



Universidad  
Nacional  
de Loja

# Universidad Nacional de Loja

## Facultad de la Energía, las industrias y los Recursos Naturales no Renovables

### Carrera de Ingeniería en Sistemas

**Estudio técnico y propuesta de plan de mejora del Sistema de Alumbrado Público en la Avenida Lateral de Paso Ángel F. Rojas de la Ciudad de Loja.**

**Technical study and proposal for the improvement of the Public Lighting System in Avenida Lateral de Paso Angel F. Rojas in the city of Loja.**

Trabajo de Titulación previo a la  
obtención del título de Ingeniero  
en Sistemas

### **AUTORES:**

Mario Alejandro Orellana Sánchez

Daniel Alexander Patiño Vásquez

### **DIRECTORA:**

Ing. Valeria Del Rosario Herrera Salazar Mg.

Loja – Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 12 de enero del 2023

Ing. Valeria del Rosario Herrera Salazar, Mg.

**DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Estudio técnico y propuesta de plan de mejora del Sistema de Alumbrado Público en la Avenida Lateral de Paso Ángel F. Rojas de la Ciudad de Loja**, de autoría de los estudiantes **Daniel Alexander Patiño Vásquez** con cédula Nro. **1150331773** y **Mario Alejandro Orellana Sánchez** con cédula Nro. **1104662737**, previa a la obtención del título **de Ingeniero en Sistemas**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Ing. Valeria del Rosario Herrera Salazar, Mg.

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.**

## Autoría

Nosotros, **Daniel Alexander Patiño Vásquez** y **Mario Alejandro Orellana Sánchez**, declaramos ser autores del presente Trabajo de Titulación y eximimos expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido del mismo. Adicionalmente, aceptamos y autorizamos a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de nuestro Trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:****Firma:****Autor:** Daniel Alexander Patiño Vásquez**Autor:** Mario Alejandro Orellana Sánchez**Cédula:** 1150331773**Cédula:** 1104662737**Fecha:** 14/02/2023**Fecha:** 14/02/2023**Correo electrónico:** [daniel.patino@unl.edu.ec](mailto:daniel.patino@unl.edu.ec)**Correo electrónico:** [mario.a.orellana@unl.edu.ec](mailto:mario.a.orellana@unl.edu.ec)**Teléfono:** 0994566601**Teléfono:** 0979702243

**Carta de autorización por parte de los autores, para consulta, reproducción parcial o total, y/o publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Titulación.**

Nosotros, **Daniel Alexander Patiño Vásquez** y **Mario Alejandro Orellana Sánchez**, declaramos ser autores del trabajo de titulación titulado denominado: **Estudio técnico y propuesta de plan de mejora del Sistema de Alumbrado Público en la Avenida Lateral de Paso Ángel F. Rojas de la Ciudad de Loja**, como requisito para optar el título de **Ingeniero en Sistemas** autorizamos al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los catorce días del mes de febrero del dos mil veintitrés.

**Firma:**

**Autor:** Daniel Alexander Patiño Vásquez

**Cedula:** 1150331773

**Dirección:** Alisos y Miguel Lorca. (Urb. Pucará).

**Correo electrónico:** [daniel.patino@unl.edu.ec](mailto:daniel.patino@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0994566601

**Firma:**

**Autor:** Mario Alejandro Orellana Sánchez

**Cedula:** 1104662737

**Dirección:** Pedro Víctor Falconi y Ramón Burneo. (Celi Román).

**Correo electrónico:** [mario.a.orellana@unl.edu.ec](mailto:mario.a.orellana@unl.edu.ec)

**Teléfono:** 0979702243

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del trabajo de titulación:** Ing. Valeria del Rosario Herrera Salazar. Mg.

## **Dedicatoria**

El presente trabajo se lo dedico a mi familia, en especial a mis amados padres Lincoln Patiño y Claudia Vásquez, quienes me formaron y guiaron en todo momento.

De igual modo dedico el presente trabajo a mis hermanos Diego, Leonardo y Claudia, quienes me brindaron un apoyo incondicional y me han enseñado a superar las adversidades que se me han presentado a lo largo del camino.

***Daniel Alexander Patiño Vásquez***

A mi papito Milton Sánchez, que, pese a que no pudo estar aquí conmigo en esta etapa de mi vida, que sepa que este logro es también suyo, gracias por siempre apoyarme y te agradezco todos los valores que me enseñaste, por tu amor incomparable y cariño infinito

A mis padres Lorena Sánchez y Mario Orellana, este triunfo es gracias a ustedes, ya que siempre estuvieron apoyándome para poder cumplir este sueño, día a día buscando la manera de poder sacarnos adelante a mis hermanas y a mí, gracias por todos sus esfuerzos y sacrificios papitos.

A mis hermanas Gina Orellana y Karen Orellana que siempre estuvieron presentes cuando las necesitaba, dándome su apoyo y cariño.

A mi mamita Luz Armijos que me supo impartir valores, siempre motivándome a que sea una mejor persona para la sociedad, alguien trabajador, responsable y puntual.

***Mario Alejandro Orellana Sánchez***

## **Agradecimiento**

Expreso un agradecimiento muy especial hacia mis padres los cuales fueron un pilar muy importante brindándome amor y comprensión en toda mi vida tanto personal como académica, espero seguir siempre a su lado y compartir grandes experiencias en familia.

Agradezco a mi hermano Diego Patiño quien con su carácter y disciplina ayudó a mi formación como persona y profesional, cuento con su apoyo incondicional para salir siempre adelante sin importar los tiempos difíciles.

Agradezco a mi hermano Leonardo Patiño el cual tuvo un papel muy importante en todo momento de mi vida, ayudándome a ver y entender que siempre hay calma después de la tormenta.

Agradezco a mi hermana Claudia Patiño quien estuvo siempre a mi lado en todo momento brindando un apoyo incondicional y siempre apoyándome en mi vida.

Agradezco a la Universidad Nacional de Loja, a la carrera de Ingeniería en Sistemas y al personal que la conforma, agradezco especialmente a los docentes que día a día comparten sus conocimientos con nosotros los estudiantes, del mismo modo, agradezco a la Ing. Valeria del Rosario Herrera Salazar. Mg. quien como directora supo brindarnos un gran apoyo y pudo guiarnos para la culminación del presente trabajo, y al Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, PhD, quien nos orientó con importantes complementaciones del trabajo en todo momento para lograr culminar con éxito el presente trabajo.

Además, agradezco al Ministerio de Transporte y Obras Públicas, quienes fueron los encargados de revisar y supervisar toda la información relacionada a la investigación.

***Daniel Alexander Patiño Vásquez***

Agradezco a Dios, por brindarme salud y la sabiduría necesaria para poder cumplir con éxito una meta más.

De corazón agradezco a mis padres por el apoyo constante, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, por brindarme incondicionalmente todo su amor, respeto, cariño, comprensión, apoyo y motivación durante todos estos años de estudio, por el enorme sacrificio que han realizado para que yo pueda alcanzar esta meta y lo único que puedo decir es una enorme gracia, de todo corazón

Un agradecimiento a mi hermana Gina, que desde pequeño me impulso a cumplir todo lo que me proponga y a nunca darme por vencido.

Un agradecimiento a mi compañero Daniel por la dedicación y tiempo invertidos en el proyecto.

También a la Universidad Nacional de Loja por darme la oportunidad de ser un profesional, a los distinguidos docentes de la Carrera de Ingeniería en Sistemas, quienes, a lo largo de estos periodos de estudio, con su cordialidad y entusiasmo depositaron en mí, sus valiosos conocimientos y de manera especial a la Ing. Valeria Herrera por su guía a lo largo el desarrollo del trabajo de investigación, un agradecimiento especial también al Ing. Carlos Solano, PhD, por su importante aporte y el conocimiento compartido.

Finalmente, un agradecimiento a mis compañeros y amigos, en especial a Cesar Ortega, Cesar Salazar, Alexis y Daniel, por todos los buenos momentos compartidos a lo largo de estos años, por las risas, las motivaciones, la bondad de sus corazones, por su ayuda y por siempre estar ahí presentes conmigo, enserio muchas gracias.

***Mario Alejandro Orellana Sánchez***

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	i
<b>Certificación</b> .....	ii
<b>Autoría</b> .....	iii
<b>Carta de autorización</b> .....	iv
<b>Dedicatoria</b> .....	v
<b>Agradecimiento</b> .....	vi
<b>Índice de contenidos</b> .....	viii
Índice de tablas:.....	xii
Índice de Figuras: .....	xiv
Índice de Anexos: .....	xvii
Índice de Formulas: .....	xviii
<b>1. Título</b> .....	1
<b>2. Resumen</b> .....	2
2.1. Abstract .....	3
<b>3. Introducción</b> .....	4
<b>4. Marco teórico.</b> .....	6
<b>Capítulo I</b> .....	6
<b>Energía fotovoltaica en Loja</b> .....	6
Introducción a la energía fotovoltaica. ....	6
Sistema fotovoltaico. ....	6
Tipos de sistemas fotovoltaicos. ....	7
Energía fotovoltaica en Ecuador.....	9



Ventajas y desventajas del uso de la energía solar fotovoltaica en Ecuador. ....	10
Dificultades en el uso de energía solar en Ecuador. ....	10
Ubicación geográfica de la avenida de integración barrial (Loja-Ecuador). ....	10
Sistema de alumbrado público en Ecuador. ....	11
Principales ventajas y desventajas de la utilización de paneles fotovoltaicos en avenidas. ..	13
Iluminación convencional en carreteras. ....	13
Iluminación LED en postes de carreteras. ....	13
Comparativa entre luminarias convencionales y LED. ....	14
Eficiencia energética y ahorro económico en paneles solares. ....	14
<b>Capítulo II</b> .....	16
<b>Análisis y condiciones de los paneles fotovoltaicos instalados en la Av. Ángel F. Rojas. .</b>	16
Características técnicas de Instalación. ....	16
Proceso de mantenimiento. ....	18
Funcionamiento del sistema fotovoltaico instalado en la Avenida Lateral de Paso. ....	19
Tipos de luminarias. ....	20
Principales ventajas de paneles fotovoltaicos de 300 Wp Resun Solar. ....	20
Comparativa con otras tecnologías. ....	21
Nivel adecuado de iluminación para una avenida lateral. ....	21
Componentes para un sistema solar fotovoltaico. ....	22
Estado actual de las luminarias instaladas en la Avenida Lateral de Paso. ....	24
<b>Capítulo III</b> .....	27
<b>Recurso Solar en la ciudad de Loja</b> .....	27
Introducción. ....	27
Radiación solar. ....	27

El potencial de radiación solar terrestre. ....	28
Tipos de radiación solar.....	28
Recurso solar en la ciudad de Loja.....	30
Localización geográfica.....	30
Base de datos de la NASA.....	31
Base de datos de la UNL .....	32
Meteonorm.....	34
Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica.....	35
Mapa solar del Ecuador 2019 .....	36
Estaciones meteorológicas administradas por el INAMHI .....	37
Análisis de la radiación en Loja .....	38
<b>5. Metodología.....</b>	<b>42</b>
<b>Contexto .....</b>	<b>42</b>
<b>Proceso.....</b>	<b>42</b>
<b>Métodos .....</b>	<b>46</b>
Método Científico.....	46
Método Analítico.....	46
Métodos no probabilísticos.....	47
<b>Técnicas .....</b>	<b>48</b>
Encuestas .....	48
Entrevista.....	48
<b>Metodología utilizada en las encuestas.....</b>	<b>48</b>
Métodos .....	48
Materiales .....	49

Ficha técnica encuesta sectorial.....	49
Participantes.....	51
<b>6. Resultados.....</b>	<b>52</b>
Objetivo 1 .....	52
Objetivo 2 .....	52
Objetivo 3 .....	53
<b>7. Discusión.....</b>	<b>106</b>
Análisis técnico económico social.....	107
Transferencia de conocimiento.....	108
<b>8. Conclusiones.....</b>	<b>111</b>
<b>9. Recomendaciones.....</b>	<b>113</b>
<b>10. Bibliografía.....</b>	<b>114</b>
<b>11. Anexos.....</b>	<b>119</b>

## Índice de tablas:

<b>Tabla 1:</b> Localización geográfica de la avenida de integración barrial ubicada en Loja-Ecuador   Fuente: Autores.....	11
<b>Tabla 2:</b> Comparativa entre luminarias convencionales y LED usadas en carreteras   Fuente: [6], [9].....	14
<b>Tabla 3:</b> Características técnicas de paneles solares instalados en la Avenida Lateral de Paso.   Fuente: MTOP .....	16
<b>Tabla 4:</b> Características específicas de Paneles Fotovoltaicos   Fuente: MTOP .....	17
<b>Tabla 5:</b> Características específicas de baterías de gel   Fuente: MTOP .....	17
<b>Tabla 6:</b> Características específicas de Luminarias LVD   Fuente: MTOP .....	17
<b>Tabla 7:</b> Características específicas de Reguladores Crepusculares   Fuente: MTOP.....	17
<b>Tabla 8:</b> Estado actual de luminarias fotovoltaicas instaladas en Avenida Lateral de Paso Loja-Ecuador  Fuente: Autores.....	25
<b>Tabla 9:</b> Localización geográfica de la ciudad de Loja.   Fuente: Google Maps.....	30
<b>Tabla 10:</b> Datos Meteorológicos de la NASA   Fuente: [22].....	31
<b>Tabla 11:</b> Radiación mensual (W/m <sup>2</sup> ) acorde a la estación meteorológica UNL   Fuente: ING. Juan Carlos Solano Jiménez.....	32
<b>Tabla 12:</b> Valores finales de la recolección de información referente a la radiación solar   Fuente: Ing. Juan Carlos Solano Jiménez .....	33
<b>Tabla 13:</b> Valores Meteorológicos mensuales   Fuente: Meteonorm.....	34
<b>Tabla 14:</b> Valores meteorológicos mensuales   Fuente: Atlas solar del Ecuador .....	35
<b>Tabla 15:</b> Energía solar mensual y anual de irradiación global.   Fuente: Mapa Solar del Ecuador 2019.....	36
<b>Tabla 16:</b> Estaciones meteorológicas   Fuente: [25] .....	37
<b>Tabla 17:</b> Valores meteorológicos mensuales   Fuente: Estación Automática M0033 “LA ARGELIA” INAMHI .....	38
<b>Tabla 18:</b> Número de encuestados de diferentes sectores   Fuente: Autores .....	51
<b>Tabla 19:</b> Recurso humano   Fuente: Autores.....	51
<b>Tabla 20:</b> Precio del Cable de Bandeja VNTC   Fuente: [30].....	57
<b>Tabla 21:</b> Precio del inversor de energía solar híbrido   Fuente: [31].....	57

<b>Tabla 22:</b> Cronograma de implementación de la propuesta de Instalación de Sistema Híbrido.   Fuente: Autores .....	57
<b>Tabla 23:</b> Precio estimado de la propuesta de Instalación de Sistema Híbrido.   Fuente: Autores .....	58
<b>Tabla 24:</b> Cronograma de la propuesta de Revisión y sustitución de paneles estropeados, baterías y luminarias, conservando los dispositivos funcionales   Fuente: Autores.....	68
<b>Tabla 25:</b> Precio de Sistema de Paneles Solares   Fuente: [36] .....	77
<b>Tabla 26:</b> Cronograma de implementación de la propuesta de Instalación de Sistema Híbrido.   Fuente: Autores .....	78
<b>Tabla 27:</b> Precio estimado de la propuesta de Sustitución de todos los sistemas fotovoltaicos.   Fuente: Autores .....	79
<b>Tabla 28:</b> Comparativa de distintas tecnologías de baterías, que pueden ser utilizadas en un BESS   Fuente: Surrette Battery Company [44]. .....	85
<b>Tabla 29:</b> Baterías de Gel Sunpal 6-CNF-200   Fuente: 6-CNF-200 Datasheet.....	86
<b>Tabla 30:</b> Resumen de la propuesta   Fuente: Autores.....	86
<b>Tabla 31:</b> Cronograma de la implementación del sistema BESS.   Fuente: Autores.....	87
<b>Tabla 32:</b> Características de poste de hormigón   Fuente: [39].....	94
<b>Tabla 33:</b> Características de luminaria con vapor de sodio   Fuente: [48].....	95
<b>Tabla 34:</b> Cronograma de implementación de la propuesta de Eliminación del uso de energía fotovoltaica y utilizar la red eléctrica tradicional.   Fuente: Autores .....	95
<b>Tabla 35:</b> Precio estimado de la propuesta de Eliminación del uso de energía fotovoltaica y utilizar la red eléctrica tradicional.   Fuente: Autores .....	96
<b>Tabla 36:</b> Características técnicas de los paneles actualmente instalados en el sistema de alumbrado pública de la Avenida Lateral de Paso. Modelo RS8I550M.....	99
<b>Tabla 37:</b> Matriz de impacto ambiental de construcción   Fuente: Autores .....	100
<b>Tabla 38:</b> Detalles de la inversión necesaria en el presente proyecto de investigación.   Fuente: Autores.....	108
<b>Tabla 39:</b> Número de encuestados de diferentes sectores.   Fuente: Autores .....	131

## Índice de Figuras:

<b>Ilustración 1:</b> Ilustración de cómo está compuesto un sistema fotovoltaico de uso diurno   Fuente: [3].....	7
<b>Ilustración 2:</b> Ilustración en el cual se explica de manera simple como es el funcionamiento de un sistema fotovoltaico con almacenamiento de energía  Fuente: [3] .....	8
<b>Ilustración 3:</b> Ilustración en el cual se explica de manera simple como es el funcionamiento de un sistema fotovoltaico con almacenamiento híbrido   Fuente: [3] .....	8
<b>Ilustración 4:</b> Ilustración de cómo funciona un sistema fotovoltaico con conexión a la red eléctrica   Fuente: [3].....	9
<b>Ilustración 5:</b> Mapa solar del Ecuador 2019  Fuente: [4]. .....	9
<b>Ilustración 6:</b> Comparación de intensidad energética  Fuente: [1].....	12
<b>Ilustración 7:</b> Esquema eléctrico en el cual se muestra de forma simple las partes que componen un sistema fotovoltaico autónomo instalado en la avenida de integración barrial Ángel F. Rojas.   Fuente: Autores .....	18
<b>Ilustración 8:</b> Panel Solar   Fuente: [14].....	22
<b>Ilustración 9:</b> Regulador de Carga   Fuente: [14] .....	22
<b>Ilustración 10:</b> Inversor de Voltaje   Fuente: [14] .....	23
<b>Ilustración 11:</b> Batería o Acumuladores   Fuente: [14] .....	23
<b>Ilustración 12:</b> Sistema fotovoltaico autónomo actualmente instalado en la Avenida Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas.   Fuente: Autores.....	24
<b>Ilustración 13:</b> Vista aérea de la instalación de los postes con sistemas fotovoltaicos autónomos.   Fuente: Autores .....	24
<b>Ilustración 14:</b> Estado actual de los paneles fotovoltaicos funcionando en presencia de polvo.   Fuente: Autores.....	25
<b>Ilustración 15:</b> Tabulación de datos obtenidos de luminarias fotovoltaicas instaladas en Avenida Lateral de Paso Loja-Ecuador  Fuente: Autores .....	26
<b>Ilustración 16:</b> Tipos de radiación solar   Fuente: Jorge Luis Mirez Tarrillo blog, 2014.....	28
<b>Ilustración 17:</b> Radiación anual en la ciudad de Loja expresada en IGH [kWh/m <sup>2</sup> /día]   Fuente: Estación meteorológica de la UNL .....	39

<b>Ilustración 18:</b> Comparativa de la información obtenidos de las distintas bases de datos sobre la radiación solar en la zona sur del país y ciudad de Loja   Fuente: Autores .....	40
<b>Ilustración 19:</b> Promedio de la radiación solar más baja y alta presente en la ciudad de Loja a lo largo de un año   Fuente: Autores .....	40
<b>Ilustración 20:</b> Diagrama de flujo de la metodología utilizada en el proyecto. primer objetivo.   Fuente: Autores.....	44
<b>Ilustración 21:</b> Diagrama de flujo de la metodología utilizada en el proyecto. segundo y tercer objetivo.   Fuente: Autores .....	45
<b>Ilustración 22:</b> Diagrama de flujo de la metodología utilizada en el proyecto. publicación del articulo científico.   Fuente: Autores.....	46
<b>Ilustración 23:</b> Sistema híbrido compuesto por panel fotovoltaico y corriente alterna.   Fuente: [28].....	54
<b>Ilustración 24:</b> Avenida Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas.   Fuente: Google Maps .....	55
<b>Ilustración 25:</b> Dia nublado en la ciudad de Loja afectando al funcionamiento en los paneles fotovoltaicos   Fuente: [29] .....	55
<b>Ilustración 26:</b> Disposición actual de las luminarias presentes en el sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso   Fuente: [20], Autores.....	61
<b>Ilustración 27:</b> Poste al cual se le ha sustraído su regulador de carga.   Fuente: Autores. ....	62
<b>Ilustración 28:</b> Diagrama eléctrico de la caja de revisión de un sistema fotovoltaico autónomo instalado en la avenida de integración barrial Ángel. F. Rojas.   Fuente: Autores .....	62
<b>Ilustración 29:</b> Limpieza de un panel fotovoltaico   Fuente: Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos. Ministerio de energía. Gobierno de Chile [45]. ....	64
<b>Ilustración 30:</b> Comprobación de las celdas fotovoltaicas a través de una cámara termina   Fuente: Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos. Ministerio de energía. Gobierno de Chile [45]......	64
<b>Ilustración 31:</b> HotSpot presente en una celda fotovoltaica.   Fuente: Autores .....	65
<b>Ilustración 32:</b> Ruptura de módulo FV.   Fuente: Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos. Ministerio de energía. Gobierno de Chile [45]......	65
<b>Ilustración 33:</b> Partes de un sistema fotovoltaico autónomo instalado en la avenida de integración barrial.   Fuente: [20].....	71

<b>Ilustración 34:</b> Vista aérea con dron de los paneles solares cubiertos con suciedad.   Fuente: Autores.....	73
<b>Ilustración 35:</b> Lámparas LED ubicadas en la avenida de integración barrial.   Fuente: Autores .....	74
<b>Ilustración 36:</b> Funcionamiento de un regulador de carga solar.   Fuente: [35].....	75
<b>Ilustración 37:</b> Tipos de baterías usadas en sistemas fotovoltaicos.   Fuente: [35].....	76
<b>Ilustración 38:</b> Sistema fotovoltaico autónomo.   Fuente: [35] .....	77
<b>Ilustración 39:</b> Capacidad de una batería OPzS en relación a la temperatura.   Fuente: [41]. ....	81
<b>Ilustración 40:</b> Vida útil de la batería GE200-12 en relación con la temperatura   Fuente: [42]	82
<b>Ilustración 41:</b> Vida útil de la batería de gel modelo JYC200AH12VDC.   Fuente: [41]. ....	83
<b>Ilustración 42:</b> Diseño preliminar del BESS.   Fuente: Autores.....	87
<b>Ilustración 43:</b> Alumbrado con red eléctrica tradicional.   Fuente: Google Maps .....	90
<b>Ilustración 44:</b> Postes de hormigón con estructura circular para redes eléctricas.   Fuente: [37] .....	91
<b>Ilustración 45:</b> Lámpara de vapor de sodio.   Fuente: Autores .....	92
<b>Ilustración 46:</b> Postes de acero actualmente instalados en la avenida de integración barrial.   Fuente: Autores.....	93
<b>Ilustración 47:</b> Transformado de alumbrado público.   Fuente: Google Maps.....	94
<b>Ilustración 48:</b> Vista en planta de 2 paneles solares juntos.   Fuente: Autores .....	101
<b>Ilustración 49:</b> Vista lateral de dos paneles solares colocados en su estructura   Fuente: Autores .....	101
<b>Ilustración 50:</b> Vista frontal de dos paneles solares colocados en su estructura   Fuente: Autores .....	101
<b>Ilustración 51:</b> Vista Isométrica de dos paneles solares colocados en su estructura   Fuente: Autores.....	102
<b>Ilustración 52:</b> Diseño preliminar de un sistema BESS   Fuente: Autores.....	102
<b>Ilustración 53:</b> Funcionamiento sistema fotovoltaico.   Fuente: Autores.....	103



## Índice de Anexos:

<b>Anexo 1:</b> Encuesta aplicada a sectores estratégicos ubicados cerca de la avenida de integración barrial Angel Felicísimo Rojas. ....	119
<b>Anexo 2:</b> Estado actual de las luminarias instaladas en la avenida de integración barrial Ángel Felicísimo Rojas.....	123
<b>Anexo 3:</b> Recopilación de los datos obtenidos en la encuesta aplicada. ....	124
<b>Anexo 4:</b> Certificado de veracidad de la tecnología que fue instalada en las luminarias en la avenida de integración barrial Ángel Felicísimo Rojas. ....	125
<b>Anexo 5:</b> Vistas aéreas del estado actual de las luminarias ubicadas en la Avenida Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas. ....	127
<b>Anexo 6:</b> Reporte de la encuesta aplicada a los moradores cercanos a la avenida de integración barrial. ....	128
<b>Anexo 7:</b> Reporte de la entrevista realizada a la entidad encargada del alumbrado público instalado en la Avenida Lateral de Paso. ....	139
<b>Anexo 8:</b> Imágenes captadas con cámara térmica del estado actual de los paneles solares instalados en la Avenida Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas. ....	147
<b>Anexo 9:</b> Certificado otorgado por el Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTOB)....	149
<b>Anexo 10:</b> Certificado otorgado por Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, PhD. DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN 34-DI-FEIRNNR-2021.....	150
<b>Anexo 11:</b> Artículo publicado en la revista tecnológica ESPOL. ....	151
<b>Anexo 12:</b> Pre-proyecto de titulación y pertinencia del mismo .....	153
<b>Anexo 13:</b> Certificado de traducción del abstract. ....	154

**Índice de Formulas:**

**Ecuación 1:** Fórmula para el cálculo de la muestra | Fuente: [27]..... 50

## **1. Título**

**Estudio técnico y propuesta de plan de mejora del Sistema de Alumbrado Público en la  
Avenida Lateral de Paso Ángel F. Rojas de la Ciudad de Loja.**

**Technical study and proposal for the improvement of the Public Lighting System in  
Avenida Lateral de Paso Angel F. Rojas in the city of Loja.**

## 2. Resumen

El presente trabajo de titulación está enfocado en la propuesta de una o varias soluciones relacionadas al mal estado que tiene el sistema de alumbrado público de la avenida de integración barrial Ángel Felicísimo Rojas ubicada en la ciudad de Loja desarrollado como proyecto de titulación.

Actualmente el sistema de alumbrado público presenta falencias elevando el nivel de inseguridad hacia los moradores del sector, comunidad universitaria (Universidad Nacional de Loja) y ciudadanía en general.

Primeramente, para un análisis del estado actual de la avenida se procedió con un estudio previo a la obtención de criterios por parte de los moradores de la localidad en el cual se evidencia las fallas que presenta en la actualidad el sistema de alumbrado público, por otro lado, mediante una encuesta realizada a una muestra de 115 moradores del sector se pudo afirmar la inconformidad que existe por parte de la ciudadanía, dicho esto, la Universidad Nacional de Loja se preocupa por una pronta solución del sistema de alumbrado ya que esto involucra un nivel de inseguridad para todos lo que hacen uso de la misma, incluyendo de manera especial a la comunidad universitaria.

