



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA AGROPECUARIA DE MANABI
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE

INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN

**PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO EN
MEDIO AMBIENTE**

MODALIDAD:

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN A NIVEL
FOTOVOLTAICO PARA EL AREA RECREACIONAL DE LA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL, ESPAM MFL**

AUTORES:

RONALD YANEZ ALARCÓN SOLÓRZANO

ANDRÉS ALBERTO CEVALLOS REYES

TUTOR:

ING. CARLOS F. SOLÓRZANO SOLÓRZANO M.Sc.

CALCETA, DICIEMBRE 2019

DERECHOS DE AUTORIA

Alarcón Solórzano Ronald Yanez y Cevallos Reyes Andrés Alberto, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

RONALD Y. ALARCÓN SOLÓRZANO

ANDRÉS A. CEVALLOS REYES

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ING. CARLOS FABIÁN SOLÓRZANO. certifica haber tutelado el proyecto **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN A NIVEL FOTOVOLTAICO PARA EL AREA DE LA CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL, ESPAM MFL**, que ha sido desarrollado por **ALARCÓN SOLÓRZANO RONALD YANEZ** y **ANDRÉS ALBERTO CEVALLOS REYES**, previa la obtención del título de Ingeniero en medio ambiente de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. CARLOS F. SOLÓRZANO SOLÓRZANO M. Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN A NIVEL FOTOVOLTAICO PARA EL AREA DE LA CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL, ESPAM MFL**, que ha sido propuesto, desarrollado por **ALARCÓN SOLÓRZANO RONALD YANEZ Y ANDRÉS ALBERTO CEVALLOS REYES**, previa la obtención del título de Ingeniero en medio ambiente de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. José M. Giler Molina, M.Sc.
MIEMBRO

Ing. Carlos A. Villafuerte Vélez, Mg.
C.A.
MIEMBRO

Ing. Carlos R. Delgado Villafuerte, Mg. C.A.
PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien fue el que nos brindó la fortaleza para luchar día a día y superar los obstáculos, que se nos presentaron en nuestro vivir diario y en nuestra anhelada meta de ser ingenieros.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de crecer como seres humanos a través de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día.

A nuestro tutor, Ing. Carlos Solórzano, por su dedicación y constancia en nuestro trabajo de titulación, porque gracias al aporte de sus conocimientos logramos nuestro objetivo de ser ingenieros.

A los honorables miembros del tribunal de la línea de Energías Alternativas de la carrera de Ingeniería Ambiental, por ser los que nos guiaron en nuestro desarrollo de la tesis.

A nuestros familiares, amigos, profesores de la carrera, que de una u otra manera nos han motivado y brindado ese apoyo en nuestra carrera universitaria, para lograr el objetivo de ser ingenieros profesionales.

Ronald Y. Alarcón Solórzano

Andrés A. Cevallos Reyes

DEDICATORIA

A Dios por haberme guiado por el camino del bien y no permitir que cayera en algún vicio, brindándome fuerza, inteligencia y valor para poder seguir con mis estudios sin ningún tropiezo.

A mi padre, por todo el cariño, la motivación que me brindo durante mis años de estudios universitarios, los cuales fueron importantes para poder lograr mi meta de ser ingeniero.

A mi madre, por todos los consejos que me dio, el apoyo incondicional, por su esfuerzo, sacrificio, por la preocupación de que nunca me faltara nada para poder salir adelante en mis estudios universitarios y lograr cumplir mis sueños de ser un ingeniero.

A todos mis familiares, que influyeron en mi transcurso en la universidad y en mi vida cotidiana, los cuales me guiaron por un buen camino para poder salir adelante.

Ronald Y. Alarcón Solórzano

DEDICATORIA

A Dios por regalarme el don de la vida y permitirme alcanzar la meta de ser ingeniero.

A mis padres por el apoyo económico y moral en cada una de las etapas de mi vida universitaria.

A mis hijos que me inspiraron a seguir adelante y no desistir en los momentos difíciles del camino.

Andrés A. Cevallos Reyes

ÍNDICE DE CONTENIDO

DERECHOS DE AUTORIA	II
CERTIFICACION DE TUTOR	III
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO	VIII
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS	X
TABLAS	X
FIGURAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
CAPÍTULO I ANTECEDENTES	1
1.1. Planteamiento y Formulación del Problema	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Hipótesis	3
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	4
2.1. Energías renovables	4
2.1.1. Conceptualización.....	4
2.1.2. Energía solar.....	4
2.1.3. Radiación solar	4
2.2. Instrumentos de medición de iluminación	5
2.2.1. Luxómetro	5
2.2.2. Aspectos para el uso de un luxómetro	6
2.3. Tecnología fotovoltaica.....	6
2.3.1. Panel fotovoltaico.....	7
2.3.2. Células fotovoltaicas.....	7

2.3.3. Tipo de paneles solares.....	7
2.3.4. Sistema fotovoltaico para iluminación	7
2.3.5. Sistemas fotovoltaicos autónomos	8
2.4. Iluminación	8
2.4.1. Conceptualización.....	8
2.4.2. Sistema directo lumínico de direccionalidad del flujo luminoso.....	8
2.4.3. Sistemas de iluminación convencional y no convencional	9
2.4.4. Tipos de sistemas de iluminación de exteriores	10
2.4.5. Instalaciones de alumbrado vial ambiental	10
2.5. Tipos de lámparas	10
2.5.1. Lámparas LED	10
2.5.2. Lámparas incandescentes.....	11
CAPÍTULO III DESARROLLO METODOLÓGICO.....	13
3.1. Ubicación	13
3.2. Duración.....	13
3.3. Métodos y técnicas	13
3.3.1. Métodos	13
3.3.2. Técnicas.....	13
3.4. Variables en estudio	14
3.4.1. Variable independiente	14
3.4.2. Variable dependiente.....	14
3.5. Procedimientos	14
3.5.1. Fase I: Determinación del nivel de iluminación del área de recreación de la carrera de ingeniería ambiental.....	14
3.5.2. Fase II. Diseño de un sistema de iluminación eficiente a nivel fotovoltaico.....	15
3.5.3. Fase III: Demostración del funcionamiento del sistema fotovoltaico.....	16
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1. Fase I. Determinación del nivel de iluminación de las áreas de recreación de la carrera de ingeniería ambiental.....	17
4.2. Fase II. Diseñar un sistema de iluminación eficiente a nivel fotovoltaico.....	19
4.3. Fase III. Comprobación del funcionamiento del sistema fotovoltaico	22
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24
5.1. Conclusiones.....	24
5.2. Recomendaciones	24

BIBLIOGRAFÍAS.....	25
ANEXOS	29

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

FIGURAS

Figura 3.1. Ubicación de la presente investigación	13
Figura 4.1. Puntos de interés para iluminación.....	18
Figura 4.2. Radiación solar media en el cantón bolívar.....	20
Figura 4.3. Proyección del sistema fotovoltaico necesario para iluminar. Punto 1.....	21
Figura 4.4. Proyección del sistema fotovoltaico necesario para iluminar. Punto 2.....	22

TABLAS

Tabla 4.1 identificación del área para la instalación fotovoltaica.....	17
Tabla 4.2 Medidas de luminiscencia en el área.....	17
Tabla 4.3. Resumen de parámetros necesarios para la instalación del sistema.....	20
Tabla 4.4. Niveles de iluminación después de la instalación del sistema fotovoltaico	23

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de Instalar un sistema fotovoltaico aislado para el área de recreación de la carrera de Ingeniería Ambiental de la ESPAM MFL.; lugar donde se evidenció carencia de iluminación óptima y por tanto ocasiona un déficit de aprovechamiento del total de las áreas en horas nocturnas, para el conocimiento de los niveles de iluminación se requirió de un luxómetro, para de esta manera a partir del análisis con el método punto a punto se llegó a conocer que ciertas áreas de interés presentaban niveles promedios de 1,13 lux. Considerando los niveles óptimos que presenta la literatura, se instaló un sistema de iluminación con alimentación fotovoltaica siendo colocadas dos lámparas de 5400 lum., permitiendo obtener una media entre los tres puntos de 25,7 lux; valores medios basados en el monitoreo de una semana con tres tomas diarias en horas nocturnas. A partir de lo ya mencionado se puede aceptar la hipótesis de investigación, en donde se mencionada que “La instalación de lámparas a nivel fotovoltaico suplirá las necesidades de iluminación en el área de recreación de la carrera de Ingeniería Ambiental de la ESPAM MFL.” Con la presentación de exitosos resultados, se llega a proponer aumentar el área de interés de iluminación de dicha área.

Palabras clave

Energía renovable, sistema fotovoltaico, niveles de iluminación,

ABSTRACT

This research was carried out with the objective of installing an isolated photovoltaic system for the recreation area of the Environmental Engineering career of ESPAM MFL; place where there was a lack of optimal lighting and therefore causes a deficit in the use of the areas at night, for the knowledge of the lighting levels a luxmeter was required, so in this way from the analysis with the method point to point it became known that certain areas of interest had average levels of 1.13 lux. Considering the optimum levels presented by the literature, a lighting system with photovoltaic power was installed, two 5400 lum lamps were placed, allowing to obtain an average between the three points of 25.7 lux; average values based on the monitoring of one week with three daily takes at night. From the aforementioned, the research hypothesis can be accepted, where it is mentioned that "The installation of lamps at the photovoltaic level will supply the lighting needs in the recreation area of the Environmental Engineering degree of ESPAM MFL." With the presentation of successful results, it is proposed to increase the interest area of lighting.

Key Words

Renewable energy, photovoltaic system, lighting levels.

CAPÍTULO I ANTECEDENTES

1.1. Planteamiento y Formulación del Problema

Como resultado de actividades que se han desarrollado de manera exponencial a partir de la revolución industrial, se ha estimado que el consumo de energía eléctrica ha incrementado notoriamente presenciando en el 2016 un consumo en Norte y Sur América estimado en 1,064 Billon Kwh; que, pese a sus fuentes de generación, ha ocasionado serias afectaciones ambientales. (Energy Information Administration - EIA, 2017)

El consumo de energía eléctrica en el país según datos facilitados por EIA (2017), en el 2016 es de 0,6 Billones Kwh que en los últimos años es proveniente principalmente de hidroeléctricas, que a pesar de ser utilizado como alternativa energética genera potenciales impactos negativos como son la contaminación del aire y agua, erosión del suelo, destrucción de la vegetación que son causados a partir de la construcción de presas (embalses, central hidroeléctrica, trasvase). (Iglesias, 2011)

En la actualidad es de vital importancia para el desarrollo antropogénico el suministro constante de energía eléctrica, por lo cual no contar con este servicio primordial retrasa el desarrollo de la sociedad, así como la falta de iluminación desencadena problemas en sectores o áreas de recreación (Robles, 2010).

