



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

TEMA:

Estudio y diseño de un sistema de iluminación autónomo para el tramo desde el kilómetro 24 (peaje) – kilómetro 48 (Cerecita) en la autopista Guayaquil – Salinas, utilizando energía solar.

AUTOR:

Galán Soriano, Jairo Enrique

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TUTOR:

Romero Rosero, Carlos Bolívar

Guayaquil, Ecuador

13 de septiembre del 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.
Galán Soriano, Jairo Enrique como requerimiento para la obtención del
título de **INGENIERO EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO.**

Romero Rosero, Carlos Bolívar
TUTOR

Heras Sánchez, Miguel Armando
DIRECTOR DE CARRERA

Guayaquil, a los 13 días del mes de septiembre del año 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Galán Soriano, Jairo Enrique**

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación “**Estudio y diseño de un sistema de iluminación autónomo para el tramo desde el kilómetro 24 (peaje) – kilómetro 48 (Cerecita) en la autopista Guayaquil – Salinas, utilizando energía solar.**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Electrónica en Control y Automatismo**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 13 días del mes de septiembre del año 2017

EL AUTOR

Galán Soriano, Jairo Enrique



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

AUTORIZACIÓN

Yo, **Galán Soriano, Jairo Enrique**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Estudio y diseño de un sistema de iluminación autónomo para el tramo desde el kilómetro 24 (peaje) – kilómetro 48 (Cerecita) en la autopista Guayaquil – Salinas, utilizando energía solar.**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 13 días del mes de septiembre del año 2017

EL AUTOR

Galán Soriano, Jairo Enrique

REPORTE DE URKUND

URKUND

Documento: [TT-Jairo Galán-02-09-17-revisado.docx](#) (D30345326)

Presentado: 2017-09-02 14:01 (-05:00)

Presentado por: Carlos Bolívar Romero Rosero (carlos.romero@cu.ucsg.edu.ec)

Recibido: edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje: [TT-A-2017-JG] [Mostrar el mensaje completo](#)

4% de estas 19 páginas, se componen de texto presente en 4 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	TESIS final.docx
	2016-07-05 Douglas Vladimir Montalvo Ureta.docx
	TESIS ILUMINACIÓN LED - ARTURO ANDRADE.docx
	http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/orte_069.pdf
Fuentes alternativas	
La fuente no se usa	

0 Advertencias. Reiniciar. Exportar. Compartir.

TEMA: Estudio y diseño de un sistema de iluminación autónomo para el tramo desde el kilómetro 24 (peaje) - kilómetro 48 (Cerecita) en la autopista Guayaquil - Salinas, utilizando

energía solar.

AUTOR: Galán Soñano, Jairo Enrique

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TUTOR: ING. CARLOS ROMERO ROSERO,

Guayaquil, Ecuador

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primero a Dios por darme la vida y el conocimiento para poder realizar este proyecto, así como también a mi familia esposa, madre y abuelitos quienes fueron y serán siempre mis pilares para mantenerme firme culminar esta etapa de mi vida, así como también del personal docente que con su guía pudo direccionarme y prepararme para en mi carrera como profesional.

EL AUTOR

Galán Soriano, Jairo Enrique

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todo lo que ha dado, así como a mis padres y abuelitos que han estado ahí cuando más los he necesitado brindándome su apoyo, a mi esposa e hijo quienes son la razón de mantenerme perseverante en esta etapa.

A mi personal docente por las enseñanzas inculcadas y en confiar su tiempo y sapiencias para formarme profesionalmente. Compañeros y amigos con los que nos relacionamos y apoyamos en durante todo el lapso de la carrera.

EL AUTOR

Galán Soriano, Jairo Enrique



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

HERAS SANCHEZ, MIGUEL ARMANDO
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO
COORDINADOR DE ÁREA

f. _____

ALVARADO BUSTAMANTE, JIMMY SALVADOR
OPONENTE

Índice General

Índice de Figuras	XI
Índice de Tablas.....	XIII
Resumen	XIV
Abstract.....	XV
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	16
1.1. Introducción.....	16
1.2. Hecho científico.....	16
1.3. Antecedentes.	17
1.4. Justificación del Problema.....	17
1.5. Definición del Problema.....	18
1.6. Objetivos del Problema de Investigación.....	18
1.5.1. Objetivo General.....	18
1.5.2. Objetivos Específicos.	18
1.7. Hipótesis.....	18
1.8. Metodología de Investigación.....	19
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	20
2.1. Energía solar.....	20
2.1. 1 Radiación solar.	20
2.1. 2 Radiación directa.	21
2.1. 3 Radiación difusa.	21
2.2. Mapa solar del Ecuador.....	22
2.3. Radiación solar en el Ecuador.....	23
2.4. Los Sistemas fotovoltaicos Autónomos.....	26
2.5. Sistema fotovoltaico.	27
2.4.1 Celda fotovoltaica	29
2.6. El grupo fotovoltaico.....	30
2.7. Componentes fotovoltaicos en sistemas autónomos	31
2.7. 1 Módulos fotovoltaicos.....	31
2.7. 2 Reguladores de carga.....	32
2.7. 3 Baterías o Acumuladores.....	32
2.7. 4 Convertidores DC/DC.	32

2.7. 5 Inversores.	32
2.8. Electrificación rural con Sistemas fotovoltaicos autónomos.	33
2.9. Aerogenerador.	34
2.10. Banco de Baterías	35
2.11. Electrónica de Potencia.	37
2.12. Sistema de instalación solar fotovoltaica.	38
2.13. Características para un sistema de iluminación vial.	39
2.14. Normas oficiales para la Iluminación de vías en el Ecuador.	42
CAPÍTULO 3: ANALISIS PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACION AUTONOMO.	44
3.1. Estudios de fuentes de energía del sector.	44
3.1. 1 Energía de la red pública.	45
3.1. 2 Energía eólica.	46
3.1. 3 Energía solar.	49
3.2. Descripción general del sistema de iluminación.	53
3.2. 1 Diseño del proyecto.	53
3.2. 2 Características de los componentes.	54
3.2.2. 1 Sistema de alimentación fotovoltaica.	54
3.2.2. 2 Sistema de iluminación LED.	55
3.2.2. 3 Sistema de almacenamiento.	57
3.2.2. 4 Sistema de regulación y control.	59
3.2.2. 5 Sistema de sensado.	60
3.3. Diagrama de flujo.	61
3.4. Funciones del sistema de iluminación.	61
3.5. Análisis de factibilidad.	62
3.5. 1 Factibilidad técnica.	62
3.5. 2 Factibilidad económica.	62
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	64
4.1. Conclusiones.	64
4.2. Recomendaciones.	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	66

Índice de Figuras

Capítulo 2

Figura 2. 1: Ejemplo de mapa de radiación solar.	20
Figura 2. 2: Ejemplo de mapa de radiación solar.	22
Figura 2. 3: Mapa de radiación solar del Ecuador.	23
Figura 2. 4: Sistema solar Autónomo.....	27
Figura 2. 5: Sistema solar conectado con red.	28
Figura 2. 6: Celda fotovoltaica.	29
Figura 2. 7: Proyecto planta fotovoltaica Salinas de Ibarra.....	30
Figura 2. 8: Componentes de un sistema fotovoltaico.	31
Figura 2. 9: Sistema de iluminación con paneles solares.	33
Figura 2. 10: Tipos de aerogeneradores.	35
Figura 2. 11: Tipos de batería de ciclo profundo.....	36
Figura 2. 12: Cuadro de vida útil de baterías de ciclo profundo	37
Figura 2. 13: Paneles solares en campo.....	38

Capítulo 3

Figura 3. 1: Vía Guayaquil – Salinas Kilómetro 41.....	44
Figura 3. 2: Red eléctrica en vía Guayaquil – Salinas kilómetro 35.	45
Figura 3. 3: Parque eólico Villonaco.....	47
Figura 3. 4: Potencial eólico bruto	48
Figura 3. 5: Niveles de insolación.....	49
Figura 3. 6: Histograma de frecuencia de niveles de insolación en un mes .	50
Figura 3. 7: Mapa de insolación global promedio	51
Figura 3. 8: Radiación solar de Guayaquil	52
Figura 3. 9: Energía solar en Langley (Ly).....	52
Figura 3. 10: Panel solar modelo BR-M180W.....	54
Figura 3. 11: Lámpara LED de 100W.	56
Figura 3. 12: Grafico comparativo por entrega de lúmenes.	57
Figura 3. 13: Características de batería de 150Ah de gel.....	58
Figura 3. 14: Curva de profundidad de descarga de una batería.....	59

Figura 3. 15: Controlador solar.	60
Figura 3. 16: a. Sensor de luz y b. sensor radar de microondas.....	61
Figura 3. 17: Diagrama de flujo.....	61

Índice de Tablas

Capítulo 2

Tabla 2. 1 Clases de iluminación para vías vehiculares	39
Tabla 2. 2 Diferenciación en las clases de iluminación, complejidad de circulación y vigilancia del tráfico.....	40
Tabla 2. 3: Eficacia mínima para las lámparas de sodio a alta presión.	41
Tabla 2. 4: Disposición de lámparas según su clase.	41

Capítulo 3

Tabla 3. 1 Especificaciones de panel solar BR-M180W	55
Tabla 3. 2 comparativo de lámparas	56
Tabla 3. 3 Costo Unitario de iluminarias.....	63

Resumen

Es de conocimiento público la falta de iluminación en la vía a la costa, lo cual hace que este trabajo se enfoque en las variables y causas que han hecho que esta esta vía no constate en la totalidad de su extensión de este servicio público siendo una vía de alto flujo vehicular. La iluminación en carreteras de este tipo es esencial por cómo están conformadas y su nivel de afluencia; cuatro carriles, parterres centrales arborizados y ciclo vía es lo que configura la vía a analizar. En el capítulo uno trataremos el análisis de la problemática existente en el sector a estudiar; los objetivos que se quiere obtener al finalizar la tesis y la metodología a utilizarse. El capítulo dos trata de dar a conocer términos, definiciones que se debe saber antes de iniciar con el análisis y diseño del proyecto. El análisis y el diseño del sistema de iluminación empleando un sistema fotovoltaico como fuente alimentación esta detallado en el capítulo tres, también se detallan comparativos de ahorro de energía por el uso de tecnología LED con respecto a las iluminarias convencionales utilizadas, respetando las reglamentaciones que rigen en la ley y el medio ambiente. El capítulo cuatro trata de las conclusiones y recomendaciones, con la intención de mejoras a futuro pensando en carreteras inteligentes con mayor eficiencia energética que representaría un mayor ahorro, contribuyendo la mejora de la matriz eléctrica y económica del Ecuador; otra mejora es en el buen vivir de las comunidades que se encuentran esta vía.

Palabras claves: ILUMINACIÓN, IRRADIACION, AUTÓNOMO, FOTOVOLTAICO, RESPALDO ENERGETICO, MEDIO AMBIENTE, SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

Abstract

It is of public knowledge the lack of illumination in the way to the coast, which makes that this work focuses on the variables and causes that have made this way does not find in the totality of its extension of this public service being a way Of high vehicular flow. Lighting on roads of this type is essential for how they are shaped and their level of flow; Four lanes, arborized central beds and cycle path is what forms the way to analyze. In chapter one we will discuss the analysis of the problems in the sector to be studied; The objectives to be obtained at the end of the thesis and the methodology to be used. Chapter two tries to make known terms, definitions that must be known before starting with the analysis and design of the project. The analysis and design of the lighting system using a photovoltaic system as a power supply is detailed in chapter three, also comparing energy saving comparisons by the use of LED technology with respect to the conventional lighting used, respecting the regulations that govern In law and the environment. Chapter four deals with the conclusions and recommendations, with the intention of improving the future, thinking of intelligent roads with greater energy efficiency that would represent greater savings, contributing to the improvement of the electric and economic matrix of Ecuador; Another improvement is in the good living of the communities that are this way.