Posteriormente se realizó una entrevista con la entidad encargada del funcionamiento y mantenimiento del sistema de alumbrado público con la finalidad de conocer todas las características físicas y técnicas posibles de los paneles fotovoltaicos y hacer un levantamiento de información relacionado con otras tecnologías, en base a esta información recopilada proponer una o varias soluciones viables.

Finalmente, se entregó las soluciones propuestas las cuales pueden ser implementadas para corto, mediano y largo plazo según crea conveniente la entidad encargada del proyecto.

***Palabras clave:*** alumbrado público, sistemas fotovoltaicos, paneles solares, energía solar.

## 2.1. Abstract

We focused this degree paperwork project on the proposal of one or several solutions related to the poor state of the public lighting system of the neighborhood, Avenida de Integración Barrial Angel Felicísimo Rojas, located in the city of Loja, developed as a degree project.

Currently, the public lighting system has shortcomings, raising the level of insecurity for the residents of the sector, the university community (National University of Loja), and citizens in general.

First, for an analysis of the current state of the avenue, we proceeded with a previous study to obtain criteria from the inhabitants of the locality in which we evidenced the failures of the public lighting system. On the other hand, A survey conducted with a sample of 115 residents of the sector showed that the citizens are not satisfied with the lighting system. Having said this, the National University of Loja is concerned about a prompt solution for the lighting system since this involves a level of insecurity for all the people who use it, with particular emphasis on the university community.

Subsequently, we interviewed the entity in charge of the operation and maintenance of the public lighting system to know all the possible physical and technical characteristics of the photovoltaic panels and to conduct a survey of information related to other technologies based on this information gathered to propose one or more viable solutions.

Finally, we delivered the proposed solutions for implementation in the short, medium, and long term as deemed appropriate by the entity in charge of the project.

Keywords: street lighting, photovoltaic systems, solar panels, solar energy

### 3. Introducción

La tecnología avanza, conforme pasa el tiempo se observan cambios positivos en la sociedad relacionados con el avance tecnológico tal como puede ser el medio de transporte, comunicación, acceso a la información, entre otros. Un punto importante que se debe considerar es la iluminación, como ya es sabido nuestros antepasados usaban mecheros o velas para la iluminación, en relación a las calles y avenidas en un principio se usaba el vapor de sodio el cual aún se siguen usando en ciertos lugares, con el paso del tiempo este método ha ido quedando obsoleto ya que en la actualidad se cuenta con lámparas de tecnología LED el cual funciona y rinde más que una lámpara a vapor de sodio. Para la alimentación de las lámparas LED se requiere de energía eléctrica la cual puede venir de energías limpias o renovables como los paneles fotovoltaicos. Dichos paneles han llegado a ser muy bien aceptados por la sociedad ya que la forma en que trabajan se basa en la recepción de los rayos del sol que chocan contra la tierra durante todo el día, otro punto a tener en consideración el uso de paneles solares es por su fácil instalación ya que se puede instalar incluso en ciertas zonas que sería imposible llegar con lámparas de sodio las cuales necesitan de corriente eléctrica guiada por cables.

En la ciudad de Loja a finales del año 2015 se realizó un proyecto el cual consiste en la construcción de una Avenida Lateral de Paso que conecta calles que van directo al centro de la ciudad con el fin de agilizar el tráfico y aprovechar al máximo el espacio ofrecido, dicha avenida lleva el nombre de Ángel Felicísimo Rojas, la misma cuenta con un sistema de alumbrado público compuesto por paneles fotovoltaicos autónomos que funcionan con lámparas LED, no obstante, con el pasar de los años se ha demostrado un mal estado de las mismas llegando a causar cierta incomodidad e inseguridad vial por parte de los moradores de la avenida, del mismo modo, se ve afectada la ciudad en general entre los cuales se suma la comunidad de la Universidad Nacional de Loja, los cuales hacen uso de la misma para llegar a su lugar de estudio y trabajo. Además, actualmente no existe ningún trabajo relacionado al tema lo que refleja la falta de importancia que se le ha dado a dicha avenida.

Por lo mencionado anteriormente, el presente trabajo de titulación tiene como objetivo general proponer un plan de mejora del estado actual del sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas para salvaguardar la seguridad de la ciudadanía y la

comunidad universitaria durante horas nocturnas. Así mismo se pretende dividir el presente trabajo en 3 fases en las cuales cada una tiene su objetivo específico.

Como primera fase y primer objetivo se pretende realizar un levantamiento de información y analizar las condiciones técnicas de instalación, mantenimiento y funcionamiento actual del Sistema de Alumbrado Público con sistemas fotovoltaicos en la Avenida Lateral de Paso Ángel F. Rojas de la Ciudad de Loja.

Una vez se cumpla con éxito la primera fase, se procede con la siguiente tomando en consideración que el objetivo específico de la misma es investigar el grado de satisfacción de los usuarios y moradores del lugar, así como de la institución pública encargada de su mantenimiento, dicha investigación servirá como punto de referencia para la elaboración de medidas correctivas y preventivas del sistema.

Como tercera y última fase se tiene el objetivo específico de elaborar una o varias propuestas como plan de acción a corto, mediano y largo plazo; y analizar la viabilidad técnica y económica que involucraría para el Estado estas propuestas de mejora.

Una vez establecidas las fases mencionadas, se pudo identificar que la comunidad de la UNL se ve vulnerable, es importante mencionar el mal funcionamiento de luminarias que conlleva a la falta de seguridad tomando en consideración que muchos de los estudiantes suelen viajar frecuentemente y hacen uso de dicha avenida para acudir a recibir sus clases, por lo tanto, se entregarán varias propuestas de soluciones a la entidad pertinente con el fin de aportar al problema actual y solucionar lo más pronto posible.

## **4. Marco teórico.**

### **Capítulo I Energía fotovoltaica en Loja**

#### **Introducción a la energía fotovoltaica.**

La energía solar fotovoltaica consiste en aprovechar la radiación proveniente del sol y transformarla directamente en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico. Dicho efecto fotovoltaico se le atribuye su origen al físico francés Alexandre Edmond Becquerel (1820-1891), se descubrió mediante un experimento con una pila electrolítica con electrodos de platino, en ese experimento se pudo observar el incremento de corriente que lo causaba la exposición frente a la luz de uno de los electrodos. El efecto fotovoltaico consiste en la emisión de electrones por medio de un material siempre y cuando este sea iluminado con la radiación electromagnética. La obtención de la energía se realiza a través de células fotovoltaicas [1].

#### **Sistema fotovoltaico.**

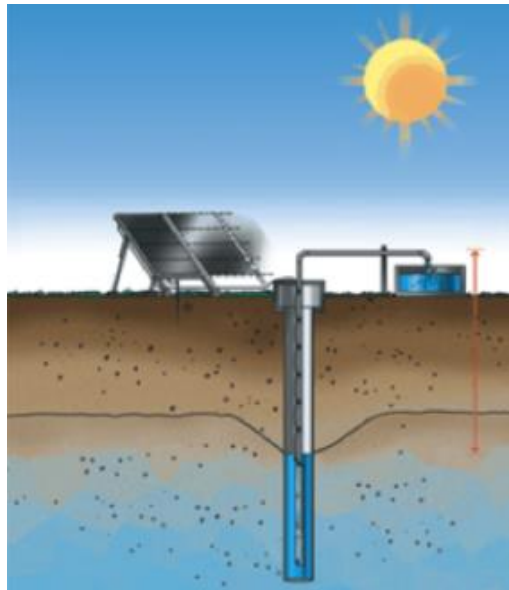
El sistema fotovoltaico se trata del conjunto de equipos cuya función principal es la de aprovechar al máximo la energía solar que choca contra la tierra y poder convertirla en electricidad. La conversión de energía solar a energía eléctrica la hacen mediante el uso de celdas fotovoltaicas, la cantidad de energía eléctrica que pueda llegar a producir o almacenar dichas celdas depende del número de horas que el sol haya brindado luz al panel solar, del mismo modo se debe considerar la cantidad de módulos instalados, inclinación, niveles de radiación y la calidad de instalación del panel fotovoltaico [2].



## Tipos de sistemas fotovoltaicos.

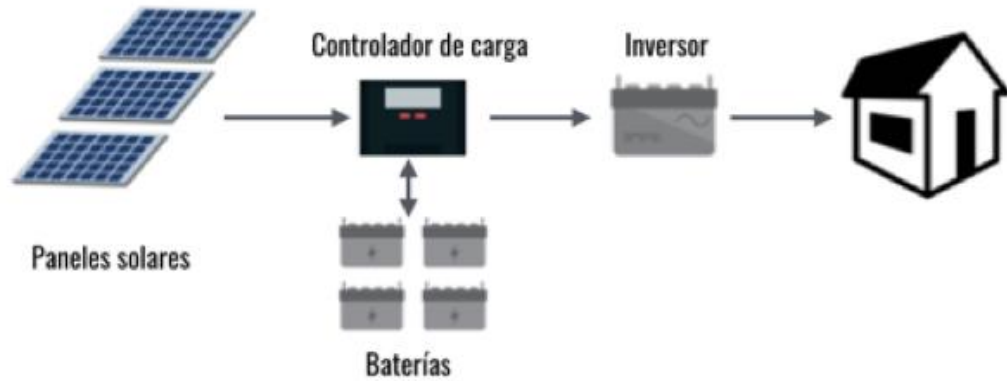
Los diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos pueden ser usados en diferentes áreas como pueden ser áreas remotas, extracción de agua, iluminación, servicio público, entre otras. Entre los tipos de sistemas fotovoltaicos están [3]:

- Sistema fotovoltaico de uso diurno DC-DC.
  - Se conectan directamente con los dispositivos electrónicos hacia el panel solar, estos dispositivos funcionan solamente en día mientras el panel solar recibe la radiación del sol, este tipo de sistema es generalmente usado para el bombeo de agua y para la ventilación tal como se indica en la **ILUSTRACIÓN 1**.



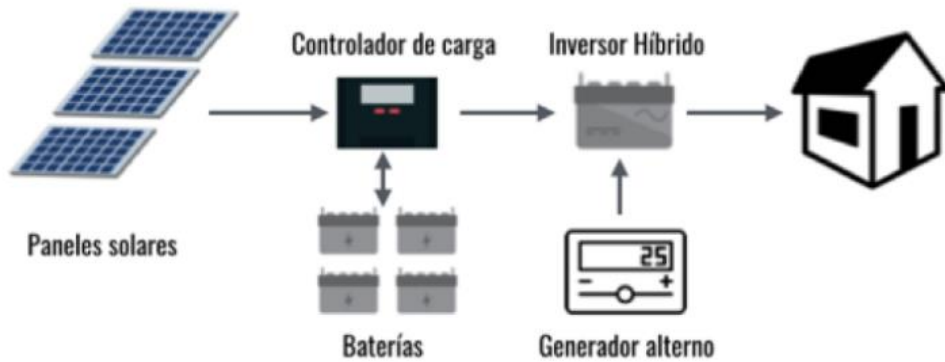
**Ilustración 1:** Ilustración de cómo está compuesto un sistema fotovoltaico de uso diurno | Fuente: [3]

- Sistema fotovoltaico con almacenamiento de energía.
  - La característica principal es que este tipo de sistemas es capaz de almacenar toda la energía producida gracias a los paneles solares, esta energía es almacenada en baterías con el propósito de usarla en horarios nocturnos, este tipo de sistemas es mayormente usado en iluminación de carreteras, sistemas de telecomunicaciones, alumbrado público, entre otras (ver **ILUSTRACIÓN 2**).



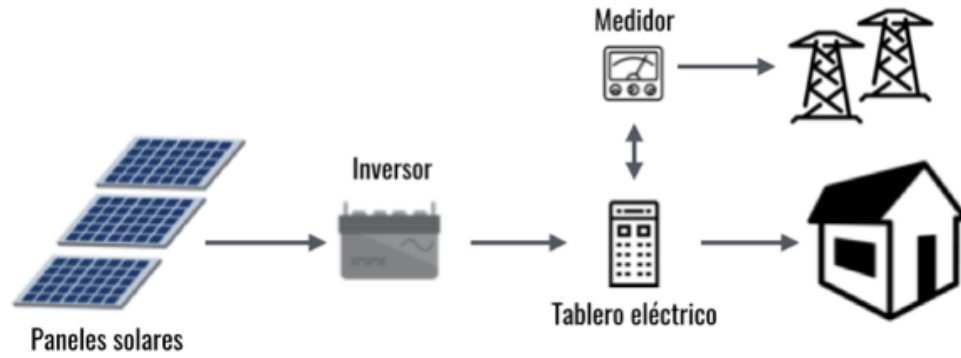
**Ilustración 2:** Ilustración en el cual se explica de manera simple como es el funcionamiento de un sistema fotovoltaico con almacenamiento de energía | Fuente: [3]

- Sistema fotovoltaico híbrido.
  - La principal característica de este sistema es la integración a otra fuente que produzca energía como puede ser el caso del uso de una turbina eólica o simplemente una red eléctrica, la aplicación de este tipo de sistemas se da generalmente en el respaldo de energía en áreas remotas, reducción de combustibles, plantas de respaldo renovables, entre otras (ver **ILUSTRACIÓN 3**).



**Ilustración 3:** Ilustración en el cual se explica de manera simple como es el funcionamiento de un sistema fotovoltaico con almacenamiento híbrido | Fuente: [3]

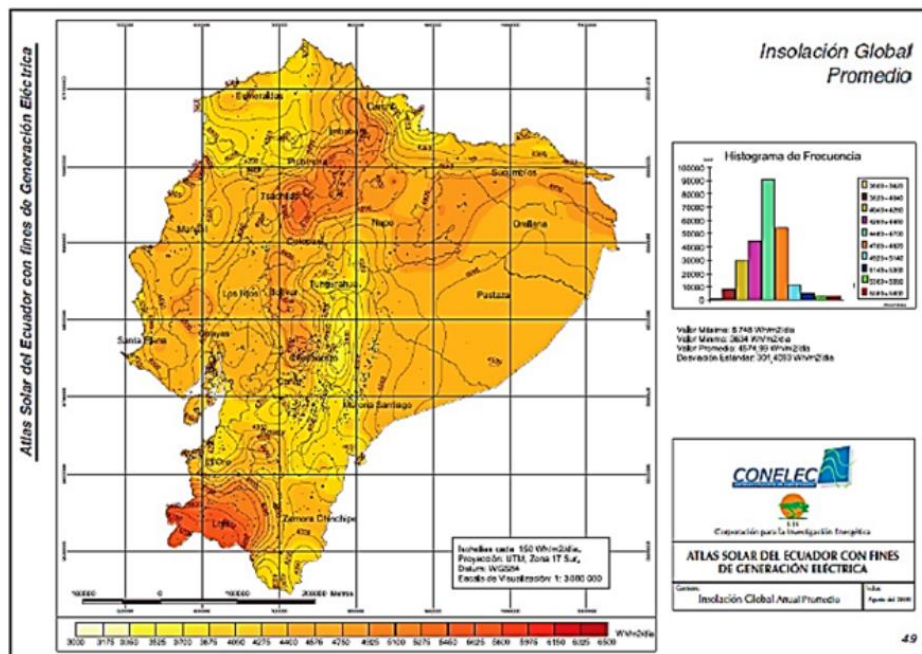
- Sistema fotovoltaico interactivo con la red eléctrica.
  - Este tipo de sistema es el más usado generalmente para el servicio público, básicamente este funcionamiento consiste en que los paneles fotovoltaicos están produciendo más energía de la necesaria, dicha energía sobrante pasa a ser parte de la red eléctrica empleada habitualmente tal como se indica en la **ILUSTRACIÓN 4**.



**Ilustración 4:** Ilustración de cómo funciona un sistema fotovoltaico con conexión a la red eléctrica | Fuente: [3]

### Energía fotovoltaica en Ecuador.

En Ecuador gracias al ex Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) se pudo desarrollar un atlas solar con fines netamente de generación eléctrica. los datos de los detalla en la **Ilustración 5**.



**Ilustración 5:** Mapa solar del Ecuador 2019 | Fuente: [4].

Tal como se observa en la **Ilustración 5**, las zonas con mayor potencial para generación de energía fotovoltaica se pueden dar en provincias como Loja, Imbabura y Carchi. El valor medio aproximado de la radiación solar en el Ecuador es de 4575 Wh/m<sup>2</sup>/día. Del mismo modo, el

potencial solar estimado con fines de generación eléctrica del país es de 312 GW lo mismo que equivale a 456 TWh por año, este valor calculado se podría comparar con quince veces el potencial hidroeléctrico técnico y económicamente aprovechable de todo el país [4].

### **Ventajas y desventajas del uso de la energía solar fotovoltaica en Ecuador.**

En la instalación de energía solar fotovoltaica se pueden tener buenas oportunidades con respecto al bajo costo de mantenimiento, diversidad de aplicaciones, incrementar el desarrollo tecnológico, sería reconocido el uso de energías alternativas o energía renovable con ventajas como es la baja emisión de gases invernaderos. Por otro lado, entre algunos aspectos negativos se tiene el alto costo de inversión inicial, requiere de sistemas de almacenamiento (baterías) que generalmente son difíciles de acoplar, actualmente se requiere de más información y soporte técnico especializado en el tema, uno de los factores más importantes es que estos dependen netamente del clima y por ende también de la variabilidad de la luz solar [2].

### **Dificultades en el uso de energía solar en Ecuador.**

Aunque Ecuador pueda disponer de un alto potencial energético, el desarrollo de la energía solar aún es prematuro. Para septiembre del 2017, ARCONEL informó que la capacidad efectiva en este tipo de energía fue de 25.6 MW lo que representó únicamente el 0.34% de la capacidad total del país. Además, Ecuador no dispone de información relacionada con la tecnología de paneles fotovoltaicos que se pueden llegar a considerar como micro generación distribuida [4].

### **Ubicación geográfica de la avenida de integración barrial (Loja-Ecuador).**

Para la localización geográfica se necesita tener datos como la latitud y longitud, en este caso se hará reconocimiento únicamente del tramo que cuenta con instalación de luminarias fotovoltaicas de alumbrado público donde se encuentra ubicada la Avenida Lateral de Paso (Ángel Felicísimo Rojas). Una gran herramienta empleada ha sido el uso de Google Maps el cual arroja datos precisos y confiables. Una vez consultadas las coordenadas se ha tenido como resultado la información se detalla a continuación en la **Tabla 1**.

**Tabla 1:** Localización geográfica de la avenida de integración barrial ubicada en Loja-Ecuador | Fuente: Autores

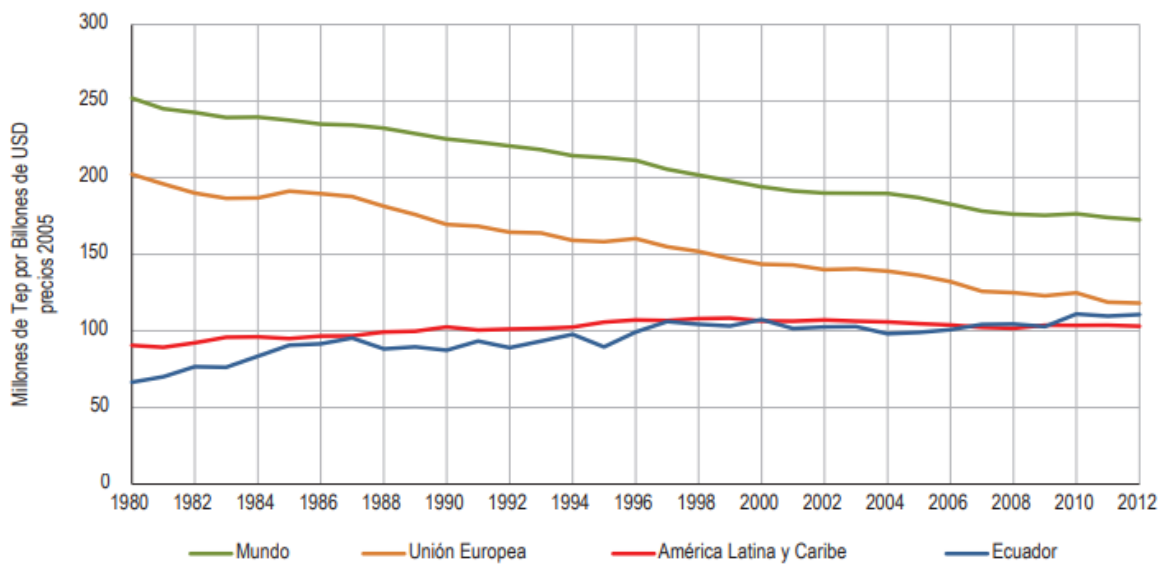
Ubicación geográfica del extremo norte de la vía	
Latitud	-3,961961
Longitud	-79,238379
Ubicación geográfica del extremo sur de la vía	
Latitud	-4,056921
Longitud	-79,196089

### **Sistema de alumbrado público en Ecuador.**

Para el análisis de tendencias en la eficiencia energética se debe tener en cuenta a la evolución del monto en energía consumida por la sociedad, el mismo que depende de ciertos cambios entre los cuales se encuentran:

- Actividad económica que abarca al valor agregado, población, áreas de construcción y movilización.
- Estructura de la economía como es la industria, transporte y artefactos domésticos.
- La intensidad energética actual.

Con el pasar del tiempo se ha visto una tendencia bajista en cuanto a la intensidad energética tal como se indica en la **Ilustración 6**:



Fuente: Banco Mundial y BP Statistical Review of World Energy 2013.

**Ilustración 6:** Comparación de intensidad energética| Fuente: [1]

Tal como se observa en la **Ilustración 6** el objetivo de ciertos países que conforman la Unión Europea es el poder reducir la intensidad energética, mientras que países que se encuentran en desarrollo (entre los cuales se encuentra Ecuador) se observa que en la década de los 80 mantiene una tendencia alcista para finalmente poder llegar a un nivel de estabilización en la década de los 90 y a partir del año 2000, aproximadamente, empezaría a tener una reducción de intensidad energética [5].

Por motivos expuestos en el párrafo anterior es que Ecuador es considerado una nación en formación para la eficiencia energética en la iluminación pública, por lo tanto, se debería tener en cuenta el uso frecuente de la tecnología LED. Por otro lado, la iluminación en Ecuador registra un 6% del consumo total a nivel nacional en el mismo que se encuentra el alumbrado público en las vías y carreteras, alumbrado público en parques, iglesias y el alumbrado intermedio la cual engloba al uso de la electricidad por parte de las empresas [6].

## **Principales ventajas y desventajas de la utilización de paneles fotovoltaicos en avenidas.**

Los usuarios generalmente optan por el uso de esta tecnología debido a que no genera ningún tipo de contaminación a excepción del proceso de fabricación, transporte y de instalación del mismo. Del mismo modo, una gran ventaja notable es que la luz solar puede llegar a lugares remotos que de otra manera sería imposible llevar otro tipo de energía eléctrica. No obstante, esta tecnología tiene sus contras en lo que respecta al precio que tiene la instalación inicial, además, su uso es netamente solar lo que quiere decir que funciona óptimamente siempre y cuando haya luz solar directa. El clima puede llegar a ser un factor muy importante para el rendimiento del sistema por lo que se limita a la instalación de dichos paneles siempre y cuando haya un clima constante y fuera de lugares nublados [7].

## **Iluminación convencional en carreteras.**

Al hablar de iluminación convencional se hace referencia a las lámparas que tienen la capacidad de emitir radiaciones luminosas gracias a la elevada temperatura que puede llegar a tener el cuerpo. Las más usadas actualmente son las compuestas por vapor de sodio, las mismas que representan un gasto de 25.7 millones de dólares, dichas lámparas se encuentran instaladas en la mayor parte del país debido a que generan una mínima contaminación ambiental [6].

Las lámparas de vapor de sodio se pueden encontrar dividida en 2 grupos:

- Vapor de sodio a baja presión (SBP): Esta genera una mayor cantidad de lúmenes por vatio del mercado, no obstante, su desventaja principal es que la reproducción de los colores es muy escasa.
- Vapor de sodio de alta presión (SAP): Es la que más se usa para el alumbrado público debido a que tiene un alto rendimiento y la reproducción de colores es mayor en comparación a SBP.

## **Iluminación LED en postes de carreteras.**

Los diodos emisores de luz, más conocido por sus siglas en inglés LED (Light Emitting Diode) pertenecen a la tecnología DDL de mayor disponibilidad dentro del mercado, entre sus mayores ventajas que posee se puede encontrar desde la eficacia, solidez y longevidad, además de poder

generar una gran variedad de colores. Del mismo modo se puede encontrar con algunas desventajas del uso del mismo en diferentes áreas, entre las que destacan es el alto costo de adquisición, uso de driver para poder alimentar, se debe trabajar en agrupaciones de LEDs para obtener un beneficio óptimo, el diodo LED debe trabajar en buenas condiciones de temperatura ambiental [8].

**Comparativa entre luminarias convencionales y LED.**

Para la comparación se ha tomado como referencia a las luminarias convencionales que funcionan en vaso a vapor de sodio, la comparación se ha detallado en la **Tabla 2**:

**Tabla 2:** Comparativa entre luminarias convencionales y LED usadas en carreteras | Fuente: [6], [9].

<b>Característica</b>	<b>Vapor de sodio</b>	<b>LED</b>
Potencia consumida (W)	50	36
Flujo luminoso (Lumen)	4400	5300
Temperatura del color (K)	2200	4000
Tiempo de vida útil (horas)	18000	100000
Índice de rendimiento de color	22	70-90
Calor promedio de dispersión	37%	75%-85%
Costo inicial	Bajo	Alto
Tiempo de encendido (min)	3-5	Inmediato

**Eficiencia energética y ahorro económico en paneles solares.**

La eficiencia energética se ha podido evidenciar con el pasar de los años en aspectos importantes como pueden ser que los vehículos requieren menos combustibles, electrodomésticos que consumen cada vez menos electricidad e incluso lámparas que llegan a consumir únicamente una cuarta parte de la energía en comparación a las antiguas.



La eficiencia energética comprende tanto la oferta (SSM Supply-Side Management) como la demanda (DSM Demand-Side Management), por lo general al sector energético se enfoca más en la demanda debido a que depende de la decisión de miles de usuarios y no de pocos empresarios como es el caso de la oferta [5].

Por otro lado, se conoce a la luminaria led de una forma económica debido a que es muy sostenible en relación a su tiempo de vida útil con más de 60000 horas de iluminación, el mantenimiento es relativamente económico manteniendo siempre una eficiencia energética elevada, trabajan a bajo voltaje en una corriente continua [1].