Basándose en lo mencionado y partiendo desde la problemática avistada, la presente investigación desarrollada en la carrera de Ingeniería Ambiental, se centró en las áreas recreativas localizadas dentro de la misma, las cuales no presentan con una iluminación óptima, ocasionando que las áreas verdes no sean aprovechadas en su totalidad. Por ello se plantea la instalación fotovoltaica como alternativa para dicha problemática, con la finalidad de que en jornadas nocturnas sean utilizados los lugares de descansos del área, con fines académicos, por lo cual se planteó la siguiente interrogante de investigación:

¿La instalación de lámparas a nivel fotovoltaico mejorará la iluminación las áreas verdes de la carrera de ingeniería ambiental de la ESPAM MFL?

1.2. Justificación

Se ha analizado que el flujo de energía procedente del sol que se considera 10.000 veces mayor que el consumo energético de toda la humanidad, cantidad de energía necesaria para producir luz mediante un sistema de iluminación fotovoltaico, siendo posible obtenerla directamente desde una fuente inagotable o dicho en otras palabras, solo se requiere el 0,01% de este flujo energético para cubrir la demanda necesaria (Vanilla, 2010).

La presente investigación es posible justificarla desde el ámbito legal, dentro del Título IV de la Ley Orgánica del Servicio Público de energía eléctrica, donde se expresa en el artículo 26.- Energías renovables no convencionales, que El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable promoverá el uso de tecnologías limpias y energías alternativas, de conformidad con lo señalado en la Constitución que propone desarrollar un sistema eléctrico sostenible, sustentado en el aprovechamiento de los recursos renovables de energía.

Es posible justificarse conforme a los objetivos de desarrollo sostenible, en su objetivo 7 que propone garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos. Entre las múltiples ventajas que se tiene en el momento de utilizar energía solar, está la minimización de impactos negativos al ambiente por consumo excesivo de combustibles fósiles. Un panel solar que genera 3 Gw equivale a evitar la emisión de 1000 toneladas de CO₂ que comúnmente se producirían si la energía se obtuviera mediante la utilización de combustibles fósiles. Además al utilizar la energía del sol como fuente productora de electricidad se cumple también con el objetivo 3 del buen vivir que consiste en garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones Arencibia-Carballo, G. (2016).

A partir de lo expresado por Rodríguez, Vázquez, Saltos y Josnier (2017) se justifica de forma metodológica mencionando que la provincia de Manabí localizado en el territorio costero de Ecuador, se caracteriza por mantener niveles de radiaciones solares más elevados que el resto del país, siendo un factor importante para la implementación de un sistema fotovoltaico.

1.3. Objetivos

3.1.1. Objetivo general

Instalar un sistema fotovoltaico aislado para el área de recreación de la carrera de Ingeniería Ambiental de la ESPAM MFL.

3.1.2. Objetivos específicos

- Determinar el nivel de iluminación de las áreas de recreación de la carrera de Ingeniería Ambiental
- Diseñar un sistema de iluminación eficiente a nivel fotovoltaico
- Comprobar el funcionamiento del sistema fotovoltaico.

1.4. Hipótesis

La instalación de lámparas a nivel fotovoltaico suplirá las necesidades de iluminación en el área de recreación de la carrera de Ingeniería Ambiental de la ESPAM MFL.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Energías renovables

2.1.1. Conceptualización

Hace referencia a energías que no se agotan, estas se forman de manera constante, al utilizar la radiación solar para generar energía eléctrica o calor, esta energía se mantiene invariable sin presentar cambios en la cantidad que el sol envía a la tierra. La aparición de las energías renovables en el mercado les provoco una serie de barreras técnicas y económicas para su inclusión, en la tentativa de crear condiciones para su competitividad con las fuentes convencionales como los fósiles, es decir las energías renovables son colosalmente más ventajosas que la energía convencional (Zapata, Zuluaga y Dyner, 2005). En algunas de las energías renovables el recurso no está a disposición en toda la franja horaria, el cual hace que esas energías renovables tengan un déficit en su desempeño.

2.1.2. Energía solar

En concordancia con Isaza y Ospino (2016), la energía solar es la energía radiante producida en el Sol como consecuencia de fuerzas nucleares de fusión que llegan a la Tierra a través del espacio en paquetes de energía llamados fotones (luz), que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres. El sol proporciona la energía necesaria para que se cumplan los procesos biológicos de la tierra, con el aprovechamiento de la energía solar se puede obtener energía fotovoltaica y energía térmica. Galarza, Gordillo y Rivera (2012), explican que la energía solar puede ser aprovechada de diversas formas, una de ellas es el aprovechamiento de calor para sistemas térmicos, otra es el aprovechamiento para generar electricidad y también como calor pasivo en forma natural. La función de los sistemas solares pasivos es captar y acumular el calor que proviene del sol por medio de las ventanas, muros o tejados.

2.1.3. Radiación solar

El brillo del sol es un factor determinante para la presencia de la radiación, cuyos valores se verán afectados por el número de horas que en promedio durante un día

de cada mes o año se puede observar el sol en el cielo (Arrieta, Olmos, Izquierdo y Álvarez, 2012). Las radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol es lo que conocemos como radiación solar, una parte de la radiación emitida por el sol hacia la superficie terrestre es reflejada nuevamente hacia el espacio y otra parte es absorbida por los gases de la atmósfera, mientras que las radiaciones que no son absorbidas por los gases de la atmósfera son utilizados para generar calor o para aprovecharlas en la generación de energía mediante un proceso fotovoltaico. Vanegas, Villicaña y Arrieta (2015) sustentan que la disponibilidad de la radiación solar es intermitente debido a los fenómenos meteorológicos que tienen lugar en la tierra, lo cual dificulta su uso y limita su competitividad frente a otras fuentes renovables.

Dentro de los datos expresados, Ecuador se encuentra atravesando la línea equinoccial, es decir que su variabilidad en la posición y por ende en la energía que emite no posee mucha variabilidad, favoreciendo la utilización para la producción de electricidad y calor. Para cada provincia se genera una radiación significativamente diferente, la provincia de Manabí posee en promedio una radiación de 4650 Wh/m²/día.

2.2. Instrumentos de medición de iluminación

2.2.1. Luxómetro

El luxómetro nos indica la cantidad de luxes presentes en un determinado punto, al asimilar el nivel de iluminancia, que consiste en la reacción fotoeléctrica de una célula, que al incidir la luz se genera una corriente de electricidad la cual aumenta cuando la luz es más incidente; el luxómetro se encarga de convertir esa corriente en Lux, que es la medida de iluminancia (Moreno y Romero, 2010).

De acuerdo a García, González y González (2014) el luxómetro es un aparato de medida óptimo cuando se cumplen varias exigencias:

- Tener el rango de medida adecuado, en armonía con los niveles a medir.
- Deberá estar calibrado por un laboratorio acreditado.
- Dispondrá de un ángulo de corrección del coseno de hasta 85°.
- Poseerá corrección cromática, acorde a lo distado por el CIE 69:1987 y de acuerdo con la distribución espectral de las fuentes luminosas empleadas.

- Especificación del coeficiente de error por temperatura para el margen de temperatura de uso previsto durante el funcionamiento.
- La fotocélula del luxómetro deberá estar siempre horizontal durante las medidas, por lo que habrá de disponerse de un sistema específico encargado de lograr dicho objetivo.

2.2.2. Aspectos para el uso de un luxómetro

De acuerdo a Crespo, Sánchez y Vásquez, (2015) es propicio el uso del equipo de medición de los niveles de luz, tomando en consideración algunos aspectos de importancia en la hora del muestreo como lo menciona:

- Ajustarlo al rango adecuado a los valores a medir.
- Mantenerlo en posición perpendicular y a las alturas de los planos de trabajo respectivos.
- Realizar varias mediciones, a efectos de tomar como valor definitivo el promedio de la misma.

Conforme lo mencionado por García, *et al.*, (2014) es necesario indicar que para tener una medida precisa en la toma de datos con el luxómetro se requiere que el responsable de esta tarea coloque el instrumento sobre una base estable, comúnmente debe estar a una distancia entre los 0,80 y 0,90 m sobre el nivel del suelo, en algunos caso la altura para tomar la medida está en función de puntos específicos, que se consideren importantes. El autor indica que los niveles de iluminación varían de acuerdo a la sociedad o funciones que se realizan en el lugar.

2.3. Tecnología fotovoltaica

Las tecnología fotovoltaica se refieren al uso de la energía solar como alternativa para la obtención de energía eléctrica, mediante el aprovechamiento de las radiaciones que son emitidas por el sol, la energía fotovoltaica es la vía más considerada en la actualidad para cubrir la demanda energética a nivel global a pesar de no estar a la par con uso de las fuentes convencionales. Estrada (2013), dice que, esta tecnología está basada en las celdas solares, estas se basan principalmente en el efecto fotovoltaico, en el cual la luz que incide sobre un dispositivo semiconductor de dos capas produce una diferencia del fotovoltaje o del potencial entre las capas.

2.3.1. Panel fotovoltaico

Variedad de células que se conectan y se ubican en series para aumentar la corriente y/o en paralelo para incrementar el voltaje, para su ensamblaje dependen de metales (que son conductores) y vidrios (Valdiviezo, 2014).

Fernández (2009), respalda que existen dos tipos de paneles solares fotovoltaico como son el de silicio puro monocristalino y el de silicio puro policristalino, estos van en función de los materiales empleados, los métodos de fabricación que se empleen y la forma final.

2.3.2. Células fotovoltaicas

Principal componente de un panel fotovoltaico, las células cumplen el papel de convertidor de energía solar, mediante una excitación de la misma en la presencia de radiación, es decir con el aumento de la temperatura.

2.3.3. Tipo de paneles solares

- **Paneles de silicio puro monocristalino**

Basados en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza, estos paneles monocristalino son más eficientes porque son fabricados con silicio que contienen altos niveles de pureza.

- **Paneles de silicio puro policristalino**

En este caso el proceso de cristalización del silicio es diferente a los de los paneles monocristalino por lo tanto la eficiencia de estos paneles con celdas policristalino es menor.

2.3.4. Sistema fotovoltaico para iluminación

La energía fotovoltaica generada en los paneles solares mediante la captación de energía solar, son capaces de alimentar sistemas de iluminación de espacios o de lugares donde no llega el tendido eléctrico. En el sistema fotovoltaico para iluminación se puede trabajar con iluminarias eficientes como las que utilizan tecnologías LED, o las iluminarias incandescentes no tan amigables para el ambiente y que son menos eficientes (Alvarado, E. y Jaramillo, J .2010).

2.3.5. Sistemas fotovoltaicos autónomos

Conocidos también como sistemas aislados a la red. Estos sistemas cubren la necesidad de energía en lugares donde no disponen de alguna conexión a la red de distribución de energía eléctrica, brindando de esta manera la ventaja de beneficiarse de las bondades de la electricidad (Santamaría y Castejón, 2010). Los sistemas aislados a la red son generalmente de poca potencia, desde los que generan pocas decenas de vatios que tienen un único módulo, hasta los que generan potencias de hasta 10 KW.