Keywords: ILLUMINATION, IRRADIANCION, AUTONOMOUS, PHOTOVOLTAIC, ENERGY SUPPORT, ENVIRONMENT, PHOTOVOLTAIC SYSTEMS.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción.

El recurso de la energía eléctrica desde su descubrimiento en el siglo XVII se ha ido masificando, haciendo de este recurso una necesidad humana. Los sistemas autónomos fotovoltaicos son la tendencia al futuro por ser el único medio que transforma la energía solar en energía eléctrica haciendo de esta una opción de las personas o entidades que buscan recursos energéticos amigables con el medio ambiente y que no sea contaminante, así como también lo es la energía eólica que a diferencia de la fotovoltaica esta utiliza el viento para generar energía eléctrica más no lo hace directamente si no por medio de un rotor que a su vez mueve un generador, haciendo de estas una alternativa de generación de electricidad aceptada mundialmente por ser ecológicas. En lugares donde la falta de la red pública o en lugares recónditos los sistemas fotovoltaicos ha sido la solución de este problema, por lo que es una solución a la iluminación del sector estudiado.

1.2. Hecho científico.

Alto índice de accidentes en la vía Guayaquil - Salinas en horas de la noche, la falta de iluminación de la carretera y la escases de una fuente de energía cercana de alimentación dejan en la vulnerabilidad a quienes circulan por esta vía.

1.3. Antecedentes.

Por tal motivo la situación problemática nos da el hecho científico a investigar. “Por los recurrentes accidentes manifestados en la vía Guayaquil – Salinas por la falta de iluminación y una fuente de energía cercana, se estudiará y se diseñara la implementación de una fuente de energía alternativa como lo es la energía solar y el uso de luces led haciendo de esta una opción viable y confiable.”

1.4. Justificación del Problema.

El problema a resolver es la falta de iluminación que afecta no solo a los conductores causando fatiga ocular, sino también a transeúntes y habitantes del sector.

Una fuente cercana de alimentación complica resolver de una manera más oportuna y rápida la falta de iluminación, por lo que una alternativa de solución sería el uso de luces led teniendo como fuente de alimentación celdas fotovoltaicas con un sistema de almacenamiento por las horas que se necesite la iluminación, siendo esta una propuesta amigable con el medio ambiente y que se puede implementar no solo a la carretera del sector Chongón-Cerecita si no también se podrían utilizar en la iluminación de los pueblos aledaños beneficiando a las comunidades que habitan en las cercanías del sector.

1.5. Definición del Problema.

¿Cómo incide la falta de una fuente cercana de energía en la iluminación del sector del km 24 - peaje de Chongón al km 48 – Cerecita, actualmente?

1.6. Objetivos del Problema de Investigación.

1.5.1. Objetivo General.

Analizar la incidencia de la falta de fuente de energías en el sector del Kilómetro 24 peaje de Chongón hasta el kilómetro 48 Cerecita, realizando una investigación de campo en el sector, para diseñar un sistema energético autónomo solar.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Estudiar cual es el nivel de las fuentes de energía del sector e identificar fuentes de energía alternativas para la alimentación de las lámparas.
- Describir las fuentes de energía.
- Diseñar un sistema energético autónomo solar mediante el uso de celdas fotovoltaicas, regulador, batería, fotoceldas y lámparas con luces led.

1.7. Hipótesis.

Con esta investigación se logrará determinar empleo de un sistema de iluminación cuya fuente de energía será la solar, estudiando su funcionalidad sin el uso de la energía eléctrica de la red pública.

1.8. Metodología de Investigación.

El tema de investigación se estudiará basado en un método deductivo y experimental utilizando técnicas aprendidas en la facultad y en la vida profesional, determinando si es factible el uso de un sistema energético autónomo solar en el sector descrito.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Energía solar.

La energía solar es una fuente de energía limpia y libre de emisiones producida por el sol, siendo considerada una de las energías renovables ilimitada aprovechando los rayos del sol mediante paneles fotovoltaicos y fototérmicos.

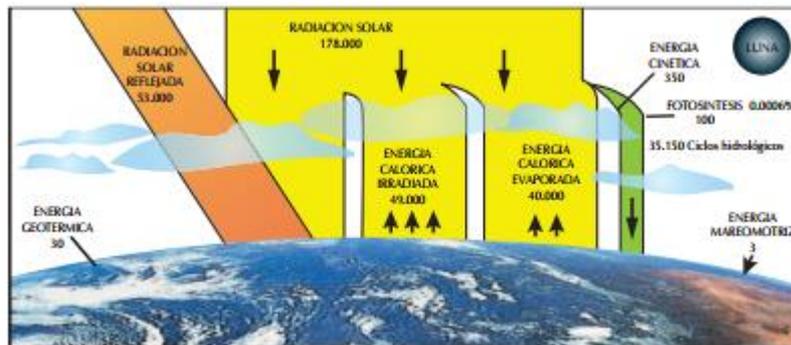


Figura 2. 1: Ejemplo de mapa de radiación solar.

Fuente: (INER, 2014)

2.1. 1 Radiación solar.

Es la salida de potencia expuesta por el sol comúnmente de ondas electromagnéticas, formando ondas de distintas dimensiones ver figura 2.1, estas radiaciones electromagnéticas a una temperatura aproximadamente de 600°K. La luminosidad solar se transporta desde el infrarrojo hasta el ultravioleta.

“La iluminación que exhibe, el Sol llega a la Tierra, a la presencia de las capas atmosféricas especialmente la capa de ozono, eso no permite las ondas más cortas llamadas ultravioletas, la energía solar que llega al planeta Tierra posee

su extensión de medida llamada – irradiación” (BEJARANO, 2011, pág. 21).

“La energía logra alcanzar la parte externa de la atmósfera lo hace en una cantidad fija, esta cantidad se define como constante solar. Esta energía es una mezcla de radiaciones aproximadamente de longitudes entre 200 y 4000 nm, a diferencia entre radiación ultravioleta, luz visible y radiación infrarroja” (BEJARANO, 2011, pág. 22).

2.1. 2 Radiación directa.

Es aquella que se recibe directamente del sol sin haber presentado algún tipo de cambio en el transcurso de su trayectoria.

2.1. 3 Radiación difusa.

La radiación es reflejada y atraída por las nubes, esta radiación que se la diferencia como difusa, se rige en varios trayectos como resulta de la reflexión y la impregnación, no solo de las nubes, además de las moléculas de polvo atmosférico, edificios, montañas, árboles y del propio suelo, entre otros. Los tipos de irradiación se lo determinan por no producir sombras con proporción a los objetos oscuros que interfieren.

“La radiación solar, es acogida por las superficies horizontales, ya que ven toda la cúpula celeste, mientras que las verticales toman menos porque solo ven la mitad” (Montalvo Ureta, 2016).

2.2. Mapa solar del Ecuador.

En un mapa solar se representa la cantidad de irradiación solar que recibe un sector diariamente, mediante el uso del mapa se puede determinar el lugar donde podríamos iniciar un campo de generación de menor o mayor escala ver figura 2.2. La irradiación es variante no es la misma todo el año.

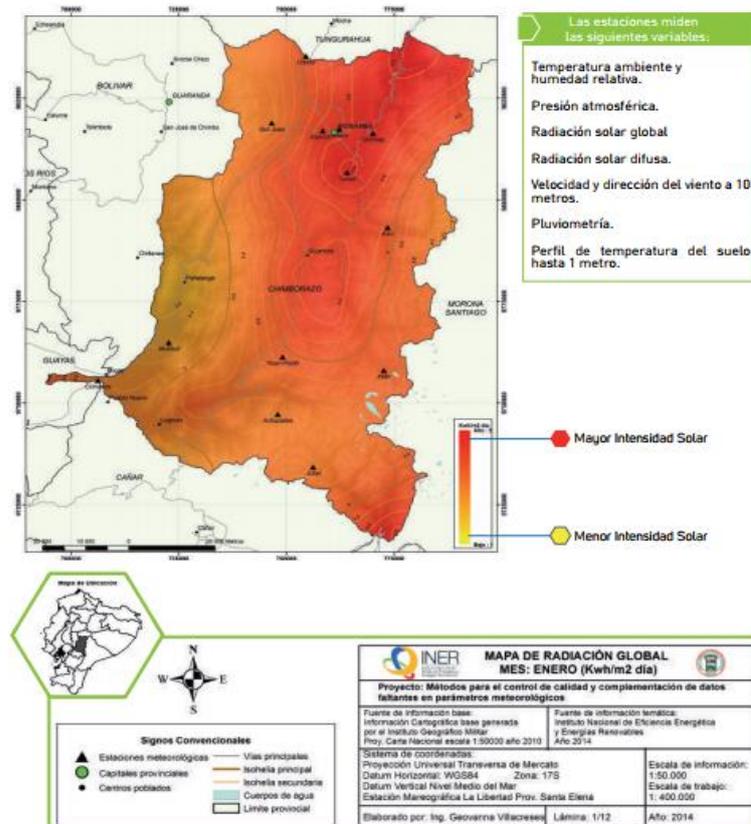


Figura 2. 2: Ejemplo de mapa de radiación solar.
Fuente: (INER, 2014)

muy favorable ya que si se aprovechara todos los recursos de energía renovable ya sea energía hidroeléctrica, eólica o solar el Ecuador no tendría que comprar energía eléctrica de los países vecinos” (Bejarano, 2011, pág. 25).

Un sistema energéticos autónomo, permiten la generación o producción de corriente a partir de la radiación solar, están estructurado por los paneles fotovoltaicos, las baterías para almacenar acopiar la energía, conocidas como inversores y controladores de carga.

“Constituyen una de las mejores alternativas para el abastecimiento de energía eléctrica en lugares aislados a la red eléctrica, pueden alimentar desde cargas muy pequeñas, hasta grandes equipos” (CCEEA, 2015, pág. 1).

No obstante, estos aparatos que permite muchas ventajas: instalación simple y segura, la puesta en operación es muy sencillo y rápida, el mantenimiento no es muy costoso y se están posicionando en el mercado como la mejor opción para generar electricidad sin tanta contaminación al medio ambiente.

“Constituyen el generador de energía eléctrica, las baterías para almacenar la energía y utilizarla en los momentos de ausencia de la radiación solar, y la carga eléctrica que se va a consumir mediante equipos eléctricos domésticos y/o industriales (Hernández, 2002, pág. 1).

Son usados comúnmente en locaciones aisladas para generar electricidad en áreas inalcanzable para la red de potencia eléctrica; mejorar las condiciones de salud, comunicación, educación y recreación de la población, al tiempo que contribuye a la agricultura y el abastecimiento de agua, entre otros.

“Se difunden algunos capacidades que dan un índice de calidad da los resultados que se anhelan obtener, en todo sistema la salida en términos de potencia luminosa no corresponde a la magnitud de la entrada en términos potencia eléctrica aplicada” (Alvarado, 2015, pág. 34).

Las magnitudes y unidades que se emplean para cuantificar y establecer las características más idóneas de las fuentes de luz. Fuente de luz es la radicación emitida por el sol, esta forma de energía lumínica se la puede reemplazar mediante la producción de luz artificial, para esto existe una gran variedad existencia

“La iluminación se la puede adquirir al optimizar las características de distribución vertical de las fuentes de luz, es tipo de luminaria nos permitirá realizar características físicas de una edificación, proveer la mejor calidad de luz según el tipo de función de un ambiente determinado y dar

solución económica desde el punto de vista de mantenimiento y vida útil” (Alvarado, 2015, pág. 37).

Un sistema de iluminación tiene que ver con muchos componentes que garanticen el confort visual del observador, por ello a continuación se puntualizarán conceptos significativos y aspectos que se debe tener en cuenta al instalar un sistema de iluminación.