## Capítulo II

### Análisis y condiciones de los paneles fotovoltaicos instalados en la Av. Ángel F. Rojas.

#### Características técnicas de Instalación.

El proyecto de instalación de luminarias fotovoltaicas fue realizado en el año 2015 la cual duró aproximadamente 3 meses (mayo-agosto). En un comienzo se instalaron correctamente un total de 600 postes solares de alumbrado público, cada uno de los postes contenían 2 paneles fotovoltaicos, 4 baterías de GEL, 2 luminarias y reguladores crepusculares. Se detalla incluyendo características más específicas en base a la información certificada (**Anexo 4: Certificado de veracidad de la tecnología que fue instalada en las luminarias en la avenida de integración barrial Ángel Felicísimo Rojas.**) por parte de la entidad encargada que es el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas) en la **Tabla 3**:

**Tabla 3:** Características técnicas de paneles solares instalados en la Avenida Lateral de Paso. | Fuente: MTOP

Dispositivo	Cantidad	Característica	Modelo	Marca
Paneles fotovoltaicos	1200	300 Wp	RS8I550M	Resun Solar
Baterías de Gel	2400	200 AH/12 Vdc	JYC200AH12VDC	JYC
Luminarias LVD tipo luna	1200	120 W (2x60W)	60Wx2 de avenidas y carreteras	GEL
Reguladores crepusculares	1200	24 Vdc/20 Amp	SR-2L2420A	SRNE

Así mismo se detallan de forma específica cada uno de los componentes usados en la **Tabla 4**, **Tabla 5**, **Tabla 6** y **Tabla 7**:

**Tabla 4:** Características específicas de Paneles Fotovoltaicos | Fuente: MTOP

Paneles fotovoltaicos									
Vida útil	Precio	Modificación	Voltaje Circuito Abierto Voc	Voltaje Potencia Máxima Vmpp	Corriente Circuito Cerrado Isc	Corriente Potencia Máxima Impp	Eficiencia Panel	Dimensiones	Peso
30 años	\$225	36 células, 4 × 9, 5 Bushbars	24.10	20.39	11.99	11.39	21.06 %	1560x700x35mm	12 kg

**Tabla 5:** Características específicas de baterías de gel | Fuente: MTOP

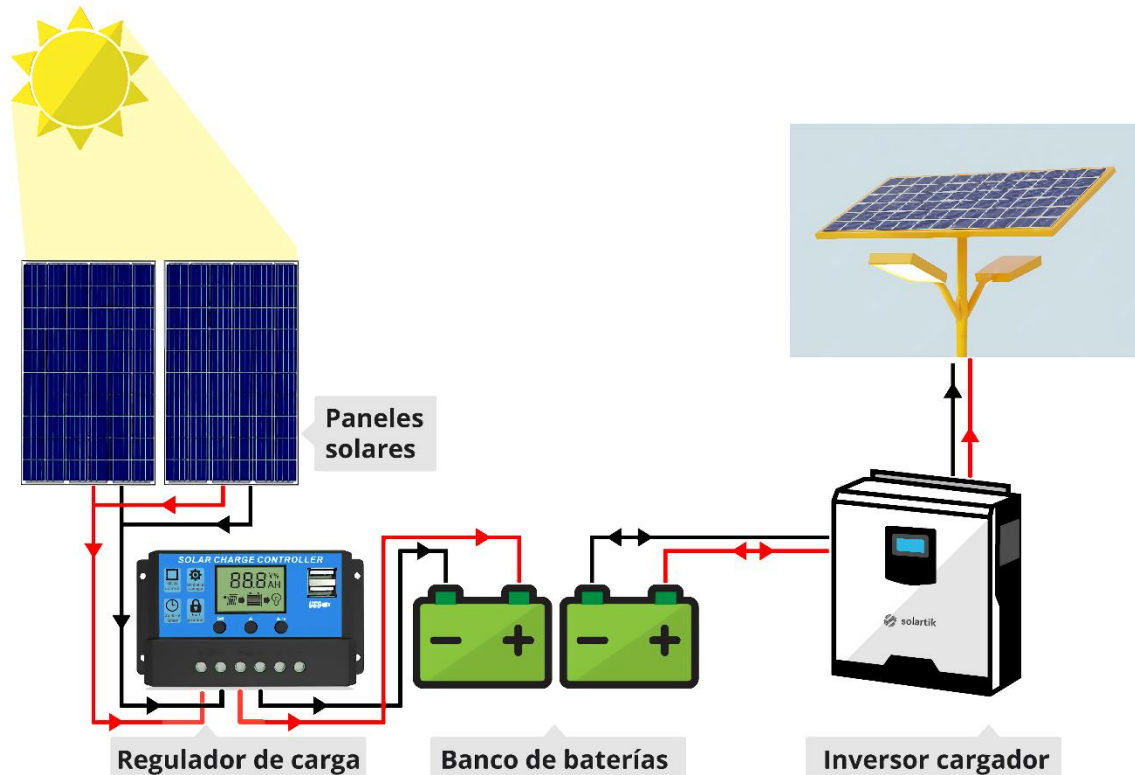
Baterías de Gel						
Vida útil	Precio	Voltaje de la batería	Capacidad de la batería	Dimensiones	Peso	Estructura
13 años	\$370	12Vdc	200 Ah	221 × 522 × 240 mm	57 kg	Aleación de plomo y estaño de alta pureza

**Tabla 6:** Características específicas de Luminarias LVD | Fuente: MTOP

Luminarias LVD								
Vida útil	Precio	Tipo	Índice de Protección	Normativa	Flujo luminoso	Temperatura de color	Equivalencia	Potencia
100.000 horas	\$75	Luna	IP66 / IK08	IEC/EN 60598-1 IEC/EN 60598-2-3	26400 lm	5000 k	HPS 400W	220 W

**Tabla 7:** Características específicas de Reguladores Crepusculares | Fuente: MTOP

Reguladores crepusculares							
Vida útil	Precio	Voltaje del sistema	Pérdida sin carga	Voltaje de la batería	máx. voltaje de entrada solar	máx. carga capacitiva	Dimensiones
5 años	\$35	12V/24V Auto	0,7W a 1,2W	9V a 35V	100 V (25 °C) 90 V (-25 °C)	10000uF	210 × 151 × 59,5 mm



**Ilustración 7:** Esquema eléctrico en el cual se muestra de forma simple las partes que componen un sistema fotovoltaico autónomo instalado en la avenida de integración barrial Ángel F. Rojas. | Fuente: Autores

### Proceso de mantenimiento.

- Mantenimiento correctivo

Es el mantenimiento que se realiza luego de haber presentado un fallo en una de las partes del sistema, el objetivo principal que se tiene es el de poder restablecer la operatividad inmediatamente. Generalmente este tipo de mantenimiento es realizado cuando no se pueden predecir los errores o fracasos. Este proceso se inicia con un diagnóstico para poder identificar la causa del fallo tomando en cuenta el poder determinar con precisión qué fue lo que causó dicha avería con el fin de poder tomar todas las medidas necesarias y evitar que se repita dicho fallo. La aplicación de este tipo de mantenimiento resulta ser económico a corto plazo debido a que no se invierte en planes de mantenimiento de forma preventiva [10].

- **Mantenimiento preventivo**

Este tipo de mantenimiento tiene como objetivo principal el poder evitar las consecuencias que pueden tener los fallos de un sistema. El uso de este plan es de gran ayuda para la detección de fallas repetitivas, del mismo modo ayuda a la disminución de puntos muertos, incrementa la vida útil de los equipos y disminuye significativamente el coste por reparaciones. Este tipo de mantenimiento en general se ocupa en la determinación de condiciones operativas, durabilidad y confiabilidad de los equipos empleados. Una correcta aplicación del mantenimiento conlleva a la reducción de fallos en la instalación y por ende sus consecuencias acarreadas [10].

- **Mantenimiento predictivo**

Se basa principalmente en la determinación de un sistema que dará un aviso momentos antes de ocurrir un fallo, en otras palabras, se recopila información y poder tener algunos síntomas y en base a ellos tomar una decisión de mantenimiento. Este tipo de mantenimiento suele realizar ensayos, medida de vibraciones, temperatura, intensidades de corriente y tensiones [10].

### **Funcionamiento del sistema fotovoltaico instalado en la Avenida Lateral de Paso.**

El funcionamiento del sistema fotovoltaico consiste en poder aprovechar la radiación solar por medio de los 2 paneles que tiene cada poste instalado, luego la transforma a energía eléctrica gracias al efecto fotovoltaico. El efecto fotovoltaico es la emisión de electrones que pasan por un material conductor que se ilumina con radiación electromagnética, dicha energía eléctrica obtenida se realiza por medio de células fotovoltaicas. Una vez obtenida la energía eléctrica se procede al almacenamiento en 4 baterías, 2 para cada panel fotovoltaico. El almacenamiento de energía es necesario para poder aprovechar iluminando la avenida gracias a las 2 luminarias LED instaladas a lo largo de toda la avenida. Para el correcto funcionamiento se debe contar con reguladores crepusculares los cuales se encargan de poder medir el nivel de energía que se transmite desde las baterías hasta las luminarias LED.

## **Tipos de luminarias.**

- Lámpara tipo LED.

Se trata de una lámpara de estado sólido que usa leds (diodos emisores de luz) como fuente de iluminación, lo que se implementa en este tipo de lámpara para poder alcanzar el nivel adecuado de intensidad es el agrupamiento de varios leds. Este tipo de lámpara puede ser usada en locales comerciales, decorativos viales, carreteras. Entre las ventajas que destacan el uso de este tipo de lámparas es su ahorro de energía, enciende de forma inmediata, se pueden encender y apagar continuamente sin miedo a que se genere una falla, cuentan con una larga vida útil. Por otro lado, este tipo de lámparas cuenta con un coste elevado, otro punto a tener en consideración es que trabajan con corriente continua, por lo tanto, incluyen circuitos internos que realizan el trabajo de poder operar desde el voltaje estándar (corriente alterna) [11].

- Iluminación LED solar urbana

Es un dispositivo compuesto por una o varias lámparas led, un panel fotovoltaico y una batería que se pueda recargar, estos dispositivos pueden aprovechar la luz solar y poder iluminar gran parte de un tramo de una carretera. Este tipo de lámparas son capaces de recargarse automáticamente durante el día, al notar oscuridad en el ambiente se enciende sin necesidad de la intervención humana, dependerá de la cantidad de energía que pueda recolectar durante el día para poder iluminar durante toda la noche. Entre una de sus mayores ventajas es que su implementación es que se necesita de cables como se suele usar tradicionalmente [11].

## **Principales ventajas de paneles fotovoltaicos de 300 Wp Resun Solar.**

Resun Solar es una marca muy reconocida dentro del mercado de energías renovables, se encuentra principalmente especializada en módulos solares de alta calidad y cuenta con fábricas acreditadas por ISO 9001 y 14001. Por otro lado, el modelo empleado que es de 300 Wp cuenta con células de 166 mm con 9 Bushbars 300 Wp en 12VDC, en otras palabras, este modelo tiene una eficiencia del 22%, además cuenta con una certificación de control IP65 o IP67 lo cual quiere decir que

pueden llegar a ser altamente resistentes al agua. Otra característica principal de este panel solar es su estructura de aluminio de alta calidad, cuenta con pruebas que verifican el poder resistir una carga hasta de 5400 Pa y una presión de viento de hasta 2400 Pa. El panel solar cuenta con vidrio templado de bajo hierro, de esta forma puede brindar una alta transmisividad. La misma empresa recomienda usar este modelo de panel solar en trabajos como pueden ser postes y luminarias solares. [12]

### **Comparativa con otras tecnologías**

Dentro del campo de generación de energía limpia o renovable se tiene en consideración diferentes tipos de paneles que pueden existir para poder convertir el choque de la radiación solar contra la tierra a energía eléctrica utilizable en este caso para la iluminación.

- Paneles solares fotovoltaicos.

Fueron el tipo de paneles solares más revolucionarios en su lanzamiento, su funcionamiento consiste en que la energía de la radiación solar se transmite a los electrones que se encuentran dentro de los materiales semiconductores de los paneles y consiguen separarse del núcleo y de ese modo poder trasladarse creando una corriente eléctrica [11].

- Sistema fotovoltaico

Este tipo de sistemas basan su funcionamiento en el efecto fotoeléctrico con el propósito de convertir la energía lumínica que provee el sol y poder usarla como energía eléctrica, no emite ningún tipo de gases nocivos y su mantenimiento es bajo [11].

### **Nivel adecuado de iluminación para una avenida lateral**

Al tratarse de la Avenida Lateral de Paso (Ángel Felicísimo Rojas) este tipo de carreteras se encuentra dentro del grupo de instalación de alumbrado tipo B de camino suburbanos y laterales de tránsito principalmente local, la luminancia promedio requerido debe mantenerse por los 0.25 cd/m<sup>2</sup>(candela por metro cuadrado) sobre la superficie de la calzada y con un máximo índice admisible de uniformidad de 6:1 (B máx; B mín) y con un deslumbramiento tolerable [13].

## Componentes para un sistema solar fotovoltaico

- Panel solar.

Este componente (ver **ILUSTRACIÓN 8**) convierte la energía del sol en energía eléctrica. El funcionamiento se basa en la conversión directa de electricidad de los fotones provenientes del sol [14].



**Ilustración 8:** Panel Solar | Fuente: [14]

- Regulador de carga.

La función principal del regulador (ver **ILUSTRACIÓN 9**) es impedir que la batería continúe recibiendo niveles de energía del colector solar siempre y cuando haya alcanzado su máxima carga, así mismo ayuda a prevenir sobrecargas de energías [14].



**Ilustración 9:** Regulador de Carga | Fuente: [14]



- Inversor de voltaje.

Tiene como trabajo principal adaptar características de la corriente generada a la demanda total o parcial para todas las aplicaciones (ver **ILUSTRACIÓN 10**). El nivel de eficiencia varía según la potencia consumida por la carga, se debe considerar una eficiencia alta, caso contrario se aumentará innecesariamente el número de paneles fotovoltaicos [14].



**Ilustración 10:** Inversor de Voltaje | Fuente: [14]

- Baterías o acumuladores.

Es necesario acumular la energía eléctrica generada en un tiempo determinado, estas baterías (ver **ILUSTRACIÓN 11**) pueden ser ubicadas en serie o paralelo y luego poder consumir dicha energía acumulada [14].



**Ilustración 11:** Batería o Acumuladores | Fuente: [14].

## Estado actual de las luminarias instaladas en la Avenida Lateral de Paso.

La empresa encargada de la instalación de luminarias realizó una instalación total de 600 postes incluyendo todo el sistema fotovoltaico autónomo compuesto por luminarias, paneles solares, baterías y reguladores tal como se observan en la **Ilustración 12** e **Ilustración 13**, no obstante, con el pasar del tiempo estos se han ido deteriorando, por tal motivo se vio necesario hacer un análisis de forma personal.



**Ilustración 12:** Sistema fotovoltaico autónomo actualmente instalado en la Avenida Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas. | Fuente: Autores



**Ilustración 13:** Vista aérea de la instalación de los postes con sistemas fotovoltaicos autónomos. | Fuente: Autores

En la **Ilustración 14**,

**Anexo 5: Vistas aéreas del estado actual de las luminarias ubicadas en la Avenida Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas.** y en el **Anexo 7: Reporte de la entrevista realizada a la entidad encargada del alumbrado público instalado en la Avenida Lateral de Paso.** Se observan las condiciones en las que se encuentran funcionando los paneles fotovoltaicos son condiciones poco favorables debido a que la presencia de polvo obstruye en la recepción de los rayos solares.

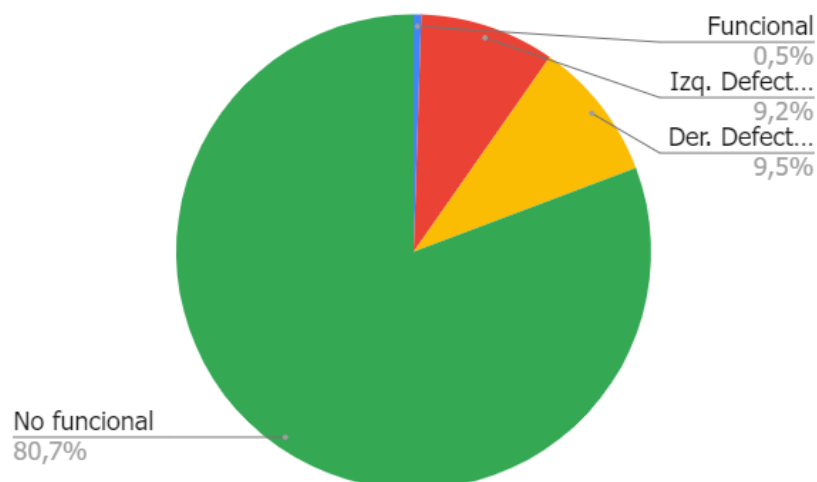


**Ilustración 14:** Estado actual de los paneles fotovoltaicos funcionando en presencia de polvo. | Fuente: Autores

Mediante un recorrido por toda la vía de integración barrial se pudo obtener información del estado físico actual de las luminarias teniendo una suma total de 587 postes instalados y su estado actual se describe en la **Tabla 8** e **Ilustración 15**.

**Tabla 8:** Estado actual de luminarias fotovoltaicas instaladas en Avenida Lateral de Paso Loja-Ecuador| Fuente: Autores

Funcional	Izq. Defectuoso	Der. Defectuoso	No funcional
3	54	56	474



**Ilustración 15:** Tabulación de datos obtenidos de luminarias fotovoltaicas instaladas en Avenida Lateral de Paso Loja-Ecuador| Fuente: Autores

Por otro lado, en base a información recolectada gracias a una encuesta aplicada a los moradores cercanos a la avenida, (**Anexo 6: Reporte de la encuesta aplicada a los moradores cercanos a la avenida de integración barrial.**) se puede afirmar que las luminarias actualmente no están cumpliendo con un funcionamiento adecuado, por lo tanto, los moradores se ven preocupados ya que el riesgo de accidentes en la avenida durante la noche aumenta, del mismo modo les preocupa la inseguridad que se tiene frente a la falta de iluminación ya que no solo es usada para el tránsito vehicular sino también para el traslado de animales de granja.

## **Capítulo III**

### **Recurso Solar en la ciudad de Loja**

#### **Introducción.**

El análisis del comportamiento de la radiación solar en un punto específico tiene que ser determinado con la finalidad de definir el recurso disponible, esto a su vez permite dimensionar el sistema fotovoltaico para una aplicación específica. La tendencia a largo plazo del recurso solar requiere una gran cantidad de datos históricos para tratar de describir con claridad su comportamiento. La variación de la radiación solar que llega a la superficie de la tierra, en gran medida, depende de la estación climática en que se encuentre el lugar en cuestión. La radiación media diaria mensual recibida por una superficie horizontal varía de un mes a otro por la localización geográfica (nubosidad) y por la posición cambiante que tiene el plano horizontal con respecto a los rayos del sol (cantidad de energía) [15].

#### **Radiación solar.**

Es la transferencia de energía recibida desde el sol a través de ondas electromagnéticas y se produce directamente desde la fuente hacia fuera en todas las direcciones. Estas ondas no necesitan un medio material para propagarse, pueden atravesar el espacio interplanetario y llegar a la Tierra desde el Sol.

La longitud de onda y la frecuencia de las ondas electromagnéticas, son importantes para determinar su energía, su visibilidad y su poder de penetración. Estas ondas electromagnéticas pueden tener diferentes longitudes de onda. El conjunto de todas las longitudes de onda se denomina espectro electromagnético y el conjunto de las longitudes de onda emitidas por el Sol se denomina espectro solar [16].

La proporción de la radiación solar en las distintas regiones del espectro es aproximadamente [17]:

- Ultravioleta: 7%
- Luz visible: 44%
- Infrarrojo: 49%

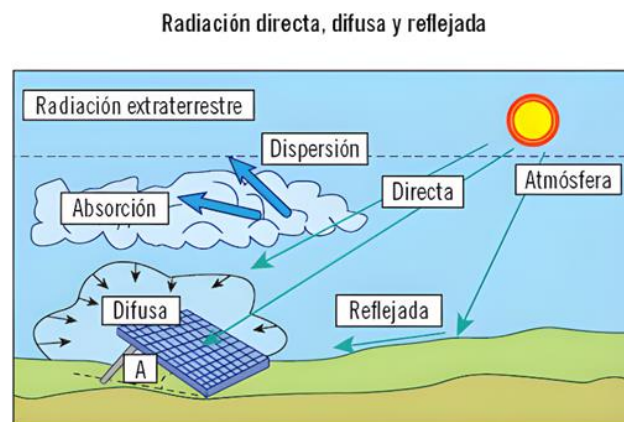
La radiación electromagnética proveniente del sol representa la fuente de energía más abundante disponible para satisfacer la demanda energética mundial. En promedio, el sol irradia a la Tierra una potencia de  $1.72 \times 10^{17}$  W, esto significa que, en menos de una hora, la energía proveniente del Sol, en forma de radiación, es suficiente para abastecer el consumo energético de todo el planeta durante un año, el cual se estima en  $1.5 \times 10^{13}$ W [18].

### El potencial de radiación solar terrestre.

El potencial con el que cuenta la radiación solar captada por el planeta tierra es muy elevado, la energía recibida es suficiente para cubrir el nivel de demanda energética en todo el mundo, en datos numéricos, la energía recibida es 10 mil veces más de la que se tiene consumiendo actualmente. La irradiación solar no se encuentra distribuida equitativamente en la tierra debido a la forma de la misma, por ende, es verdad afirmar que las áreas alrededor del Ecuador son las que más reciben energía solar. Alrededor del Ecuador variará el nivel de irradiación debido a las diferencias de humedad existente en el aire, del mismo modo, influye el cielo nublado de país en país. Las áreas en las que más se aprovecha la irradiación son las áreas desérticas [14].

### Tipos de radiación solar.

Con la finalidad de facilitar su estudio, la radiación solar se clasifica en (ver **ILUSTRACIÓN 16**):



**Ilustración 16:** Tipos de radiación solar | Fuente: Jorge Luis Mirez Tarrillo blog, 2014

- Extra Atmosférica o extraterrestre.

Conocida como la radiación solar recibida en un plano horizontal a la superficie de la Tierra situada al exterior de la atmósfera. Está en función de la altitud, época del año y horas del día. Por ejemplo, en un día despejado la radiación solar constituye aproximadamente el 75% de la radiación extraterrestre, por el contrario, en un día nublado disminuye, ya que la radiación se dispersa.

El cálculo de la radiación solar extraterrestre es indispensable para determinar la radiación solar global diaria con cualquier modelo que se desee emplear; necesariamente para poder estimar se requiere conocer el valor de la constante solar, declinación solar, latitud, distancia relativa inversa entre la Tierra y el Sol y el ángulo de radiación a la puesta del Sol; todos estos valores van a depender específicamente del lugar en donde se vaya a determinar. Se expresa en  $Mjm^{-2}dia^{-1}$  [19].

- Directa.

Es la fracción de radiación solar que viene directamente en línea recta desde el disco solar, con su trayectoria bien definida. La dirección depende de tres factores: latitud, día del año y hora del día. Es la mayor y la más importante en las aplicaciones fotovoltaicas [20].

- Difusa.

Es la fracción que llega a la superficie, sin una trayectoria bien definida, producto de la absorción, dispersión y reflexión ocasionadas por los gases, nubes y aerosoles que se encuentran presentes en la atmósfera. De no haber radiación difusa, el cielo se vería negro durante el día [9], [20].

- Reflejada.

Aproximadamente el 30 % de la energía solar que llega al tope de la atmósfera es reflejada al espacio, con un 20% reflejado por las nubes, 6% desde la atmósfera y un 4% desde la superficie de la tierra. Esta energía se pierde y no interviene en el calentamiento de la atmósfera. La fracción de la radiación reflejada por la superficie de la tierra o cualquier otra superficie, se llama albedo, por lo tanto, el albedo planetario es en promedio de un 30 % [20].

## Recurso solar en la ciudad de Loja.

Con el fin de obtener la información necesaria referente a la radiación solar diaria, en la ciudad de Loja se analizará el atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica [21], así como la base de datos de la Universidad Nacional de Loja y de la NASA [22], la cual cuenta con un archivo web con información de los últimos 22 años.

Para la medición de la radiación solar disponible en un punto en específico, se lo realiza a través de ciertos instrumentos:

- **Piranómetro:** Es un sensor que mide de forma precisa la radiación solar que impacta sobre la tierra.
- **Pirheliómetros:** Recapta la luz solar por medio de una abertura y es dirigida a través de una termopila que convierte el calor en una señal eléctrica.

## Localización geográfica.

Para la obtención de la radiación solar presente en la ciudad de Loja, es necesario determinar la localización geográfica precisa, además de la latitud y longitud del sitio en cuestión. Gracias a la herramienta Google Maps, se ha podido obtener las coordenadas de latitud y longitud de la Ciudad de Loja, Provincia de Loja (Avenida Lateral de Paso Ángel. F. Rojas), los resultados se detallan en la **TABLA 9**.

**Tabla 9:** Localización geográfica de la ciudad de Loja. | Fuente: Google Maps

Ciudad	Loja
Latitud	-03° 59' 22"
Longitud	-79° 14' 10"
Altura	2.069 msnm
Inclinación	5,4°
Azimut	95°



## Base de datos de la NASA.

La NASA lleva un registro a detalle de los datos meteorológicos en cualquier zona del planeta. En la tabla a continuación, se pueden apreciar los diferentes parámetros medidos con base en la ubicación geográfica de la presente investigación, los datos usados reflejan la radiación solar global diaria.

Estos datos que se muestran en la **TABLA 10** son de gran importancia porque permiten realizar los cálculos de diseño, con el fin de dimensionar el sistema de generación fotovoltaica en cuestión.

**Tabla 10:** Datos Meteorológicos de la NASA | Fuente: [22]

Mes	Temperatura Aire (°C)	Radiación Solar Global Diaria (kWh/m <sup>2</sup> /d)	Radiación Solar Global (W/m <sup>2</sup> )
Enero	22,4	4,83	201,25
Febrero	22,00	4,80	200,00
Marzo	22,1	5,19	216,25
Abril	22,6	4,88	203,33
Mayo	22,5	4,65	193,75
Junio	21,9	4,60	191,67
Julio	21,8	4,65	193,75
Agosto	22,6	4,93	205,42
Septiembre	23,3	5,18	215,83
Octubre	23,3	4,95	206,25
Noviembre	22,8	5,26	219,17
Diciembre	22,5	5,07	211,25
<b>ANUAL</b>	22,5	4,92	205,00

## Base de datos de la UNL

A nivel local, la Universidad Nacional de Loja dispone de una estación meteorológica en el Área de Energía, las Industrias y Recursos Naturales no Renovables, la cual tiene una base de datos que registra un valor por cada hora.

Para el presente análisis se han considerado los datos registrados desde el 1 de enero de 2021 hasta el 1 de enero de 2022 tal como se detallan en la **TABLA 11**.

**Tabla 11:** Radiación mensual (W/m<sup>2</sup>) acorde a la estación meteorológica UNL | Fuente: ING. Juan Carlos Solano Jiménez.