2.4. Iluminación

2.4.1. Conceptualización

La iluminación se la conoce como la acción o efecto de iluminar, en algunos casos se utiliza para producir efectos luminosos muy intensos pero también decorativos, por otra parte, en la adecuada iluminación de universidades, centros, puestos de trabajo e instituciones, se debe considerar un ambiente laboral confortable como un punto de vital importancia, de tal manera que permita la eficiencia visual en las tareas que se desarrollan. La unidad de medida es el lux y se determina mediante un equipo llamado luxómetro. (Grass, Castañeda, Pérez, Berenguer y Rosell 2017).

En la actualidad la iluminación es un arte, no sólo para mejorar nuestra percepción visual, se ha comprobado que nuestro estado de ánimo está en función del nivel visual que nos otorga el medio y este a su vez depende de los niveles adecuados de iluminación en cada lugar, el tipo de iluminación nos otorga: ambientes cálidos o fríos, dinámicos o relajantes; y sobretodo nos permite llevar a cabo una eficiente actividad laboral. Para que nuestras labores se puedan desarrollar correctamente es necesario que se complementen la visión y la iluminación de esta manera se evitan daños de salud o afecciones en nuestra visión (Beltrán y Merchán, 2013).

2.4.2. Sistema directo lumínico de direccionalidad del flujo luminoso

A este sistema se lo reconoce por hacer que llegue de manera directa un flujo luminoso desde la luminaria, sin la presencia de elementos atravesados hasta la fuente, de este modo toda la luz emitida está dirigida al elemento destinado a iluminar.

Este sistema es eficiente, económico y no presenta pérdida de energía, es posible obtener fácilmente niveles altos de iluminación, por su direccionalidad, provoca deslumbramientos ambientales o reflexión (Folguera y Muros, 2013).

2.4.3. Sistemas de iluminación convencional y no convencional

Tanto los sistemas convencionales como los no convencionales se consiguen alimentar de la red doméstica de abastecimiento de energía eléctrica, mientras que los sistemas convencionales presentan problemas para funcionar con energías procedentes de fuentes renovables (Jaramillo y Alvarado, 2012).

A. Sistemas convencionales de iluminación las lámparas de filamento de carbono, lámparas de arco, lámparas incandescentes, entre otros son las que se utilizan como luminarias en este sistema, estos sistemas no son eficientes porque solo una fracción de la energía eléctrica consumida se transforma en energía luminosa y la otra parte se pierde en forma de calor.

B. Sistemas no convencionales de iluminación de estos sistemas se rescata la obtención de una intensidad lumínica aceptable, con un alto nivel de eficiencia, una baja potencia de consumo y una vida útil de miles de horas.

Por otro lado la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (2013), explica que un sistema de iluminación es un conjunto de elementos, que se diseña para cubrir el déficit de luz en espacios estratégicos, donde la finalidad es cumplir con los parámetros de establecidos que indican un rango de luxes recomendados, de esta manera se realiza la selección de las mejores luminarias y lámparas que proporcionan el nivel de iluminación adecuado para cada tarea, finalmente se reducen los costos operativos y se evitan efectos de brillo directos innecesarios. Un sistema de iluminación está integrado por los siguientes elementos:

- **Lámparas:** Son las encargadas de transformar la energía eléctrica en luminosa.
- **Luminarios:** Son los gabinetes que contienen a las lámparas y en algunos casos también el balastro, además sirven para controlar y dirigir el flujo luminoso de una o más lámparas (García, *et al.*, 2014).
- **Balastos:** Son dispositivos electromagnéticos, electrónicos o híbridos, los cuales limitan la corriente de las lámparas y cuando es necesario, la tensión y corriente de encendido.

- **Dispositivos de control:** Son dispositivos tales como apagadores, fotoceldas, controladores de tiempo, sensores de movimiento, etc. Para el control de los sistemas de iluminación.

2.4.4. Tipos de sistemas de iluminación de exteriores

Para la iluminación de exteriores se consideran sistemas que suplan las necesidades lumínicas específicamente en las noches, es común ver instalado este tipo de sistemas en: parqueaderos, calles, parques, jardines o cualquier lugar ubicado fuera de un inmueble. Estos se han clasificado de acuerdo al tipo de alumbrado que se establezca, teniendo diferencias en las soluciones y técnicas que se utilicen (Enríquez, 2017):

- Iluminación decorativa o arquitectónica
- Iluminación deportiva
- Iluminación de seguridad

Para la iluminación decorativa se debe tomar en consideración:

- Efectos del color
- Efectos de sombras y contrastes
- Ángulos de proyección
- Reflectancia de la superficie
- Brillos de alrededores

2.4.5. Instalaciones de alumbrado vial ambiental

De acuerdo a García, *et al.*, (2014) se refiere a alumbrados instalados en lugares peatonales, aceras, centros históricos y cualquier otro punto adyacente a las vías. Este tipo de alumbrado se ubica a bajas alturas entre 3-5 m. Deben cumplir con requisitos de eficiencia energética, independiente del tipo de lámpara que utilicen o su geometría

2.5. Tipos de lámparas

2.5.1. Lámparas LED

De acuerdo a Serrano Martínez, Guarddon y Santoloya (2015), las lámparas LED actualmente se han convertido en uno de los motores tecnológicos más competitivos

y con mayor proyección de futuro en el sector de la iluminación. Si la eficiencia energética se concibe como una técnica o metodología para el análisis y tratamiento de los problemas del creciente consumo, por ello se cree que el 75% de la iluminación estará basada en luces led para el año 2020.

En concordancia con Fillipo, Cano y Chávez (2010), el diseño del sistema con iluminación LED (Light Emitting Diode, o Diodo Emisor de Luz), al igual que la iluminación tradicional, debe considerar el desempeño, la calidad y la eficiencia lumínica de sus componentes, además de las especificaciones arquitectónicas propias de cada construcción, por lo tanto en el diseño de un sistema de iluminación usando tecnología LED se deben considerar principalmente las características de la construcción a iluminar y las necesidades del usuario final, puesto que se cometería un error al desarrollar un diseño basado en la potencia eléctrica que consume, o el flujo luminoso que produce, en este sentido es claro que una luminaria puede llegar a ser más eficiente en un sistema que en otro.

De acuerdo con González (2010), se conoce como LED a un dispositivo semiconductor –diodo– que emite luz al ser expuesto a una corriente eléctrica. El fenómeno se denomina electrolumiscencia y se caracteriza por tener bajo consumo eléctrico, ofrecer alto rendimiento luminoso y no contaminar el medio ambiente, ya que los dispositivos son reciclables y no dependen de compuestos químicos para producir luz, si bien los primeros LED emitían luces muy tenues –por lo que se hicieron conocidos como testigos de encendido en aparatos eléctricos– durante la última década han alcanzado altos niveles de eficiencia y han dado lugar a innumerables aplicaciones que sacan partido a sus ventajas comparativas. En el caso del uso doméstico, la tecnología LED promete reemplazar en el corto plazo a las tradicionales ampollitas incandescentes e incluso a las compactas fluorescentes de ahorro energético.

2.5.2. Lámparas incandescentes

La UNAM (2013) citada anteriormente menciona que en esta fuente luminosa, la luz se produce por calentamiento de un alambre o filamento que está construido generalmente de un elemento conocido como tungsteno, debido a su característica de fundirse a 3653, que alcanza la incandescencia debido a la circulación de corriente

a través de él. El filamento se encuentra en el interior de la lámpara, para evitar la oxidación del filamento, a potencias bajas se encuentra al vacío, mientras que a potencias más elevadas la lámpara esta rellena de nitrógeno, o nitrógeno más un gas noble (generalmente nitrógeno y argón). Las lámparas halógenas son una variante de las lámparas incandescentes; en estas lámparas el filamento está contenido dentro de una capsula de cuarzo, la que contiene un gas halógeno.

García y Boix (2010) menciona que la intensidad luminosa, el flujo luminoso y el rendimiento o eficiencia, forman los parámetros que sirven para definir a una lámpara incandescente, además de estas, existen otros que nos informan sobre la calidad de la reproducción de los colores y los parámetros de duración de las lámparas.

CAPÍTULO III DESARROLLO METODOLÓGICO

3.2. Ubicación

Este proyecto se llevó a cabo en las áreas verdes de la Carrera de Medio Ambiente del campus politécnico de la ESPAM “MFL” situado en el Sitio El Limón, Parroquia Calceta, Cantón Bolívar, Provincia de Manabí. La ubicación geográfica de la ESPAM “MFL” son las coordenadas 17 S 59083,4 9909018,3 UTM, con una altitud de 15msnm.



Figura 3.1. Ubicación de la presente investigación

Fuente: Google maps, 2019

3.3. Duración

El presente trabajo de titulación, tiene una duración de 9 meses

3.4. Métodos y técnicas

3.4.1. Métodos

Los métodos que se utilizaron para este proyecto son:

- Método analítico
- Método de Observación

3.4.2. Técnicas

Las técnicas que se utilizaran para este proyecto son:

- Muestreo punto a punto

3.5. Variables en estudio

3.5.1. Variable independiente

Sistema de iluminación fotovoltaica

3.5.2. Variable dependiente

Nivel de iluminación

3.6. Procedimientos

El procedimiento se desarrolla en base a los 3 objetivos específicos, el cual consta de 3 fases con sus respectivas actividades.

3.6.1. Fase I: Determinación del nivel de iluminación del área de recreación de la carrera de ingeniería ambiental

- **Actividad 1. Delimitar el área de estudio**

Se requirió de la participación de la mayor autoridad que se encargan del control de las actividades del sitio que, a partir de la observación, se llegó al establecimiento de los puntos destinados a la iluminación y análisis de los niveles de iluminación que son pertinentes en la instalación del sistema fotovoltaico. Fue necesario el uso de un GSP, para georreferenciar el lugar de interés.

- **Actividad 2. Medir los niveles de iluminación en las áreas establecidas**

Se tomaron mediciones con el uso de un luxómetro considerando los aspectos de importancia que enlista Crespo, Sánchez y Vásquez (2015) tomadas en el lugar designada a la investigación.

Como parte del proceso de medición se consideraron situaciones de importancias mencionadas por García, González y González (2014), quien explica que para la toma de datos la meteorología no debe ser influyente, es decir que debe ser en un tiempo seco, sin presencia de niebla o lloviznas.

