la cubierta frontal del panel solar fotovoltaico con objetos cortantes o punzantes que puedan dañarlo.

#### ***1.17.2 Mantenimiento de la Batería de Acumulación***

- Mantenga el nivel de electrolito en los límites adecuados.
- Limpie la cubierta superior de la batería y proteja los bornes de conexión con grasa antioxidante para evitar la sulfatación
- Verifique que los bornes de conexión estén bien apretados.

Nota:

Quítese relojes, anillos, cadenas u otros objetos metálicos de adorno personal que pudieran entrar en contacto accidentalmente con los bornes de la batería de acumulación

No fume en el área donde está ubicada la batería de acumulación ni prenda chispas para observar el nivel del electrolito.

#### ***1.17.3 Mantenimiento al Controlador de Carga***

- Mantenga el controlador de carga colocado en posición correcta, lugar limpio, seco y protegido de los rayos solares.
- Chequee el funcionamiento correcto del controlador de carga.
- Verifique que las conexiones estén correctas y bien apretadas.

Nota:

En caso de que el controlador de carga no funcione, contacte con el personal especializado.

#### **1.17.4 Mantenimiento a la Luminaria LED**

- Verificar que la lámpara LED se encuentre en su posición correcta.
- Chequear que los circuitos se encuentren en buen estado, que se encuentre limpio, seco.

Nota:

En caso de encontrar los LED apagados indican que se encuentran quemados cada resistencia está conectado a 17 LED.

#### **1.18 CONCLUSIONES**

- Con la construcción e instalación de la lámpara con módulos LED's a 12vdc y con una potencia de 50W, en el sitio determinado se consiguió una buena iluminación, garantizando la seguridad e iluminación en el área de 1223.34m<sup>2</sup> objeto del estudio.
- El estudio de Luminotécnico realizado en el software Dialux, con la utilización de la luminaria tipo red determina el sitio más óptimo de instalación de la luminaria.
- Se ahorró el consumo de energía eléctrica y su costo se recupera es al año, mediante la utilización de una fuente de energía solar y diseño óptimo de la capacidad del panel fotovoltaico a ser utilizado.
- Para el diseño del refractor se procede hacer varias pruebas como se indica en el anexo7 dando negativo toda las pruebas, al final se diseñó un refractor con cinta refractiva de color blanco obteniendo los luxes necesarios que están recomendadas por la normas.
- Los valores obtenidos en la matriz fotométrica de acuerdo a la tabla 1.9 desprende un valor promedio de 28 lux, superior a las normas de iluminación de 20 lux establecidas en el CONELEC.

### **1.19 RECOMENDACIONES**

- Utilizar lámparas de tecnología LED's para el alumbrado decorativo en jardines y vías peatonales, por el considerable ahorro energético, arranque instantáneo, mayor vida útil.
- Instalar la estructura del panel fotovoltaico, alejado lo suficientemente de paredes, o de cualquier objeto que pueda obstaculizar los rayos del sol.
- Los equipos que se utiliza en el sistema fotovoltaico y el de iluminación deben ser instalados en lugares con ventilación ya que la batería y el led utilizado emite gases y eleva la temperatura.
- Limpiar anualmente la cubierta del vidrio del panel fotovoltaico, porque al encontrarse en la intemperie se puede adherirse diferentes tipos de impurezas sobre el vidrio provocando medidas erróneas en las medidas de radiación solar, perdiendo así su eficiencia.
- Las autoridades de la Universidad Técnica de Cotopaxi deben capacitar al personal de mantenimiento para su respectivo mantenimiento del equipo fotovoltaico.

### **1.20 GLOSARIO DE TÉRMINOS**

**Calentamiento global.-** El Calentamiento Global es el aumento de la temperatura de la Tierra debido al uso de combustibles fósiles y a otros procesos industriales que llevan a una acumulación de gases invernadero (dióxido de carbono, metano, en la atmósfera<sup>20</sup> .

**Efecto Invernadero.-** El Efecto Invernadero se define como el fenómeno atmosférico que conlleva al calentamiento global, en el cual se percibe un aumento de la temperatura media global.