“Luz se denomina como conjunto de radiaciones electromagnéticas al cual el ojo del ser humano es sensible, esto varía de cada individuo, puede observar la radiación de longitud de onda entre 380nm (Luz violeta) y 780nm (Luz roja), esto corresponde a un pequeña porción del espectro electromagnético que se localiza entre las radiaciones ultravioletas y las infrarrojos considerados como luz visible” (Yerena, 2005, pág. 20)

2.4. Los Sistemas fotovoltaicos Autónomos.

Denominados (SFA) están compuestos, en lo esencial, por los divisiones fotovoltaicos, que establecen el generador de energía eléctrica, las baterías para acumular la energía y utilizarla en los momentos de ausencia de la radiación solar, y la carga eléctrica que se va a consumir mediante equipos eléctricos domésticos y/o industriales ver figura 2.4.

“Son usados frecuentemente en locaciones aisladas para producir electricidad en áreas inaccesibles para la red de potencia eléctrica y de esta forma mejorar las condiciones de salud, educación, comunicación y recreación de la población, al tiempo que favorece la agricultura y el abastecimiento de agua” (Hernández, Marcos, 2013, pág. 1).

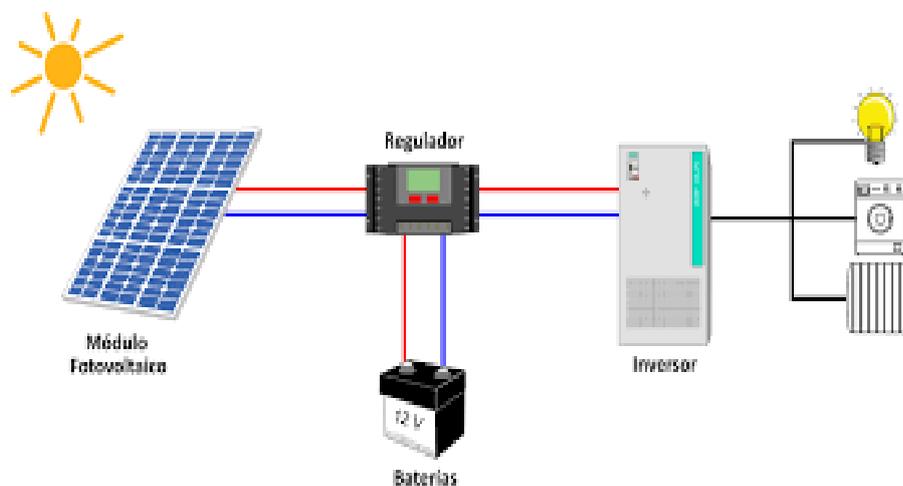


Figura 2. 4: Sistema solar Autónomo.
Fuente: (“TFM-Sergio Santa Garcia.pdf”, s/f)

2.5. Sistema fotovoltaico.

Se pueden conformar de múltiples formas dependiendo de diversos factores, sin embargo uno del más trascendental es establecer si el sistema que se requiere dimensionar va a tratarse de un sistema autónomo o conectado a la red eléctrica ver figura 2.5.

“Es aquel que debe abastecer en su totalidad nuestra demanda energética sin la necesidad de contar con otro tipo de energía, un sistema de este

tipo es utilizado generalmente en lugares aislados donde la red eléctrica es inexistente” (Abella, 2013, pág. 7).

En cambio un sistema conectado a la red eléctrica es capaz de trabajar con ambos tipos de energía, es decir cuando el sistema fotovoltaico no es capaz de entregar la cantidad de energía que se requiere, la red eléctrica entra en funcionamiento para suplir esta falta. Además de tener en cuenta estos factores también debemos analizar el uso que vamos a darle a la energía y el equipo que necesitamos para ello por lo cual contamos con distintos elementos se hacen necesarios o no.

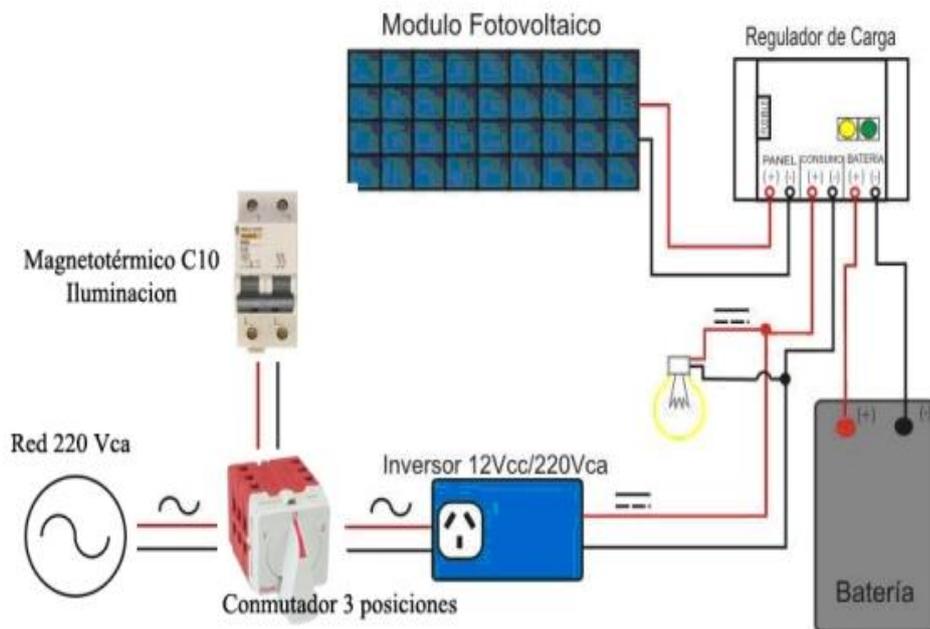


Figura 2. 5: Sistema solar conectado con red.
Fuente:(“SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA UNA VIVIENDA AUTÓNOMA”,
2012)

2.4.1 Celda fotovoltaica

Dispositivo electrónico que permite convertir la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones) por medio del efecto fotoeléctrico como se muestra en la figura 2.6.

A su vez el efecto fotoeléctrico reside en la emisión de electrones por un material cuando se le ilumina con radiación electromagnética, estos electrones libres, al ser capturados generan una corriente eléctrica.

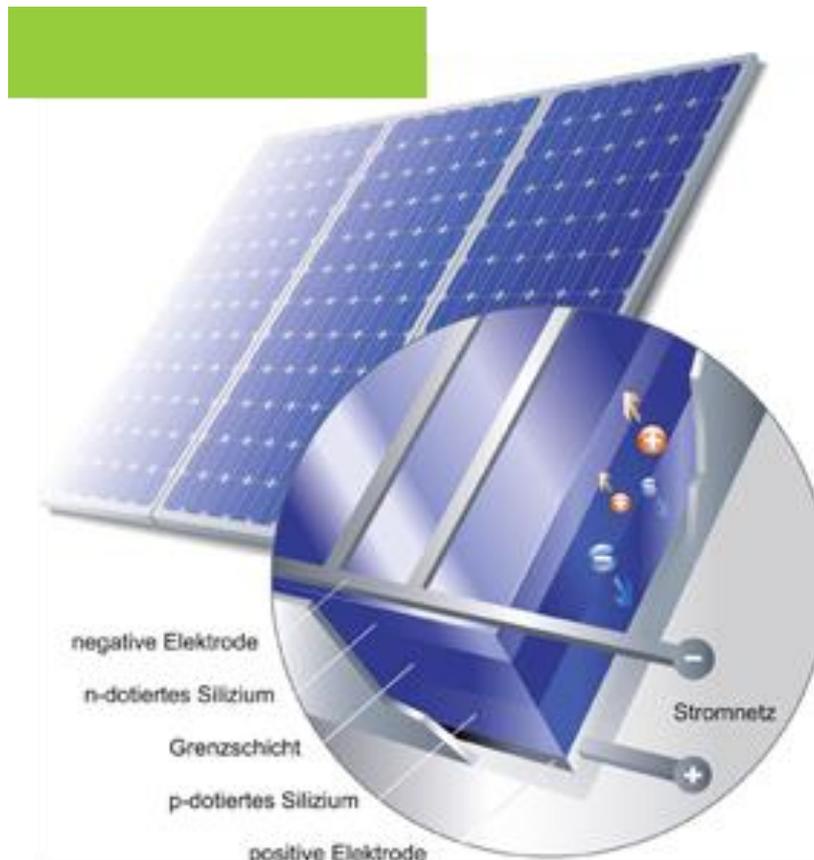


Figura 2. 6: Celda fotovoltaica.
Fuente: ("Ecología | I P S E Ingeniería", s/f)

“La unión de celdas fotovoltaicas da origen a un panel fotovoltaico, el que está en una red de celdas solares conectadas en serie para aumentar la tensión de salida continua hasta el valor deseado” (Garrido, 2009).

2.6. El grupo fotovoltaico.

Formada de cuatro ramas en paralelo formada cada una por cuatro paneles puestos en serie. El panel solar tiene una tensión nominal de 12 V y una potencia de 165 W (a 17,4 V y 9,48 A) con lo que en total corresponde a una matriz fotovoltaica de 2,64 kwp, cada módulo está combinado de 3 ramas en paralelo de 36 células enlazadas en serie la figura 2.7 es un ejemplo de un grupo fotovoltaico.



Figura 2. 7: Proyecto planta fotovoltaica Salinas de Ibarra.
Fuente: (Gransolar, s/f)

2.7. Componentes fotovoltaicos en sistemas autónomos

Consta principalmente de los siguientes elementos dependiendo de los requerimientos de una aplicación determinada:

- ✓ Módulos fotovoltaicos.
- ✓ Reguladores de carga.
- ✓ Baterías o Acumuladores.
- ✓ Convertidores DC/DC.
- ✓ Inversores

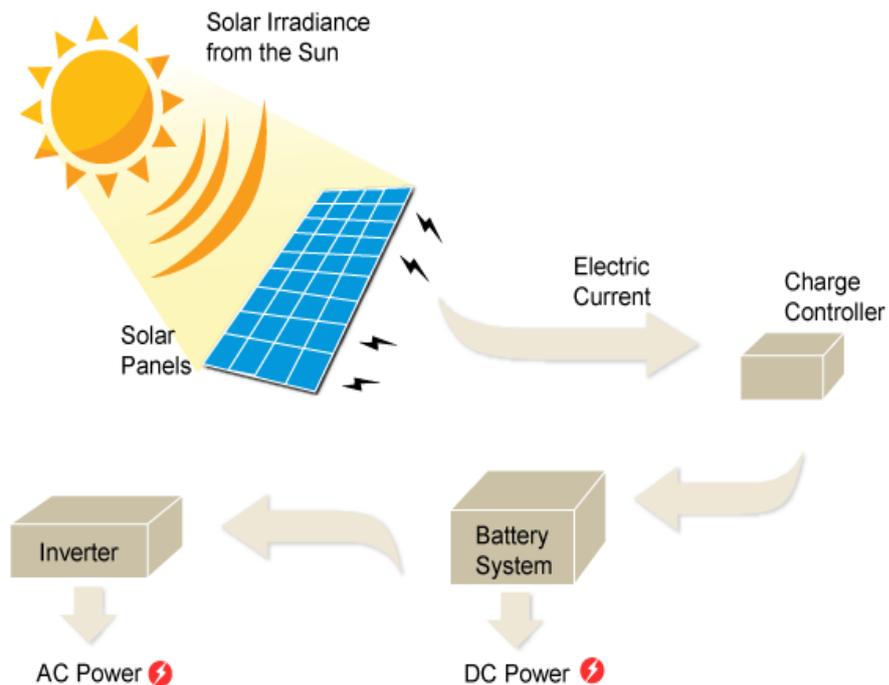


Figura 2. 8: Componentes de un sistema fotovoltaico.
Fuente: ("Greenhouse effect | How We See the Environment", s/f)

2.7. 1 Módulos fotovoltaicos.