3.6.2. Fase II. Diseño de un sistema de iluminación eficiente a nivel fotovoltaico

- **Actividad 3. Calcular los parámetros de diseño**

Para calcular la distancia entre el punto de colocación de la luminaria y el punto de interés (P), se basó en la función trigonométrica tangente, mediante el cual se logró obtener la distancia a la que se colocó la luminaria con la ecuación de:

$$\text{Tan } \alpha = \frac{r}{h} \quad [3.1]$$

La ecuación 3.1 determina la distancia entre la lámpara y el punto P. Conociendo que el ángulo de inclinación es 30°, y la altura de instalación es de 4 m, como sugieren Folguera y Muros, (2013)

$$d = \frac{h}{\text{Cos } \alpha} \quad [3.2]$$

La ecuación 3.2 señala la distancia entre la luminaria y el punto horizontal de interés, en donde:

α = Ángulo de la luminaria formada con la vertical.

h= Altura de la luminaria (m)

r= Distancia entre la lámpara y punto P (m)

d= Distancia entre la lámpara y el punto horizontal de interés

- **Actividad 4. Seleccionar la luminaria necesaria**

Basándose en los parámetros de altura que requiere un poste de iluminación, y los luxes necesarios para la iluminar el área requerida, se realizó la selección más adecuada de la luminaria, para posterior diseño e instalación.

- **Actividad 5. Considerar los factores físicos**

Se requirió del análisis de una serie de factores de importancia para la instalación fotovoltaica, que de acuerdo a la metodología que presenta Cardona (2017) se requiere de la observación de:

Recurso Solar

En el diseño es importante tener información real de irradiación solar que es posible presenciar en el lugar de la instalación del sistema, pudiendo obtener estos valores a través de tablas de radiación que son interpretadas en el programa como ARC GIS.

En la presente investigación se utilizó la información bibliográfica, complementada con el uso de Mapas de irradiación solar, utilizando el programa Arc Gis.

- **Actividad 6. Representar gráficamente el diseño de iluminación**

Se diseñó el sistema de iluminación en el programa AutoCAD versión 2017, con el objeto de obtener una guía gráfica que facilite la construcción de los sistemas de iluminación con sus respectivas dimensiones tales como: alturas de las estacas, radio de iluminación, distancia desde la fuente y diseño del sistema. (Valdiviezo, 2014)

3.6.3. Fase III: Demostración del funcionamiento del sistema fotovoltaico

- **Actividad 7. Instalar el sistema seleccionado**

Luego de recopilar los materiales del sistema, se realizó el ensamblaje de los mismos, de acuerdo al diseño que se estableció para el sistema de iluminación. Considerando parámetros de diseño necesarios.

- **Actividad 8. Medir el nivel de iluminación en los puntos considerados**

Con el uso de un luxómetro, se realizó la medición de los puntos 1,2 y 3. Para el cumplimiento de mencionada actividad, se requirió de un muestreo diario de una semana considerando los niveles de iluminación de acuerdo como lo se ha establecido Garrido y Trujillo, (2015) mediante un estudio de iluminación desarrollada en la empresa comercializadora internacional Verde Azul.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Fase I. Determinación del nivel de iluminación de las áreas de recreación de la carrera de ingeniería ambiental

Al analizar el área de la carrera de medio ambiente, se logró identificar las áreas de importancia para la aplicación del sistema de iluminación, considerando de interés para la presente investigación, dos puntos que abarcan tres bancas de descanso generalmente utilizado por los estudiantes, que se localizan en las coordenadas mostradas en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Identificación del área para la instalación fotovoltaica

Zona para la iluminación	Coordenadas
Áreas verdes de semestres inferiores	17 S 590608,7 9908408,5
Áreas verdes de semestres superiores	17 S 590647,5 9908421,7

Fuente: Alarcón y Cevallos, 2019

Se tomó como referencia para la toma de los datos, puntos de importancia como son las bancas que comúnmente los estudiantes utilizan; García, *et al.*, (2014) menciona que la toma de las medidas es necesario realizarlas en los sitios de mayor interés en un plano de trabajo de 0,80 a 0,90 m del sobre el nivel del suelo.

Tabla 4.2 Medidas de luminiscencia en el área

Puntos área	Medidas Lux
1	1,2
2	1,3
3	0,9
Promedio	1,13

Fuente: Alarcón y Cevallos, 2019

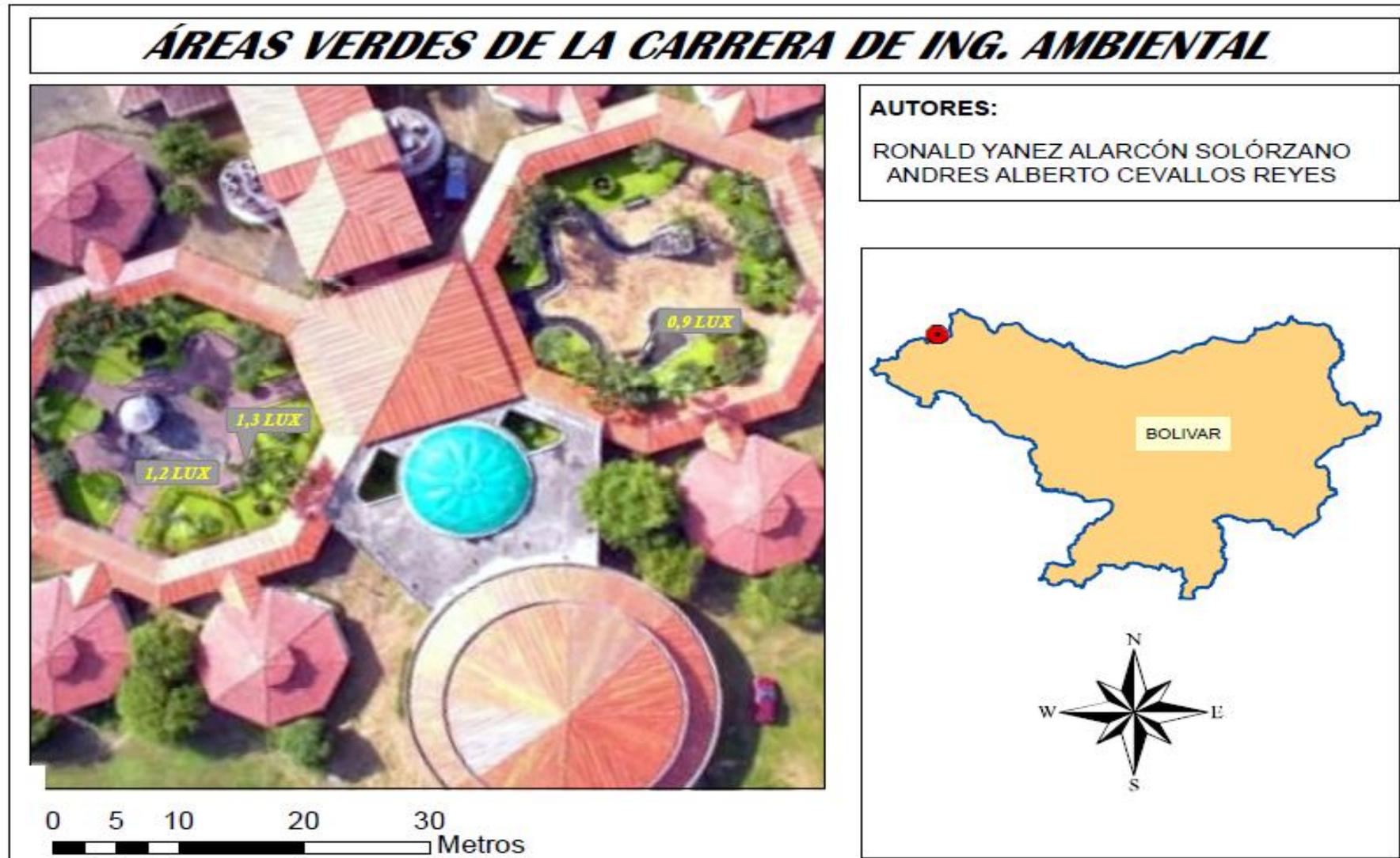


Figura 4.1. Puntos de interés para iluminación.
Fuente: Alarcón y Cevallos, 2019.

En la tabla 4.2 se visualiza que los niveles de iluminación muestran rangos bajos que 1,2; 1,3 y 0,9 lux, siendo 0,9 lux el más bajo en el punto 3, lo cual tomando como referencia lo que se establece en la NEC (Norma Ecuatoriana de la construcción), en el capítulo 12 de manejo de la eficiencia energética de construcción en Ecuador, en su tabla 13.A.5 identifica que los niveles correctos de iluminación para áreas de descanso y realización de actividades de lecturas, se encuentran mínimo en 20 lux. (Norma Oficial Mexicana / NOM, 2014).

En la figura 4.1, se identifican los puntos que son de importancia a iluminar, como son tres bancas, dos localizadas en un área del parque y la faltante en el área que se encuentra perpendicular a la primera área (figura 4.1.).

Es de importancia mencionar que el área para la iluminación de acuerdo a Harper (2007) se encuentra clasificada en las iluminaciones de exteriores donde contempla a parques, jardines, plazas y otras. Así mismo se define como alumbrado por proyección como iluminación decorativa.

4.2. Fase II. Diseñar un sistema de iluminación eficiente a nivel fotovoltaico

$$\text{Tan } 30 = \frac{r}{3,2}$$

$$r = 1,63 \text{ m}$$

$$d = \frac{h}{\text{Cos } \alpha}$$

$$d = \frac{3,2}{\text{Cos } 30}$$

$$d = 3,59 \text{ m}$$

$$d^2 = (3,59\text{m})^2$$

$$d^2 = 12,89 \text{ m}^2$$

La altura utilizada fue acorde al ancho del área como lo sugiere Gilberto (2007) donde define una altura de instalación en concordancia con el ancho del área que requiere iluminación; García, (2010) describe que el ángulo de apertura del haz mantiene una clasificación conforme su extensión, siendo las semi-intensivas con un ángulo entre

30° y 40°, cuando se establece un alumbrado directo como es el caso; Folguera y Muros, (2013) afirman que el ángulo recomendable es de 30° para que la iluminación a realizar sea de manera intensiva.

Tabla 4.3. Resumen de parámetros necesarios para la instalación del sistema

Parámetro	Resultado
Altura de la luminaria	4 m
Distancia entre la lámpara y el punto P	3,59 m
Distancia entre la lámpara y el punto horizontal	1,63 m
Flujo luminoso	4200- 5400 lum.
Nivel de iluminación requerida	20- 50 lux.

Fuente: Alarcón y Cevallos, 2019

La tabla 4.3, facilita la interpretación de los resultados, para ser considerados al momento de elegir el sistema de iluminación.

A partir de los parámetros que han sido calculados y otros que son requeridos para el sistema de iluminación, se realizó la selección de la luminaria; comprando el modelo que se encuentra en el ANEXO 1, que posee una intensidad luminosa de 4500 a 5500 lum, requerida para suplir las necesidades del lugar como son entre (20-50 lux).