Radiación Solar [W/m <sup>2</sup> ]													
Hora/Mes	Ene-21	feb-21	mar-21	abr-21	may-21	jun-21	jul-21	Ago-21	sep-21	oct-21	nov -21	dic-21	Promedio
07h00	20,33	11,03	5,44	7,71	11,32	11,97	8,37	8	8,88	17,74	31,45	27,31	14,13
08h00	87,14	72,72	49,31	65,49	68,6	78,2	63,53	72,3	69,44	87,98	105,15	97,49	76,45
09h00	218,98	194,25	131,39	170,37	179,79	213,98	63,53	215,95	206,2	268,97	278,54	285,77	202,31
10h00	353,21	319,8	231,93	269,87	266,07	363,56	304,51	277,8	308,02	380,61	420,77	471,04	330,6
11h00	402,32	443,01	285,21	362,07	338,68	395,57	390,59	335,1	315,03	475,81	495,32	613,33	404,34
12h00	513,23	528,5	331,74	477,88	436,95	519,11	415,03	388,73	353,07	506,32	576,48	639,92	473,91
13h00	607,47	596	434,3	513,84	496,76	537,85	413,13	421,2	347,61	504,57	582,53	665,11	510,03
14h00	566,29	609,65	506,35	491,69	473,59	500,42	352,04	403,42	349,17	469,2	565,15	601,65	490,72
15h00	511,36	566,18	438,4	429,81	447,69	491,39	371,79	400,52	380,46	427,78	403,7	488,79	446,49
16h00	371,26	361,52	329,14	313,33	349,2	344,51	281,77	334,84	302,43	379,72	308,16	353,14	335,75
17h00	202,03	221,4	198,15	123,77	175,61	165,32	156,98	213,86	184,27	199,51	169,48	172	181,86
18h00	52,68	74,02	86,79	52,26	47,13	41,49	39,95	65,45	56,01	46,4	38,95	33,75	52,9
<b>Promedio</b>	325,53	333,17	252,35	273,17	274,28	305,28	238,43	261,43	240,05	313,72	331,31	370,77	<b>293,29</b>

Los datos presentados en la **Tabla 11**, son valores dados en  $\text{wm}^2$  sin embargo para la presente investigación se están utilizando valores en  $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{d}$ . Por lo cual se analizó y transformó los valores, obteniendo como resultado la **TABLA 12**:

**Tabla 12:** Valores finales de la recolección de información referente a la radiación solar | Fuente: Ing. Juan Carlos Solano Jiménez

Mes	Radiación solar Diaria ( $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{día}$ )	Temperatura Ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ )
Enero	3,25	16,2
Febrero	3,33	15,6
Marzo	2,52	15,9
Abril	2,73	15,7
Mayo	2,74	15,4
Junio	3,05	14,8
Julio	2,38	14,4
Agosto	2,61	15,2
Septiembre	2,40	16,1
Octubre	3,13	15,9
Noviembre	3,31	15,4
Diciembre	3,70	16,0
Año	2,93	15,6

## Meteonorm

Meteonorm es un software, producto de la empresa Meteotest en Berna, Suiza. Esta herramienta contiene un banco de datos climáticos de 7.756 estaciones en todo el mundo. A través de los algoritmos de cálculo incluidos en el programa se pueden generar valores horarios de la radiación global, de la temperatura y de otros parámetros meteorológicos. Los datos obtenidos por esta aplicación pueden ser importados en formato SQL o en archivos HTML [23].

Los datos de irradiación solar global horizontal y temperatura presentados en la **TABLA 13** son promedios mensuales y anuales en kWh/m<sup>2</sup>/día y °C respectivamente.

**TABLA 13:** VALORES METEOROLÓGICOS MENSUALES | FUENTE: METEONORM

Mes	Radiación solar Diaria (kWh/m <sup>2</sup> /día)	Temperatura Ambiente (°C)
Enero	5,27	17,2
Febrero	5,61	17,2
Marzo	5,95	17,1
Abril	5,71	16,9
Mayo	5,27	16,8
Junio	5,32	15,6
Julio	5,21	15,6
Agosto	5,84	15,5
Septiembre	5,98	15,6
Octubre	5,95	16,6
Noviembre	5,61	16,6
Diciembre	5,37	17,1
Año	5,59	16,5

## Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica.

Para la elaboración del Atlas Solar del Ecuador con Fines de Generación Eléctrica, se utilizó información que fue proporcionada por el Nacional Renewable Energy Laboratory (NREL) de los Estados Unidos de América. los objetivos de esta organización están enfocados en la investigación y el desarrollo de energías renovables y la eficiencia energética [24].

Los datos disponibles en la **TABLA 14** corresponden al período desde el 1 de enero de 1985 hasta el 31 de diciembre de 2008. Dichos datos representan la energía solar promedio mensual y anual de los valores diarios de insolación global sobre una superficie horizontal y contiene los promedios mensuales (dentro del período mencionado) de cada una de ellas, expresados en kWh/m<sup>2</sup>/día.

**Tabla 14:** Valores meteorológicos mensuales | Fuente: Atlas solar del Ecuador

Mes	Radiación solar Diaria (kWh/m <sup>2</sup> /día)
Enero	4,35
Febrero	4,35
Marzo	4,00
Abril	4,20
Mayo	4,20
Junio	4,00
Julio	3,50
Agosto	4,00
Septiembre	4,75
Octubre	5,10
Noviembre	5,25
Diciembre	4,65
Año	4,36

## Mapa solar del Ecuador 2019

El mapa solar de Ecuador 2019, compara los datos de irradiación solar global del NREL, con datos de irradiación global horizontal (IGH) de 41 estaciones meteorológicas pertenecientes al Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), los datos proporcionados van desde el año 2004 hasta el 2006 y del 2007 hasta el 2015, sin embargo, se usaron datos desde el 2007 hasta el 2015. El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), si bien es cierto esta institución viene trabajando por más de 50 años, únicamente proporcionan datos a partir del año 2014 y el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE), instaló estaciones meteorológicas las mismas que se encuentran en las ciudades de Cuenca y Riobamba en el año 2014 [4].

Los datos disponibles en la **TABLA 15**, representan la energía solar mensual y anual de irradiación global sobre una superficie horizontal, expresados en kWh/m<sup>2</sup>/día.

**Tabla 15:** Energía solar mensual y anual de irradiación global. | Fuente: Mapa Solar del Ecuador 2019

Mes	Radiación solar Diaria (kWh/m <sup>2</sup> /día)
Enero	4,60
Febrero	4,50
Marzo	4,60
Abril	4,60
Mayo	4,70
Junio	4,10
Julio	4,00
Agosto	4,20
Septiembre	4,60
Octubre	4,80
Noviembre	5,10
Diciembre	4,80
Año	4,65

## Estaciones meteorológicas administradas por el INAMHI

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI), es una entidad de carácter público, encargada de monitorear la mayoría de estaciones meteorológicas del país, los registros de temperatura se encuentran en el mayor número de estaciones del país, siendo de esta manera una variable de gran importancia, para el desarrollo de trabajos de investigación relacionados con el potencial solar [25].

De las estaciones meteorológicas se tiene la información ubicada en la **TABLA 16**.

**Tabla 16:** Estaciones meteorológicas | Fuente: [25]

Provincia	Nombre de la estación	Código	Latitud	Longitud	Años
LOJA	LA ARGELIA	M0033	-4,04	-79,20	2017 – 2018
LOJA	CARIAMANGA	M0146	-4,33	-79,56	2015 – 2018
LOJA	MACARÁ	M1259	-4,38	-79,94	2017 – 2018
EL ORO	LAS LAJAS	M1246	-3,80	-80,04	2015 – 2018
EL ORO	LA CUCA	M0012	-3,55	-80,07	2015 – 2018

Los datos disponibles, corresponden a los períodos indicados en la tabla anterior. Dichos datos representan la energía solar promedio mensual y anual, de irradiación global sobre una superficie horizontal, al igual que los datos de IGH, los datos de temperatura se muestran en promedio mensual y anual, (dentro del períodos mencionados) para cada una de las estaciones meteorológicas, expresados en kWh/m<sup>2</sup>/día y °C respectivamente (ver **TABLA 17**).

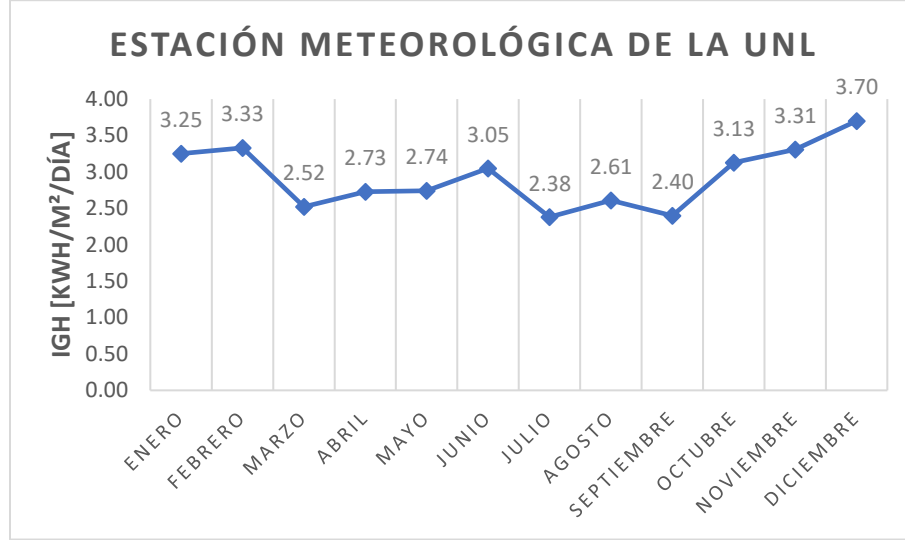
**Tabla 17:** Valores meteorológicos mensuales | Fuente: Estación Automática M0033 “LA ARGELIA” INAMHI

Valores meteorológicos mensuales		
Mes	Radiación solar Diaria (kWh/m <sup>2</sup> /día)	Temperatura Ambiente (°C)
Enero	4,00	15,7
Febrero	4,46	16,1
Marzo	3,93	16,0
Abril	4,06	16,0
Mayo	3,90	16,1
Junio	3,29	15,8
Julio	2,55	15,1
Agosto	2,95	15,9
Septiembre	3,86	16,3
Octubre	4,73	16,4
Noviembre	4,89	16,4
Diciembre	3,70	15,9
Año	3,85	16,0

### **Análisis de la radiación en Loja**

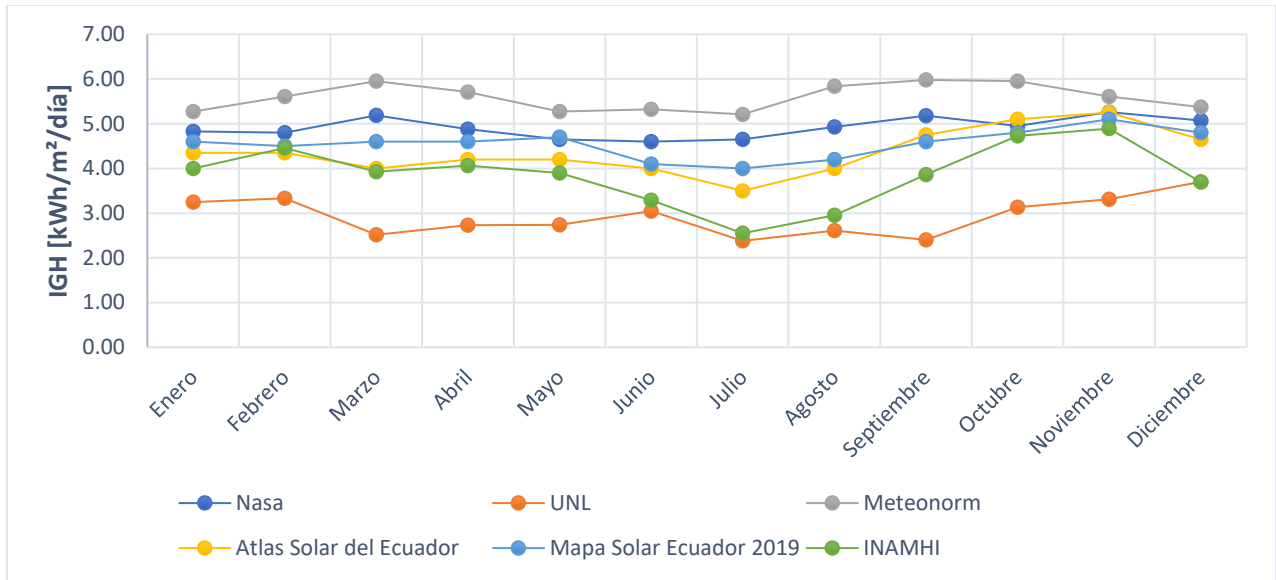
En la **Ilustración 17**, se puede apreciar cuál es el comportamiento anual de la radiación solar en la ciudad de Loja. Se ha identificado que existe un menor índice de radiación entre los meses julio y septiembre.





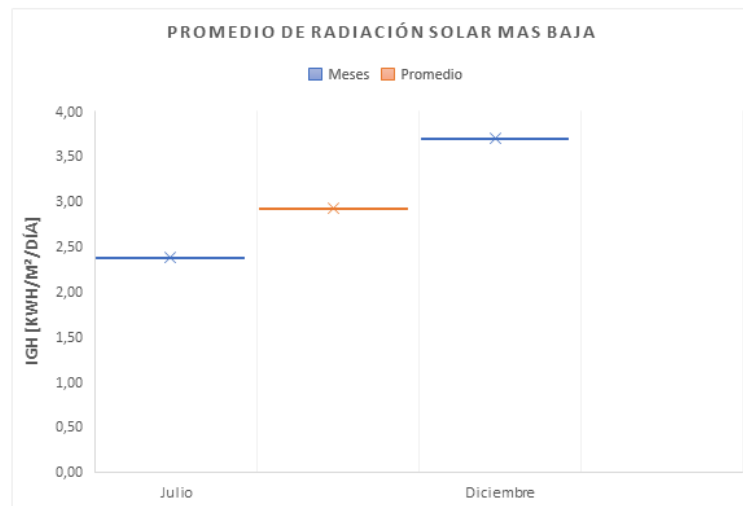
**Ilustración 17:** Radiación anual en la ciudad de Loja expresada en IGH [kWh/m<sup>2</sup>/día] | Fuente: Estación meteorológica de la UNL

En la **Ilustración 18**, se comparan los datos de radiación global mensual del Atlas Solar del Ecuador, NASA y la Estación Meteorológica de la Universidad Nacional de Loja, se debe considerar que los primeros datos respectivamente son obtenidos tomando valores mensuales de la Provincia de Loja. Para el siguiente caso los valores son extraídos de la base de datos NASA, que registra promedios mensuales de más de 20 años, es por esto que se observa una diferencia mínima con respecto a los datos anteriores. La estación meteorológica UNL, toma mayor cantidad de datos por día, además está ubicada en la Ciudad de Loja, por ende, estos datos registrados tienen mayor confiabilidad y se puede apreciar que varía considerablemente con las otras bases de datos, aunque las seis determinan que junio es el mes con menor radiación.



**Ilustración 18:** Comparativa de la información obtenidos de las distintas bases de datos sobre la radiación solar en la zona sur del país y ciudad de Loja | Fuente: Autores

Tomando los dos valores con menor radiación promedio mensual (Ver **Ilustración 18**) de la base de datos de la Universidad Nacional de Loja, se realiza un promedio (Ver **Ilustración 19**), haciendo este análisis se toma como referencia el peor escenario. Con esta información se considera a (2,93 kW/m2/día) como el valor adecuado para definir el recurso solar en la zona de estudio.



**Ilustración 19:** Promedio de la radiación solar más baja y alta presente en la ciudad de Loja a lo largo de un año | Fuente: Autores

Como se puede observar en la **Ilustración 19**, los meses más críticos son junio y diciembre debido a que la posición del sol con respecto a la Tierra es más distante. La mayor radiación solar por metro cuadrado se da en los meses comprendidos entre septiembre y febrero, que corresponde climatológicamente a la temporada de verano.

## 5. Metodología.

Para dar inicio y para finalizar el presente trabajo de titulación se lo realizo en base a la siguiente pregunta de investigación planteada **¿Cuáles son los factores que influyen en el mal funcionamiento del sistema de alumbrado público de la Av. Lateral de Paso Ángel F. Rojas y qué efectos negativos conlleva su deficiente iluminación en relación a la seguridad de la ciudadanía y la comunidad de la UNL conformada por estudiantes y docentes?**

### Contexto

El presente Trabajo de Titulación (TT) se desarrolló en la Universidad Nacional de Loja, en la Facultad de Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables (FEIRNNR), en la Carrera de Ingeniería en Sistemas (CIS); el Trabajo de titulación está enfocado en proponer un plan de mejora mediante un estudio técnico-social del estado actual del sistema de alumbrado público de la Av. Lateral de Paso Ángel F. Rojas para salvaguardar la seguridad de la ciudadanía y la comunidad universitaria durante horas nocturnas. Para lo cual se realizará un levantamiento de información sobre las condiciones técnicas de instalación, mantenimiento y funcionamiento actual del Sistema de alumbrado público con sistemas fotovoltaicos, para después poder contrastar esta información mediante encuestas y entrevistas a moradores que frecuenten la avenida y las autoridades encargadas de su mantenimiento, para finalmente elaborar una serie de propuestas de mejora que permitan repotenciar dicho sistema. Para el desarrollo del presente TT se encuentra dividido en 3 fases, mismas que se encuentran detalladas en el siguiente apartado.

### Proceso

El objetivo general de este trabajo de Titulación se formuló de la siguiente manera:

- **Fase 1: Levantamiento de información**

La presente fase se culminó exitosamente en lo que refiere al levantamiento de información y análisis de las condiciones técnicas de instalación, mantenimiento y funcionamiento actual del sistema de alumbrado público, dicha información fue recolectada mediante una

revisión personal de cada uno de los postes que se encuentran a lo largo de la avenida, además, se hizo uso de un dron profesional para capturar tomas aéreas, del mismo modo se utilizó una cámara térmica para constatar el estado en el que se encuentran los paneles solares y las farolas LED, gracias a dichas tomas se pudo afirmar que los paneles solares no han recibido ningún tipo de mantenimiento lo cual afecta de forma directa al funcionamiento de las farolas y baterías de Gel.

- **Fase 2: Análisis Técnico - Social**

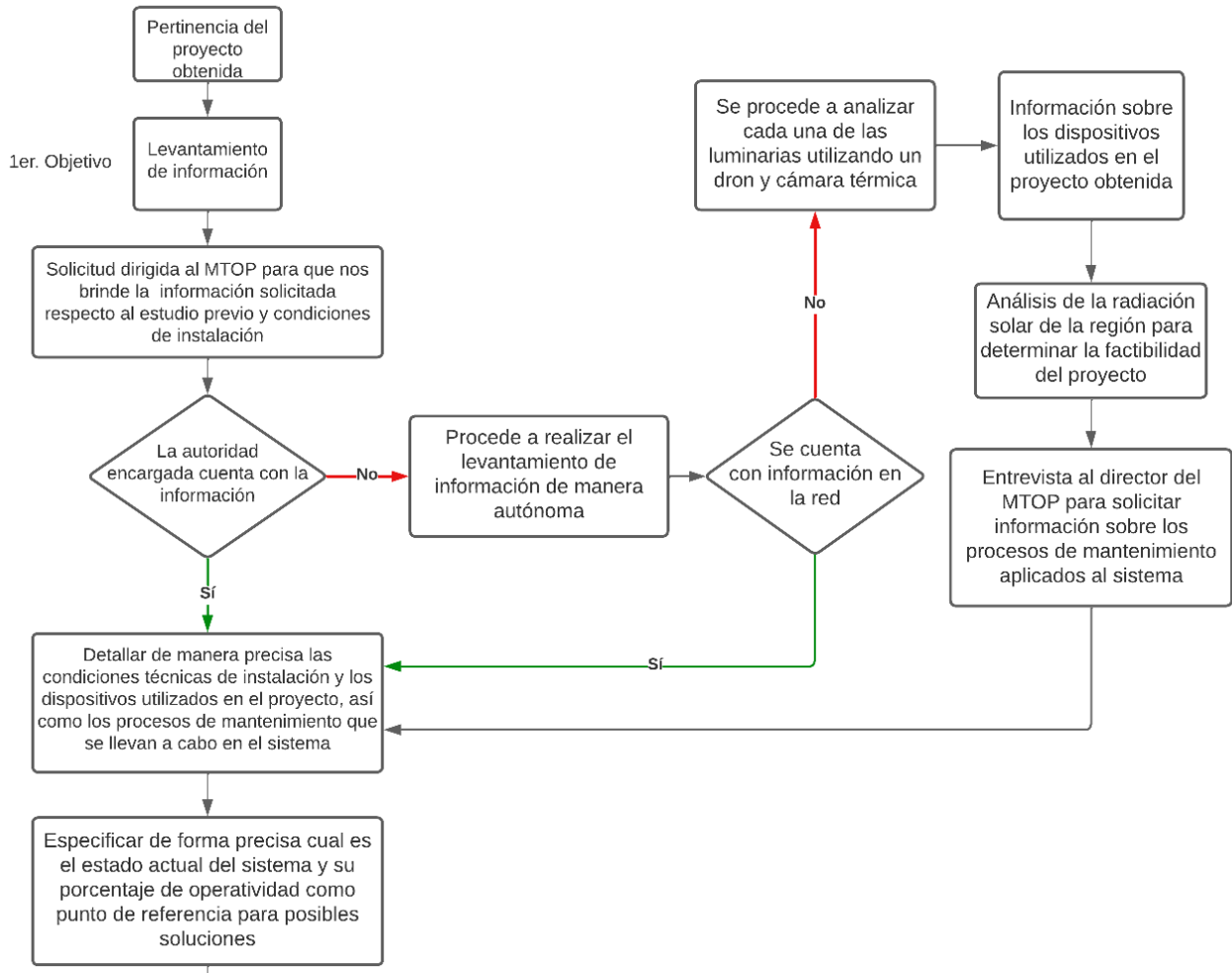
En la segunda fase, la cual menciona la investigación del grado de satisfacción por parte de los moradores aledaños a la avenida y de la entidad encargada del mantenimiento, con el propósito de tener como punto de referencia para la elaboración de las medidas correctivas y preventivas del sistema. Este objetivo específico se logró culminar gracias a la aplicación de una encuesta aplicada a la ciudadanía de los sectores cercanos a la avenida con preguntas estratégicas enfocadas al estado actual del sistema de alumbrado público, por otro lado, se aplicó una entrevista a la entidad encargada del proyecto el cual es el director del Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Una vez recolectada toda la información se pudo reafirmar lo que en la primera fase se habría concluido que es una notable falta de mantenimiento del sistema de alumbrado público lo cual implica una baja eficiencia en lo que respecta a la iluminación de la avenida en horarios nocturnos.

- **Fase 3: Elaboración de las propuestas de Mejora**

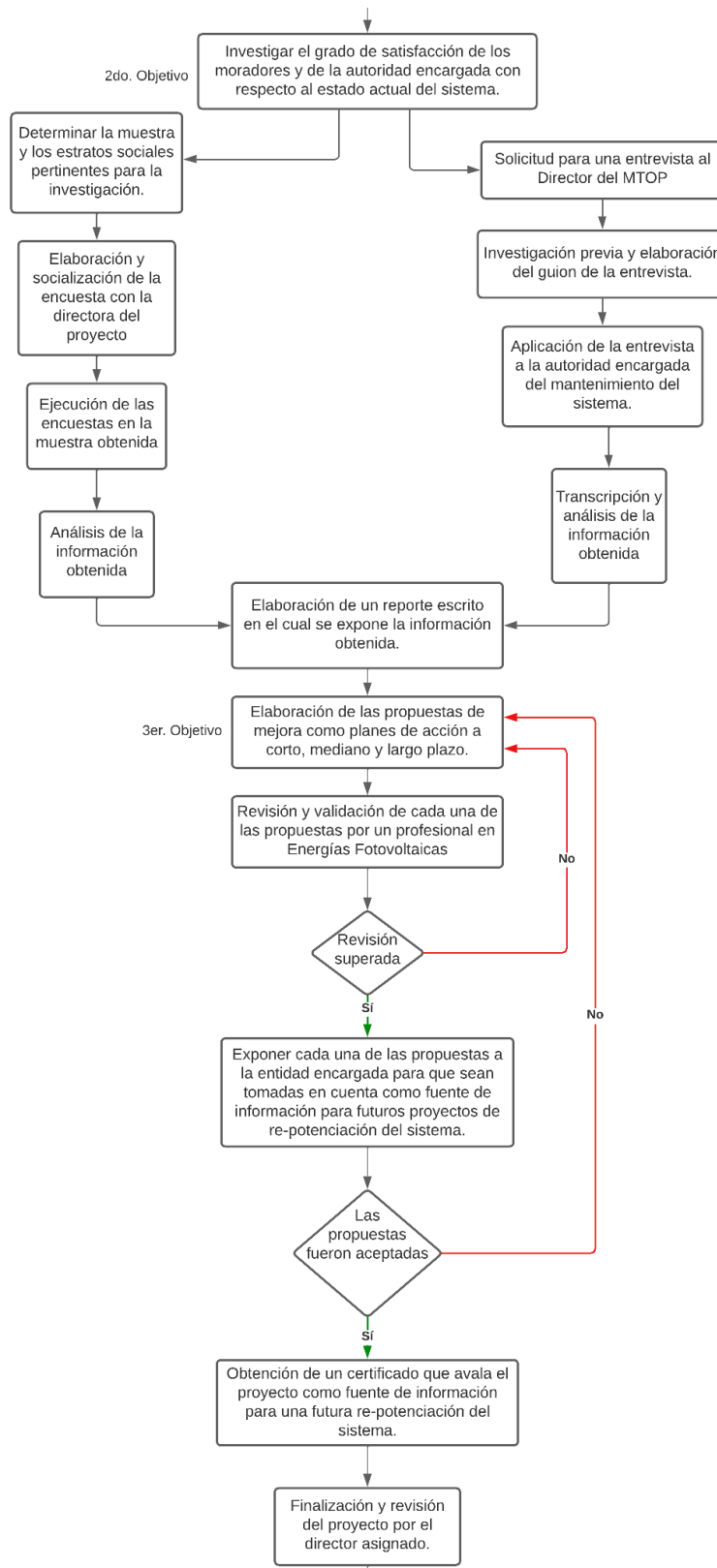
Como tercera y última fase se pretende la elaboración de una o varias propuestas de solución como plan de acción a corto, mediano y largo plazo; y analizar la viabilidad técnica y económica que involucraría para el estado dichas propuestas de mejora. El presente objetivo se logró culminar gracias al apoyo de reuniones junto a la MTOP en las cuales se trató diferentes puntos a tomar en consideración para la elaboración de propuestas de solución, entre los puntos a destacar se encuentran: personal capacitado, tiempo transcurrido desde la inauguración del proyecto en el 2015, un clima cambiante, presencia de polvo y suciedades en general, viabilidad para el uso de nuevas tecnologías, delimitar nuevos espacios para la instalación de nuevos módulos como lo es para la granja de paneles solares o un sistema BESS, presupuesto económico y un plan de acción para cada una de

las propuestas como un cronograma, ventajas y desventajas, delimitación del problema, entre otros.