Conocidos como paneles solares o fotovoltaicos, se encuentran compuestos por la unión de celdas solares o fotovoltaicas que provocan la generación de electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos.

2.7. 2 Reguladores de carga.

El objetivo principal del regulador de carga es de proteger las baterías 39 de las sobrecargas y sobre descargas profundas en condiciones extremas de operación.

2.7. 3 Baterías o Acumuladores.

Es la de acumular la energía ocasionada por el panel fotovoltaico durante el día, para poder usarlas durante las noches o en periodos de mal tiempo en donde la insolación esta fuera del alcance del panel fotovoltaico.

2.7. 4 Convertidores DC/DC.

Se convierten corriente continua de una tensión a otra; su salida una tensión regulada y, la mayoría de veces con limitación de corriente.

2.7. 5 Inversores.

Genera corriente continua en alterna y de tal forma elevan la tensión de 12 o 24 V en 110 o 220 V. Un sistema fotovoltaico sin inversor, opera una tensión de 12 Vcc. y una con inversor usa una fuerza de 120 o 220 Vca.

“Se acumula la energía eléctrica en los condensadores hay dos opciones, conectarse directa de éste para la instalación y manejo de cargas de consumo de 12 Vcc. o 24 Vcc.” (VLADIMIR, 2016, pág. 41)

“La potencia que es capaz de proporcionar el panel solar depende en primer término de la radiación recibida en la superficie del mismo panel, así como de la temperatura de trabajo” (Delgado, 2012, pág. 2).

2.8. Electrificación rural con Sistemas fotovoltaicos autónomos.

El manejo de sistemas fotovoltaicos, y otros sistemas establecido en fuentes de energía renovables, para la generación eléctrica se visualiza como una alternativa en la actualidad ver figura 2.9; se asocian generalmente con sus ventajas ambientales, como la disminución en las emisiones de CO₂ y otros contaminantes perjudiciales para la atmósfera producidos de la generación eléctrica a partir de combustibles convencionales, o la operación y tratamiento de residuos peligrosos.



Figura 2. 9: Sistema de iluminación con paneles solares.
Fuente: Autor

“Los combustibles tradicionales como petróleo, gas y carbón; y la dependencia externa que genera su utilización, que motiva que muchos países o áreas económicas busquen lograr una mayor diversidad y autonomía energética” (Mora, 2008, pág. 69).

2.9. Aerogenerador.

El sistema se complementa con un aerogenerador de eje vertical de una potencia pico de 750W acoplado encima de una estructura principalmente ideada para la repartición de esfuerzos con el fin de poder montar el aerogenerador en azoteas no ideadas para sobreesfuerzos no habituales.

Se puede decir que gracias a que el aerogenerador es de eje vertical se minimizan los esfuerzos mecánicos y se aprovechan vientos provenientes de cualquier dirección, evitando elementos móviles con excepción de las aspas en la figura 2.10 se puede ver los diferentes tipos de aerogeneradores.

“El aerogenerador está compuesto por tres alas en posición vertical que aprovechan la fuerza del viento independientemente de la dirección que tenga. Otra característica muy importante consiste que no se requiere de mantenimiento de la turbina a lo largo de la vida útil” (Delgado, 2012, pág. 3)



Figura 2. 10: Tipos de aerogeneradores.
Fuente: ("ERENOBABLE", s/f)

2.10. Banco de Baterías

En los sistemas solares fotovoltaicos aislados de la red eléctrica se maneja un banco de baterías como almacén energético con el fin de sincronizar la disponibilidad con la demanda energética.

Este elemento reside en uno de los más importantes y delicados. Prácticamente estas baterías son del tipo Pb-a, pero en el proyecto se plantea trabajar con baterías de Ni-Cd.

Las baterías o acumuladores de energía deben ser correctamente dimensionados para que pueda abastecer al sistema inclusive hasta en días nublados por los que se trabaja con baterías de ciclos profundos, la batería tiene tres objetivos principales que son:

- Acumular energía para la alimentación del sistema.

- Proveer de una potencia determinada acorde a su capacidad.
- Mantener fija la tensión de operacional de trabajo.

“Todo y que estas tienen un coste de compra superior a las baterías convencionales de Pb-a, presentan una mejor respuesta a largo plazo ante cargas parciales, mayor capacidad de descarga sin tener una reducción de la vida útil” (Delgado, 2012, pág. 3).



Figura 2. 11: Tipos de batería de ciclo profundo
Fuente: (TROJAN BATTERY COMPANY, 2015)

Las baterías que se utilizan en los sistemas fotovoltaicos son diferentes a las baterías comúnmente se conoce en el área automotriz, los acumuladores utilizados son de ciclo profundo ver figura 2.12, son llamadas así por la cantidad de ciclos de descarga y descarga que son sometidas a lo largo de vida útil de trabajo, su número de ciclos es proporcional a su vida útil.

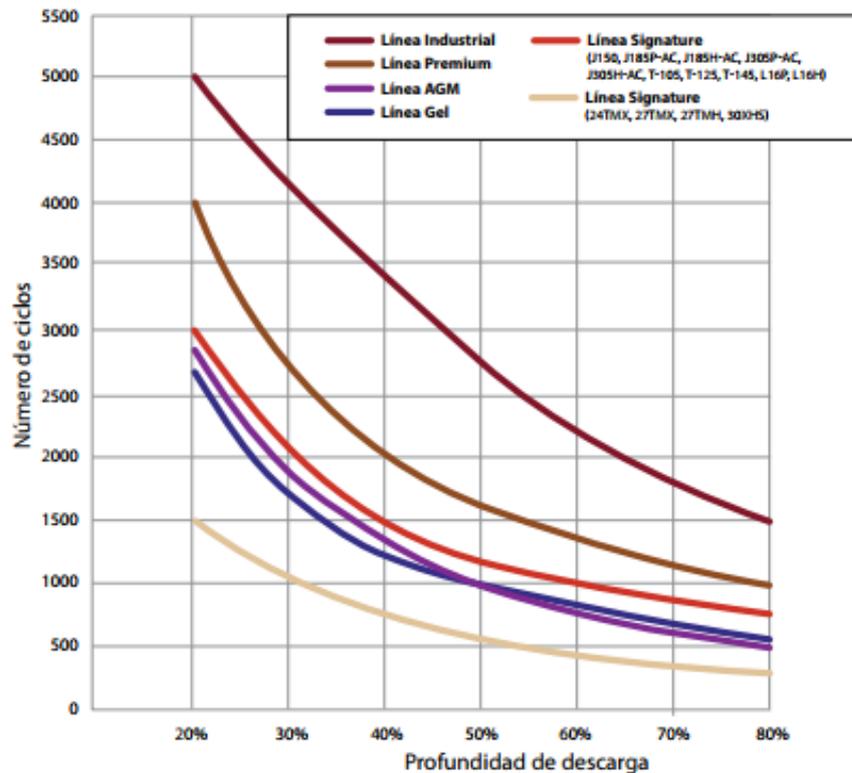


Figura 2. 12: Cuadro de vida útil de baterías de ciclo profundo
Fuente: (TROJAN BATTERY COMPANY, 2015)

2.11. Electrónica de Potencia.

La electrónica de potencia es la clave para la interacción entre distintas fuentes de energía. Conociendo las restricciones de cada fuente de energía y conociendo las incompatibilidades existentes entre ellas, la electrónica de potencia tiene la misión de adaptar la energía entregada por las distintas etapas con el fin de asegurar el principal objetivo del sistema: alimentar a la carga.

“La electrónica de potencia tiene la misión de corregir la variabilidad de la disponibilidad de energía para ofrecer al usuario un suministro continuo, bajo unas especificaciones de diseño” (Delgado, 2012, págs. 3, 4)

2.12. Sistema de instalación solar fotovoltaica.

La instalación solar fotovoltaica autónoma y la instalación conectadas a red, su funcionamiento en un panel o grupo de paneles que se encargan de la generar energía eléctrica para cubrir la demanda que el proyecto requiere.

2.12. 1 Paneles Solares

Son los encargados de la captación de los rayos solares y convertidos en electricidad, pueden ser de varias formas, los más usados para los tipos de periodo son los paneles con tecnología monocristalina y policristalina como se visualiza en la figura 2.13.

“Los paneles solares monocristalinos y policristalinos, con uniones en serie de celdas, su voltaje nominal esta entre los 12-18 voltios para uniones de 36 células y 24-34 voltios para uniones de 72 células” (Guanín, 2015, pág. 44).

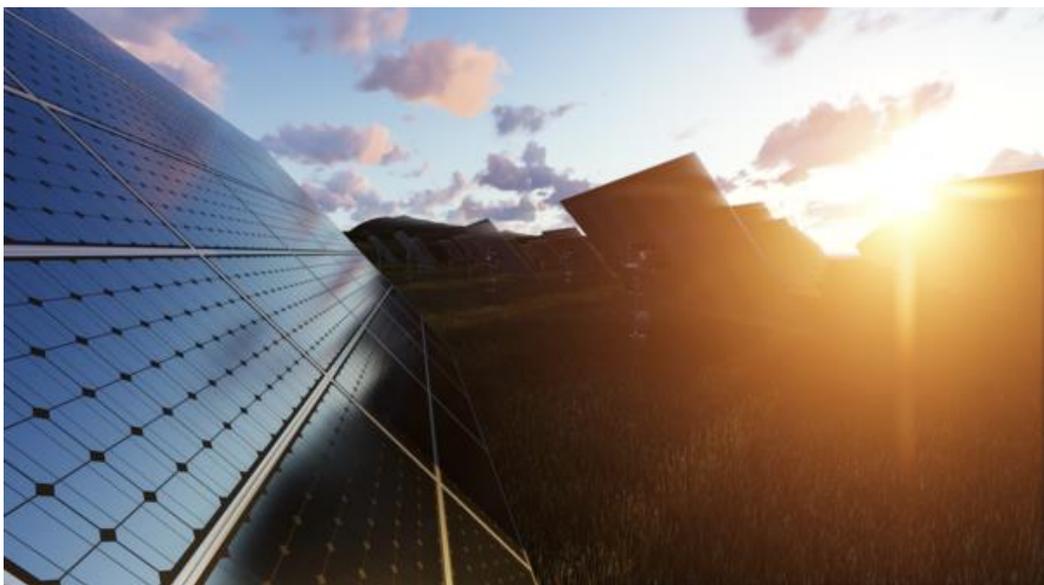


Figura 2. 13: Paneles solares en campo.
Fuente: (CONECEL, 2011)

2.12. 2 Regulador

Un dispositivo electrónico capaz de evitar la sobrecarga y la descarga excesiva de un acumulador cuando se consiguen determinados umbrales, habitualmente determinados por la tensión en bornes de una batería. Para resguardar frente a la sobrecarga, el regulador puede desunir al generador de la batería a este tipo de reguladores se los conoce como regulador serie.

“Un regulador consiste en derivar la corriente del generador hacia otro lugar, sea este un contacto o un disipador, se lo conoce como regulador shunt o paralelo” (Abella, 2013, pág. 45).

2.13. Características para un sistema de iluminación vial.

Pero antes tendremos en cuenta ciertas normativas para la implementación de nuestro diseño caracterizando primero la vía o su disposición ya que dependiendo de estas características se elegirá el tipo de iluminación. En la tabla 2.1 se puede observar el tipo iluminación clasificada por la afluencia vehicular y por su velocidad de movilización.

Tabla 2. 1 Clases de iluminación para vías vehiculares

Clase de Iluminación	Descripción vía	Velocidad de circulación (km/h)		Tránsito de vehículos T (Veh/h)	
M1	Autopistas y carreteras	Extra alta	V>80	Muy importante	T>1000
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas.	Alta	60<V<80	Importante	500<T<1000
M3	Vías principales y ejes viales.	Media	30<V<60	Media	250<T<500
M4	Vías primarias o colectoras	Reducida	V<30	Reducida	100<T<250
M5	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	T<100

Fuente: (“REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 069 ‘ALUMBRADO PÚBLICO’”, 2016)

También se deben considerar otros criterios como lo son su complejidad de circulación y su control de tráfico, estos hacen referencia a su estructura, número de carriles, movimientos de los vehículos, alcance visual, señalética, divisiones; además se considera como usuarios de las vías a todo vehículo motorizado así como también ciclistas y peatones.