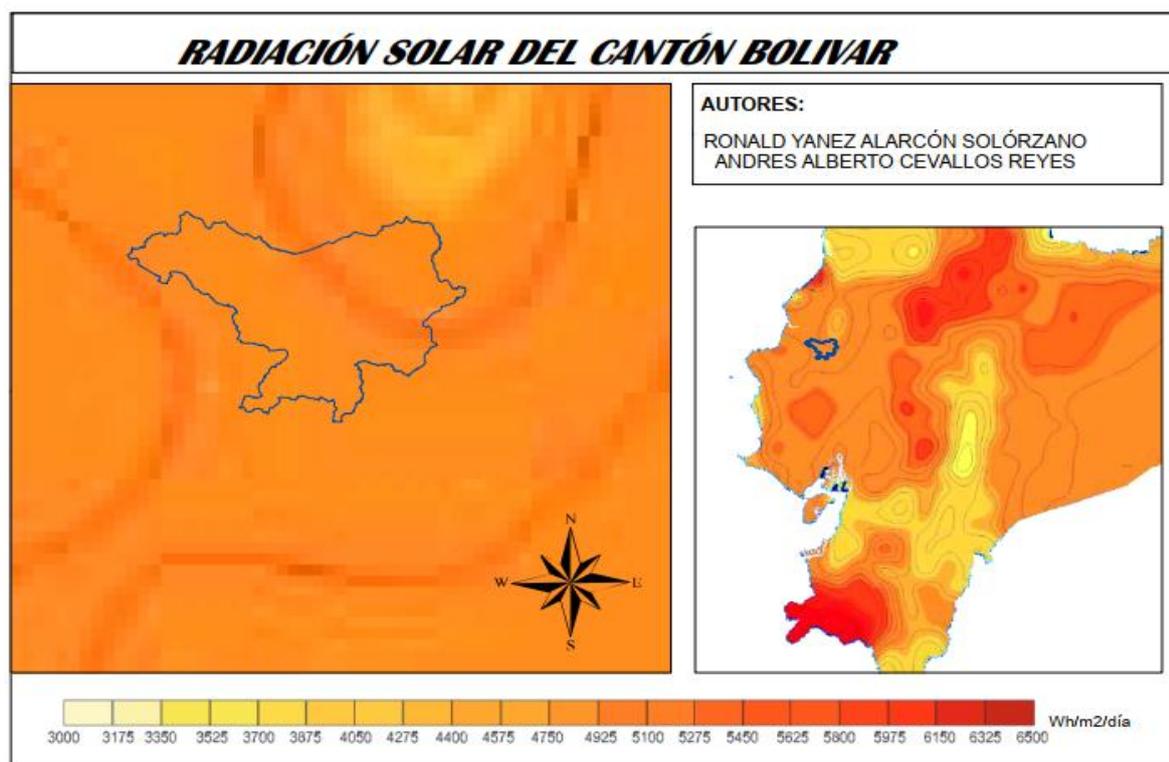


Figura 4.2. Radiación solar media en el cantón Bolívar

Fuente: Alarcón y Cevallos, 2019

A partir de la Figura 4.2. Se logró identificar la radiación media que generalmente llega al área donde se instalará el sistema fotovoltaico que, conforme a la escala, el área posee valores promedios de $4750 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$, que conforme lo mencionado por Valiente (2009) son apropiados para el abastecimiento de las horas sin luz, pudiendo suplir las necesidades de un hogar.

El análisis que facilitó la figura 4.2, permite establecer el diseño del sistema de iluminación, basado en el uso fotovoltaico aislado de acuerdo a las necesidades del área de interés (iluminación de un área de recreación), con utilización de las lámparas con luces LED, que se caracterizan por tener un consumo bajo y presto a los requerimientos del lugar. Méndez y Cuervo, (2007) menciona que la energía proporcionada por un sistema fotovoltaico aislado cubre con la demanda del área, que es utilizada principalmente en las primeras horas nocturnas.

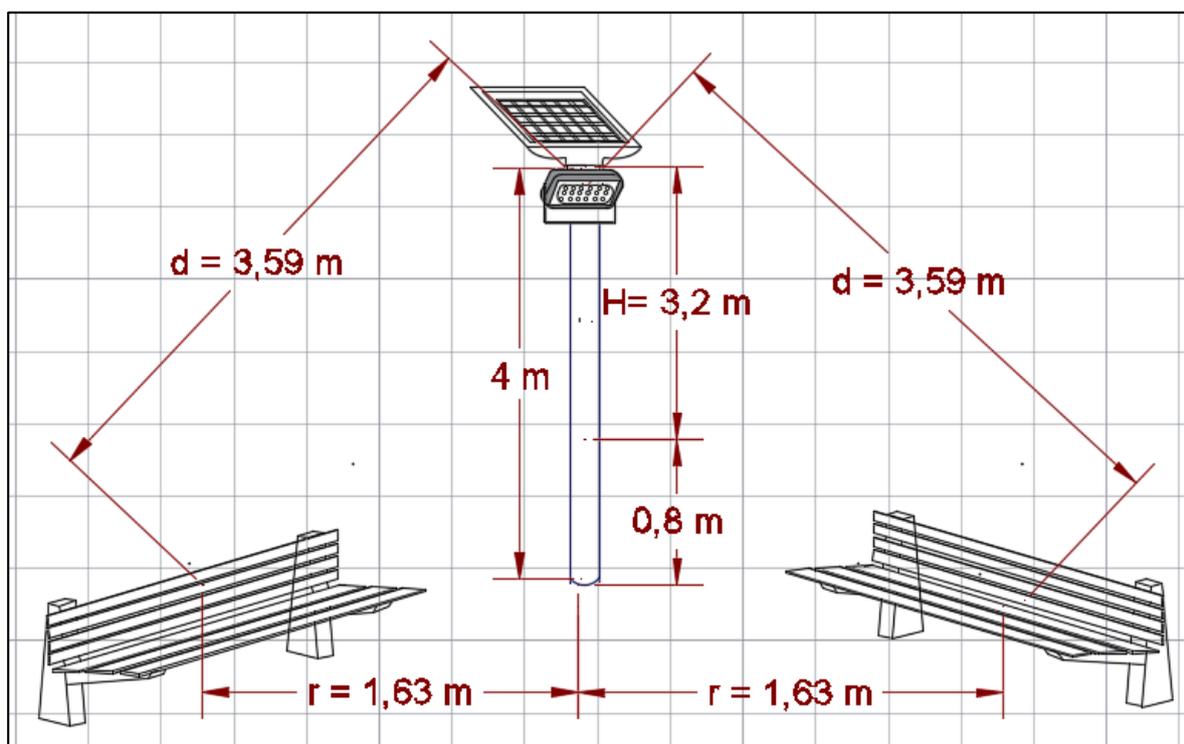


Figura 4.3. Proyección del sistema fotovoltaico necesario para iluminar. Punto 1.

Fuente: Alarcón y Cevallos, 2019

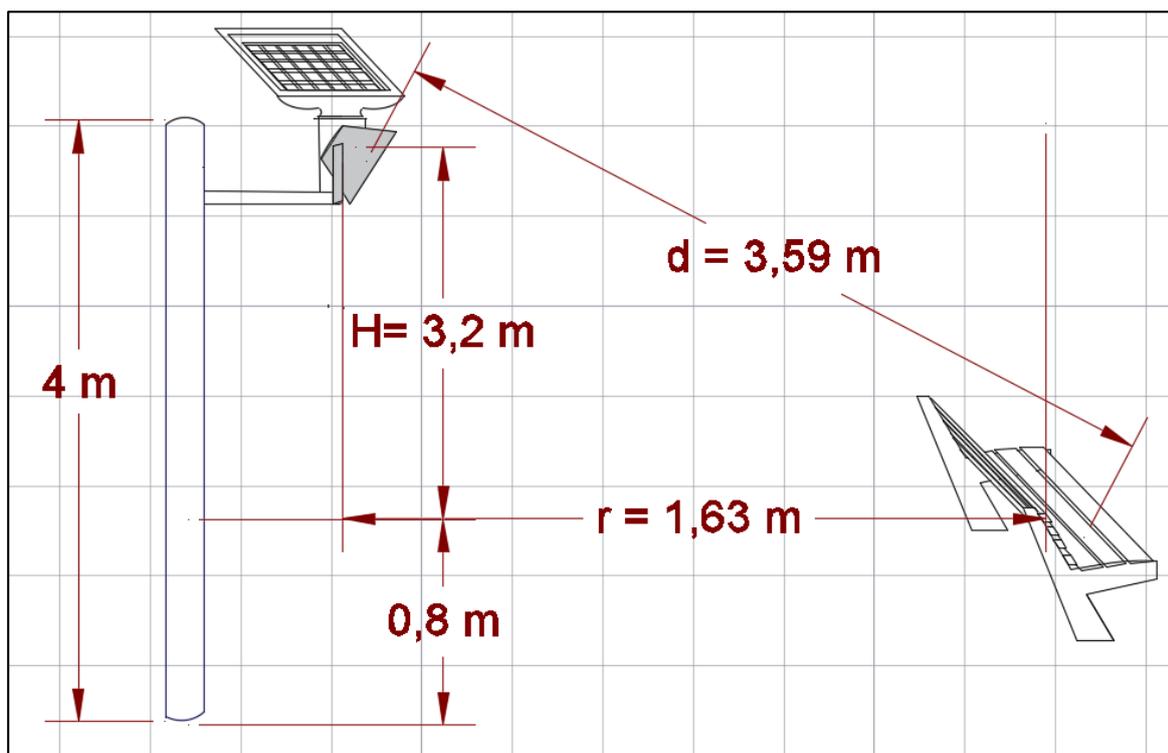


Figura 4.4. Proyección del sistema fotovoltaico necesario para iluminar. Punto 2.

Fuente: Alarcón y Cevallos, 2019

Basándose en la tabla 4.3 se diseñó el sistema de iluminación considerando los puntos de importancia (bancas), para lo cual fue necesario suponer en el diseño la distancia desde el punto de la lámpara hasta el punto medio de la banca, que necesitó de 1,63 m; el poste como dice la normativa se consideraron los 4 m de altura, mientras que la toma de la muestra, es decir la altura real desde el punto de emisión de la lámpara hasta la altura donde se tomaron los datos con el luxómetro fue de 3,2 m, donde se consideró los 0,8 m como menciona García, *et al.*, (2014).

4.3. Fase III. Comprobación del funcionamiento del sistema fotovoltaico

Para facilitar la instalación del sistema y cumplir con los niveles de iluminación requeridos en el tiempo estipulado, se utilizó una luminaria FloodLight 60 W (ANEXO 1), que se caracteriza por su control inteligente apropiada para la iluminación de senderos y corredores peatonales y parques que emite lúmenes de hasta 5400 lum; que requiere de un tiempo de carga de 6 horas (Technoval, 2018), lo cual de acuerdo a la figura 4.2 el lugar donde se ha instalado posee una radiación media de hasta 4750 Wh/m²/día, valores suficientes para suplir con las necesidades del lugar. Además, se instaló un poste de 4 metros de altura, a partir de donde fue ensamblada

la luminaria, de los cuales el que se ubicó en el área 1, considerando principalmente la ubicación de las dos bancas (figura 4.1.), y en el área 2 donde se encuentra una sola banca, se focaliza de manera directa considerando los valores de ubicación de la lámpara.