**Eficiencia energética.-** La eficiencia energética es la capacidad para usar menos energía produciendo la misma cantidad de iluminación, calor y otros servicios energéticos<sup>20</sup> .

**Emisiones de CO<sub>2</sub>.**- Las emisiones de dióxido de carbono son las que provienen de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación del cemento. Incluyen el dióxido de carbono producido durante el consumo de combustibles sólidos, líquidos, gaseosos y de la quema de gas.

**Electricidad.**- Es la energía transmitida por electrones en movimiento. Se incluye la energía eléctrica generada con cualquier recurso, sea primario o secundario, renovable o no renovable, en los diferentes tipos de plantas de generación eléctrica<sup>20</sup>.

**Energía.**- La energía es la capacidad que tiene un elemento natural o artificial de producir alteraciones en su entorno XXIII<sup>20</sup>.

**Energía Solar.**- Es la energía producida por el sol, aprovechada principalmente en calentamiento de agua (a través de colectores solares), secado de granos e irradiación en células fotovoltaicas.

**Energía solar Fotovoltaica.**- La energía solar fotovoltaica es un tipo de electricidad renovable obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica<sup>20</sup>.

**Fuente de energía renovable.**- Las Fuentes de energía renovables son aquellas que, tras ser utilizadas, se pueden regenerar de manera natural o artificial. Algunas de estas fuentes renovables están sometidas a ciclos que se mantienen de forma más o menos constante en la naturaleza.

**Kilovatio hora.**- El kilovatio-hora, equivalente a mil vatios-hora, se usa generalmente para la facturación del consumo eléctrico domiciliario, dado que es más fácil de manejar que la unidad de energía del Sistema Internacional, el julio (J)<sup>28</sup>.

**Lux.**- unidad de medida de la iluminancia. Un 1 lux es igual a un lumen por metro cuadrado  $1 \text{ lux} = 1 \text{ lm/ m}^2$ .

**FHS inst.**- Flujo luminoso al hemisferio instalado.

**IP.**- Grado de hermeticidad.

## 1.21 ANEXOS

### *ANEXO N°- 1. Encuesta*



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**ESPECIALIDAD: ELÉCTRICA ELECTRICA EN POTENCIA**

La presente encuesta está dirigida a los alumnos y los empleados de la Universidad Técnica de Cotopaxi quienes laboran en las horas nocturnas la encuesta se la realizan con la finalidad de obtener información que ayude al desarrollo de este proyecto.

**OBJETIVO:**

- Obtener la información y conocer la importancia del tema de estudio, al transitar por el parque en las horas nocturnas.

**INSTRUCCIONES:**

- Lea detenidamente cada pregunta
- No escriba su nombre.
- Marque con una (X) la respuesta que a su criterio crea conveniente.

**CUESTIONARIO:**

1.- ¿Considera usted que la iluminación existente en el área verde junto a las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi es apropiado?

Si ( )                      No ( )

2.- ¿Cree usted que con una mejor intensidad de iluminación en la parte externa de la Universidad Técnica de Cotopaxi se mejorara el entorno visual?

Si ( )                      No ( )

3.- ¿Está de acuerdo que con la implementación de energías renovables tales como la energía solar sean utilizadas para iluminar el área verde junto a las canchas

deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi es apropiado, mejorando la circulación en las horas nocturna por la Universidad Técnica de Cotopaxi?

**Si** ( )                      **No** ( )

4.- ¿En las horas nocturnas se le dificulta el tránsito por el área verde de las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi?

**Si** ( )                      **No** ( )

5.- ¿Con que frecuencia en las horas nocturnas transita usted, por las área verde ubicado junto a las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi?

**Si** ( )                      **No** ( )

6.- ¿Considera usted necesario la implementación de una luminaria con tecnología led, para mejorar la circulación de la comunidad universitaria por el área verde junto a las canchas deportivas de la Universidad Técnica de Cotopaxi?