Tabla 2. 2 Diferenciación en las clases de iluminación, complejidad de circulación y vigilancia del tráfico

Descripción de la vía	Tipo de iluminación
Vías de extra alta velocidad, con calzadas separadas exentas de cruces a nivel y con accesos completamente controlados (Autopistas expresas). Con densidad de tráfico y complejidad de circulación⁽¹⁾:	
Alta T>1000(Veh./h)	M1
Media 500< T<1000 (Veh. /h)	M2
Baja T< 500 (Veh. /h)	M3
Vías de extra alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Con control de tráfico⁽²⁾ y separación⁽³⁾ de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M1
Suficiente	M2
Vías más importantes de tráfico urbano, vías circunvalares y distribuidoras. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M2
Bueno	M3
Conectores de vías de poca importancia, vías distribuidoras locales, vías de acceso a zonas residenciales, Vías de acceso a propiedades individuales y a otras vías conectoras más importantes. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M4
Bueno	M5

Fuente: ("REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 069 'ALUMBRADO PÚBLICO'", 2016)

Las lámpara normalmente que se emplean en los alumbrados públicos son de vapor de sodio a alta presión, tipo tubular con una vida útil

de aproximadamente 28000 horas manteniendo normas internacionales con eficiencias no menor especificada a la tabla 2.3.

Tabla 2. 3: Eficacia mínima para las lámparas de sodio a alta presión.

Potencia de la lámpara (W)	Eficacia inicial (lm/W)	
	Tubular	Ovoide clara
70	82	85
100	107	88
150	90	93
250	104	108
400	118	120
600	150	150
1 000	125	150

Fuente: (“REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 069 ‘ALUMBRADO PÚBLICO’”, 2016)

La disposición de las lámparas también es indispensable así como también la altura de los postes, que varían acorde al tipo de luminaria que se empleara, en la tabla 2.4 de manera resumida se encuentran sus configuraciones.

Tabla 2. 4: Disposición de lámparas según su clase.

Clase de Iluminación	Altura (m)	Relación S/H	Disposición de las luminarias	
			Criterio	Disposición
M1	12 - 14	3,5 - 4	Dos carriles de circulación	Unilateral
M2	10 - 12	3,5 - 4	Dos carriles de circulación	Unilateral
M3	8,5 - 10	3,5 - 4	Ancho de la calzada menor	Unilateral
M4	7 - 9	3,5 - 4	Unilateral	
M5	6	3,5 - 4	A criterio del diseñador	

Fuente: (“REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 069 ‘ALUMBRADO PÚBLICO’”, 2016)

2.14. Normas oficiales para la Iluminación de vías en el Ecuador.

El sector eléctrico ecuatoriano está estructurado en el ámbito institucional por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, MEER como ente rector y planificador del sector eléctrico, la Agencia de Regulación y Control de Electricidad, ARCONEL como el organismo técnico administrativo encargado de regular y contralar el servicio de alumbrado público y de energía eléctrica, Operador Nacional de Electricidad, CENACE es un órgano técnico adscrito al MEER actúa como operador del Sistema Nacional Interconectado (S.N.I.).

En el registro oficial N°.418, capítulo IV y VI (regímenes especiales y eficiencia energética), se manifiesta:

- Artículo 62.- Alumbrado público y semaforización.- El Estado, mediante empresas públicas que realizan la acción de distribución, será responsable de la construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de alumbrado público general.(ARCONEL, 2015)
- Artículo 64.- Sistemas aislados e insulares.- Los sistemas que no puedan estar conectados al sistema nacional interconectado por razones especiales, serán considerados como no incorporados; los clientes regulados de estos sistemas podrán tener cargos tarifarios diferentes de las zonas interconectadas, según las políticas establecidas por el MEER.(ARCONEL, 2015)

- Artículo 74.- Objetivos.- La eficiencia energética para la obtención de la energía con responsabilidad y garantice la economía en la producción y en el consumo energético, disminuir el consumo de combustibles fósiles, mitigar los impactos ambientales, concientizar al consumidor final en el buen uso de la energía.(ARCONEL, 2015)

CAPÍTULO 3: ANALISIS PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACION AUTONOMO.

3.1. Estudios de fuentes de energía del sector.

Para el inicio de nuestro estudio de iluminación del sector de la vía Guayaquil – Salinas ver figura 3.1 analizaremos las posibles fuentes de energía factibles del sector y determinando nuestro enfoque de estudio en la más viable, analizaremos la parte económica y el impacto ambiental para elegir una de ellas.



Figura 3. 1: Vía Guayaquil – Salinas Kilómetro 41.

Fuente: Autor

Para nuestro estudio analizaremos tres tipos de energía de las que se podrían disponer en sector estudiado tales como la energía de red pública, eólica y la solar siendo estas las fuentes posibles de utilizarse en el sector.

3.1. 1 Energía de la red pública.

El alumbrado público es una necesidad fundamental a nivel nacional tanto en lo ornamental como en la seguridad ciudadana, generando uno de los gastos más importantes de consumo energético, representando el 5.68% de la demanda de energía máxima del SNI (Sistema Nacional Interconectado). (“ALUMBRADO_PUBLICO_DOSSIER”, s/f)



Figura 3. 2: Red eléctrica en vía Guayaquil – Salinas kilómetro 35.
Elaborado por: Autor

Para la implementación de un sistema de iluminación con fuente de alimentación de energía de la red pública, se tendría que disponer un circuito eléctrico sectorizado por bloques, por la ubicación del tendido eléctrico de media tensión que pasa por el sector tal como se aprecia en la figura 3.2 se complica la utilización de este medio de fuente de energía, implicando en altos costos por cableado y la mano de obra a utilizarse para su ejecución.

Los problemas provocados por eventos naturales sean estos por alguna descarga atmosférica, lluvia o vientos fuertes dejan a la susceptibilidad y expuestos al sistema de alumbrado público dejando sin energía eléctrica y por ende deshabilitado el sistema de iluminación, así como también lo son los generadores de esta fuente de energía, hidroeléctrica o una termoeléctricas.

Viéndolo desde la perspectiva de conservación del medio ambiente y con las sugerencias y/o tendencia a nivel mundial por utilizar fuentes de energías renovables libres de emisión de CO2 con el fin de mitigar el efecto invernadero al que estamos expuesto y nos ha llevado al calentamiento global revisaremos fuentes alternativas de energía.

3.1. 2 Energía eólica.

La energía eólica es la producida por la fuerza del viento que se transmite a un generador mediante un eje acoplado a unas aspas, su producción de energía por muchos factores aunados como lo es la tendencia al no utilizar combustibles fósiles, su potencial existente en todo el mundo entre otros.

En la actualidad las centrales de generación eólica de mayor transcendencia en el Ecuador se han manifestados en sectores de la región sierra, una de ellas es en la provincia de Loja así como también en el sector de Villonaco tal como se muestra en la figura 3.3.



Figura 3. 3: Parque eólico Villonaco
Fuente: (ARCONEL, 2017)

La energía eólica en nuestro país según el atlas eólico provisto por el MEER las condiciones idóneas para su generación es en las partes altas del Ecuador en la región sierra en los Andes y en las áreas cercanas a las costas.

La energía eólica no es una fuente de energía constante que no se puede cuantificar la cantidad de energía que producirá y tampoco en que momento lo hará ya que los parque eólicos solo generan cuando hay suficiente viento para mover las aspas de los aerogeneradores por lo que no se puede medir su eficiencia en función de la demanda de los consumidores.

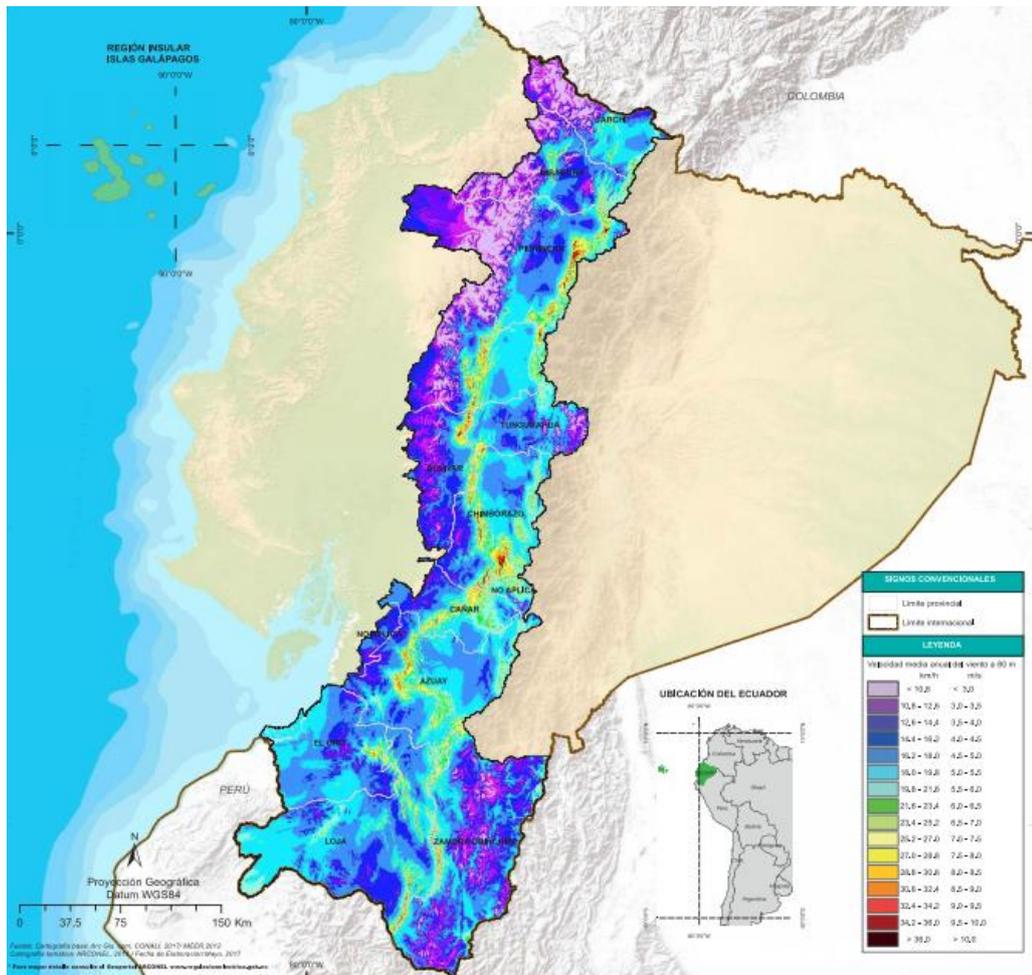


Figura 3. 4: Potencial eólico bruto

Fuente: (ARCONEL, 2017)

Por razones expuestas anteriormente se depende mucho de que haya viento con la suficiente fuerza para poder generar la potencia que demande nuestro sistema de iluminación; así como también de su ubicación topográfica, como podemos ver en la figura 3.4 esta no es tan favorable; el sistema que se quiere presentar debe ser autónomo no se podría implementar mediante esta fuente de energía.

No obstante sabemos que la energía solar es la causante de que se produzca el viento por las diferencias de temperaturas en la atmósfera, mas

este recurso de la energía solar producida por su radiación es abundante a nivel costanero.

3.1. 3 Energía solar.

La energía producida por el sol es el inicio del ciclo de muchas energías ya sea esta de forma directa o indirecta, para nuestro estudio se considera los niveles de insolación que existen en la provincia del guayas ya que no existen estudios enfocados en sectores específicos sino generales.