Tabla 4.4. Niveles de iluminación después de la instalación del sistema fotovoltaico

Puntos área	Medidas Lux
1	25,8
2	25,7
3	25,8
Promedio	25,75

Fuente: Alarcón y Cevallos, 2019

La tabla 4.4 muestra que los niveles promedio de iluminación alcanzados luego de la instalación del sistema corresponden a 25,8; 25,7 y 25,8 en los puntos 1, 2 y 3; los cuales son superiores a los niveles mínimos 20 lux, que luego de la aplicación del sistema mostraron un incremento notorio en los niveles de iluminación presentados en el área de interés, alcanzando los niveles necesarios. Las medias se obtuvieron del monitoreo realizado durante una semana, con tres tomas en el día (ANEXO 6).

Es posible evidenciar el impacto positivo que presentó la instalación de dicho sistema, visualizando en el ANEXO 3 la luminosidad del área antes y después, donde tiene alto nivel de carencia de iluminación respaldada en la tabla 4.2 encontrándose en esta plasmados los niveles de iluminación en luxes, tomadas a partir de un luxómetro.

Los valores que se presentan en la tabla 4.4; conformen lo mencionado por NEC, son considerados óptimos para la realización de cierto tipo de actividad en importantes puntos de confluencia en un parque. (Ballester, 2006) indica que a en parques es ideal la iluminación por puntos, presto que se requiere de entre 5-10 lux como intensidad mínima necesaria en paseos peatonales, senderos y otros.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se diagnosticó al área de estudio como un lugar con déficit de iluminación que imposibilita el buen aprovechamiento del mismo, ya que la cantidad de luz presente en los puntos considerados debe estar en un rango de 20-50 luxes, cuando solo se encontró una media de 1,1 luxes que se aleja mucho de lo recomendado.
- La instalación de luminarias FloodLight 60W con una intensidad luminosa de 4200-5400 lúmenes seleccionadas por su facilidad de mantenimiento suplen la necesidad de iluminación en el área de estudio.
- Se comprobó que luego de la instalación de los sistemas, los valores de iluminación se encuentran dentro del rango recomendado permitiendo de esta manera mejorar la calidad visual del lugar traduciéndose esto en bienestar para los usuarios que son en su mayoría estudiantes de la carrera de Turismo.

5.2. Recomendaciones

- Realizar una réplica de los sistemas instalados para suplir la necesidad de iluminación en todos los puntos con falta de luz.
- Tomar en cuenta al momento de comprar los sistemas de iluminación que las lámparas, reflectores o cualquier tipo de luminarias tengan la capacidad de emitir 5400 o más lúmenes, para obtener resultados que estén dentro del rango 20-50 luxes.
- Al momento de utilizar el luxómetro para realizar las mediciones verificar que la batería de este se encuentre en buenas condiciones para obtener valores confiables.
- Dar el debido mantenimiento a los sistemas de iluminación instalados, a partir del segundo año de uso.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, E. & Jaramillo, J .2010. Sistemas fotovoltaicos para iluminación: sistemas de iluminación en 12V. (En línea). Consultado el 16 de ene. 2018. Formato PDF. Disponible en: <https://www.utpl.edu.ec/>
- Arencibia-Carballo, G. 2016. La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 17 (9), 1-4.
- Arrieta, M., Olmos, I., Izquierdo, J., y Álvarez, R. Diseño de prototipo de sistema solar fotovoltaico optimizando el ángulo de inclinación de los paneles solares. PROSPECTIVA, vol. 10, núm. 1, enero-junio, 2012, pp. 97-107
- Ballester, J. 2006. Iluminación artificial de las zonas verdes. Rufino, Madrid. Hojas divulgadoras. Núm. 2121 HD. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación.
- Beltrán, J. y Merchán, C. 2013. Niveles de iluminación y su relación con los posibles efectos visuales en los empleados de una IPS de Bogotá. COL. Revista Iberoamericana. Vol.7 N° 1. p 1.
- Cardona, C. 2017. Metodología de diseño para instalaciones solares residenciales en la ciudad de Medellín. Medellín, CO. Previo al título de Magister en ingeniería-sistema energético. Universidad Nacional de Colombia.
- Crespo, M., Sánchez, L. y Vásquez, C. 2015. Guía para el manejo de instrumentos de medición utilizados en las auditorías energéticas. República Bolivariana de Venezuela. Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica. 68 pp.
- Energy Information Administration (EIA). 2017. Internarional Energy Stadistics. <https://www.eia.gov>
- Enríquez, G. 2017. Manual práctico del alumbrado. Mex. Editorial Limusa, S.A. pp 258
- Estrada, C. 2013. Transición energética, energías renovables y energía solar de potencia. Instituto de energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México. Temixco, Morelos, MX. Revista Mexicana de Física, 59 (2), 75-84.

- Fernández, J. 2009. Caracterización de módulos fotovoltaicos con dispositivo portátil. (En línea). Consultado el 15 de ene. 2018. Formato PDF. Disponible en: <https://e-archivo.uc3m.es>
- Fillipo, V., Cano, H., Chávez, J. 2010. Aplicaciones de Iluminación con LEDs. Pereira, COL. Scientia Et Technica. Vol. XVI. Núm, 45. p 18.
- Folguera, E. y Muros, A. 2013. La iluminación artificial es arquitectura. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona, ES. 283 p.
- Galarza, G., Gordillo, C. y Rivera, C. 2012. Implementación de energía solar y estudio de la energía eólica en puerto roma. (En línea). Universidad Politécnica Salesiana. Tesis previa obtención del título de Ingeniero Eléctrico. Guayaquil, EC.
- García, F. y Boix, O. 2010. Lámparas incandescentes. (En línea). Formato HTML. Consultado el 18 ene. 2018. EC. Disponible en: <http://recursos.citcea.upc.edu>
- García, I. 2014. Luminotecnia. Cálculo de iluminación según el método de Lumen. Zacatenco, Mx. Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Departamento de Ingeniería Eléctrica.
- García, J. 2010. Instalaciones eléctricas en media y baja tensión. Madrid, ES. Editado por Paraninfo, S.A. 6ta Ed. 421 pp.
- García, V., González, J. y González, J. (2014). Eficiencia energética en las instalaciones de iluminación interior y alumbrado exterior. ENAC108. Antequera, Málaga. 1ra ED. Editorial IC.
- Garrido, A. y Trujillo, Y. 2015. Estudio de iluminación de los puestos de trabajo administrativos de la empresa comercializadora internacional Verde Azul S.A.S. Bogotá, CO. Universidad Distrital Francisco José De Caldas.
- Gilberto, E. 2007. Manual práctico de alumbrado. Balderas, Mex. EDI. LIMUSA, S.A. de Grupos NORIEGA EDITORES. 286 p.
- González, P. 2010. Dossier técnico ARQ. Especial Iluminación, LED para uso doméstico. Santiago, CH. Revista Scielo. vol 3, N° 76, p 97.
- Grass, Y., Castadeña, M., Pérez, G., Berenguer, M., Rosell, C. 2017. La Iluminación Como Agente Físico Negativo En Un Servicio Estomatológico. Santiago De Cuba, CU. MEDISAN. Rev. Scielo, vol 21, num. 3. p 27.
- Harper, E. 2007. Manual práctico del alumbrado. México. Ed LIMUSA. Grupo Noriega ED. 285 pp.

- Henríquez, CH, 2003. Regulador de panel solar - batería - carga con microcontrolador pic. (En línea). Formato PDF. Consultado el 21 ene. 2018. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe>
- Iglesias, S. 2011. Guía de impacto ambiental para centrales hidroeléctricas. Universidad Tecnológica de Pereira. Programa de Tecnología eléctrica Pereira. 55 pp.
- Isaza, G. y Ospino, V. 2016. Manual de implementación de energía solar fotovoltaica en viviendas. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería.
- Jaramillo, J. Alvarado, E. 2012. Sistemas fotovoltaicos para iluminación: sistemas de iluminación en 12V. Loja, EC. Revista de la UTPL. Vol. 1. p 4.
- La Hora, 2013. Ecuador Consume. Consultado en línea. Formato PDF. Consultado el 22 de octubre de 2017. Disponible en <https://lahora.com.ec>
- Norma Mexicana para la correcta iluminación de los sitios de trabajo /NOM). 2014. La NOM 025-STPS-2008 rige los lineamientos básicos para la iluminación de sitios de trabajo. ¿Cómo está iluminado tu entorno laboral? Rev. De iluminación iluminet. Secretaría del trabajo.
- Méndez, J. y Cuervo, R. 2007. Energía Solar Fotovoltaica. Madrid, ES. Editorial Fundación Confemetal. 2da Ed.
- Moreno, J. y Romero, M. 2010. Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de Alumbrado Exterior. Y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a OrmeaEA-07. Madrid, ES. Edi. Paraninfo, S.A., 1ra ED.
- Robles, A. 2010. Modelo de Gestión comercial de energía eléctrica en el Ecuador. Tesis previa a la obtención del título de Magister en Gestión y dirección de Empresas "MBA", Mención en Marketing. Universidad de Cuenca. 85 p.
- Rodríguez, M., Vázquez, A., Saltos, W. y Josnier, R. 2017. El potencial solar y la generación distribuida en la provincia de Manabí en el Ecuador. Rev. RIEMAT. Vol. 2, núm. 2, art. 7.
- Sánchez, J. Investigación de los factores incidentes en la eficiencia energética y mantenibilidad de los sistemas de iluminación interior de edificios. Ed. Área de Innovación y Desarrollo, S.L. 1ra ED. 183 pp.