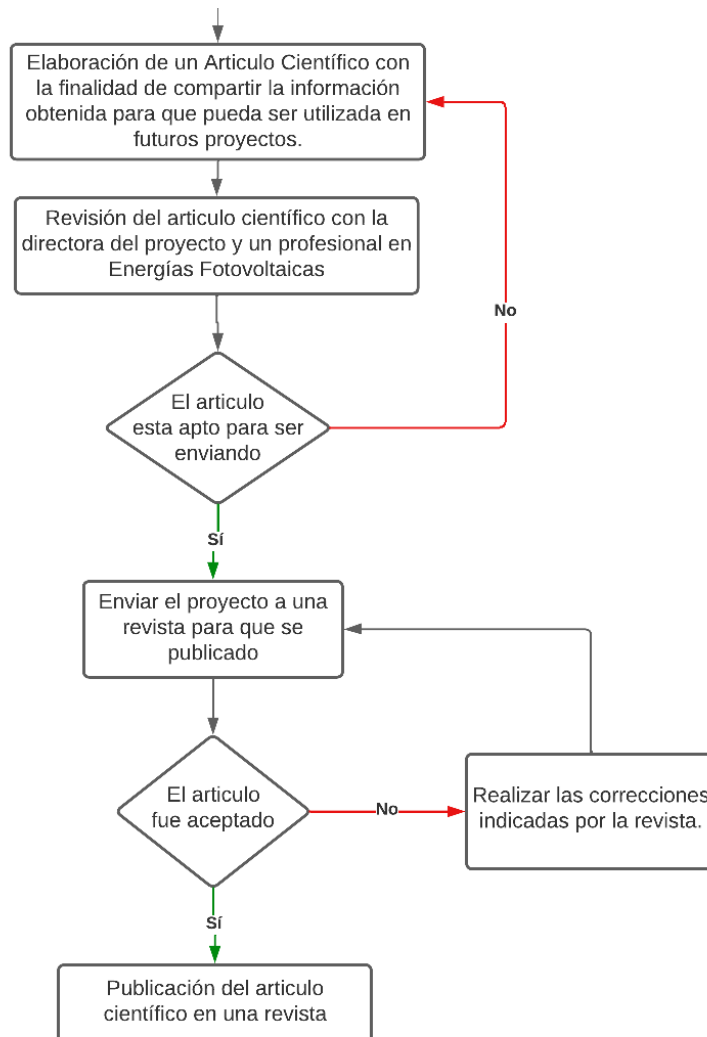
Se ha realizado un diagrama tal como se indica en la **ILUSTRACIÓN 20**, **ILUSTRACIÓN 21** e **ILUSTRACIÓN 22** de flujo en el cual se presenta de manera más detallada y secuencial todos puntos clave que se llevaran a cabo a lo largo del proyecto.



**Ilustración 20:** Diagrama de flujo de la metodología utilizada en el proyecto. primer objetivo. | Fuente: Autores



**Ilustración 21:** Diagrama de flujo de la metodología utilizada en el proyecto. segundo y tercer objetivo. | Fuente: Autores



**Ilustración 22:** Diagrama de flujo de la metodología utilizada en el proyecto. publicación del artículo científico. | Fuente: Autores

El proyecto está previsto para ser finalizado en un lapso de 20 semanas como esta especificado en la rúbrica de la asignatura.

## Métodos

### Método Científico

Esta metodología tiene etapas las cuales fueron aplicadas en el desarrollo del presente Trabajo de Titulación y estas son:



- Análisis y planteamiento del problema.
- Definición de hipótesis acorde a la pregunta de investigación.
- Estudio de los datos obtenidos.
- Contraste de datos e hipótesis.
- Finalmente se extraen las conclusiones.

### **Método Analítico**

Fue utilizado a lo largo del proyecto y permitió definir cada una de las actividades a realizar para cada objetivo específico del trabajo de titulación, este método va de lo general a lo específico. Además, sigue un camino que va desde los efectos a las causas, esto es muy útil en el presente trabajo ya que lo que se busca es determinar una serie de factores que desencadenan el problema y tratar de resolverlo. Este método se hace presente en el primer objetivo al momento de realizar el levantamiento de información, ya que se sigue el camino desde lo general a lo específico, definiendo primeramente si Loja era una ciudad indicada para un proyecto fotovoltaico de esta magnitud, hasta cada uno de los componentes de un sistema fotovoltaico actualmente instalado y cuáles son los factores que los llevan a funcionar deficientemente.

### **Métodos no probabilísticos**

Se optó por utilizar 2 métodos no probabilísticos que son el muestreo por conveniencia y el muestreo aleatorio sistemático estratificado. En este caso se seleccionaron muestras de una población que está relacionada con el problema de investigación y gracias a que el muestreo no probabilístico no es muy estricto se contempló la posibilidad de utilizar el muestreo aleatorio estratificado, esto con el fin de obtener información útil de cada uno de los subsectores de interés, en el caso de esta investigación, cada uno de los barrios que se encuentran es zonas aledañas a la Avenida Lateral de Paso Ángel. F. Rojas.

## **Técnicas**

### **Encuestas**

Fueron aplicadas a moradores de zonas aledañas a la Avenida Lateral de Paso, esta técnica de recopilación de información permitió conocer cuál era el grado de satisfacción de la ciudadanía con respecto al estado actual del sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso como punto de partida para el planteamiento de las propuestas de mejora.

### **Entrevista**

Fue aplicada a la autoridad encargada del mantenimiento del sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso de la ciudad de Loja, esta técnica de recopilación de información permitió conocer cuál es el punto de vista de este organismo con respecto a los problemas actuales presentes en dicho sistema de alumbrado público, del mismo modo, sirvió como punto de partida para la generación de las propuestas de mejora.

## **Metodología utilizada en las encuestas.**

Se busca cubrir a la mayor parte de la comunidad afectada por la situación actual del alumbrado público de la avenida de integración barrial Ángel Felicísimo Rojas entre los cuales se encuentran los moradores, la ciudadanía en general y la comunidad universitaria conformada por estudiantes, docentes y trabajadores. Además, es importante tomar en cuenta la comunidad urbana que hace uso de la misma avenida para el traslado de cultivo y ganado lo cual implica un nivel considerado de seguridad.

## **Métodos**

- Descriptivo
  - Se trata de identificar el estado actual de la avenida de integración barrial Ángel Felicísimo Rojas ya que se encuentra actualmente con fallas en relación al alumbrado público instalado

- Analítico
  - Se pretende realizar un análisis e investigación y saber la razón por la cual están presentando fallas.

## **Materiales**

En el proceso de investigación será necesaria la recolección de información referente al problema a investigar, para la obtención de dicha información se hará uso de instrumentos de investigación con el propósito de recopilar información confiable previo a la realización de la encuesta se considerará la consulta de diferentes fuentes bibliográficas para la correcta obtención de datos.

En lo que respecta a la investigación, es necesario la aplicación de una encuesta dirigida para moradores del sector, ciudadanía en general y la comunidad de la UNL, igualmente se ve necesaria la aplicación de una entrevista al ente encargado actualmente del mantenimiento de las luminarias de alumbrado público de la avenida de integración barrial. Toda la información recolectada servirá tanto para la investigación como para verificar el nivel de satisfacción que presenta la ciudadanía en base al estado actual del alumbrado.

## **Ficha técnica encuesta sectorial**

- **Instrumento de recogida de información:** Cuestionario online basado en la herramienta Google forms.
- **Procedimiento de recogida de información:** Encuesta presencial
- **Margen de error:**  $\pm 9\%$
- **Grado de fiabilidad:** 95%
- **Tipo de muestreo:** Muestreo aleatorio sistemático
- Universo de referencia:
  - Con base en el Censo realizado en el año 2010 por el INEC (Instituto nacional de estadísticas y censos) [26] se ha identificado un aproximado de 3500 personas que viven en sectores aledaños a la Avenida Lateral de Paso Ángel. F Rojas. Las cuales están distribuidas a lo largo de avenida en un conjunto de barrios que son:
    - Ciudad Victoria
    - El Plateado
    - Menfis Central

- Obrapia
- La Dolorosa
- Julio Ordoñez
- Lote Bonito

- **Muestra**

Para el cálculo (ver **ECUACIÓN 1**) del tamaño de la muestra, tomando en cuenta los métodos probabilísticos existentes [27], se ha optado por un muestreo aleatorio sistemático estratificado, en donde el tamaño de la población es igual al número de personas que residen a los alrededores de la Avenida Lateral de Paso. El margen de error tomado en cuenta es de un 9% así como un nivel de confianza del 95%.

$$n = \frac{\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2 * N}\right)}$$

**Ecuación 1:** Fórmula para el cálculo de la muestra | Fuente: [27]

En donde:

- n = Tamaño de la muestra
- N = Tamaño de la población
- e = Margen de error
- z = Puntuación z (Con base en el nivel de confianza [27])

Una vez aplicada la fórmula se ha obtenido una muestra de 115 encuestados, los cuales estarán distribuidos tal como se indica en la **TABLA 18**.

**Tabla 18:** Número de encuestados de diferentes sectores | Fuente: Autores

<b>Subsectores de interés</b>	
Ciudad Victoria	19
El Plateado	16
Menfis Central	16
Obrapia	16
La Dolorosa	16
Julio Ordoñez	16
Lote Bonito	16
<b>Total</b>	<b>115</b>

### **Participantes**

Todas las personas que estuvieron presentes a lo largo del desarrollo del presente Trabajo de Titulación se pueden observar en la **Tabla 19:** Recurso humano | Fuente: Autores

**Tabla 19:** Recurso humano | Fuente: Autores

<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
Mario Alejandro Orellana Sánchez	Estudiante a cargo de la Ejecución del TT.
Daniel Alexander Patiño Vásquez	Estudiante a cargo de la Ejecución del TT.
Ing. Valeria del Rosario Herrera Salazar, Mg.	Docente y director del TT.
Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, PhD.	Docente y asesor especializado del área de estudio
Ing. Danny Andrei Ocampo Veintimilla, Mg.	Director del MTOP.
Población (Moradores, Estudiantes, Docentes)	Personas que utilizan la Avenida Lateral de Paso Ángel. F. Rojas de manera frecuente.

## 6. Resultados.

Una vez concluidas las dos primeras fases del presente trabajo se procede a realizar la tercera y última fase la cual tiene como objetivo principal la elaboración de una o varias propuestas como plan de acción a corto, mediano y largo plazo; y analizar la viabilidad técnica y económica que involucraría para el estado estas propuestas de mejora.

### Objetivo 1

**Realizar un levantamiento de información y analizar las condiciones técnicas de instalación, mantenimiento y funcionamiento actual del Sistema de Alumbrado Público con sistemas fotovoltaicos en la Avenida Lateral de Paso Ángel F. Rojas de la Ciudad de Loja.**

En el presente objetivo, se obtuvo como resultado una descripción a detalle del estado actual de las luminarias instaladas a lo largo de toda la avenida (ver **Anexo 2: Estado actual de las luminarias instaladas en la avenida de integración barrial Ángel Felicísimo Rojas.**) con ayuda de un dron profesional (ver Anexo 5: Vistas aéreas del estado actual de las luminarias ubicadas en la Avenida Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas.) y una cámara térmica (ver Anexo 8: Imágenes captadas con cámara térmica del estado actual de los paneles solares instalados en la Avenida Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas.) para finalmente concluir que el sistema fotovoltaico instalado (ver Ilustración 26: Disposición actual de las luminarias presentes en el sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso | Fuente: [20], Autores.) no funciona eficientemente debido a diferentes factores como la falta de mantenimiento, un clima cambiante, presencia de niveles altos de polvo en la avenida y una mala gestión por parte de la entidad encargada.

### Objetivo 2

**Investigar el grado de satisfacción de los usuarios y moradores del lugar, así como de la institución pública encargada de su mantenimiento, como punto de referencia para la elaboración de medidas correctivas y preventivas del sistema.**

Como resultado del segundo objetivo se tuvo la aplicación de una encuesta dirigida a los moradores aledaños a la avenida (ver Anexo 6: Reporte de la encuesta aplicada a los moradores cercanos a la avenida de integración barrial.) en la cual se pudo afirmar que el sistema de alumbrado público no ha recibido ningún tipo de mantenimiento, como resultado se tiene una baja eficiencia del mismo en horarios nocturnos generando una elevada probabilidad de accidentes automovilísticos e incremento en la inseguridad para los moradores, por otro lado, gracias a la entrevista dirigida al director de la entidad encargada del sistema de alumbrado público (ver Anexo 7: Reporte de la entrevista realizada a la entidad encargada del alumbrado público instalado en la Avenida Lateral de Paso.) se pudo afirmar con certeza que no se ha dado ningún tipo de mantenimiento, no se tiene un sistema de monitoreo, no cuentan con un plan de acción, la eficiencia del sistema es baja, no se tiene registros de accidentabilidad de la avenida, el mal estado conlleva a la inseguridad de los moradores y que el sistema de alumbrado público actualmente se encuentra en un 20% de operatividad.

### Objetivo 3

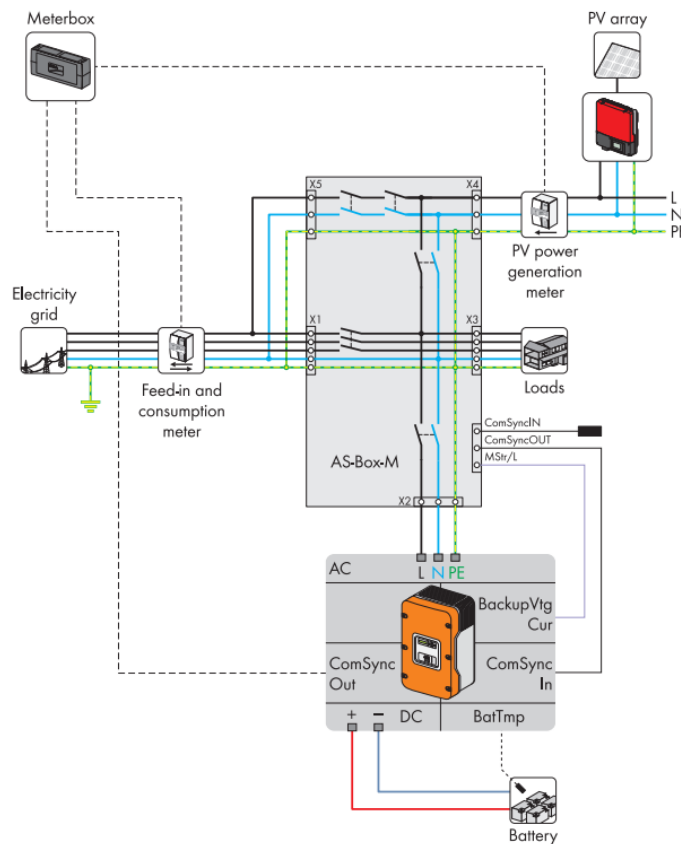
**Elaborar una o varias propuestas como plan de acción a corto, mediano y largo plazo; y analizar la viabilidad técnica y económica que involucraría para el Estado estas propuestas de mejora.**

Gracias a la información obtenida como es el estado actual del sistema, factores que intervienen en su rendimiento, información brindada por los moradores aledaños a la avenida y por el director de la entidad encargada, se tuvieron posibles soluciones frente al problema que presenta dicho sistema y se detallan a continuación:

## Instalación de Sistema Híbrido (energía fotovoltaica y red eléctrica).

- Identificar el área de mejora

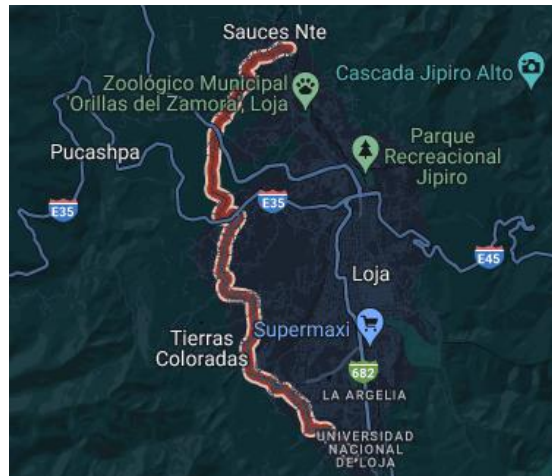
Un sistema híbrido (ver **Ilustración 23**) consiste en una combinación de diferentes tecnologías que son unidas con el propósito de crear un sistema eléctrico unificado para diferentes objetivos, entre los más aplicados están la generación de corriente eléctrica para el alumbrado público y alumbrado de viviendas. Esta energía también puede ser usada con propósitos personales como el poder abastecer de energía suficiente para una casa o un edificio.



**Ilustración 23:** Sistema híbrido compuesto por panel fotovoltaico y corriente alterna. | Fuente: [28]

En la presente propuesta el área que deberá cubrir es toda la avenida de integración barrial que cubren las luminarias fotovoltaicas instaladas (ver **Ilustración 24**). Toda esta área tomará en consideración tanto a los que transitan la vía como a los moradores que viven cerca.





**Ilustración 24:** Avenida Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas. | Fuente: Google Maps

Además de contar con las baterías individuales de cada panel solar, se deberá tomar en consideración un espacio disponible para la correcta instalación de la red eléctrica tradicional, dicha red eléctrica cubrirá toda la avenida pasando por todos los paneles fotovoltaicos instalados.

- Detectar las principales causas del problema

Se tiene este problema debido a los días nublados en la ciudad de Loja (ver **Ilustración 25**), esto no quiere decir que los paneles solares no producen energía si las nubes obstruyen al sol ya que los rayos solares igualmente logran llegar a ser receptados por lo paneles, sino más bien que no generan la suficiente energía que se necesita para la alimentación de las farolas LED.



**Ilustración 25:** Día nublado en la ciudad de Loja afectando al funcionamiento en los paneles fotovoltaicos | Fuente: [29]

Esta propuesta será implementada como medida adicional de abastecimiento de energía, como bien se sabe las baterías instaladas actualmente pueden almacenar una cantidad limitada de energía la cual es convertida en corriente eléctrica para dar funcionamiento a las farolas LED, por lo tanto, lo que se pretende con esta propuesta es poder abastecer de corriente eléctrica tradicional y otorgar la energía suficiente para las farolas LED.

- Formular el objetivo

Se pretende instalar una red eléctrica que abarque toda la Avenida Lateral de Paso en la cual su función principal será abastecer de energía suficiente a las farolas LED en caso de que los sistemas fotovoltaicos actualmente instalados no tengan almacenada la energía necesaria.

- Seleccionar las acciones de mejora

Al iniciar con esta propuesta se debe tener presente el cable que se usará, cuantos metros, en que tiempo se instalará en su totalidad, nivel de factibilidad al implementar este plan, ventajas y desventajas tal como se detallan más adelante.

Este tipo de sistema híbrido es usado comúnmente para el consumo doméstico de energía eléctrica tal como se indicó anteriormente en la **Ilustración 23**.

- Realizar la planificación

Como primer paso se considera la distancia que existe entre todos los paneles fotovoltaicos instalados en la Avenida Lateral de Paso, dando un total de 15,5 km.

A continuación, se presenta el cable de bandeja tipo VNTC, en base a sus características detalladas en la **Tabla 20** permite que el cable sea el adecuado para la implementación de la presente propuesta. Del mismo modo se consideró el uso de inversores de energía solar híbrido el cual se detalla en la **Tabla 21**.

**Tabla 20:** Precio del Cable de Bandeja VNTC | Fuente: [30]

Cable de bandeja VNTC						
Precio / 100m	Nro. Conductores	Tamaño del cable	Voltaje	Temperatura	Conductores	Diámetro
\$190	3	14 AWG	600	90°C - 8°C	UL 66 NEC tipo TFN, UL 1277 tipo TC-ER	0.34 pulgadas

**Tabla 21:** Precio del inversor de energía solar híbrido | Fuente: [31]

Precio / 100m	Entrada de CA	Entrada de CC	Salida	Dimensiones cm	Fabricante	Pilas
\$890	Fase dividida 240Vac	48 Vdc	6000W continuo 18000W pico	38.10 × 29.98 × 74.93	SafeGuard Power Solutions, LLC.	4 × 12V (Tipo de pila necesaria)

A continuación, se determina un tiempo aproximado de instalación de la red eléctrica, para este apartado se podría tener en consideración el mismo tiempo que le tomó a la empresa **ENERPRO** en instalar los paneles fotovoltaicos, los cuales fueron alrededor de 3 meses, por lo tanto, se podría tener en presente el uso de la siguiente **Tabla 22** como cronograma.

**Tabla 22:** Cronograma de implementación de la propuesta de Instalación de Sistema Híbrido. | Fuente: Autores

Actividades / Tiempo	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
Análisis del estado actual del sistema fotovoltaico instalado				
Adquisición de material necesario.				
Instalación y aplicación de pruebas de funcionamiento a las farolas LED.				
Seguimiento de control de calidad.				

- Ventajas
    - Energía eléctrica siempre disponible para el abastecimiento en las farolas LED del alumbrado público en caso de ser necesaria.
    - Se tendrán dos fuentes de alimentación para el funcionamiento óptimo de las farolas LED, los sistemas fotovoltaicos autónomos y la corriente eléctrica.
    - Baja dependencia del clima para la correcta funcionalidad debido a que los paneles fotovoltaicos no almacenan suficiente energía en un día nublado.
  - Desventajas
    - Será notables los cables entre los postes, este cableado podría resultar poco amigable con la impresión que se tiene con la avenida de integración barrial.
    - Tendrá un elevado coste de instalación ya que se considera un estudio previo a la implementación de la nueva tecnología para crear el sistema híbrido esperado, además de tener el cable suficiente que cubra toda la avenida.
- Se detalla el precio estimado de propuesta en la **TABLA 23**.

**Tabla 23:** Precio estimado de la propuesta de Instalación de Sistema Híbrido. | Fuente: Autores

<b>CANT.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Importe</b>
155	Cable de bandeja VNTC	\$190,00 / cada 100 metros	\$29.450,00
45	Inversor solar híbrido	\$890,00	\$40.050,00
10	Personal contratado	\$425,00	\$4.250,00
		<b>Total</b>	<b>\$73.750,00</b>

- Seguimiento del plan de mejora

Para el seguimiento de esta propuesta se deberá considerar la cantidad de energía consumida en diferentes periodos de tiempo (semanal, mensual y anual), con el propósito de verificar la eficiencia adquirida en la implementación de esta propuesta de solución.

- Mantenimiento preventivo: Se realizará un control de calidad con la nueva tecnología implementada con el propósito de asegurar el buen funcionamiento del nuevo sistema híbrido, se chequeará de forma mensual todo el sistema.
- Mantenimiento correctivo: En caso de que se produzca un error o falla se realizará un inventario de todos los equipos instalados, en caso de ser necesario se reemplazará el equipo que tenga problemas de funcionamiento

## **Revisión y sustitución del sistema fotovoltaico conservando los dispositivos funcionales.**

- Identificar el área de mejora

Como fue mencionado en la entrevista realizada al director del Ministerio De Transporte y Obras públicas, organismo encargado del mantenimiento del sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso, el estado actual de dicho sistema es deficiente y por consiguiente necesita una repotenciación. El recurso solar presente en la ciudad en la zona sur del país, especialmente en la ciudad de Loja es un recurso que aún no ha sido aprovechado del todo, es por esto que resulta muy conveniente seguir utilizando la energía solar para el sistema de alumbrado, ya que es una opción muy rentable, a la vez que se está utilizando energía limpia para un sistema de esta índole.

Tras la recolección de datos del estado actual del sistema de alumbrado público de la avenida, se ha visto la posibilidad de repotenciar dicho sistema, de manera que se pueda reducir costos, preservando los activos funcionales en la iluminación e implementando alternativas más actuales en aquellas luminarias que ya no funcionan de la mejor manera.

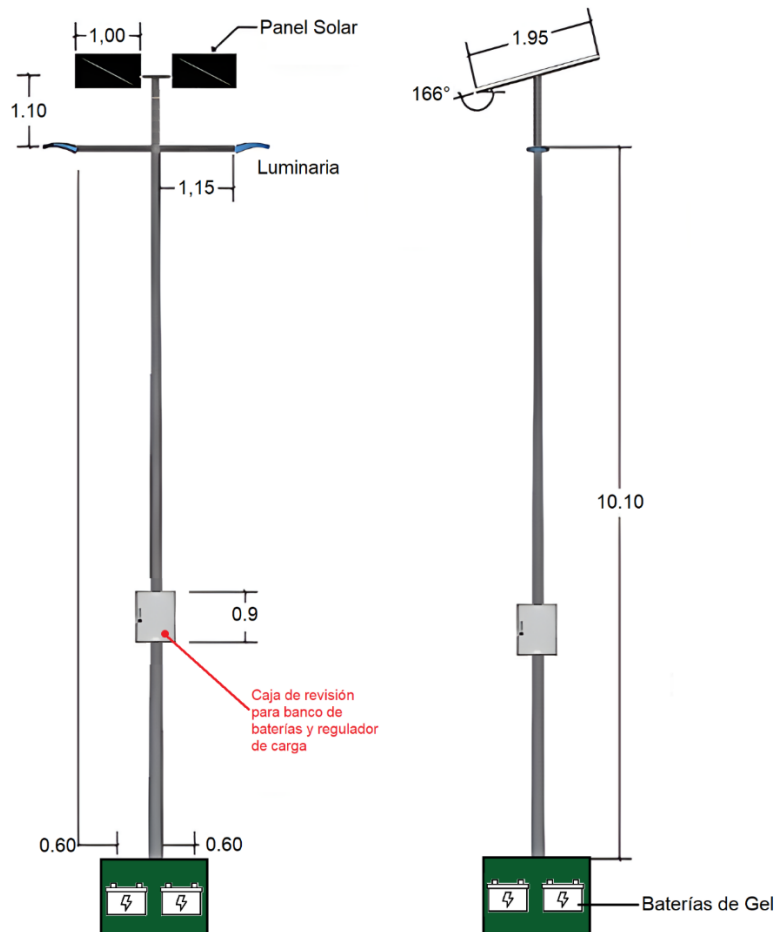
- Detectar las principales causas del problema

Existen varias causas del problema presente actualmente en el sistema de alumbrado público de la avenida, entre estos problemas se pueden encontrar, el poco mantenimiento de las luminarias, el polvo, el estado de la avenida, las temperaturas, la inseguridad y fallos en las baterías.

Uno de los principales factores para el mal funcionamiento del sistema de alumbrado público de la avenida es que no se ha tomado ninguna acción frente a la cantidad de polvo, y la suciedad que cubre los paneles solares. Está comprobado que el polvo puede llegar a afectar en gran medida el rendimiento de estos sistemas, esto se puede corroborar en un artículo científico publicado en 2014 en el cual se detalla que la presencia de polvo puede llegar a disminuir la eficiencia de un panel fotovoltaico hasta en un 60% [43].

Así mismo el clima de la región es un aspecto que no beneficia mucho al momento de hablar de la eficiencia energética de las baterías que se encuentran actualmente instaladas. Dichas baterías se encuentran en la zona inferior del poste en un compartimiento de hormigón. Dicha disposición no es muy beneficiosa para las baterías debido a que, a pesar que las temperaturas de la ciudad de

Lojas oscilan entre los 23°C y 24°C, la temperatura dentro del compartimento puede llegar hasta los 35 °C como se muestra en las temperaturas térmicas de los anexos. Además, producto de las precipitaciones puede llegar a existir humedad lo cual puede acelerar corrosión provocada por el electrolito presente en las baterías [41].