**Si** ( )                      **No** ( )

## ***ANEXO N°- 2***

### ***Luminaria de simulación.***



Clasificación luminarias según CIE - 100  
Código CIE Flux: 18 61 98 100 101  
Valmistaja: GE Lighting

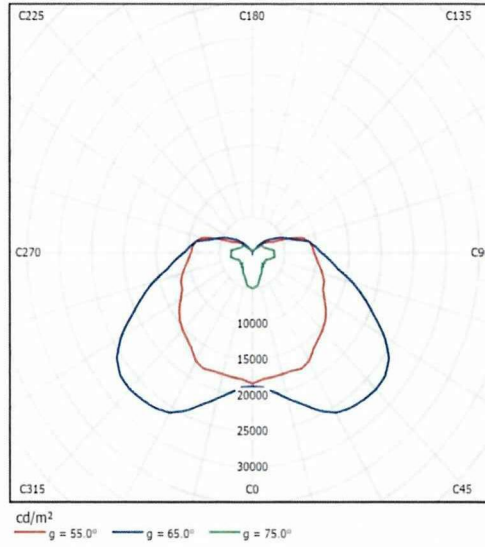
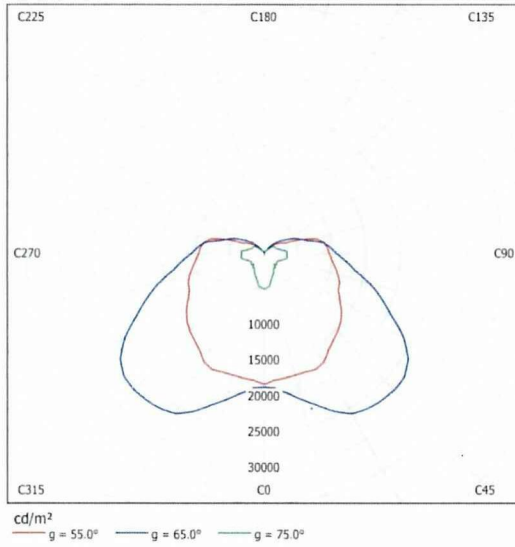
**Fuente:** Autor

### ANEXO N°- 3

#### Matriz fotométrica de la luminaria

Diagrama de densidad lumínica

Tabla de intensidades lumínicas



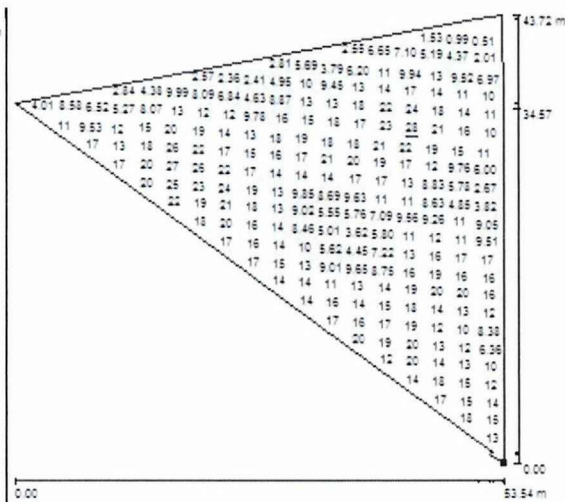
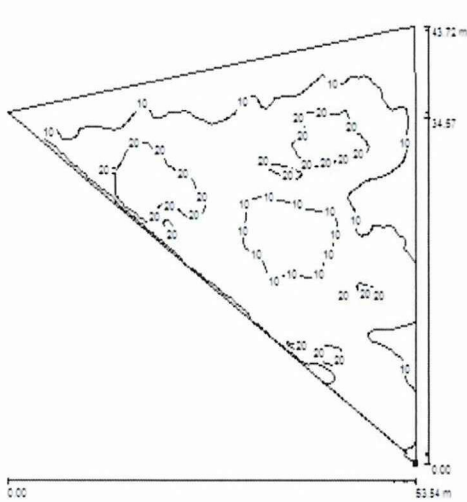
Fuente: Autor