- Santamaría, G, y Castejón, A, 2010. Instalaciones solares fotovoltaicas. Electricidad y electrónica. (En línea). Consultado el 16 de ene. 2018. Editorial. Editex. Disponible en <https://books.google.com.ec>
- Santillán, A, 2016. Estudio de la incorporación de baterías en sistemas fotovoltaicos. (En línea). Formato PDF. Consultado el 21 ene. 2018. Disponible en: <http://diposit.ub.edu>
- Serrano, A., Martínez, A., Guarddon, O. y Santoloya, J. 2015. Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso. ES Medellín. Revista DYNA. Vol. 82 no.191. p 5.
- SNPD (Secretaría Nacional de Plan y Desarrollo) 2017. Objetivo 7 del Plan Nacional del Buen Vivir, (En línea). Consultado el 27 de oct. 2017. EC. Formato PDF. Disponible en: <http://www.buenvivir.gob.ec>
- Technoval. 2018. LOTUSLIGHT 1.0. Ficha técnica. (En línea). Formato HTML. Disponible en <https://technovasol.com>
- UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 2013. Sistemas de Iluminación. (En línea). Formato PDF. Consultado el 18 ene. 2018. EC. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx>
- Uribeondo, P. y Muguza, C. 2013. Evaluación ambiental. Madrid, ES. Universidad Nacional de Educación a distancia.
- Valdiviezo, P. 2014. Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP. Lima, Perú. Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico. Pontificia Universidad Católica de Perú.
- Valiente, F. 2009. Software de cálculo de instalaciones fotovoltaicas. Leganés, ES. Universidad Carlos III de Madrid. Escuela Politécnica Superior. 45 pp.
- Vanegas, M., Villicaña, E. y Arrieta L. 2015. Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de La Guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica. Rev. Scielo. Prospect, Vol. 13, Núm. 2, pág. 54-63.
- Vanilla, 2010. Instalaciones solares fotovoltaicas. Consultado en línea. Formato LIBRO. Consultado el 22 de octubre de 2017. Disponible en: <https://books.google.com.ec>
- Zapata, C., Zuluaga, M. y Dyner, I. 2005. Fuentes alternativas de generación de energía, incentivos y mandatos regulatorios: Una aproximación teórica al caso colombiano. (En línea). Rev. Energética. Núm. 34, p. 55-63.

ANEXOS

ANEXO 1. Detalles de la luminaria



Nichia



Modelo: BCT - DFL

Introducción

Utilizado para alumbrado en accesos, iluminación para escenarios, ornamental, vallas publicitarias, fachadas o murales exteriores. Son fáciles de instalar ya que no requieren el uso de cables ni elaboración de sanjas para cableado. 100% solares. 25 años de vida útil. No necesitan mantenimiento.



Parámetros

	FloodLight 60w	
Panel Solar	5v / 35w	
Potencia de la lámpara	Solar, 60w/ NICHIA LED	
Lúmenes	4200 a 5400 Lm	
Equivalencia (luz incandescente)	480w	
Batería	3.2v / 26AH LiFePO4	
Color	Luz cálida blanca de 3500k / Luz blanca de 6500k	
CRI	Ra > 80	
Tiempo de carga	6 hrs	
Material del cuerpo	Aleación de aluminio	Acero Galvanizado pintado
Pantalla de la lámpara	Plástico	Vidrio templado
Autonomía	4 horas al 100%, el resto de la noche con control inteligente. Nunca se apaga a pesar del mal tiempo.	
Medio de instalación	Instalación en poste, pared o piso	
Tiempo de vida de la batería	50000 horas (8 a 12 años)	
Tiempo de vida del panel solar	25 años	

Imágenes



ANEXO 2. Instalación del sistema fotovoltaico

Foto 1. Ensamblaje de la base del panel



Foto 2. Instalación de la base del panel

ANEXO 3. Iluminación antes y después de la instalación fotovoltaica en un punto establecido

Foto 1. Puntos 1 y 2 antes de la instalación del sistema



Foto 2. Puntos 1 y 2 después de la instalación del sistema



Foto 3. Punto 3 antes de la instalación del sistema



Foto 4. Punto 3 después de la instalación del sistema

ANEXO 4. Medición de los niveles de iluminación con luminarias instaladas**Foto 1.** Empleo del luxómetro

ANEXO 5. Valores de mediciones en luxes de los puntos de interés

Mediciones en luxes				
Puntos de interés	Días	19H00	21H00	23H00
1	Lunes	24,5	24,8	25,1
	Martes	28,2	27,7	27,8
	Miércoles	27,5	25,2	25,7
	Jueves	26,3	25,7	25,9
	Viernes	24,4	23,1	25,2
	Promedio total			
2	Lunes	23,4	24,1	24,6
	Martes	24,5	26,1	25,2
	Miércoles	25,6	27,5	27,4
	Jueves	27,1	26,7	25,9
	Viernes	25,9	26,1	25,4
	Promedio total			
3	Lunes	24,8	23,7	24,5
	Martes	25,1	25,8	24,9
	Miércoles	26,3	26,7	26,7
	Jueves	27,1	26,9	26,6
	Viernes	25,9	25,9	25,5
	Promedio total			

Tabla 1. Promedios de luxes en los puntos 1, 2 y 3

ANEXO 6. Comprobación del sistema fotovoltaico



Foto 1. Lector haciendo uso del espacio iluminado

ANEXO 7. Encuesta dirigida a estudiantes de la carrera de Turismo para el diagnóstico de las necesidades de los estudiantes que transitan las áreas verdes.

Sexo: M___ F___

Edad: _____

- 1) ¿Con que frecuencia usted hace uso de las áreas verdes de la carrera?

Muy frecuentemente	Frecuentemente	Ocasionalmente	Raramente	Nunca

- 2) ¿Cuánto tiempo permanece usted en las áreas verdes de la carrera?

< a 5 min	De 5 a 10 min	De 10 a 20 min	De 10 a 30 min	> a 30 min

- 3) ¿Cree usted que en las áreas verdes de la carrera se debería implementar un sistema de iluminación a nivel fotovoltaico para la iluminación del lugar?

Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Indeciso	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo

- 4) ¿De las siguientes opciones indique cual es la actividad que usted desarrolla en las áreas verdes de la carrera?

Recreación	Descanso	Alimentación	Estudiar	No utiliza el área

- 5) ¿Cuán importante cree usted que sea la implementación de un sistema de iluminación para que aumente la concurrencia de los estudiantes en las áreas verdes de la carrera?

Muy importante	Importante	Moderadamente importante	De poca importancia	Sin importancia

6) ¿De las siguientes opciones especificar cuál de las carencias que existen en las áreas verdes de la carrera, es la que tiene más importancia y que debe ser atendida de manera inmediata?

1. Funcionamiento de la cascada
2. Ausencia de iluminación en las áreas verdes
3. Iluminación en la glorieta
4. Recuperación de la estación de carga solar
5. Otra ¿Cuál? _____

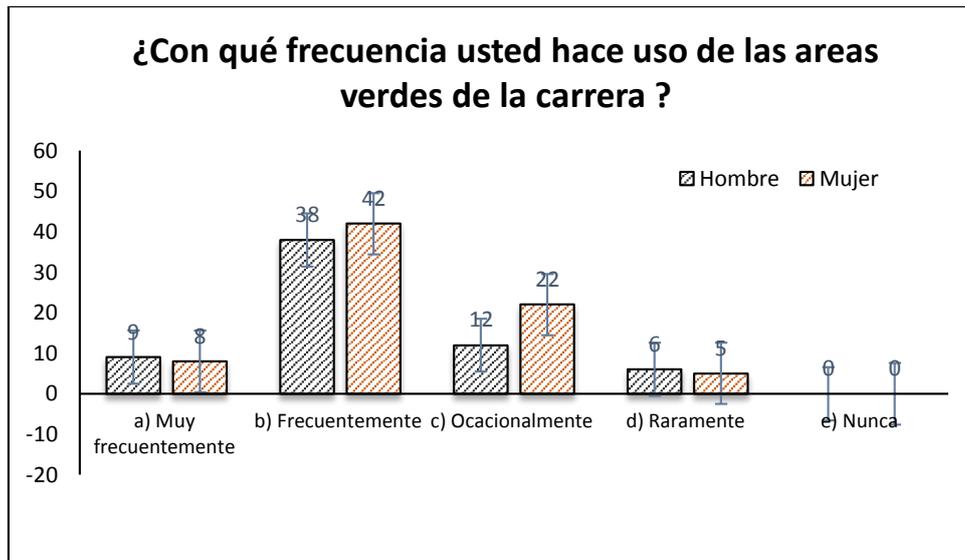
7) ¿Qué tipo de luz cree usted que se debe utilizar en el sistema de iluminación?

Luz LED	Luz Incandescentes
Características: -Reduce un 80% las emisiones de CO2 -Dura hasta 45.000 horas de uso. -Resisten temperaturas extremas.	Características: -Menos vida útil -Aumenta las emisiones de CO2 -Bajo rendimiento

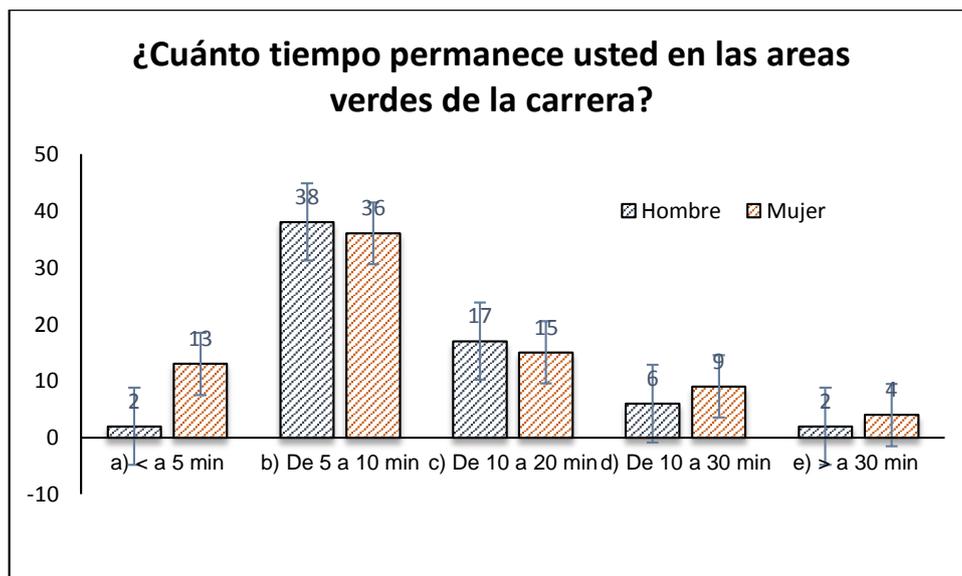
8) ¿Cree usted importante que la carrera de Ingeniería Ambiental de buen ejemplo sobre el uso de energías renovables?