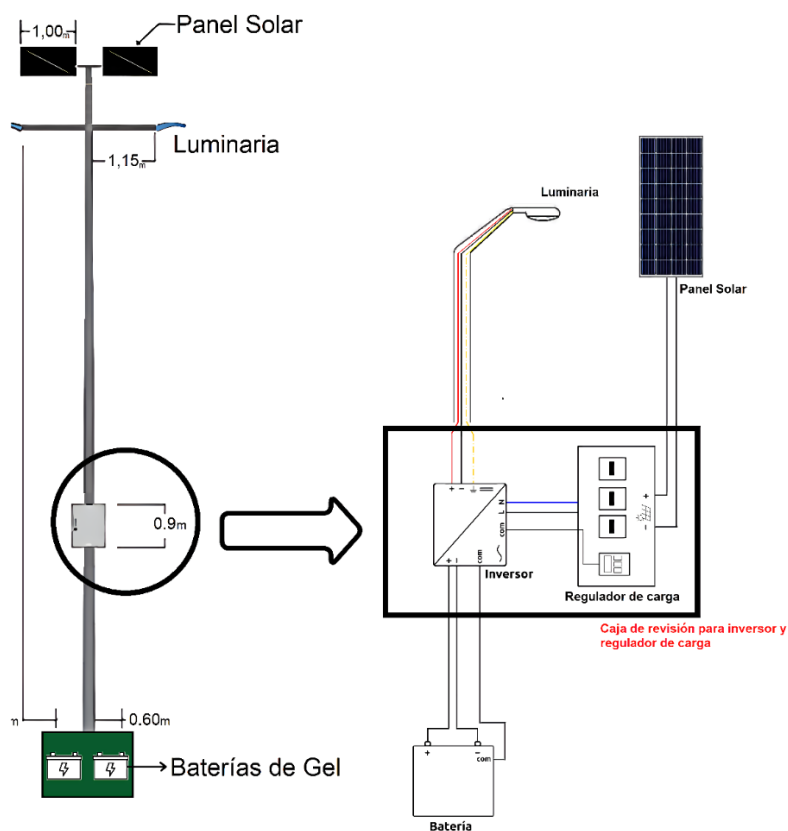


**Ilustración 26:** Disposición actual de las luminarias presentes en el sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso | Fuente: [20], Autores.

Otro punto a considerar también es la inseguridad presente a lo largo de la avenida, esto ha producido que en varios de los postes los reguladores de carga hayan sido sustraídos debido a que se encuentran ubicados en un compartimento de fácil acceso para el personal encargado de su revisión.



**Ilustración 27:** Poste al cual se le ha sustraído su regulador de carga. | Fuente: Autores.



**Ilustración 28:** Diagrama eléctrico de la caja de revisión de un sistema fotovoltaico autónomo instalado en la avenida de integración barrial Ángel. F. Rojas. | Fuente: Autores

- Formular el objetivo

Repotenciar el sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso, a través de la sustitución de los dispositivos defectuosos conservando los dispositivos que funcionan.



- Seleccionar las acciones de mejora

A continuación, se van a enumerar cada una de las acciones que se tiene previsto llevar a cabo para repotenciar el sistema de alumbrado público.

- Prueba, mantenimiento y sustitución de paneles fotovoltaicos.

Los paneles fotovoltaicos son los elementos más sensibles a las variaciones de su entorno, por lo cual se tendría que realizar una revisión del estado y prueba de cada uno de ellos, presentes a lo largo de la avenida.

En el caso de que el panel fotovoltaico esté funcionando de manera correcta, pero esté generando menos corriente de lo normal, se tendrá que realizar un mantenimiento. Dicho mantenimiento consiste en retirar, una vez al mes, cualquier tipo de objeto o suciedad tal como se indica en la **ILUSTRACIÓN 29**, que pueda afectar a la correcta producción de los paneles fotovoltaicos, es decir, excrementos de aves o polvo serían un ejemplo. El polvo acumulado o los restos de polución también deben ser eliminados en la medida de lo posible, ya que disminuirá la corriente eléctrica generada y si perduran en el tiempo podrían generar puntos calientes.

Para mantener limpio el panel solar basta con utilizar agua con una pequeña cantidad de jabón para que sea posteriormente más sencillo aclararlo. No se recomienda utilizar detergentes o materiales de limpieza ásperos ya se puede llegar a dañar la superficie del panel permanentemente.

La mejor manera de limpiar el panel es utilizando una esponja suave y una pequeña cantidad de lavavajillas, mojando previamente la suciedad para que sea después más fácil retirarla. Por último, se aclara el panel abundantemente con agua sin dejar restos de jabón.

Como norma general se recomienda realizar esta limpieza unas 3 o 4 veces al año, o con mayor frecuencia si se trata de una zona con mucho nivel de polvo y suciedad.



**Ilustración 29:** Limpieza de un panel fotovoltaico | Fuente: Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos. Ministerio de energía. Gobierno de Chile [45].

Una vez realizado el mantenimiento se tiene que comprobar que no existan puntos calientes, para lo cual se puede utilizar una cámara térmica (ver **ILUSTRACIÓN 30**).



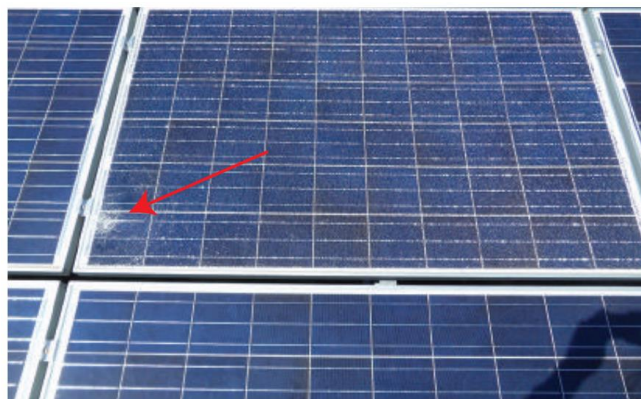
**Ilustración 30:** Comprobación de las celdas fotovoltaicas a través de una cámara térmica | Fuente: Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos. Ministerio de energía. Gobierno de Chile [45].

Aunque las pérdidas de potencia asociadas a los puntos calientes (ver **ILUSTRACIÓN 31**) son bajas, esta parte de la celda queda dañada de manera irreversible. Las celdas calientes ocurren cuando solo una parte de la celda apoya con la generación de corriente, a causa de roturas de la celda o cuando el contacto del colector de corriente falla.



**Ilustración 31:** HotSpot presente en una celda fotovoltaica. | Fuente: Autores

Otro problema muy común por el cual también pueden llegar a fallar los paneles fotovoltaicos es por posibles rupturas en los módulos FV tal como se observa en la **ILUSTRACIÓN 32** siendo este uno de los peores escenarios, puesto que dichos módulos son la base de la generación de energía, por consiguiente, cualquier falla afecta al funcionamiento global del sistema.



**Ilustración 32:** Ruptura de módulo FV. | Fuente: Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos. Ministerio de energía. Gobierno de Chile [45].

Finalmente, el último caso que se podría llegar a presentar es la presencia de roturas o micro roturas, las cuales suelen ser causadas por problemas en el transporte, instalación

o por condiciones ambientales externas como el viento o el granizo. Es casi imposible evitar las micro- rupturas y su influencia en el rendimiento depende la cantidad, longitud y curso de la ruptura. Aún no se han encontrado estudios a detalle del porcentaje de reducción de rendimiento dependiendo del tipo de ruptura sin embargo es importante identificar estas roturas, pues siempre puede existir el riesgo de que se lleguen a agrandar afectando el rendimiento en un futuro [45].

Una vez realizadas las pruebas a cada uno de los paneles, aquellos que se encuentren en buen estado podrán seguir en funcionamiento, sin embargo, en caso de encontrar alguno de los problemas anteriormente mencionados se tendrá que realizar la sustitución del panel.

- Prueba, mantenimiento y sustitución de baterías

Las baterías actualmente instaladas son baterías selladas que no requieren de mantenimiento, pero sí de unas condiciones óptimas para funcionar.

Para que las baterías funcionen de una manera óptima deben mantener una temperatura promedio de 25°C. A medida que las temperaturas ambientales disminuyen aumenta la resistencia interna y por lo tanto disminuye su capacidad y por el contrario si las temperaturas aumentan la batería mejorará su rendimiento, pero acortará su vida útil.

Además, para mantener el ciclo de vida, se deben verificar las baterías de forma periódica y se deben rellenar con agua destilada si se requiere. En el caso de que no se realice un mantenimiento durante períodos prolongados de tiempo es importante no adicionar demasiada agua a las celdas lo cual podría provocar la pérdida de electrolitos, derrames durante la carga y problemas de corrosión. Si no se rellenan las celdas al tope, esto puede causar que la placa quede expuesta, sobrecalentamiento y una posible explosión.

A pesar de que las baterías no requieren de mucho mantenimiento como sí lo requieren los paneles se ha propuesto una serie de puntos que se pueden tomar en cuenta para conservar las baterías en el mejor estado posible, se ha dividido estos puntos en mantenimientos mensuales y trimestrales.

- Mantenimiento mensual:
  - Medir y registrar el voltaje en reposo y carga.

- Verificar y registrar los niveles de electrolito y rellenar con agua destilada según sea necesario.
- Registrar la temperatura ambiente donde se instalan las baterías.
- Inspeccionar la integridad de la celda para determinar si hay corrosión en la terminal, la conexión, rejillas o gabinetes.
- Verifique el equipo de monitoreo de la batería para comprobar que funciona.
- Mantenimiento Trimestral:
  - Pruebas de ventilación.
  - Verificar los terminales / conexiones, eliminar la corrosión y apretar adecuadamente.
  - Verificar las conexiones con una alta resistencia.
  - Verificar si hay cables rotos o dañados.
  - Verificar la salida de carga, el voltaje masivo/de absorción del controlador.
  - de la carga/inversor.
  - Verificar si las celdas tienen rajaduras o presentan indicaciones de una posible fuga.
  - Verificar las conexiones de tierra.

Las baterías con el simple hecho de estar funcionando sufren de un deterioro, el objetivo es buscar la forma de que este deterioro sea lo más pequeño posible. En el caso de que una batería presente alguna falla o que su nivel carga sea menor a un 30% es factible sustituir dicha batería para poder ofrecer una mayor fiabilidad en el sistema de alumbrado fotovoltaico.

- Prueba, mantenimiento y sustitución de luminaria

Las luminarias no requieren ningún tipo de mantenimiento, sin embargo, hay ciertos factores que se pueden tomar en cuenta a la hora de identificar la vida útil restante de la luminaria.

El principal factor es la estabilidad del color, el cual puede indicar el fin de su vida útil. A simple vista es posible no detectarlo, en cambio, cuando se compara con una luminaria nueva, no cabe duda.

También la disipación del calor por parte de la luminaria Led es un factor muy importante para garantizar su correcto funcionamiento, un aspecto que se irá deteriorando a lo largo de su vida útil. Es esencial asegurarse de que el funcionamiento del disipador es correcto y de que no hay ningún agente externo que impida que se ejerza esta función.

En el caso de que la luminaria haya finalizado su tiempo de vida útil, la única opción que queda es sustituirla. A pesar de que las luminarias LED tienen una vida útil prolongada esto no quiere decir que no puedan llegar a fallar por algún desperfecto en el sistema de abastecimiento.

- Solución de problemas de seguridad

Un aspecto que también se debe tomar a consideración es la seguridad que posee el sistema de alumbrado público, actualmente existen varios puntos débiles que pueden llevar a que se produzcan algunos delitos en los cuales algunos componentes de las luminarias se ven afectados.

Uno de estos puntos débiles es la posición en la que se encuentra el regulador de carga tal como se indicó anteriormente en la **Ilustración 27**, el cual resulta de fácil acceso para el público en general contando con las herramientas adecuadas.

Es por ello que se debería reforzar de alguna manera este tipo de compartimentos de manera que no sean de fácil acceso para las personas naturales, sino sólo para el personal autorizado.

- Realizar la planificación

A continuación, se detallan los tiempos estimados para la ejecución de la propuesta, así como un precio estimado de la misma. Se detalla en la **TABLA 24** el cronograma de la propuesta.

**Tabla 24:** Cronograma de la propuesta de Revisión y sustitución de paneles estropeados, baterías y luminarias, conservando los dispositivos funcionales | Fuente: Autores

Actividades / Tiempo	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Análisis de cada uno de los componentes del sistema de alumbrado público.					
Mantenimiento de los componentes funcionales					
Adquisición de componentes nuevos.					
Reemplazo de componentes defectuosos					
Seguimiento de control al funcionamiento de la propuesta.					

- Precio estimado de la propuesta

Para la presente propuesta no se ha podido calcular un precio estimado, debido a que es necesario conocer el funcionamiento específico de cada uno de los elementos que componen el sistema de alumbrado poste por poste. En caso de requerir un precio aproximado se podría tomar como referencia el estado actual de los sistemas fotovoltaicos parcialmente funcionales, tal como se indica en el **Anexo 2: Estado actual de las luminarias instaladas en la avenida de integración barrial Ángel Felicísimo Rojas**. Tomando como referencia esta información se podría dar un aproximado de la inversión necesaria para la ejecución de la presente propuesta siendo de 402 500.00(usd).

- Seguimiento del plan de mejora

El seguimiento sería el mismo que se ha usado durante mucho tiempo que es el control de las luminarias urbanas. Luego de 1 mes se volverá hacer una encuesta a cierto grupo de personas que transitan dicha avenida con el propósito de verificar si el estado de las luminarias ha mejorado

- Mantenimiento preventivo

Dentro del mantenimiento preventivo se encontró varios puntos que se deben tomar en consideración:

- Se realizará un control de calidad del nuevo sistema implementado con el propósito de asegurar el buen funcionamiento, se chequeará de forma mensual todo el sistema.
- Comprobar el estado de los paneles de manera continua, con el fin de comprobar si están funcionando de manera óptima o si necesitan mantenimiento.
- De ser posible, resultaría factible implementar un sistema de control al cual estén conectados todos los paneles, de este modo se contaría con la información en tiempo real de su estado de carga, así como de su temperatura.
- Para la seguridad de la instalación es muy viable la implementación de sistemas de protección de baterías ante descargas eléctricas.

- Mantenimiento correctivo

En el caso de presentarse algún imprevisto se deben tomar ciertas consideraciones:

- Se debe contar con un debido protocolo de recambio de paneles, baterías y luminarias (recepción, instalación, operación).
- Se debe contar con un protocolo de disposición de los paneles, baterías y luminarias usadas (almacenamiento y retiro seguro).
- Se debe contar con elementos de repuesto y con capacidad de rediseño en caso de ser necesario (obsolescencia de componentes críticos).

- Auditoría Anual

Las auditorías son una muy buena herramienta para evaluar cómo se ha desarrollado el proyecto. A través de una serie de indicadores resulta muy útil para el organismo encargado conocer cuál es el estado de las instalaciones, si se está cumpliendo con las cuotas de energía requeridas, conocer el estado de los equipos y el grado de fiabilidad del sistema.

- Encuesta

Sería de gran ayuda realizar otra encuesta sectorial, con el fin de saber cuál es el grado de satisfacción de la ciudadanía con los cambios presentes en el sistema de iluminación.

- Entrevista.

Entrevistar a la autoridad encargada de llevar a cabo el proyecto es muy útil para comprender cuáles fueron los retos al momento de implementar el proyecto y cuál es la planificación para su mantenimiento.

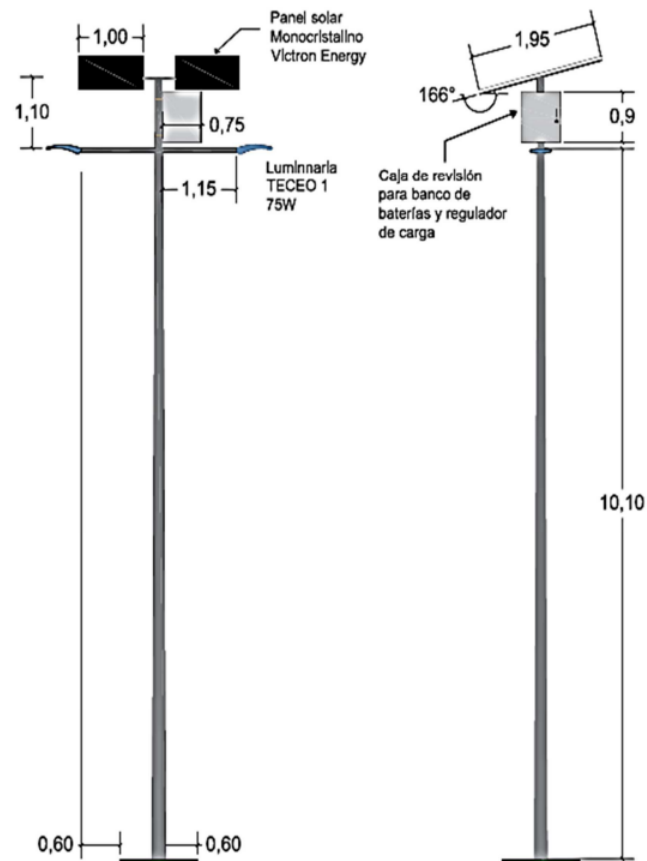


## Sustitución de los sistemas fotovoltaicos por alternativas actuales.

La presente propuesta consiste en la sustitución total del sistema actualmente instalado por tecnologías que tengan mejores prestaciones, certificaciones, más eficientes energéticamente y que se puedan usar en las condiciones presentes al largo de la Avenida Lateral de Paso, el sistema que se cambiaría se compone por paneles fotovoltaicos, baterías, luminarias y reguladores,

- Identificar el área de mejora

Actualmente el sistema instalado se denomina sistema fotovoltaico autónomo, el cual se define como aquellos sistemas que se encuentran aislados a la red eléctrica, es decir, la única energía que tendrán será la misma que se logre almacenar en las baterías. Por ser un sistema autónomo se tiene algunas limitaciones como puede ser el caso de falla de uno de sus componentes ya sea el panel solar, lámparas LED, baterías o el controlador de carga tal como se indica en la **Ilustración 33** [32].



**Ilustración 33:** Partes de un sistema fotovoltaico autónomo instalado en la avenida de integración barrial. | Fuente: [20]

Para la presente propuesta se toma en consideración a todos los paneles fotovoltaicos instalados a lo largo de la Avenida Lateral de Paso, el área de mejora sería específicamente el reemplazo total por sistemas fotovoltaicos modernos, dichos sistemas se detallan más adelante.

- Detectar las principales causas del problema

Entre las principales causas se identifican que los sistemas instalados actualmente cuentan con tecnología de hace 7 años, por lo tanto, sería razonable el reemplazo de dichas tecnologías por otras actuales con mejores prestaciones. Otro punto presente es el clima cambiante en la ciudad de Loja, por ende, las nuevas tecnologías deberán cubrir con normas que mejore el modo de funcionamiento de captación de energía solar incluso en malas condiciones climáticas.

Con el pasar del tiempo se debe tener en consideración la vida útil de cada uno de sus componentes (paneles solares, farolas LED, regulador de carga, baterías).

- Paneles solares.

La esperanza de vida de un panel solar por lo general puede llegar fácilmente a los 30 años de uso, aunque se debe considerar que pasados los 20 años empezará a tener menos eficiencia ya que sus celdas fotovoltaicas llegan a degradarse. Para que un panel solar funcione óptimamente se debe considerar un mantenimiento permanente, generalmente se lo puede realizar una vez al año, este mantenimiento consiste principalmente en limpiar los paneles con el objetivo de reducir la obstrucción de absorber todos los rayos solares por medio de las celdas fotovoltaicas [33].

Generalmente un panel solar tiene un desgaste de 0.5% al año, para este desgaste se debe considerar que permanecen al aire libre, por lo tanto, sus paneles pueden quedar cubiertos por hojas muertas, ramas o polvo, tal como se muestra en la **Ilustración 34**.



**Ilustración 34:** Vista aérea con dron de los paneles solares cubiertos con suciedad. | Fuente: Autores

- Farolas LED.

Como referencia general se puede definir que el tiempo de vida útil de una lámpara LED es alrededor de los 17 años. El tiempo de vida útil se ve afectada principalmente por 3 factores importantes:

- Tipo y calidad de los materiales y componentes electrónicos empleados en su fabricación.
- La vida útil es estimada estadísticamente en pruebas de laboratorios.
- Se considera el trabajo asignado a la misma ya que varía como las lámparas LED en dormitorios, autos o alumbrado público.

De forma general también es importante aclarar en qué circunstancias van a funcionar las lámparas LED, pueden trabajar bajo buenas condiciones de ambiente como puede ser el caso de su instalación en dormitorios, a diferencia del uso para el alumbrado público, la vida útil puede verse comprometida debido a las exposiciones ambientales como pueden ser las lluvias, polvo, sol, tiempos prolongados de uso como es el caso de las lámparas instaladas en la avenida de integración barrial tal como se muestra en la **Ilustración 35**.



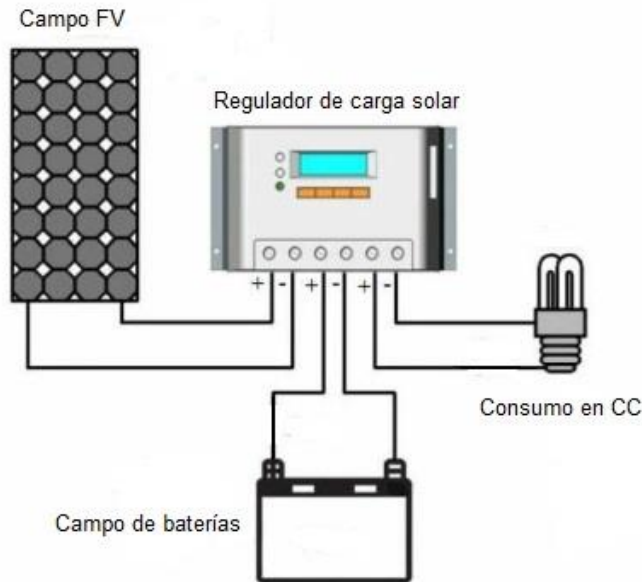
**Ilustración 35:** Lámparas LED ubicadas en la avenida de integración barrial. | Fuente: Autores

- Regulador de carga.

El tiempo de vida útil de un regulador de carga empleado para la energía solar es aproximadamente 12 años bajo buenas condiciones ambientales. Se debe tener en consideración que el regulador es el encargado de ciertas funciones importantes [34]:

- Proteger la batería de los acumuladores contra las posibles sobrecargas o descargas profundas.
- Protege la batería de acumuladores contra sobretensiones, es decir, cuando desciende mucho la temperatura de trabajo de las celdas solares, el regulador se encarga de controlar las tensiones generadas.
- Evitar las descargas nocturnas de las baterías sobre generadores fotovoltaicos, en otras palabras, cuando el regulador detecta que es de noche, desconecta la entrada para evitar la circulación de corriente de la batería a las placas fotovoltaicas.

De forma general se podría decir que el regulador se encarga del funcionamiento en general de todo el sistema fotovoltaico tal como se indica en la **Ilustración 36**.



**Ilustración 36:** Funcionamiento de un regulador de carga solar. | Fuente: [35]

○ Baterías.

Dentro de las baterías (**Ilustración 37**) que se pueden usar en un sistema solar fotovoltaico están [35]:

- Monoblock: Es la batería más simple y económica entre todas las otras baterías existentes, se trata de baterías abiertas compuestas por plomo ácido, tapones. Estas baterías tienen una vida útil de aproximadamente 4 años en excelentes condiciones, esta batería no puede controlar lo que son los picos de energía, estos picos pueden reducir el tiempo de vida útil drásticamente.
- AGM: Este tipo de baterías tienen mucha relación con las baterías monoblock ya que usa también el plomo ácido, esta batería puede controlar de mejor manera los picos, lo cual hace que sea una batería muy estable y con menos uso de mantenimiento, por lo tanto, la vida útil de esta batería es de aproximadamente 7 años.
- Gel: Este tipo de baterías se componen de compuestos gelificados que le permiten ubicarse de diferentes formas según sea la necesidad, este tipo de baterías también se caracterizan por poder soportar las bajas temperaturas. Las baterías de gel son selladas, por ende, no necesitan ningún tipo de mantenimiento y tampoco emiten gases. La vida útil de este tipo de baterías es alrededor de los 11 años.

- Estacionarias: Son baterías que se componen de varios vasos o también conocidos como torres de 2 voltios que se logran conectar entre sí para poder llegar a generar energía de 12V, 24V o incluso de 48V. Estas baterías resultan ser muy costosas debido a sus 20 años de vida útil que tiene.



**Ilustración 37:** Tipos de baterías usadas en sistemas fotovoltaicos. | Fuente: [35]

- Formular el objetivo.

El objetivo principal de la presente propuesta es el reemplazo total de los sistemas fotovoltaicos instalados, para la instalación se consideran las nuevas tecnologías que sean capaces de trabajar incluso en malas condiciones climáticas.

- Certificaciones de durabilidad.
- Garantía de uso.
- Que puedan resistir a fuertes condiciones climáticas como pueden ser las lluvias, viento, polvo, entre otros factores ambientales.

El propósito principal de esta solución es poder instalar tecnología moderna y obtener más energía con un uso moderado de los sistemas fotovoltaicos autónomos instalados (imagen referencial **Ilustración 38**).



**Ilustración 38:** Sistema fotovoltaico autónomo. | Fuente: [35]

- Realizar la planificación

Como se observa en el **Anexo 2: Estado actual de las luminarias instaladas en la avenida de integración barrial Ángel Felicísimo Rojas**. La cantidad de postes instalados actualmente son de 587, por lo tanto, se debe considerar que en cada poste irán instalados dos sistemas solares fotovoltaicos. Los paneles instalados se detallan en la **Tabla 25**.

**Tabla 25:** Precio de Sistema de Paneles Solares | Fuente: [36]

Sistema de paneles solares								
Precio / 2 kits	Tipo de Instalación	Potencia Fotovoltaica	Tensión	Tipo de Batería	Potencia Inversor	Cargador	Regulador Solar	Tensión máxima del panel solar
\$1.150,00	Aislada	2700 W	48V 230V	Litio	5000 W	80A	80A MPPT	450V

Para el tiempo estimado de instalación se considera la siguiente **Tabla 26** como cronograma de actividades las cuales se podrían prolongar alrededor de 2 meses.

**Tabla 26:** Cronograma de implementación de la propuesta de Instalación de Sistema Híbrido. | Fuente: Autores

	Mes 1				Mes 2			
Actividades / Tiempo	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
Recolección de información relacionada a la nueva tecnología a emplear.								
Adquisición del material necesario.								
Instalación de los sistemas fotovoltaicos autónomos instalados.								
Seguimiento de control de calidad.								

○ Ventajas

- Uso de tecnologías modernas capaces de poder trabajar bajo malas condiciones climáticas.
- Se tendría un cambio total de los sistemas instalados los cuales pueden llegar a durar muchos años con un correcto mantenimiento constante.
- Se tendría un registro de todos los dispositivos instalados para su posterior seguimiento de control.

○ Desventajas

- Entre los puntos negativos que se tiene sería el tiempo de instalación ya que sería de forma manual por cada poste.
- El capital invertido será muy importante ya que se estaría considerando el cambio general de tecnologías.



- El precio estimado de propuesta se detalla en la **TABLA 27**.

**Tabla 27:** Precio estimado de la propuesta de Sustitución de todos los sistemas fotovoltaicos. | Fuente: Autores

<b>CANT.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Importe</b>
1174	Sistema de paneles solares	\$575,00	\$675.050,00
10	Personal contratado	\$425,00	\$4.250,00
		<b>Total</b>	<b>\$679.300,00</b>

- Seguimiento del plan de mejora

Para el control de esta propuesta de solución se realizará un chequeo mensual por cada sector que conforma toda la avenida de integración barrial con el propósito de mantener un funcionamiento óptimo de los sistemas fotovoltaicos instalados.