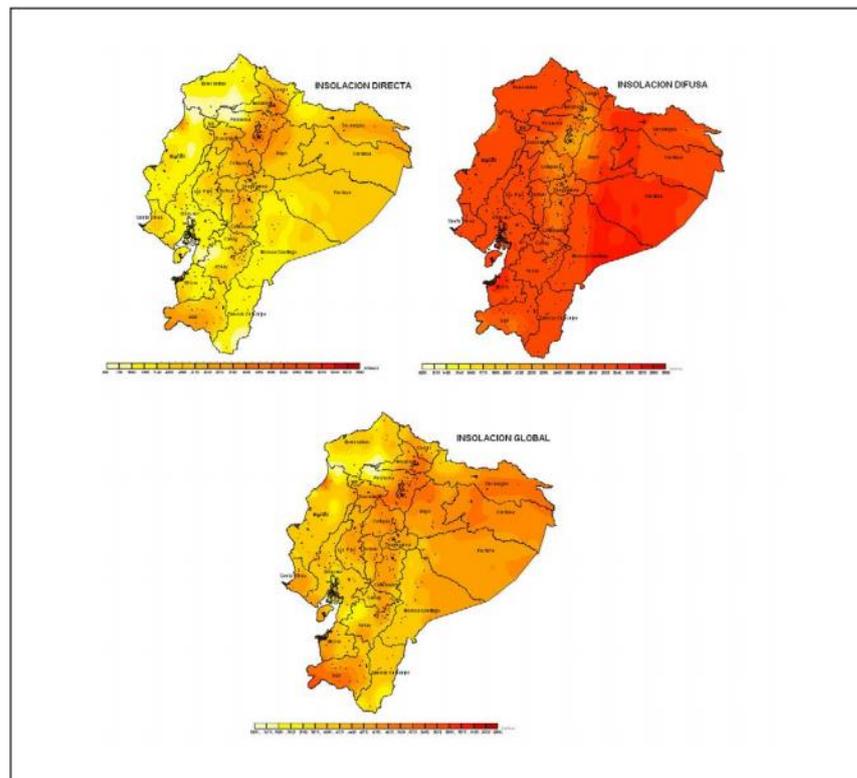
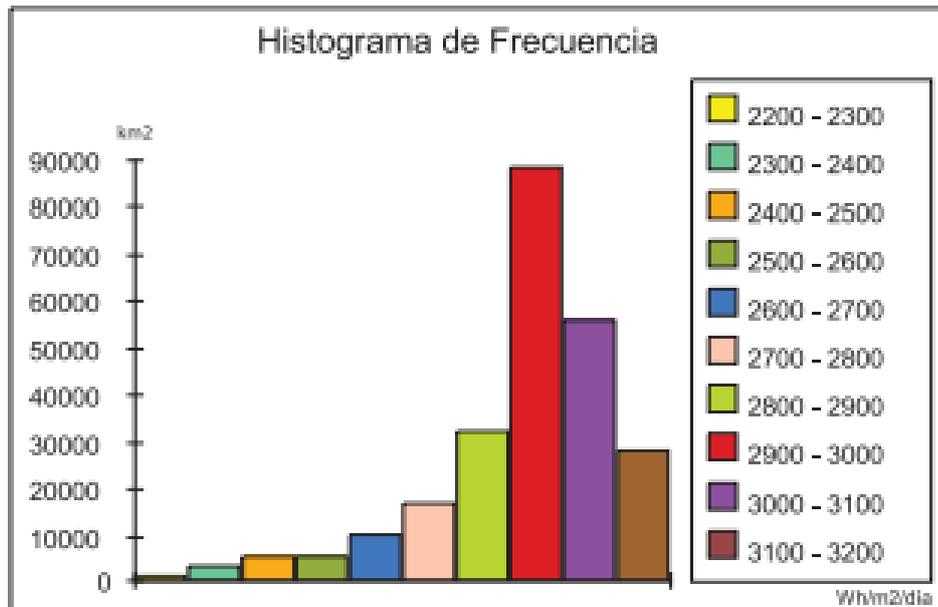


Figura 3. 5: Niveles de insolación
Fuente: (CONECEL, 2011)

Como se ha dicho en el capítulo anterior Ecuador se encuentra en una ubicación privilegiada al encontrarse en la mitad del mundo, los rayos

solares caen perpendicularmente y tal como se muestra en la figura 3.5 proporcionada por el NREL, National Renewable Energy Laboratory.

En la figura 3.6 detalla un histograma de insolación en Wh/m²/día.



Valor Máximo: 3 200 Wh/m²/día
 Valor Mínimo: 2 440 Wh/m²/día
 Valor Promedio: 2 925,1 Wh/m²/día
 Desviación Estándar: 175,5335 Wh/m²/día

Figura 3. 6: Histograma de frecuencia de niveles de insolación en un mes
 Fuente: (CONECEL, 2011)

La insolación global promedio del ecuador es de 4.57 Kwh/m²/día según estudios realizados recientemente en un artículo presentado por el ARCONEL ver figura 3.7 con esta información se calcula:

$$H \left[\frac{kwh}{m^2} \right] = I \left[\frac{kw}{m^2} \right] * HPS$$

$$HPS = \frac{4.5kwh/m^2}{kw/m^2}$$

$$HPS = 4.5h$$

Con lo calculado podemos configurar nuestro sistema fotovoltaico con paneles solares con un tiempo aproximado de carga de 4 horas pico para que se restaure o se cargue nuestro sistema de acumulación de energía.

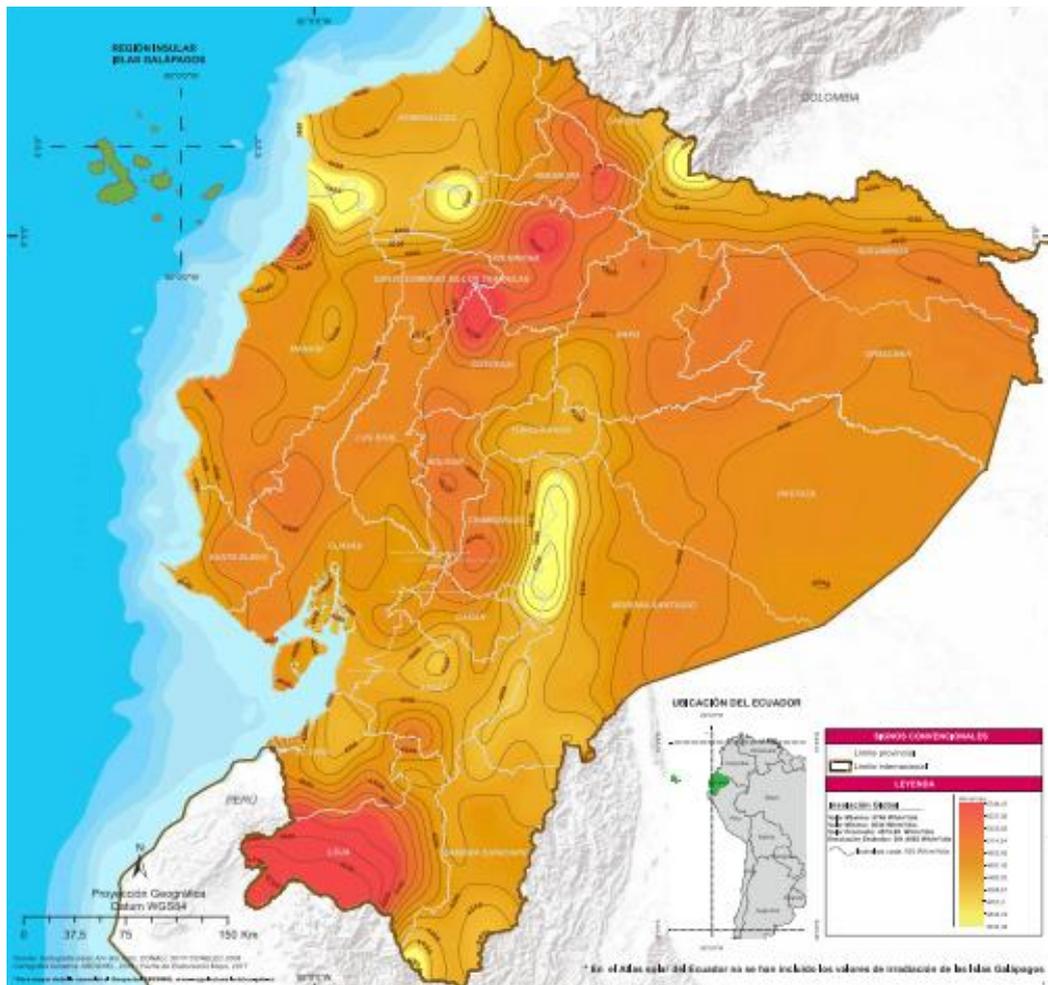


Figura 3. 7: Mapa de insolación global promedio
Fuente: (ARCONEL, 2017)

Los niveles de radiación solar para la estación de verano en la ciudad de Guayaquil con las coordenadas latitud: 2°08'00"S y longitud: 79°52'58"W tiende a bajar su nivel como se muestra en la figura 3.8 con un radiación máxima de 1475.0 Wh/m², información tomada de la página web de

Agencia Espacial Civil Ecuatoriana de los meses de junio, julio y agosto del año 2017.

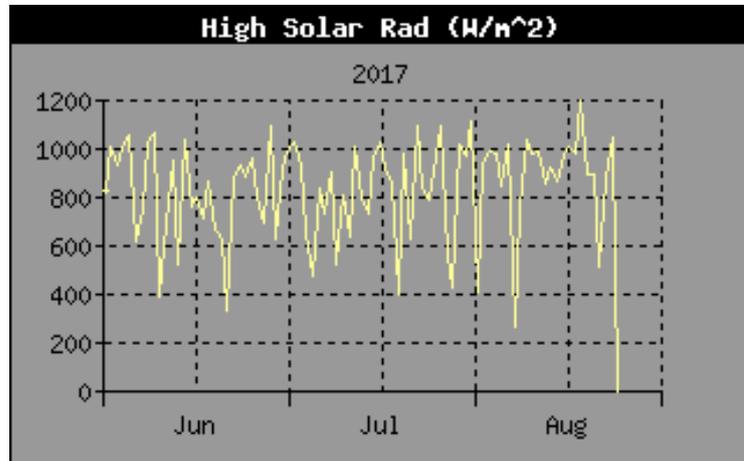


Figura 3. 8: Radiación solar de Guayaquil
Fuente: (ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA GUAYAQUIL: EXA-ISS-1)

Los variación de los niveles de irradiación y radiación en el transcurso del año como se dijo, lo determina la estación que se esté cursando ver figura 3.9 donde se muestrea la energía solar por mes en unidades Langley siendo la máxima cantidad de energía de aproximadamente 12500 Ly.

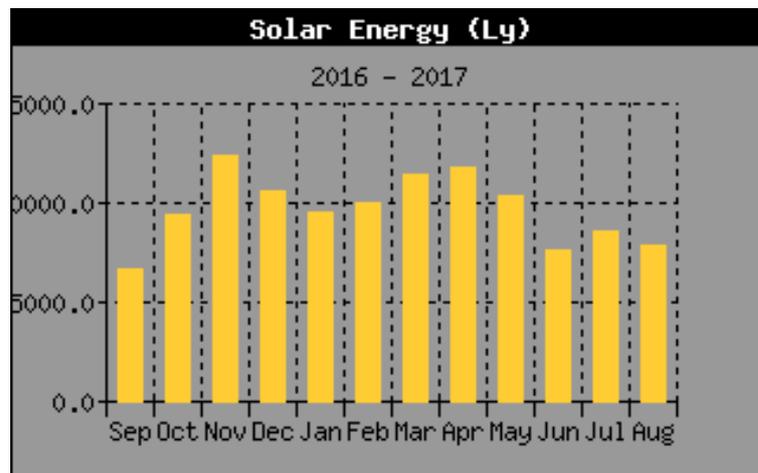


Figura 3. 9: Energía solar en Langley (Ly).
Fuente: (ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA GUAYAQUIL: EXA-ISS-1)

Por los antecedentes declarados la energía solar es la más indicada para ser analizada para el diseño de nuestro sistema de iluminación autónomo.