Muy importante	Importante	Moderadamente importante	De poca importancia	Sin importancia

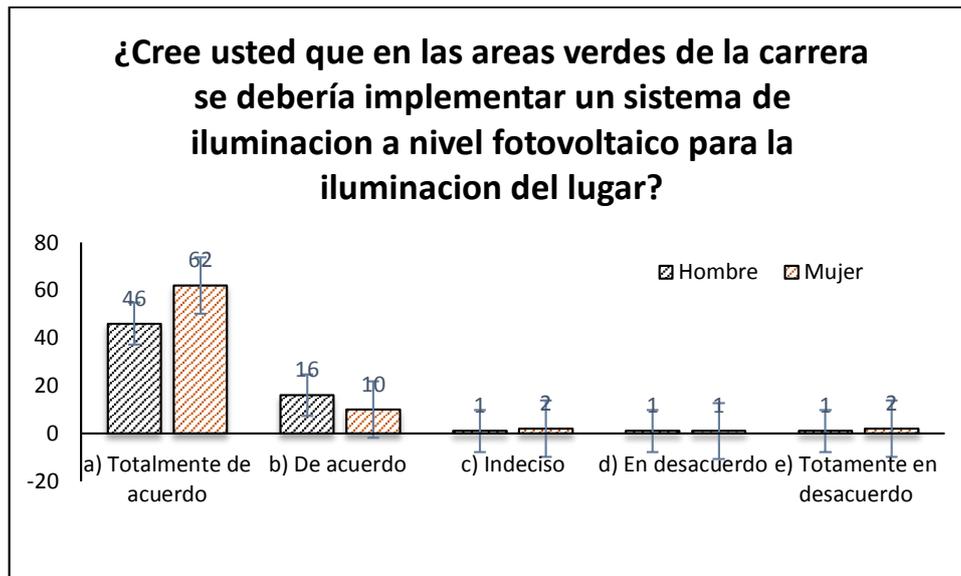
ANEXO 8. Resultado de la encuesta realizada antes de la instalación del sistema fotovoltaico.



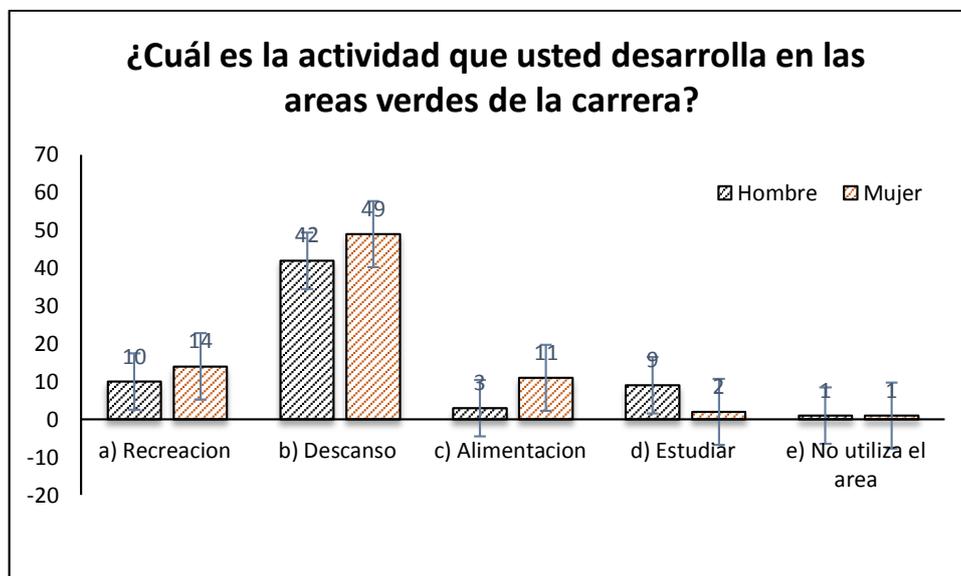
Cuadro 1. Resultados de la pregunta 1 de la encuesta



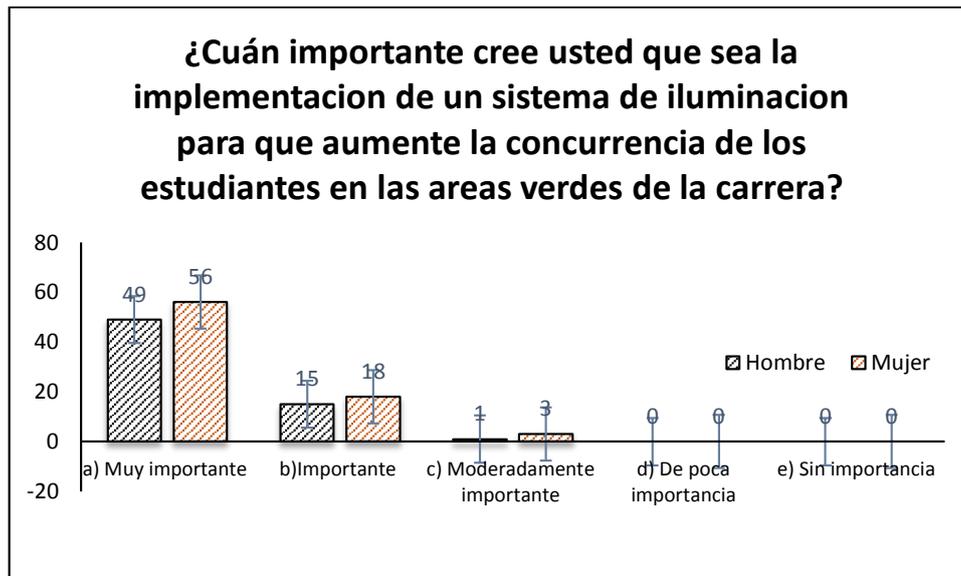
Cuadro 2. Resultados de la pregunta 2 de la encuesta



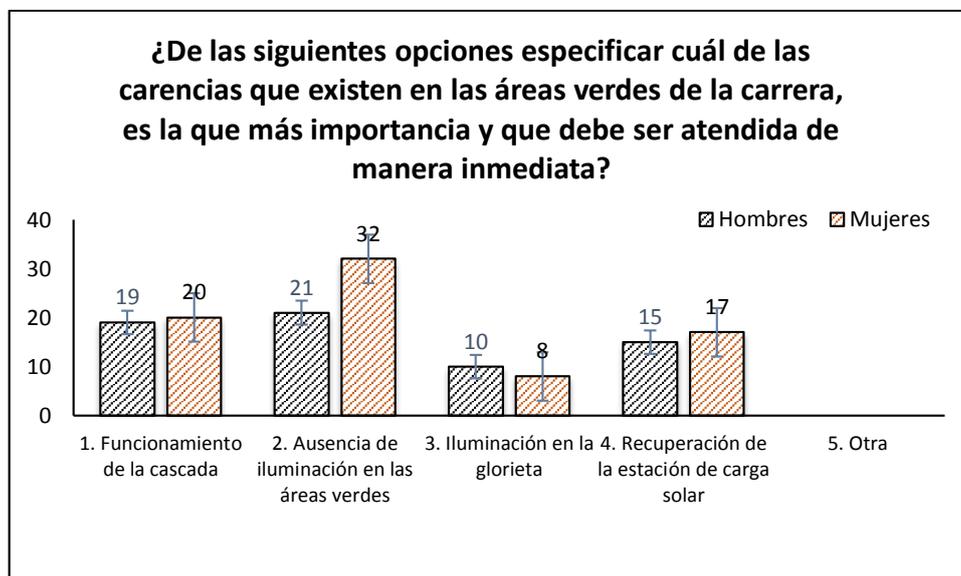
Cuadro 3. Resultados de la pregunta 3 de la encuesta



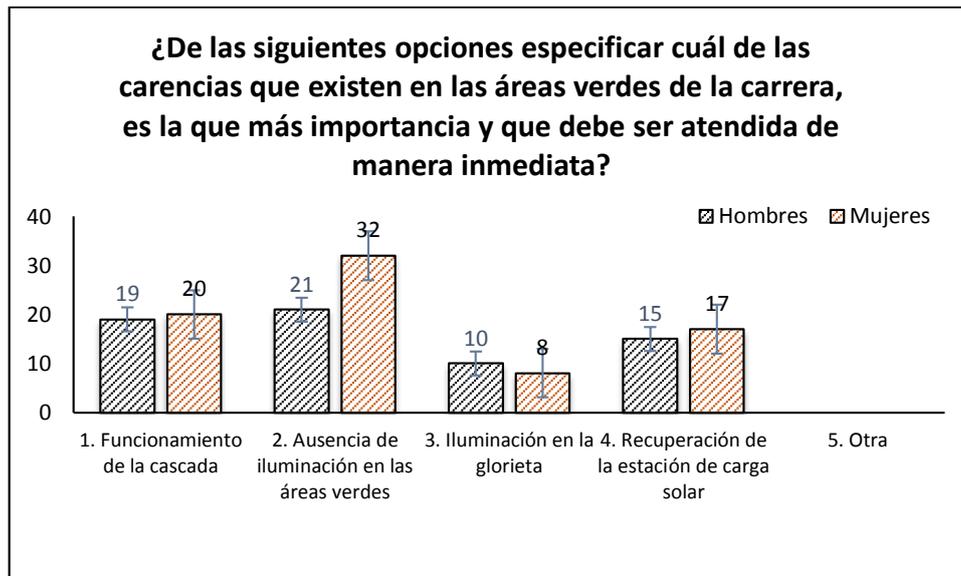
Cuadro 4. Resultados de la pregunta 4 de la encuesta



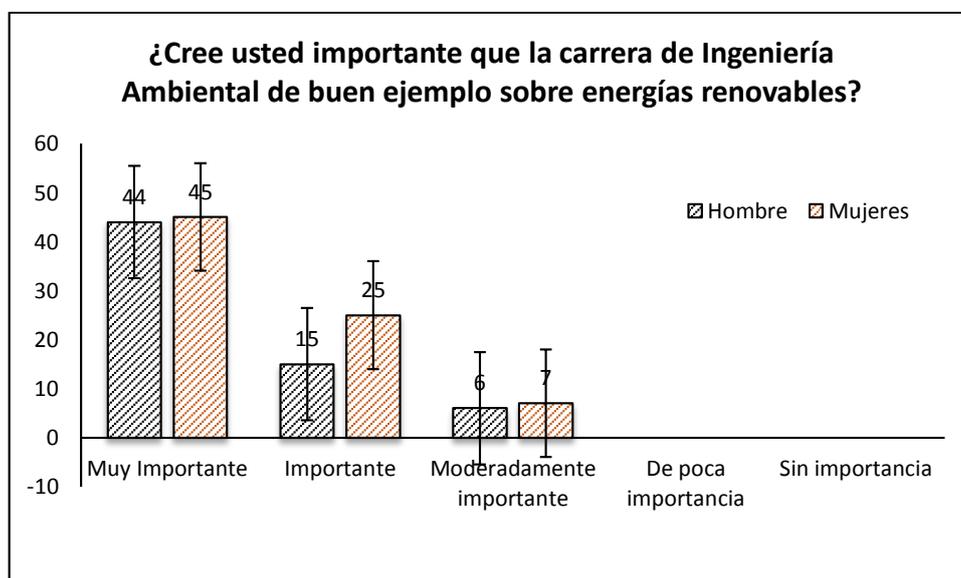
Cuadro 5. Resultados de la pregunta 5 de la encuesta



Cuadro 6. Resultados de la pregunta 6 de la encuesta



Cuadro 7. Resultados de la pregunta 7 de la encuesta



Cuadro 8. Resultados de la pregunta 8 de la encuesta