- Mantenimiento preventivo: Se realizará un control de calidad con la nueva tecnología implementada con el propósito de asegurar el buen funcionamiento del nuevo sistema, se chequeará de forma mensual todo el sistema.
- Mantenimiento correctivo: En caso de que se produzca un error o falla se realizará un inventario de todos los equipos instalados, en caso de ser necesario se reemplazará el equipo que tenga problemas de funcionamiento

## **Implementación de un BESS (BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM).**

- Identificar el área de mejora

Las áreas de mejora dentro de esta propuesta son varias, las cuales se detallarán a continuación:

- Mejora en la fiabilidad del sistema de alumbrado público.

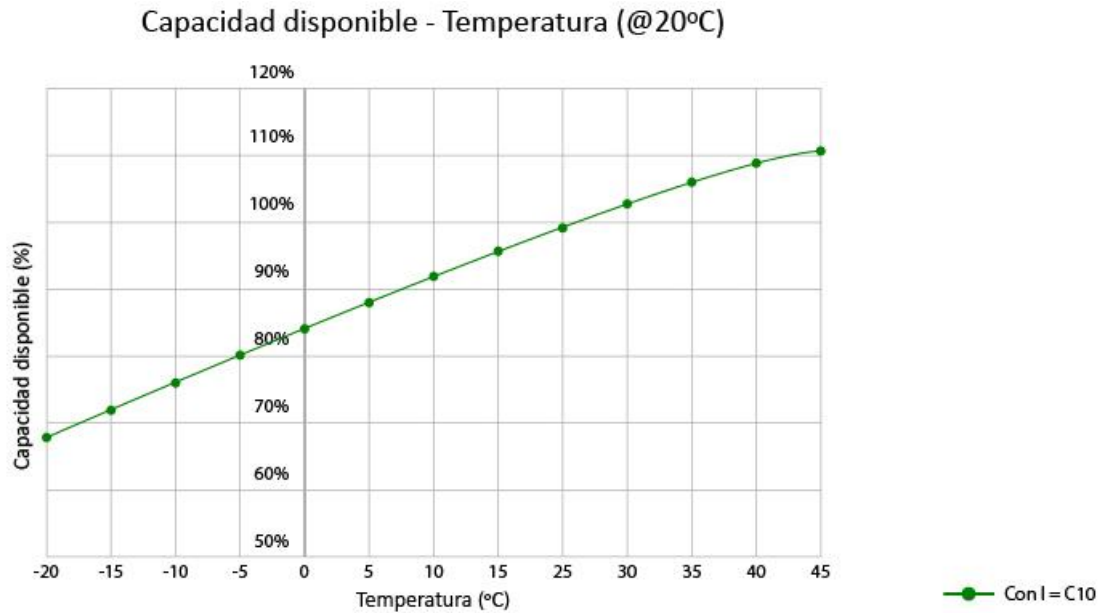
La implementación de un BESS lleva consigo una mejora considerable de entre un 40% – 60% de fiabilidad en el funcionamiento de sistemas impulsados por energía fotovoltaica [40]. Esto a raíz de que un BESS es un sistema controlado que funciona bajo ciertas condiciones como son, la temperatura, humedad, cantidad de ciclos de descarga de cada batería, etc. Esto implica que dichos sistemas poseen un mayor grado de tolerancia a los fallos a diferencia de un sistema descentralizado de batería en el cual las baterías se encuentran en diferentes condiciones. Otro punto a tomar en cuenta es que un BESS también puede funcionar de manera híbrida, esto a su vez resulta beneficioso, puesto que, si no se llega a cumplir con la cuota diaria de energía necesaria para que las luminarias funcionen de manera óptima, existe la opción de utilizar la red eléctrica tradicional para suplir esta deficiencia energética lo que provee al sistema de una mayor fiabilidad.

- Mejora en la eficiencia energética de las baterías

Las baterías al estar formadas por una variedad de compuestos químicos, pueden funcionar de mejor o peor manera en base a las condiciones en las que se encuentren. El principal factor que incide en la disminución de la eficiencia energética de una batería es la temperatura es por ello que se debe prestar una especial atención en tratar de mantenerla lo más estable posible.

Por norma general la temperatura recomendada para una batería oscila entre los 20 y 25 C°, si se excede este límite la batería mejorara su rendimiento (Se reduce la resistencia interna y se acelera la reacción química) a costa de un mayor desgaste en su vida útil si se supera este umbral durante periodos de tiempo prolongados. Por el contrario, el someter a una batería a temperaturas menores al umbral antes mencionado aumentará la resistencia interna y por consiguiente disminuirá su capacidad.

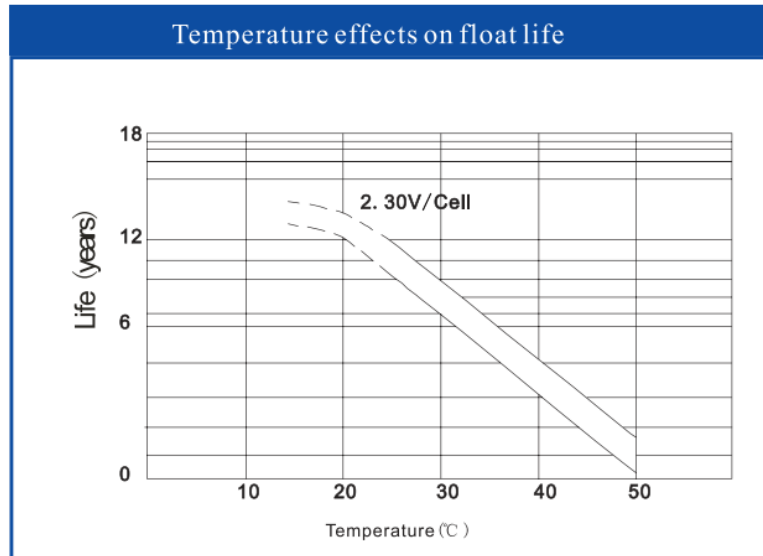
La disminución de la capacidad es lineal con la temperatura tal como se observa en el gráfico de una batería convencional OPzS en la Ilustración 39 (Batería de gel tubular en contenedor SAN) [41].



**Ilustración 39:** Capacidad de una batería OPzS en relación a la temperatura. | Fuente: [41].

- Mejora en la vida útil de las baterías

Al igual que su eficiencia energética, la vida útil también está determinada por la temperatura (ver Ilustración 40), debido a que una batería alcanza una vida útil óptima por norma general trabajando a 25 °C o ligeramente por debajo. Si, por ejemplo, una batería de gel de sílice opera a 40 °C la merma en su vida útil disminuye la friolera de un 50%. Esto significa que, si una batería en un principio tenía una vida útil de 13 años, tras someterla a temperaturas mayores a 25 °C este rango disminuye drásticamente hasta los 5 o 6 años.



**Ilustración 40:** Vida útil de la batería GE200-12 en relación con la temperatura | Fuente: [42]

- Mejora en la reducción del riesgo de fallos

El poder controlar las condiciones en las cuales trabaja una batería, influye de manera importante en el porcentaje de fallos presentados, ya que las baterías funcionan bajo las condiciones recomendadas por el fabricante a diferencia de una batería que funciona en un entorno cambiante en las cuales la probabilidad de que ocurra un fallo es mayor ya que no se puede controlar las condiciones en las que trabaja.

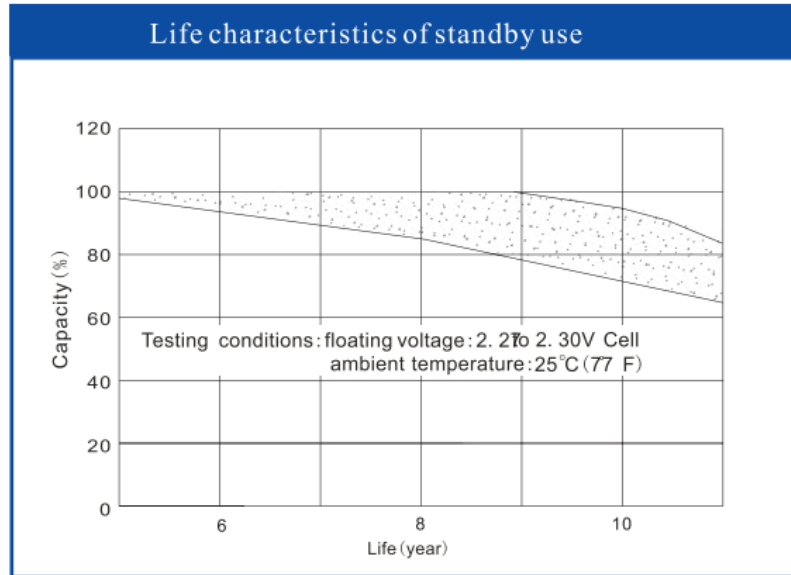
- Mejora en el mantenimiento de las baterías.

El mantenimiento de las baterías situadas en un BESS es mucho más sencillo gracias a que están ubicadas en un lugar mucho más accesible a diferencia de un sistema descentralizado, lo que facilita las tareas de mantenimiento o sustitución.

- Detectar las principales causas del problema

Las baterías utilizadas a lo largo de la Avenida Lateral de Paso Ángel F. Rojas son baterías de Gel, las cuales son una tecnología ya un poco anticuada para la época, sin embargo, gracias que su tiempo de vida útil y a su precio han resultado ser una de las mejores opciones acordes a las necesidades presentadas por el sistema de alumbrado público de la avenida.

Ahora bien, el tiempo de vida útil estimado para las baterías utilizadas en el sistema de alumbrado público de Avenida Lateral de Paso es de aproximadamente 13 años aproximadamente, esto en base a la información referencial del modelo JYC200AH12VDC (ver **ILUSTRACIÓN 41**).



**Ilustración 41:** Vida útil de la batería de gel modelo JYC200AH12VDC. | Fuente: [41].

Otro problema que presenta el actual sistema en relación con las baterías es que, no sé a tomado ninguna medida para preservar la eficiencia energética de las mismas, así como su vida útil. La temperatura promedio en la ciudad de Loja es de 22.5 ° C durante verano y de 16° C según datos de la INAMHI [25], lo cual se encuentra dentro de las condiciones recomendadas, sin embargo, debido a la disposición en la que se encuentran las baterías, éstas podrían llegar a sobrecalentarse llegando hasta los 35 °C en las horas de mayor radiación solar, esto puede observarse en las evidencias del Anexo 8: Imágenes captadas con cámara térmica del estado actual de los paneles solares instalados en la Avenida Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas. El exceder este umbral de manera frecuente puede llegar a producir una aceleración en la corrosión provocada por el electrolito presente en las baterías. Así mismo durante invierno la gran cantidad de precipitaciones y las bajas temperaturas conllevan una disminución en la capacidad de la batería, así como un incremento en el riesgo de fallos [41].

- Formular el objetivo

Implementar un BESS que permita almacenar la energía generada por todos los paneles fotovoltaicos solares a lo largo de la avenida.

- Seleccionar las acciones de mejora
  - Revisión del estado de cada una de las baterías actualmente instaladas

En un principio el proyecto de iluminación de la Avenida Lateral de Paso contemplaba un total de 600 postes y 1200 luminarias, cada luminaria con su respectiva batería, sin embargo, en la actualidad en la avenida existen un total de 587 postes, los cuales acumulan un total de 1.174 luminarias, de las cuales 948 no son funcionales y solo un total de 116 luminarias funcionan correctamente. Esto quiere decir que sólo un 9.8% del total de la iluminación de avenida funciona. Haciendo uso de la tecnología, en este caso de un dron, se pudo recolectar la evidencia suficiente para determinar que el mayor problema que enfrenta la avenida es el fallo en sus baterías, y el precario estado de los paneles fotovoltaicos. En el caso de los paneles solares el problema sería mucho más sencillo de solucionar gracias a su fácil acceso para poder realizar las tareas de limpieza y mantenimiento, ya que el polvo puede llegar a afectar en gran medida el rendimiento de estos sistemas, esto se puede corroborar en un artículo científico publicado en 2014 en el cual se detalla que la presencia de polvo puede llegar a disminuir la eficiencia de un panel fotovoltaico hasta en un 60% [43]. Sin embargo, aun con el polvo los paneles fotovoltaicos siguen captando una parte de la energía, la cual se tendría que ver reflejada en las primeras horas de funcionamiento del sistema de iluminación pública, lamentablemente a pesar de que se volvió a recaudar la información en cuanto el sistema de iluminación empezó a funcionar en horas de la tarde, los resultados fueron los mismos, lo que lleva a pensar que el problema se encuentra en las baterías.

En vista a lo anteriormente mencionado, y con el fin de disminuir los costos de implementación, se ha optado por revisar cada una de las baterías del sistema de alumbrado público, y en el caso de que la batería funcione y esté al menos a un 60% operatividad se ha considerado utilizarla dentro del BESS.

- Comparativa de ejemplares

Existen una gran variedad de baterías que pueden ser utilizadas para almacenar la energía generada por paneles fotovoltaicos, sin embargo como se ha visto la posibilidad de utilizar las baterías que actualmente aún están operativas en el sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso las cuales son de Gel de sílice, se ha realizado una comparativa entre las tecnologías más comunes de baterías que pueden ser utilizadas en sistemas de este estilo (ver Tabla 28):

**Tabla 28:** Comparativa de distintas tecnologías de baterías, que pueden ser utilizadas en un BESS | Fuente: Surrette Battery Company [44].

Tipo	Energía / peso	Tensión por elemento (V)	Duración (número de recargas)	Tiempo de carga	Auto-descarga por mes (% del total)
Plomo	30-50 Wh/kg	2 V	20-30	8-16h	5 %
Ni-Cd	48-80 Wh/kg	1,25 V	500	1h	30%
Ni-H	60-120 Wh/kg	1,25 V	1000	2h-4h	20 %
Li-ion	110-160 Wh/kg	3,16 V	4000	2h-4h	10 %
Li-Po	100-130 Wh/kg	3,16 V	5000	1h-1.5h	10 %

Como fue mencionado anteriormente toda batería que se encuentre por arriba de un 60% de utilidad será utilizada en el BESS, por motivos logísticos resulta imposible determinar de manera precisa cual es el % de estas baterías que cumplen estas condiciones, pero se tiene un estimado el cual fue obtenido en el estudio del estado actual del sistema de alumbrado público de la avenida del cual se pudo obtener que actualmente de las 1200 baterías que fueron instaladas, 1174 aún se encuentran instaladas y solo 116 aún son operativas.

Las 116 baterías pueden ser tomadas en cuenta para el BESS sin embargo no son suficientes para suplir con la demanda energética de todas las luminarias de la avenida, por lo cual para cumplir con la demanda energética requerida se ha optado por dos alternativas, por un lado se puede continuar utilizando baterías de Gel que son una alternativa más económica pero con menor vida útil o baterías de litio que pueden llegar a ser más costosas pero con la ventaja de una alta eficiencia energética y una vida útil mucho más amplia, ambas alternativas son rentables, además gracias a que las baterías

van a estar en un entorno controlado como lo es el BESS podrán rendir de la mejor manera.

- Realizar la planificación

- Baterías a utilizar.

Para este caso se utilizarán las baterías previamente instaladas que cumplan con la especificación de estar al menos a un 60% de su vida útil, en el caso de no contar con las suficientes se optara por baterías de Litio o gel dependiendo del poder adquisitivo del organismo encargado, con el fin de llegar a suplir la demanda energética de todas las luminarias de la avenida.

- Proforma.

A continuación, se detalla en **la Tabla 29** y **Tabla 30**, un aproximado de los costos que tomarían llevar a cabo la presente propuesta.

**Tabla 29:** Baterías de Gel Sunpal 6-CNF-200 | Fuente: 6-CNF-200 Datasheet

Vida útil	Precio	Voltaje de la batería	Capacidad de la batería	Dimensiones	Peso	Estructura
15 años	\$230	12Vdc	200 ah	240 × 224 × 522 mm	60 kg	Aleación de plomo y estaño de alta pureza

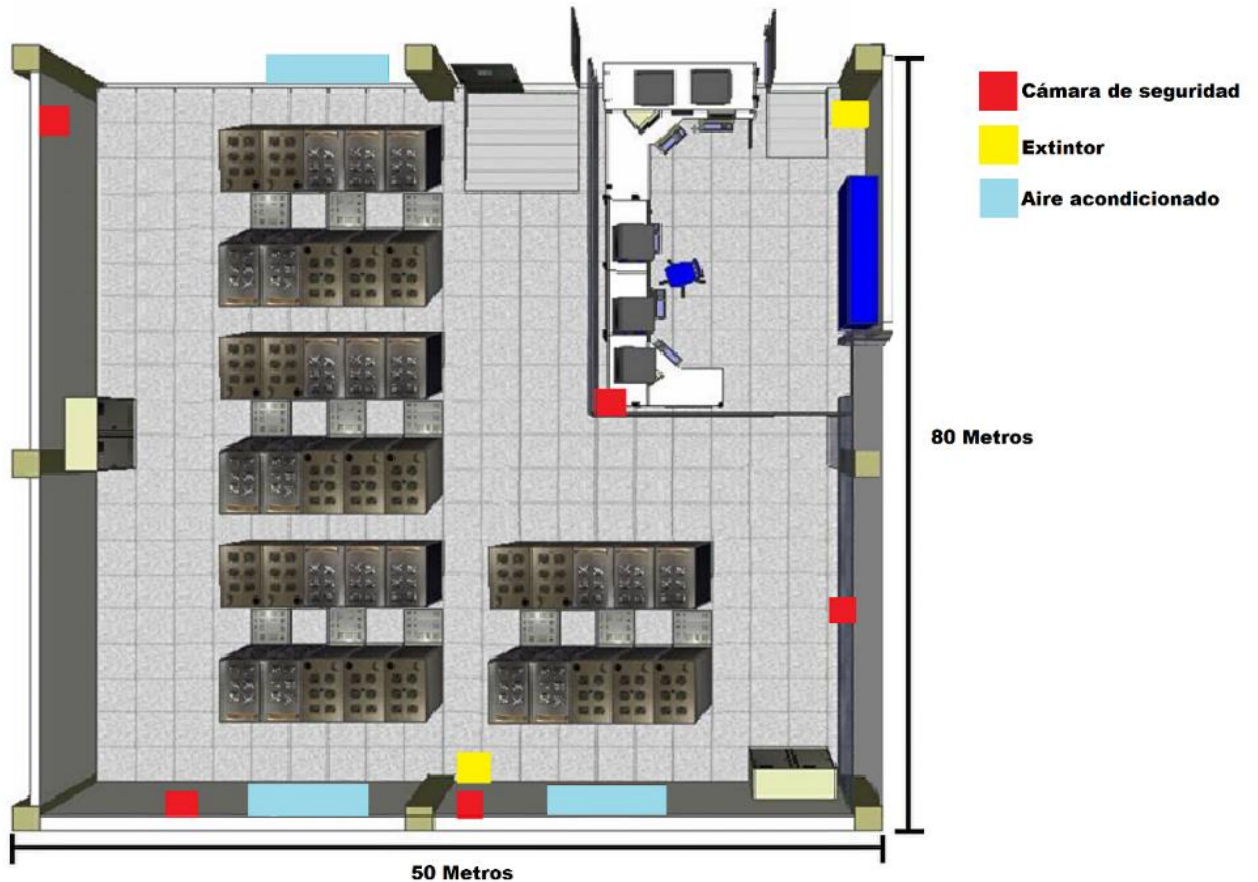
**Tabla 30:** Resumen de la propuesta | Fuente: Autores

CANT.	Descripción	Precio Unitario	Importe
1 058	Baterías de Gel Sunpal 6-CNF-200	\$230,00	\$243 340,00
45	Inversor solar híbrido	\$890,00	\$40 050,00
1	Construcción del BESS	\$150 000	\$150 000,00
10	Personal contratado (6 meses)	\$2550	\$25 500,00
		Total	\$458 890,00



- Distribución del BESS

Como parte de la propuesta se ha realizado un modelo conceptual (ver **ILUSTRACIÓN 42**) de la distribución del BESS en el cual se muestra de manera clara los elementos más críticos del sistema.



**Ilustración 42:** Diseño preliminar del BESS. | Fuente: Autores

- Cronograma

Se ha establecido un cronograma con los tiempos tentativos para la implementación de la propuesta.

**Tabla 31:** Cronograma de la implementación del sistema BESS. | Fuente: Autores.

Actividades / Tiempo	Mes 1 - 2	Mes 3 - 4	Mes 5 – 6	Mes 7 - 8	Mes 6 - 10	Mes 11 - 12
Análisis del estado actual de cada una de las baterías						
Adquisición de material necesario.						
Construcción del BESS						
Cableado que interconectara a cada uno de los postes						
Seguimiento de control al funcionamiento de la propuesta.						

- Seguimiento del plan de mejora

Una vez finalizado el proyecto, resulta necesario un seguimiento del plan de mejora, para saber cómo ha evolucionado la propuesta y en que se debería mejorar.

- Mantenimiento preventivo

Dentro del mantenimiento preventivo se encuentran varios puntos que se deben tomar en consideración:

- Mantener la temperatura adecuada para las baterías que indica el fabricante, para reducir riesgos y aumentar la vida útil de las mismas.
- Comprobar el estado de las baterías de manera continua, con el fin de comprobar si están funcionando de manera óptima o si necesitan mantenimiento (eualización, balance y relleno de electrolito).
- De ser posible, resultaría factible implementar un sistema de control al cual están conectadas todas las baterías, de este modo se contaría con la información en tiempo real de su estado de carga, así como de su temperatura.
- Para la seguridad de la instalación es muy viable la implementación de sistemas de protección de baterías ante descargas eléctricas.

- Mantenimiento correctivo

En el caso de presentarse algún imprevisto se deben tomar ciertas consideraciones:

- Se debe contar con un debido protocolo de recambio de baterías (recepción, instalación, operación).
- Se debe contar con un protocolo de disposición de baterías usadas (almacenamiento y retiro seguro).
- Se debe contar con elementos de repuesto y con capacidad de rediseño en caso de ser necesario (obsolescencia de componentes críticos).
- Auditoria Anual

Las auditorías son una muy buena herramienta para evaluar cómo se ha desarrollado el proyecto. A través de una serie de indicadores resulta muy útil para el organismo encargado conocer cuál es el estado de las instalaciones, si se está cumpliendo con las cuotas de energía requeridas, conocer el estado de los equipos y el grado de fiabilidad del sistema.

- **Encuestas.**

Como parte de la auditoría también se ha visto la posibilidad de volver a realizar una encuesta sectorial en cada uno de los sectores aledaños a la avenida, con el fin de determinar cuál es el punto de vista de los moradores referente al sistema de alumbrado público de la avenida tras la implementación de la propuesta.

- **Entrevista.**

Así mismo, se ha visto la posibilidad de realizar una entrevista al organismo encargado del mantenimiento del sistema de alumbrado público de la avenida para saber cuál es su grado de satisfacción tras haber implementado esta propuesta de solución,

## **Eliminación del uso de energía fotovoltaica y utilizar la red eléctrica tradicional.**

- Identificar el área de mejora

Esta propuesta se enfoca en poder instalar la red eléctrica convencional conocida por la mayoría de la población ya que esta red se encuentra actualmente funcionando generalmente en la zona urbana (**Ilustración 43**), este sistema de luminarias consiste en la instalación de un poste de hormigón, una lámpara la cual funciona con vapor de sodio, dicho vapor debe llegar a cierto nivel de temperatura, puede llegar a cierta temperatura gracias a la conexión que tiene con la red eléctrica.



**Ilustración 43:** Alumbrado con red eléctrica tradicional. | Fuente: Google Maps

Para tener claro esta propuesta de solución se debe considerar un factor importante el cual es el poste de hormigón. Un poste de hormigón es un elemento estructural el cual es ubicado en forma vertical con el propósito principal de poder contener refuerzo, como es en este caso el poder sostener el peso del cable por el cual pasará la corriente eléctrica. Además de estar compuesto por el hormigón también tiene en su estructura interna acero el cual actúa junto al hormigón para resistir mayor fuerza o mayores cargas [37].

- En el mercado circulan generalmente dos tipos de postes:
  - Postes circulares: Este tipo de postes de hormigón en forma circular es usado para redes de energía eléctrica y telecomunicaciones.

- Postes tipo H: Este tipo de postes a diferencia de los circulares, son usados para líneas de energía eléctrica en transmisión y subtransmisión.
- Vida útil de un poste de hormigón.
  - Otro factor importante a analizar es la vida útil de un poste de hormigón, en base a las normas INEN un poste de hormigón debe tener el requisito esencial de estar fabricado con una relación de agua/cemento menor o igual a 0,40 en masa, una vez garantizado esta relación se podría afirmar que la vida útil de un poste de hormigón podría llegar a durar fácilmente los 15 años.
- Especificaciones de un poste de hormigón.
  - El armado del poste (ver **ILUSTRACIÓN 44**) debe soportar grandes pesos de carga, por lo tanto, el acero que se usará debe cumplir con un mínimo de  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ . Una vez especificado el acero a emplear, se realizan los postes según sea la necesidad ya que podrían tener diferentes características o dimensiones como por ejemplo  $14 \text{ m} \times 400 \text{ kgf}$  o  $15 \text{ m} \times 500 \text{ kgf}$ .



**Ilustración 44:** Postes de hormigón con estructura circular para redes eléctricas. | Fuente: [37]

Otro punto importante a abarcar son las luminarias que se emplearían las cuales serían de vapor de sodio. Estas lámparas son una de las fuentes de iluminación más eficientes ya que proporcionan una gran cantidad de lúmenes por vatio. El color que producen es amarillo brillante, la aplicación de este tipo de luminaria pueden ser tanto para interiores como exteriores como es en este caso para el alumbrado público.

- Vida útil de luminarias de vapor de sodio.

La vida útil de este tipo de luminarias (ver **ILUSTRACIÓN 45**) es de alrededor de 3 años, su tiempo de vida puede llegar a variar de acuerdo a ciertos factores como es la exposición a las condiciones ambientales, el uso prolongado de la misma, presencia de picos en la red eléctrica [38].



**Ilustración 45:** Lámpara de vapor de sodio. | Fuente: Autores

Para la implementación de esta propuesta es necesario abarcar toda la avenida que integran los paneles fotovoltaicos con el propósito de poder implementar en ese mismo espacio el cableado de red eléctrica convencional. Cabe mencionar que esta solución solo sería implementada en el peor de los casos debido a que se estaría considerando el desecho o reciclaje de todos los paneles fotovoltaicos.

- Detectar las principales causas del problema

La causa principal sería no poder contar con ningún tipo de tecnología que pudiese trabajar bajo malas condiciones ambientales, además de no poder implementar un sistema fotovoltaico híbrido. Al no poder tener claro una solución viable, se tendría en consideración iniciar con la implementación de esta propuesta de solución.

Además, se debería considerar el poder reutilizar los postes de acero actualmente instalados (**Ilustración 46**), para este análisis se debería hacer pruebas de resistencia a los postes ya que fueron instalados con el propósito principal de soportar únicamente un sistema de energía fotovoltaica autónoma, mientras que ahora se pretende aumentar su peso instalando una línea de red eléctrica.