### ANEXO N°- 4

#### Ubicación de luminaria

Imagen de Isolneas

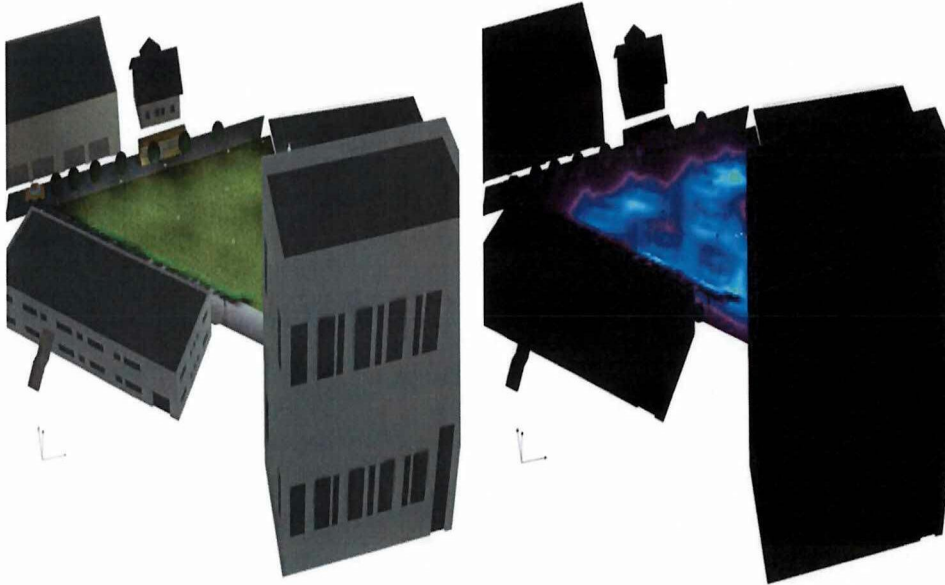
Imagen de valores



Fuente: Autor

**ANEXO N°- 5**

*Área verde de la UTC / procesado en 3D*

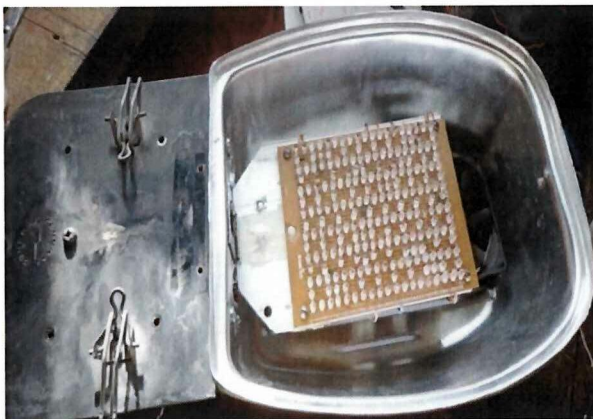


**Fuente:** Autor

**ANEXO N°- 6**

*Diseño de la luminaria LED's*

*Ensamble de luminaria LED's*



*Vista en horas nocturna*



**Fuente:** Autor

## ANEXO N°- 7

### Diseño de reflectores

*Reflector de acero inoxidable*



*Reflector de acero pupiado afuera*



*Fuente: Autor*

*Reflector de acero pupiado adentro*



*Reflector con cinta refractiva*



*Fuente: Autor*

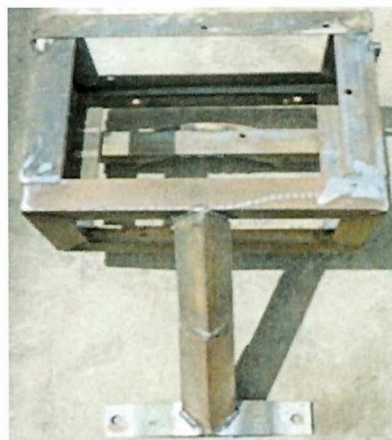