3.2. Descripción general del sistema de iluminación.

Mantener la vía Chongón – Cerecita comprendida de 22 Km iluminada con un respaldo energético de 12 horas, mejorando la visibilidad nocturna de los que utilizan esta vía ya sean estas personas que se movilicen en vehículo propio, transporte público, ciclistas y peatones; los recintos aledaños también serán los beneficiados por este proyecto, pudiendo adaptar este sistema en sus comunidades que escasean de este servicio público.

3.2. 1 Diseño del proyecto.

Por ser el Ecuador un país privilegiado por presentar niveles altos de energía solar y más aún los registrados en el sector estudiado, nuestra propuesta pretende ayudar en un cambio en la matriz energética y económica del país; utilizando un sistema que funcione con paneles solares fotovoltaico monocristalinos por tener características propias que hacen de estos ser de alta eficiencia; adicional se trabajara con tecnología LED con lámpara con alimentación directa VDC.

Como se requiere de un sistema que funciones independiente, se hará de este un sistema fotovoltaico autónomo considerando los estándares y especificaciones técnicas descritas en capítulo 2.

3.2. 2 Características de los componentes.

3.2.2. 1 Sistema de alimentación fotovoltaica.

El panel solar será tipo monocristalino de 180W, siendo esta la potencia requerida de nuestro sistema con lámparas LED de 100W; clase A de alta eficiencia, con marco de aluminio y vidrio templado como se muestra en la figura 3.10, este será dispuesto por cada poste que se ubique en la vía.



Figura 3. 10: Panel solar modelo BR-M180W.
Fuente: Yangzhou Bright Solar Solutions CO. LTDA.

La selección debe ser correcta de ello depende que se obtenga el respaldo la carga de los acumuladores y de rápido accionar de carga en la tabla 3.1 mostraremos las especificaciones básicas del panel, con los

valores dados por el fabricante de 17.8V de tensión máxima y 10.12^a de corriente máxima obtendremos la potencia máxima entregada que es de 180.14W.

Tabla 3. 1 Especificaciones de panel solar BR-M180W

Características generales	
Model Number:	BR-M180W
Standard:	TUV,IEC61215,CE&EN
Place of Origin:	China
Solar cell spec:	156*156 Monocrystalline silicon solar cell
Specifications:	PV module with 180W maximum power
Max. System voltage:	1000 VDC
Power tolerance:	0%-3%
Surface max. Load capacity:	70m/S(200KG/sq.m)
Weight:	15.30KG
Dimensions:	1230mm*992mm*40mm
Características eléctricas	
Open circuit voltage(V):	21.60 V
Short circuit current(A):	10.83 A
Max. Power voltage(V):	17.8 V
Max. Power current(A):	10.12 A
Cell efficiency(%):	≥17%
Module efficiency(%):	≥13.6%
Irradiance:	1000 W/m ²
Temperature:	25°C
Operating temperature:	-40°C to +80°C
Storage temperature:	-40°C to +80°C
Glass	High-Transmission, Low iron tempered glass.

Elaborado por: Autor

3.2.2. 2 Sistema de iluminación LED.

Para nuestro estudio del sistema de iluminación utilizaremos lámparas led de 100 W, entregando una potencia de entre 150 a 160 Lm/W dando una potencia total de 15000 Lm, su ángulo de disipación es de 120° con una vida útil de 50000 horas de vida útil de trabajo, con una eficiencia

mayor al 92% y un factor de potencia de 0.95. Con estas características se requerirá un poste de unos 10 m de altura respetando las normas ya especificadas en la tabla 2.4.

Su grado IP67 le da un alta resistencia a la humedad, disminuyendo posibles fallas internas, erradicando la formación de hongos en las luces que por su formación reduce iluminancia de estas.

BR-100W	Specification
	LED Lighting Efficiency: 15000LM
	CT: 3000-6500K
	Body Size: 650*290*93 mm
	Net Weight: 5.68kgs
	IP degree: IP67

Figura 3. 11: Lámpara LED de 100W.
Elaborado por: Autor

Compararemos las lámparas convencionales en la tabla 3.2 con la opción que se está proponiendo para el proyecto, contrastara las potencias y las cantidades de lúmenes entregados entre las de tipo tubular, ovoide clara y LED; en la gráfica de la figura 3.12 se puede observar las diferencias de eficiencia aun teniendo las mismas potencias, el objetivo es dar igual o más iluminación con las mismas potencias.

Tabla 3. 2 comparativo de lámparas

Modelo	Potencia de la lámpara [W]	Eficiencia Inicial [Lm/W]	Total iluminación [Lm]
Tubular	100	107	10700
Ovoide Clara	100	88	8800
LED	100	150	15000

Elaborado por: Autor

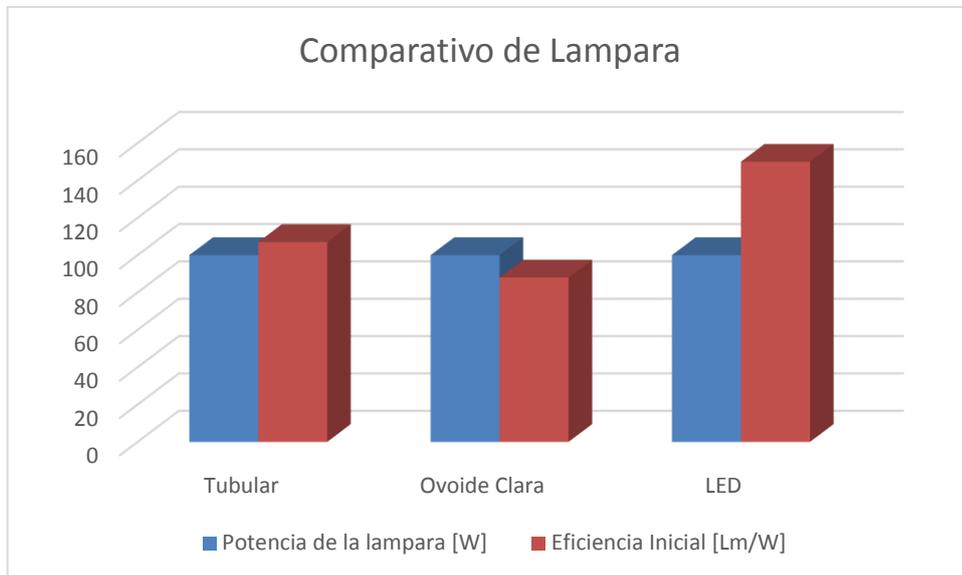


Figura 3. 12: Grafico comparativo por entrega de lúmenes.
Elaborado por: Autor

3.2.2. 3 Sistema de almacenamiento.

El acumulador provisto es del tipo sellada, libre de mantenimiento con una autonomía de 150 AH, analizaremos el tiempo de descarga de la batería cuya tensión es de 12V con respecto a nuestra carga que demanda la lámpara de 100W, primero a través de la fórmula del cálculo de la potencia obtendremos la intensidad.

$$P = V \cdot I \rightarrow I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{100}{12} = 8.33A$$

El tiempo de descarga [T] está dada por la siguiente formula $T=C/I$, donde C es la capacidad de la batería e I es el intensidad de consumo de la lámpara, por lo tanto:

$$T = \frac{C}{I} = \frac{180 Ah}{8.33 A} = 21.61 h$$

Nos da un tiempo $T = 21.61$ horas de autonomía; aproximadamente dos días de operación, el sistema solo funciona 12 horas diarias con una demanda total de 99.96 A por día, que sería un 55.5% de su profundidad de descarga partiendo de una carga total del 100% de la batería, la temperatura también es un factor que se consideró, por mantenerse esta en un promedio de 35 a 28 grados Celsius por las tardes y entre unos 24 a 21 grados Celsius por las noches; su eficiencia depende mucho de la temperatura ya que a mayor temperatura aumenta su capacidad y a menor temperatura la disminuye, ver características en figura 3.13.

Gelled Battery 150Ah/12V	Free Maintenance, Sealed Type, Gelled. Deep cycle.
	Nominal Voltage 12V
	Number of cell 6
	Warranty..... 3 years
	Design Life5-8 years
	10 hour rate(15.0A,11.5V)150Ah
	Fully Charged battery 77°F(25°C)4mΩ
	Discharge..... -20~60°C
	Charge -10~60°C
	Storage -20~60°C
	Size:..... 482*172*242mm
Net Weight.....42KGS	

Figura 3. 13: Características de batería de 150Ah de gel.
Elaborado por: Autor

En la figura 3.14 de la curva de profundidad de descarga podemos determinar que la batería tendrá 450 ciclos de carga y descarga aproximadamente, adicional su capacidad de carga se verá disminuida en un 60%. Entre sus otras características la batería es del tipo gel por

encontrarse a más de ocho metros de altura instalada, dificultando su mantenimiento preventivo y las de este tipo no requieren mantenimiento.

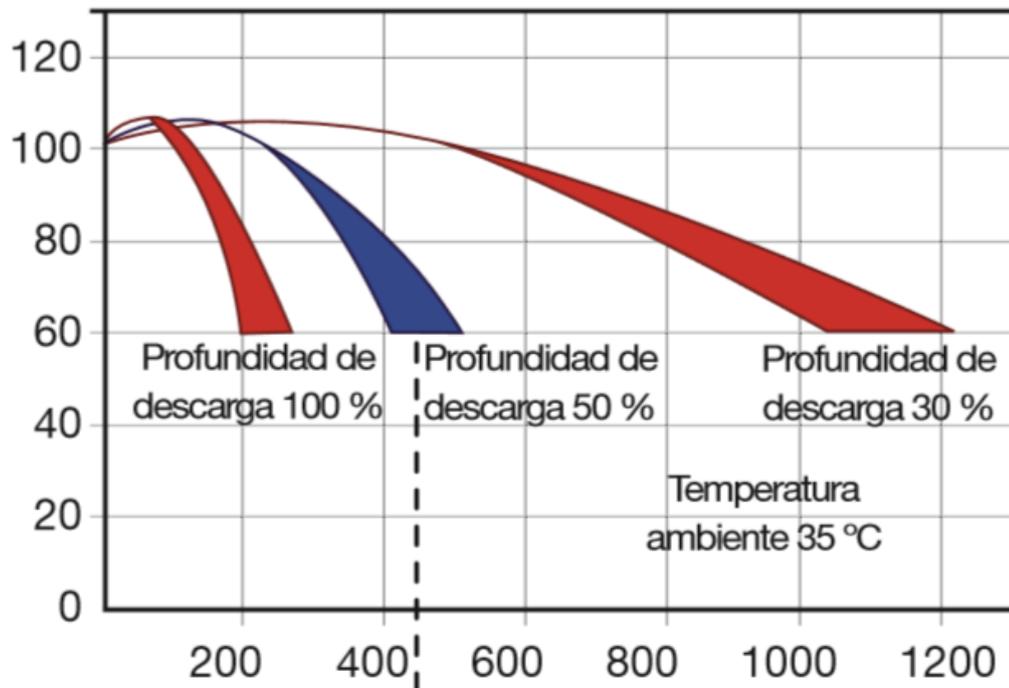


Figura 3. 14: Curva de profundidad de descarga de una batería.
Elaborado por: Autor

3.2.2. 4 Sistema de regulación y control.