## ANEXO N°- 8

### Construcción de un poste solar

*Base del poste*



*Estructura para la batería*

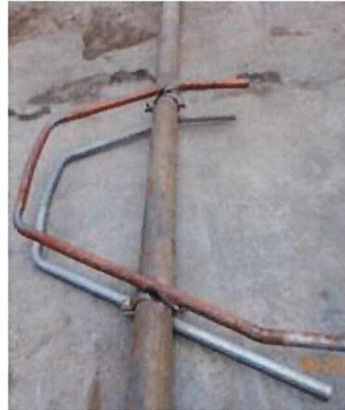


*Fuente: Autor*

*Base del panel solar FV*



*Brazo para la luminaria*



*Fuente: Autor*

### **ANEXO N°- 9**

*La Universidad Técnica de Cotopaxi*

*Vista en las horas diurna*



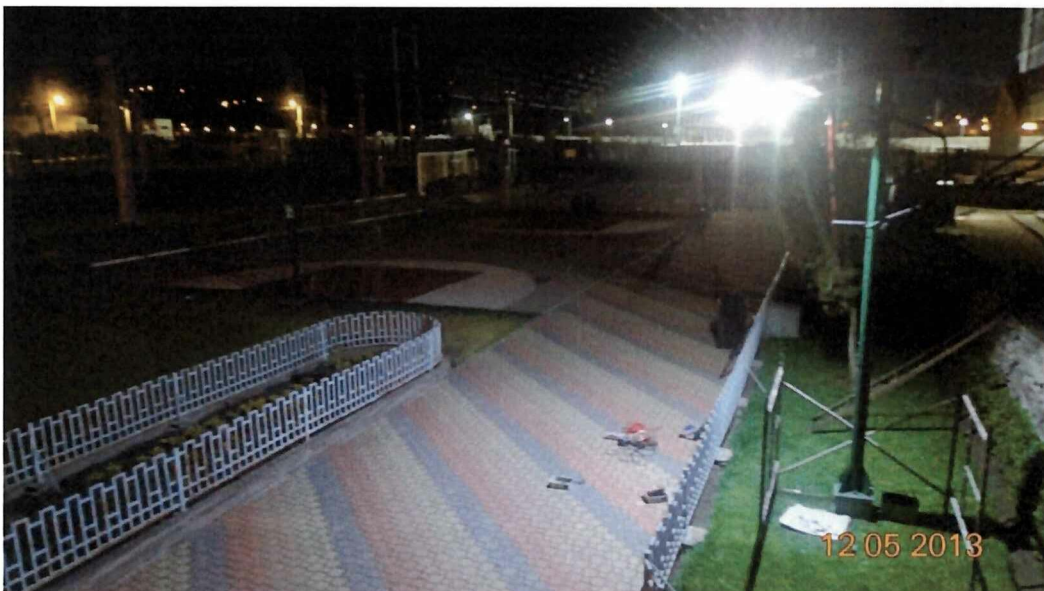
*Fuente: Autor*

*Vista en las horas nocturnas antes de implementación*



*Fuente: Autor*

*Vista en las horas nocturnas en el área verde con la implementación ya en funcionamiento.*



*Fuente: Autor*

*Vista en las horas nocturnas en el área verde con la implementación ya en funcionamiento.*