Por ser la tensión nominal de los paneles solares mayor que la de los acumuladores de no existir un sistema de regulación se sobrecargaría elevando la temperatura de la batería produciendo un cortocircuito por elevarse la tensión y hasta producir la explosión de la misma, debido a las variaciones del clima el dimensionamiento de los paneles se realizan pensando en los peores niveles de irradiación solar, por eso la importancia de este sistema. También tiene como función de proporcionar la tensión adecuada para la carga, de existir algún problema este desconectará la carga de la batería y del panel solar por protección ver figura 3.15.

20A 12/24V Solar Controller	Automatic Light Control and Time Control System
	<p>Intelligent Micro-computer Controller Temperature Compensation. Size.....162*96*32mm Install Hole.....152*63.5mm Working Temperature:-20°C to 70°C Over-charging/discharging Protection Reverse-connection Protection Switch on Automatically with Light Sensor; Switch off after designed Hours later.</p>

Figura 3. 15: Controlador solar.
Elaborado por: Autor

3.2.2. 5 Sistema de sensado.

La combinación del sensor de luz y el sensor de movimiento ver figura 3.16, proporcionarán un control de encendido de la lámpara mediante una conexión serie, las señal de encendido está dada por la activación del sensor de luz con la oscuridad de la noche o con días nublados y oscuros; mientras que el sensor de movimiento tipo radar con un alcance de 5 a 30 metros quien detectara personas, vehículos y ciertos animales grandes, mediante la conmutación de un relé enviara la señal para que se encienda la lámpara durante un tiempo de 15s para optimizar la carga de la batería, haciendo de este un sistema eficiente en ahorro energético, y prolongando la vida útil de la batería.



Figura 3. 16: a. Sensor de luz y b. sensor radar de microondas.
Elaborado por: Autor

3.3. Diagrama de flujo.

En la figura 3.17 mediante un diagrama de flujo observaremos las diferentes etapas del sistema de iluminación solar autónomo y cómo será el trabajo del controlador, es un sistema sencillo ya que es analizado por poste de iluminación.

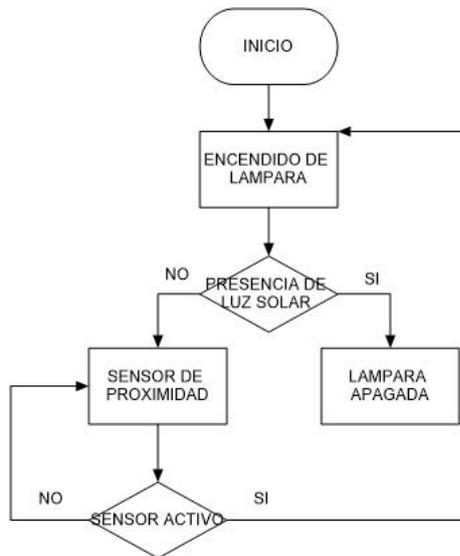


Figura 3. 17: Diagrama de flujo.
Elaborado por: Autor

3.4. Funciones del sistema de iluminación

Como función principal es cubrir la demanda de iluminación del sector Chongón – Cerecita que abarca 22 Km, mejorando el campo visual

de los conductores y de los transeúntes, además de aportar con la disminución de consumo de energía del alumbrado público, mediante sistemas de control inteligentes programables.

3.5. Análisis de factibilidad

Un análisis de factibilidad nos facilitara saber si el proyecto presentado tiene o cuenta con los medios necesarios para poderse ejecutar, se los analizara desde el punto de vista de los siguientes aspectos:

- Técnico
- Económico

3.5. 1 Factibilidad técnica.

Ecuador por ser un país predilecto por su ubicación geográfica, el recurso que brinda la energía solar debería ser aprovechado como fuente de energía eléctrica libre de emisiones y con los avances tecnológicos hacen de este un proyecto con un índice bajo de impacto ambiental, haciendo de esta fuente generador de energía limpia y amigable con la naturaleza.

3.5. 2 Factibilidad económica.

El proyecto propuesto es factible por la tendencia a la baja de los materiales que se utilizaran, su financiamiento es accesibles gracias a la

disminución de aranceles e impuestos a los materiales electrónicos importados, ahora analizaremos el ahorro económico que se generaría en la implementación del proyecto del sistema de iluminación alimentado con un sistema energético autónomo con respecto a las convencionales, utilizaremos información provista por el ARCONEL en la publicación de estadística anual y multianual del sector eléctrico ecuatoriano y de la CNEL EP.

Las lámparas convencionales de vapor de sodio son de 600W de potencia y el número de luminarias que se deben instalar son 880 en total a partir de esto determinamos el consumo anual total es igual a 2.312.640 KWH equivalente a \$242.827,20 dólares americanos. Ahora el costo del sistema de iluminación solar considerando su instalación es de \$1.829.317,60 en base al consumo anual en dólares de las iluminarias convencionales la inversión se vería devengada en aproximadamente 7.5 años, sin analizar el impacto ambiental por la cantidad de CO2 que se dejó de mandar a la atmosfera por la generación de los kilovatios consumidos.

Tabla 3. 3 Costo Unitario de iluminarias

Descripción	Costo Unitario [USD]
Kit Br solar	1476,66
Sensor radar	57,00
Instalación y Movilización	355,00
Materiales varios	165,00
costo total	2053,66
Costo de mantenimiento (30/día)	25.11

Elaborado por: Autor

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Conclusiones.

- El uso del sensor de velocidad ultrasónico fue la opción que mejor se adaptó a nuestro sistema de iluminación por su bajo costo y su fácil instalación, más en el mercado existe sensores de con mejores características pero a un mayor valor de adquisición.
- La tecnología LED en el alumbrado público permite que la alimentación de sus luminarias facilite su trabajo con energía fotovoltaica, siendo esta una fuente de energía limpia sin contaminación libre de emisiones de CO₂.
- El ahorro de energía con el uso de luminarias LED fotovoltaicas reducirá el costo de la facturación por el servicio de alumbrado público beneficiando al país.
- Incorporando más sistemas de iluminación fotovoltaicas autónomas en la vías Guayaquil – Salinas coadyuvaría con la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica que estipula en el artículo 413 de la constitución de la república del Ecuador en fomentar la eficiencia energética de bajo impacto ambiental a diferencia de la generadoras térmicas que utilizan combustible fósil.
- Con el reemplazo de las luminarias LED por las de vapor de sodio de alta presión utilizada convencionalmente, existen un consumo energético 6 veces menor en relación de sus potencias, generando

un mayor ahorro energético por su alta eficiencia mejorando la matriz eléctrica y económica del país.

- El correcto dimensionamiento de cada uno de los elementos que conformar un sistema fotovoltaico autónomo alarga la vida útil de cada uno de ellos.

4.2. Recomendaciones.

- Para optimizar el sistema de iluminación en el futuro recomendamos la modernización del sistema a uno inteligente que maneje una cantidad mayor de parámetros para el mejorar el control, como son las condiciones climáticas y la velocidad de los vehículos.
- El uso de plataformas gratuitas que se encuentran en el internet y nuevas tecnologías como z-wave adaptadas al sistema ayudarían en el control de funcionamiento y operatividad.
- Se debería realizar un estudio a nivel nacional para la implementación de sistemas de iluminación de vías con sistemas energéticos fotovoltaicos donde haya mayor cantidad de irradiación solar, movimiento vehicular e índices de accidentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aerosun - SERVICIOS. (s/f). Recuperado el 25 de agosto de 2017, a partir de <https://www.aerosun.com.mx/servicios/>

ALUMBRADO_PUBLICO_DOSSIER. (s/f). Recuperado a partir de http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/12/ALUMBRADO_PUBLICO_DOSSIER.pdf

ARCONEL. (2015, enero 16). LEYES VIGENTES. Recuperado a partir de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/leyes/>

ARCONEL. (2017, julio 15). PROYECTOS. Recuperado a partir de http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/08/Atlas2016BajaV6_baja_113_2da_parte.pdf

CONECEL. (2011, junio 21). ATLAS SOLAR DEL ECUADOR. Recuperado a partir de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00041.pdf>

Ecología | I P S E Ingeniería. (s/f). Recuperado el 25 de agosto de 2017, a partir de <http://www.ipsever.com/tag/ecologia/>

Gransolar. (s/f). PLANTA FOTOVOLTAICA SALINAS DE IBARRA. Recuperado el 25 de agosto de 2017, a partir de <http://www.gransolar.ec/wp-content/gallery/montaje/10.jpg>

Greenhouse effect | How We See the Environment. (s/f). Recuperado el 25 de agosto de 2017, a partir de <https://howweseetheenvironment.wordpress.com/tag/greenhouse-effect/>

INER. (2014). RADIACION SOLAR. Recuperado a partir de http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/12/SOLAR_DOSSIER.pdf

REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 069 “ALUMBRADO PÚBLICO”. (2016, diciembre 11). Recuperado el 24 de agosto de 2017, a partir de http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/prte_069.pdf

SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA UNA VIVIENDA AUTÓNOMA. (2012, octubre 31). Recuperado el 31 de agosto de 2017, a partir de <https://conscienciadespierta.wordpress.com/2012/10/31/sistema-solar-fotovoltaico-para-una-vivienda-autonoma/>

TFM-Sergio Santa Garcia.pdf. (s/f). Recuperado a partir de <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/13683/TFM-Sergio%20Santa%20Garcia.pdf?sequence=1>

TROJAN BATTERY COMPANY. (2015). SOLUCIONES DE ALMACENAMIENTO. Recuperado a partir de http://www.trojanbattery.com/pdf/TRJN0165_RESeriesColl_SP_SPA.pdf



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Galan Soriano, Jairo Enrique** con C.C: # 0919634550 autor del Trabajo de Titulación: **Estudio y diseño de un sistema de iluminación autónomo para el tramo desde el kilómetro 24 (peaje) – kilómetro 48 (Cerecita) en la autopista Guayaquil – Salinas, utilizando energía solar** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN ELECTRONICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 13 de Septiembre de 2017

f. _____

Galán Soriano, Jairo Enrique

C.I: 0919634550

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Estudio y diseño de un sistema de iluminación autónomo para el tramo desde el kilómetro 24 (peaje) – kilómetro 48 (Cerecita) en la autopista Guayaquil – Salinas, utilizando energía solar.		
AUTOR(ES)	Jairo Enrique Galán Soriano		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Carlos Bolívar Romero Rosero		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electrónica en Control y Automatismo		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Electrónica en Control y Automatismo		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	13 de Septiembre de 2017	No. DE PÁGINAS:	67
ÁREAS TEMÁTICAS:	Electrónica básica, Automatización.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Iluminación, Irradiación, Autónomo, Fotovoltaico, Respaldo Energético, Medio Ambiente, Sistemas Fotovoltaicos.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>Es de conocimiento público la falta de iluminación en la vía a la costa, lo cual hace que este trabajo se enfoque en las variables y causas que han hecho que esta esta vía no constate en la totalidad de su extensión de este servicio público siendo una vía de alto flujo vehicular. La iluminación en carreteras de este tipo es esencial por cómo están conformadas y su nivel de afluencia; cuatro carriles, parterres centrales arborizados y ciclo vía es lo que configura la vía a analizar. En el capítulo uno trataremos el análisis de la problemática existente en el sector a estudiar; los objetivos que se quiere obtener al finalizar la tesis y la metodología a utilizarse. El capítulo dos trata de términos, definiciones que se debe saber antes de iniciar con el análisis y diseño del proyecto. El análisis y el diseño del sistema de iluminación empleando un sistema fotovoltaico como fuente alimentación esta detallado en el capítulo tres, también se detallan comparativos de ahorro de energía por el uso de tecnología LED con respecto a las iluminarias convencionales utilizadas, respetando las reglamentaciones que rigen en la ley y el medio ambiente. El capítulo cuatro trata de las conclusiones y recomendaciones, con la intención de mejoras a futuro pensando en carreteras inteligentes.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-3083607	E-mail: jaiengal@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Mendoza Merchán Eduardo Vicente		
	Teléfono: +593-98-508-6815		
	E-mail: eduardo.mendoza@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			