*Fuente: Autor*

*ANEXO N°- 10*  
*Equipos de medición*

*Pinza amperimétrica*

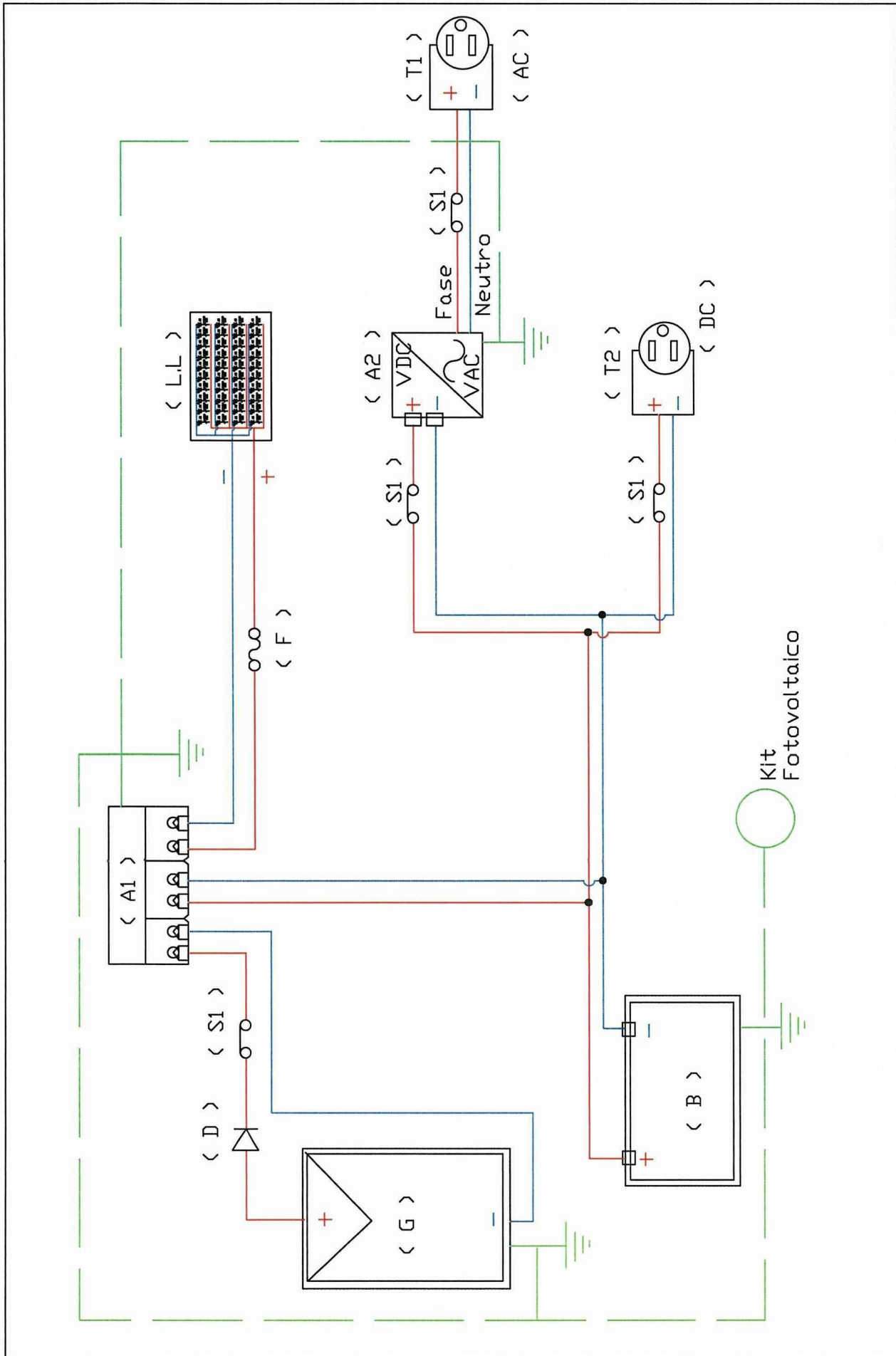


*Luxómetros*



*Fuente: Autor*

ANEXO N°- 11  
Diagrama unifilar



Fuente: Autor

### 3.24 BIBLIOGRAFÍAS

#### ***BIBLIOGRAFÍAS CONSULTADAS***

1. BEJARANO, ANGEL. (2011). Diseño de un sistema de generación eléctrica solar para la iluminación externa del modular de la escuela de ingeniería en ecoturismo. ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA. Riobamba ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Previa a la obtención del Título de: INGENIERO MECÁNICO: pag, 98.
2. CHUQUÍN, N. (2011). Diseño, construcción y pruebas de un sistema publicitario alimentado con energía solar, y controlado con un relé inteligente (ZELIO). Riobamba, ESPOCH. Tesis de grado: pag 70-90.
3. DIALux, 4.7. (2009). "manual de DIALux 4.7." Disponible en: [www.dial.de](http://www.dial.de).
4. MENDEZ, JAVIER MARIA y CUERVO, RAFAEL 2008. *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid, pag. 17.
5. MENÉNDEZ Emilio (2010) Las energías renovables un enfoque público ecológico, 2010, Pág.98
6. MELENDEZ, Mario (2001). Diseño y construcción de administración de proyectos. *Costa Rica*.
7. ILUMINACIÓN INTELEGENTE, G. Colombia. (2008). Manual de alumbrado público e iluminación exterior con LED de alta intensidad.
8. GUTIÉRREZ, MARIO (2010). Ecología Salvemos al planeta
9. SÁNCHEZ MIÑO, Santiago (2013). ENERGÍAS RENOVABLES: Conceptos y Aplicaciones. *Fundación Natura. Quito. Junio*.

#### ***BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA***

- 10 Artículo. (2013). "Los LEDs son lámparas de estado sólido con tecnología avanzada.", Disponible en: [www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=206](http://www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=206).

- 11 CONELEC. (2008). "Atlas solar del Ecuador con fines de generacion electrica." Acceso: 7 de mayo, 2013, Disponible en: [www.conelec.gob.ec/archivos\\_articulo/Atlas.pdf](http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf).
- 12 CONELEC. (2011). "Aprobado contratos para la compra de electricidad generada por empresas privadas de generación de electricidad con centrales solares por un total de 200 MW." Disponible en: [www.conelec.gob.ec](http://www.conelec.gob.ec).
- 13 CONELEC. (2013). "Normativas." Disponible en: [http://www.conelec.gob.ec/normativa\\_detalle.php?cd\\_norm=393](http://www.conelec.gob.ec/normativa_detalle.php?cd_norm=393).
- 14 Científico., Museo. (2013). "Energía Solar Térmica y Fotovoltaica." Disponible en: <http://mc2coruna.org/emuseo/?p=1184>.
- 15 Dirección nacional de aviación civil del departamento de meteorología aeronáutica internacional de Cotopaxi Ecuador
- 16 EXTECH (2010). Registrador medidor de luz con interfaz para PC modelo 401036.
- 17 Energias renovables concepto y aplicacion.  
<http://solete.nichese.com/celulas.html>
- 18 Enalmex. (2013). "solar panels solar cells." Disponible en: <http://www.enalmex.com/docpdf/libro/ch06.pdf.pdf%E2%80%8E>.
- 19 ITE, Instituto de Tecnologías Educativas. (2013). "Recorrido aparente del sol. La bóveda celeste." Disponible en:  
[http://fjferreer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/3\\_recorrido\\_aparente\\_del\\_sol.html](http://fjferreer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/3_recorrido_aparente_del_sol.html)
- 20 Garcia, F. (2011). "Biblioteca Olade de Estadísticas Energéticas." Disponible en: <http://biblioteca.olade.org/iah/fulltext>.
- 21 Microluz. (2013). "La iluminación con elementos de estado sólido utiliza diodos emisores de luz (LEDs)." Disponible en: <http://www.microluz.es/Fluorescentes-LED-p-1-c-41.html>.
- 22 La Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. Disponible en: [www.EERSSA.gov](http://www.EERSSA.gov)
- 23 Proviento. (2013). "Energia Renovable . Panel solar SIMAX 90Wp, controlador Morningstar SunLight SL -10L, Bateria ULTRACELL GEL 100Ah." Disponible en: [www.proviento.com](http://www.proviento.com).

- 24 Solar, Energia. (2012). "Altura y el Azimut." Disponible en:  
<http://solete.nichese.com/altura.html>.
- 25 UTC. (1995). "La utc en sus inicios ", Disponible en:  
<http://www.utc.edu.ec/es-es/lautc/historia.aspx>.
- 26 Universidad Técnica de Cotopaxi (2012) Facultad de comercio sexto nivel  
Trabajo estadístico inferencial ejercicio chi cuadrado
- 27 wikipedia, b. (2013b). "Latacunga,latitud del lugar ", Disponible en:  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Latacunga>
- 28 Wikipedia, Enciclopedia Libre. (2013c). "Artículos de Energía Vatio hora."  
Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Vatio-hora>.
- 29 <http://www.portalelectrozona.com/>
- 30 <http://www.planificacion.gob.ec/>
- 31 [http://solar.nmsu.edu/wp\\_guide/energia.html](http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html)
- 32 [http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/uso/4/04/sistemas\\_fv.htm](http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/publicaciones/uso/4/04/sistemas_fv.htm)
- 33 <http://solaraction.blogspot.com/2012/12/calculo-instalacion-fotovoltaica.html>
- 34 [http://sirio.ua.es/proyectos/manual\\_%20carreteras/01030502.pdf](http://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/01030502.pdf)