**Ilustración 46:** Postes de acero actualmente instalados en la avenida de integración barrial. | Fuente: Autores

- Formular el objetivo

El objetivo de esta solución sería la eliminación total de los paneles fotovoltaicos e instalar luminarias alimentadas por medio de corriente eléctrica tradicional. Para la instalación se considerará la posibilidad de poder usar los mismos postes instalados actualmente.

- Seleccionar las acciones de mejora

Primeramente, sería el estudio general de toda la avenida y poder verificar la cantidad de cable necesario a usar. Además, se debe verificar frente a qué tipos de condiciones ambientales debería resistir un poste de hormigón y el cable a implementar por el cual pasará la corriente eléctrica.

Posteriormente se realizará una planificación de instalación y toma de energía eléctrica necesaria para poder alimentar a un total de 1.174 lámparas funcionales con vapor de sodio. Además, se debe considerar el uso de transformadores específicos para alumbrado público debido a que se trata de una avenida (**Ilustración 47**).



**Ilustración 47:** Transformado de alumbrado público. | Fuente: Google Maps

- Realizar la planificación

Para la aplicación se tomará en consideración el mismo cable mencionado anteriormente en la **Tabla 20**, además, se tomará en consideración el análisis referente al funcionamiento de los postes instalados actualmente, de tal modo que se pueda usar los mismos en el mejor de los casos.

Por otro lado, se debe considerar el precio por cada poste de hormigón en caso de que los postes de aceros no puedan ser usados, las características del poste de hormigón se detallan en la **Tabla 32**.

**Tabla 32:** Características de poste de hormigón | Fuente: [39]

Poste de hormigón								
Precio	Tipo	Normas	Resistencia	Longitud	Carga	Diámetro en base	Diámetro en punta	Tipo de cemento
\$210	Circular alivianada	NTE, INEN 1964, 1965-1	Mayor a 400 kg/cm <sup>2</sup>	10 m	2000 kgf	38 cm	18 cm	Magno He



Así mismo, se considera la instalación de nuevas luminarias con vapor de sodio, las características a emplear se detallan en la **Tabla 33**.

**Tabla 33:** Características de luminaria con vapor de sodio | Fuente: [48]

Luminarias de vapor de sodio								
Precio	Tipo de montaje	Voltaje	Altura	Ancho	Voltios de lámpara	Material de carcasa	Tipo de lente	Rango de potencia
\$152,00	Tipo brazo	120 V CA	68,58 cm	33,02 cm	100 W	Aluminio fundido a presión	Gota acrílica	41 a 100 W

Ya que se tiene conocimiento de los diferentes dispositivos a usar se determinaría un tiempo aproximado de instalación completa de la propuesta en la **Tabla 34**.

**Tabla 34:** Cronograma de implementación de la propuesta de Eliminación del uso de energía fotovoltaica y utilizar la red eléctrica tradicional. | Fuente: Autores

Actividades / Tiempo	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Análisis del estado actual de los postes de acero					
Adquisición de material necesario.					
Instalación de postes nuevos de hormigón.					
Instalación de luminarias con vapor de sodio					
Seguimiento de control al funcionamiento de la propuesta.					

- Ventajas

- Tipo de instalación más familiarizada por ser convencional, por ende, más seguridad por parte de los morados.
  - No se necesitaría ningún tipo de capacitación para la instalación por parte de los trabajadores por ser una tecnología ya conocida.
  - Mayor seguridad de un correcto funcionamiento.
- Desventajas
    - Disminución de avances tecnológicos dentro de la ciudad de Loja ya que se estaría renunciando a la innovación con energía renovable.
    - El tiempo de instalación sería muy demorado ya que sería el reemplazo total de todos los postes con luminaria pública.
- Precio estimado de propuesta

**Tabla 35:** Precio estimado de la propuesta de Eliminación del uso de energía fotovoltaica y utilizar la red eléctrica tradicional. | Fuente: Autores

<b>CANT.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Importe</b>
155	Cable de bandeja VNTC	\$190,00 / cada 100 metros	\$29.450,00
587	Postes de hormigón	\$210,00	\$123.270,00
1.174	Luminarias de vapor de sodio	\$152,00	\$178.448,00
10	Personal contratado	\$425,00	\$4.250,00
		<b>Total</b>	<b>\$335.418,00</b>

- Seguimiento del plan de mejora

El seguimiento sería el mismo que se ha usado durante mucho tiempo que es el control de las luminarias urbanas. Luego de 1 mes se volverá hacer una encuesta a cierto grupo de personas que

transitan dicha avenida con el propósito de verificar si el estado de las luminarias ha mejorado, este seguimiento estaría en manos de la entidad encargada del proyecto.

- Mantenimiento preventivo: Se realizará un control de calidad del nuevo sistema implementado con el propósito de asegurar el buen funcionamiento, se chequeará de forma mensual todo el sistema.
- Mantenimiento correctivo: En caso de que se produzca un error o falla se realizará un inventario de las luminarias instaladas alrededor, en caso de ser necesario se reemplazará la luminaria que presente problemas de funcionamiento.
- Uso de los sistemas fotovoltaicos retirados

Para la reutilización apropiada de los diferentes dispositivos que componen un sistema fotovoltaico se podrán ofrecer diferentes formas de uso con el propósito de aportar a la sociedad o incluso a la misma Universidad Nacional de Loja como el uso de energía limpia obtenida directamente de los paneles solares para abastecer diferentes necesidades en los laboratorios de la UNL.

## **Central Fotovoltaica con almacenamiento centralizado (BESS) y conexión a la red eléctrica.**

- Identificar el área de mejora

En la actualidad en Ecuador el sector energético se encuentra desarrollado principalmente en un 70% por fuentes de energía hidráulica, un 28% mediante la producción de energía térmica y tan solo el 2% en fuentes diferentes como lo son la eólica, la biomasa y la energía solar [46]. Por lo anterior, el país y la industria deben enfocar sus esfuerzos en la búsqueda e implementación de fuentes de energía que sean amigables con el medio ambiente y que a su vez mejoren los costos asociados a la producción de productos y servicios.

Es por dicha razón, por la cual se ha visto la posibilidad de aportar de una manera más significativa a la generación de energía eléctrica de la región, a través de un centro fotovoltaico.

- Detectar las principales causas del problema

El sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso, consta con aproximadamente 1.172 paneles fotovoltaicos, los cuales no están siendo aprovechados de la mejor manera, ya sea por la dificultad de su mantenimiento o por problemas en sus baterías. Además, actualmente la institución encargada de dicho sistema está planeando repotenciar este proyecto, a través de la inclusión de todo el sistema de alumbrado a la red eléctrica de la ciudad.

- Formular el objetivo

Implementar una central fotovoltaica con almacenamiento centralizado (BESS) y con conexión a la red eléctrica de manera que se pueda aportar de manera más significativa en la generación de energía limpia.

- Seleccionar las acciones de mejora

En la entrevista realizada al organismo encargado del mantenimiento del sistema de alumbrado público de la avenida, se pudo evidenciar el descontento con el estado actual de la avenida, es por ello que el proyecto en un futuro cercano sea repotenciado de manera que utilice la red eléctrica convencional, en lugar de la energía solar, lo cual es ventajoso puesto que dicho sistema requiere menos mantenimiento sin embargo se estaría desperdiciando una inversión muy grande la cual fue destinada a la adquisición de los sistemas fotovoltaicos independientes para cada uno de las luminarias de la avenida.

Con la finalidad de aprovechar estos activos se ha visto la posibilidad de plantear un proyecto de generación de energía fotovoltaica con todas las medidas necesarias para sacarle el mejor partido a los paneles presentes a lo largo de la avenida.

- Realizar la planificación
  - Paneles solares disponibles actualmente

El sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso en un inicio contaba con un total de 1200 paneles solares del modelo RS8I550M con una capacidad eléctrica máxima de 300 Wp, de los cuales actualmente solo se cuenta con 1174. Según el levantamiento de información realizado se ha constatado que, la gran mayoría de paneles solares requieren de mantenimiento, sin embargo, no sé ha encontrado mayores fallas en los paneles solares a simple vista, más allá de algunos casos de puntos HOTSPOTS presentes en algunas celdas.

Una vez teniendo en cuenta dichos factores, la cantidad de paneles solares que podrían ser utilizados en este proyecto son un aproximado de 1100 paneles solares.

A continuación, en la

Tabla 36, se presentan las especificaciones técnicas de los paneles solares actualmente instalados.

**Tabla 36.** Características técnicas de los paneles actualmente instalados en el sistema de alumbrado pública de la Avenida Lateral de Paso. Modelo RS8I550M

Paneles fotovoltaicos									
Vida útil	Precio	Modificación	Voltaje Circuito Abierto Voc	Voltaje Potencia Máxima Vmpp	Corriente Circuito Cerrado Isc	Corriente Potencia Máxima Impp	Eficiencia Panel	Dimensiones	Peso
30 años	\$225	36 células, 4 × 9, 5 Bushbars	24.10	20.39	11.99	11.39	21.06 %	1560 × 700 × 35mm	12 kg

- Matriz de impacto ambiental de construcción

En vista de la magnitud del proyecto se ha visto la necesidad de elaborar una matriz (ver **TABLA 37**) con el impacto que tendría esta propuesta al ambiente y a la ciudadanía.

En dicha matriz se representa con números, el impacto ambiental del proyecto siendo el 1 un impacto leve y 5 un fuerte impacto.

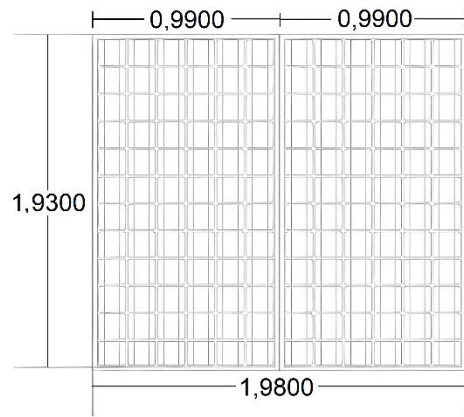
**Tabla 37:** Matriz de impacto ambiental de construcción | Fuente: Autores

ELEMENTOS AMBIENTALES		CONTAMINACION DEL AIRE	VIDA UTIL	PANELES	GENERACION DE ENERGIA LIMPIA	TORRES PANELES	CONDUCCION DE ENERGIA	PAISAJISMO	FALLA OPERACIONAL	REDUCCION CAMBIO CLIMATICO	CALIDAD DE VIDA	GENERACION DE EMPLEO	AFECCION A LA VIDA COTIDIANA	FORTALECIMIENTO DE LA ECONOMIA	
CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS	AGUA	superficial			1										
		calidad del agua			1										
	ATMOSFERA	calidad del aire (gases, partículas)	3		5		5			5	5				
		clima (macro, micro)	1		5		5			5	5				
FACTORES CULTURALES	INTERES ESTETICO Y HUMANO	presencia de elementos raros	2	3	5	4	4	4	4	3	5				
	ASPECTOS CULTURALES	patrones culturales estilo de vida			5		5					5	5	5	
		empleo							5		5	5			

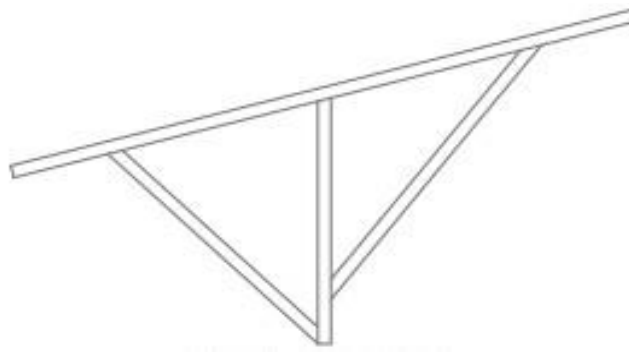
- Diseño y estructura de los paneles

Para obtener un funcionamiento óptimo de los paneles solares, estos deben estar correctamente colocados para lo cual se necesita una estructura que permita orientarlos de tal modo que aprovechen la energía solar receptada.

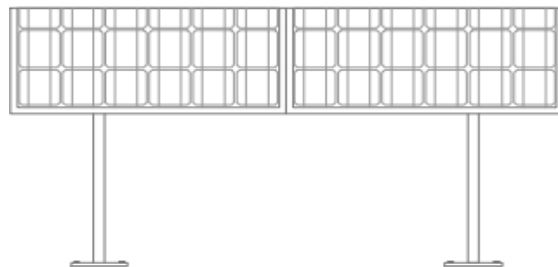
A continuación, se enlista los diseños en la **ILUSTRACIÓN 48**, **ILUSTRACIÓN 49**, **ILUSTRACIÓN 50** e **ILUSTRACIÓN 51**:



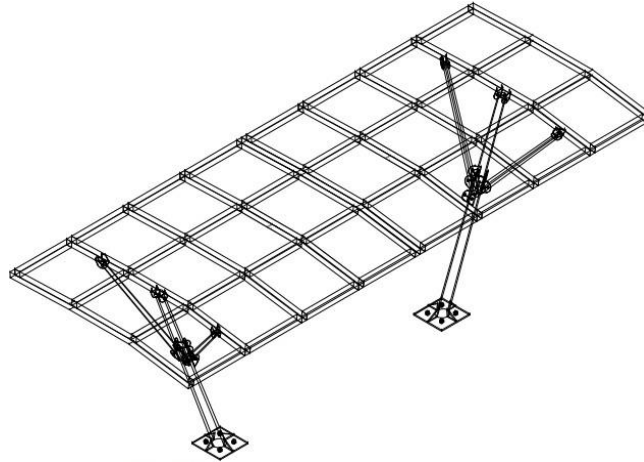
**Ilustración 48:** Vista en planta de 2 paneles solares juntos. | Fuente: Autores



**Ilustración 49:** Vista lateral de dos paneles solares colocados en su estructura | Fuente: Autores

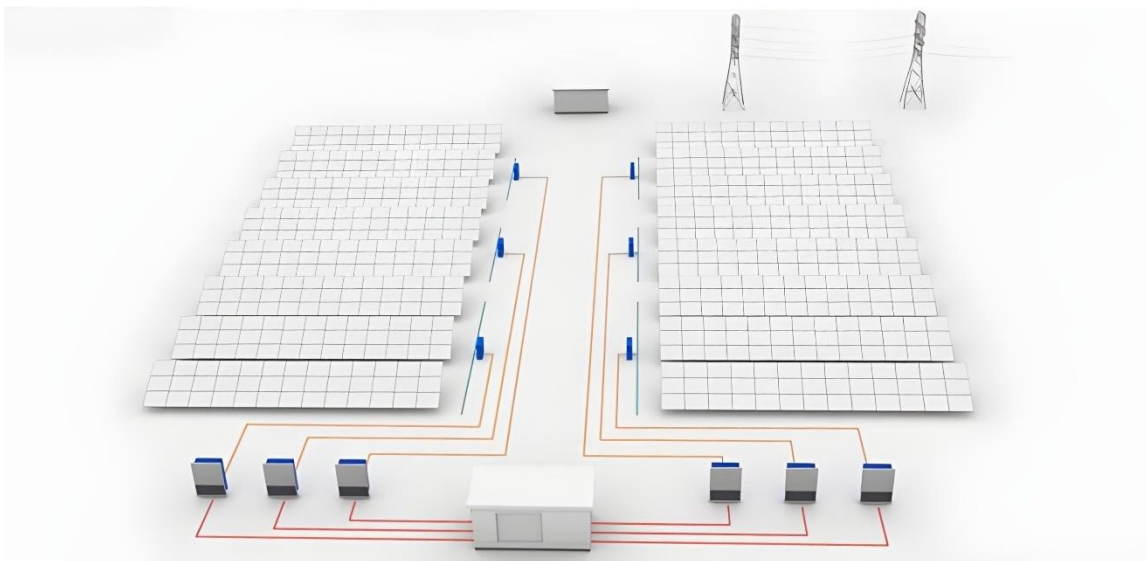


**Ilustración 50:** Vista frontal de dos paneles solares colocados en su estructura | Fuente: Autores



**Ilustración 51:** Vista Isométrica de dos paneles solares colocados en su estructura | Fuente: Autores

- Diseño preliminar (**ILUSTRACIÓN 52**)



**Ilustración 52:** Diseño preliminar de un sistema BESS | Fuente: Autores



- Funcionamiento del sistema (**ILUSTRACIÓN 53**).



**Ilustración 53:** Funcionamiento sistema fotovoltaico. | Fuente: Autores

- Procedimiento de Instalación de los Paneles Solares

Se debe instalar una estructura metálica capaz de soportar el peso de los paneles solares que se encontrarán ubicados en la central fotovoltaica con el propósito de evitar posibles objetos que obstruyan la recepción de los rayos solares, la estructura tiene una medida específica continuación:

- Altura del piso a la estructura que soporta los paneles 1.50m, altura total estructura 1.75m, separación entre soportes 1.42m, brazos frontales: 90cm, brazos laterales:
  - 1.38 m, medidas paneles.
  - 1.95m de largo por 99cm de ancho.
  - Soportes anclados al suelo de 5 cm con tornillos autoperforantes para brindar una mayor estabilidad.

- Instalación de paneles solares, los cuales están soportados sobre la estructura diseñada para el aprovechamiento de los rayos del Sol con una inclinación de 15° grados Ubicada hacia el sur-este para recibir la radiación solar, los paneles solares tienen unas dimensiones de 195 × 99 × 4.
- Conexión de los paneles solares, los paneles solares estarán conectados por lotes, a un mismo regulador de carga el cual redistribuirá la carga en cada una de las baterías presentes en el BESS.

- Pruebas.

- Pruebas Parciales.

Pruebas de voltaje de los paneles solares realizadas para medir su capacidad de carga.

Se realizan unas pruebas iniciales tomadas con un multímetro para medir la tensión y corriente de los paneles y comprobar el correcto funcionamiento de los mismos.

La potencia total de un panel es de 280V, la cual conectados en paralelo pasa a ser 560V los dos paneles, el funcionamiento de los paneles conectados en paralelo en un día soleado es de 18V.

- Seguimiento del plan de mejora.

Una vez finalizado el proyecto, resulta necesario un seguimiento del plan de mejora, para saber cómo ha evolucionado la propuesta y en que se debería mejorar.

- Mantenimiento preventivo.

Dentro del mantenimiento preventivo se encuentra varios puntos que se deben tomar en consideración:

- Mantener la temperatura adecuada para las baterías que indica el fabricante, para reducir riesgos y aumentar la vida útil de las mismas.
- Comprobar el estado de los paneles de manera continua, con el fin de comprobar si están funcionando de manera óptima o si necesitan mantenimiento.
- De ser posible, resultaría factible implementar un sistema de control al cual estén conectados todos los paneles, de este modo se contaría con la información en tiempo real de su estado de carga, así como de su temperatura.

- Para la seguridad de la instalación es muy viable la implementación de sistemas de protección de baterías ante descargas eléctricas.
- Mantenimiento correctivo

En el caso de presentarse algún imprevisto se deben tomar ciertas consideraciones:

- Se debe contar con un debido protocolo de recambio de paneles (recepción, instalación, operación).
- Se debe contar con un protocolo de disposición de los paneles usados (almacenamiento y retiro seguro).
- Se debe contar con elementos de repuesto y con capacidad de rediseño en caso de ser necesario (obsolescencia de componentes críticos).
- Auditoría Anual

Las auditorías son una muy buena herramienta para evaluar cómo se ha desarrollado el proyecto. A través de una serie de indicadores resulta muy útil para el organismo encargado conocer cuál es el estado de las instalaciones, si se está cumpliendo con las cuotas de energía requeridas, conocer el estado de los equipos y el grado de fiabilidad del sistema.

## **7. Discusión.**

El presente trabajo de titulación busca principalmente la presentación de propuestas de solución frente al mal funcionamiento del sistema de alumbrado público en la Avenida Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas, es por esta razón que se ha visto necesario una división de 3 fases.

En la primera fase se realizó un levantamiento de información relacionada generalmente a la tecnología empleada la cual abarca sistemas fotovoltaicos y uso de farolas LED en avenidas y carreteras, del mismo modo se pudo estudiar diferentes tipos de mantenimientos con los cuales cuentan los sistemas fotovoltaicos autónomos. Además, se realizó una encuesta aplicada a los moradores cercanos a dicha avenida, gracias a la encuesta se pudo notar un descontento por parte de los moradores frente al mal estado en que se encuentra el sistema de alumbrado público, del mismo modo, se pudo aplicar una entrevista dirigida a la entidad encargada del alumbrado público en la Avenida Lateral de Paso el cual pudo aclarar que realmente dichos sistema requiere de un mantenimiento o una solución ya que no están haciendo su función principal que es alumbrar la avenida durante horas de la noche.

Dentro de la segunda fase se encontró la necesidad de un estudio personal del estado actual de los paneles fotovoltaicos instalados en toda la Avenida Lateral de Paso, para la culminación de esta fase se utilizó un dron profesional para la obtención de imágenes aéreas de los paneles solares en los cuales se pudo observar la presencia de problemas de mantenimiento como acumulación de polvo y residuos de aves, además que algunos paneles se encontraban erróneamente ubicados debido a una falla de inclinación en el poste de acero que los sostiene, este error implica el no poder aprovechar correctamente los rayos de sol que chocan contra los paneles solares.

Para la tercera y última fase está enfocada en la creación de propuestas de solución las cuales fueron realizadas tomando en consideración el estado actual de los sistemas fotovoltaicos, las propuestas cuentan con su propio cronograma de instalación los cuales van desde la identificación del problema hasta el presupuesto referencial de cada uno de los casos, además se toma en

consideración la reutilización de los paneles solares a proyectos que sean propuestos por estudiantes de la Universidad Nacional de Loja.

### **Análisis técnico económico social.**

A continuación, se detalla la inversión necesaria para el desarrollo del presente trabajo, esto se realiza con el objetivo de dar a conocer a más investigadores cuánto se podría llegar a necesitar económicamente para la culminación de proyectos similares.

- **Dron profesional:** Se tuvo la necesidad de contratar un dron profesional manipulado por una persona capacitada, gracias a esta inversión se logró observar y confirmar la notable falta de mantenimiento de los paneles solares, del mismo modo se logró observar la marca y modelo de los diferentes componentes que conforman al sistema fotovoltaico autónomo.
- **Transporte:** Fue necesario el servicio de transporte como taxis y buses dentro de la ciudad para la asistencia presencial de las reuniones programadas con la MTOP.
- **Combustible de automóvil:** Por motivo de horarios no fue posible el uso de taxis, por otro lado, la ubicación del sistema de alumbrado público no permitió el uso de bus urbano, por tal motivo se usó un medio de transporte propio en el cual se realizó un recorrido personal por cada uno de los 587 postes actualmente instalados con el objetivo de recolectar información del estado actual de los mismos.
- **Impresión de documentos:** En la revisión del proyecto por parte de la entidad encargada MTOP fueron requeridas diferentes copias físicas para un correcto análisis de las propuestas.

Se detallan los precios correspondientes en la **TABLA 38**.

**Tabla 38:** Detalles de la inversión necesaria en el presente proyecto de investigación. | Fuente: Autores

Inversión del proyecto de investigación	
Dron	\$80,00
Transporte	\$25,00
Combustible	\$30,00
Impresiones	\$10,00
<b>Total</b>	<b>\$145,00</b>

### **Transferencia de conocimiento.**

Teniendo claro cómo se presentaron los resultados obtenidos del presente proyecto fue posible la elaboración de un artículo de investigación el cual fue de publicado en la revista tecnológica ESPOL tal como se detalla en el

**Anexo 11: Artículo publicado en la revista tecnológica ESPOL.** Para la aprobación del mismo fue requerido varios filtros de aprobación previa a su publicación, entre ellos se encuentran:

- **Envío:** Dentro de la primera etapa de publicación del artículo está el envío del mismo a la plataforma digital de la revista tecnológica ESPOL, para el envío se debe percatar que cumpla con las normas y exigencias requeridas en el formato otorgado por la revista.
- **Revisión de envío:** Para la revisión del envío, además de lo mencionado anteriormente, se considera temas puntuales como son:
  - Relevancia.
  - Longitud de palabras.
  - Desarrollo del artículo.
  - Lenguaje.

- Referencias.
- Métodos y Materiales.
- Anonimato.
- Originalidad.
- **Revisión de pares ciegos:** La siguiente etapa fue la revisión de pares ciegos el cual consiste en enviar el artículo a 3 diferentes personas las cuales tienen conocimiento en el tema, estas personas no tienen ninguna información de quien más está revisando, lo que quiere decir que su revisión es independiente a cualquier otra, entre los puntos a considerar para la revisión de pares ciegos están:
  - Importancia del tema presentado en el artículo.
  - Innovación del artículo (originalidad).
  - Descripción del tema y presentación de los objetivos.
  - Calidad del argumento en la introducción.
  - Solidez teórica y/o técnica de la metodología.
  - Presentación y justificación de los resultados.
  - Conclusiones.
  - Calidad de la escritura.
  - Legibilidad de figuras y tablas.
  - Bibliografía.
- **Correcciones sugeridas:** Una vez aprobada la revisión de pares ciegos se debe revisar los comentarios o sugerencias por parte de los mismos y con esta información modificar el artículo con el propósito de mejorar la presentación e información vertida, para la corrección se debe crear un documento adicional en el cual se menciona detalladamente cómo fueron resueltas las sugerencias u observaciones y cuál fue su efecto en el texto original.
- **Proofreading:** Como última revisión se tiene el proofreading el cual consiste en la lectura de una prueba de galera o copia electrónica de la publicación con el propósito de encontrar y corregir errores de reproducción de texto o arte, en esta etapa es probable que se pida una revisión final al documento.
- **Publicación:** Finalmente se publica el artículo, la publicación del mismo es con el objetivo de transferir conocimiento a otros investigadores relacionados al tema a tratar y brindar

apoyo en lo que refiere a fuentes bibliográficas y soluciones al problema, el alcance puede ser extenso ya que la revista tecnológica ESPOL cuenta con indexadores como son:

- Scopus.
- Crossref Cited-by.
- Google Scholar.
- Latindex.
- ORCID Connecting Research and Researches.
- Index Copernicus.
- REDIB Red Iberoamericana.
- doi.
- e-revist@s.
- publons.
- EuroPub.
- ROAD.



## 8. Conclusiones.

- Actualmente el sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas no está funcionando correctamente debido a la falta de mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos instalados, esta falta de mantenimiento conlleva a una baja eficiencia de concentración de energía captada por los paneles solares para su posterior uso en la iluminación LED en horas de la noche. Debido al mal funcionamiento del sistema de alumbrado, aumenta su inseguridad al momento de hacer uso de la avenida ya sea por la delincuencia o por los autos que transitan, esto según encuestas realizadas a los moradores del sector (Anexo 6: Reporte de la encuesta aplicada a los moradores cercanos a la avenida de integración barrial.).
- La poca eficiencia que tienen los sistemas fotovoltaicos instalados, además de la falta de mantenimiento, también se debe al clima cambiante existente en la ciudad de Loja, como ejemplo se tiene que en días nublados no es posible que los paneles solares aprovechen al máximo la energía solar sino más bien solo una pequeña parte de su capacidad de recepción limitando así su eficiencia en horas de la noche.
- La energía solar en la ciudad de Loja es un recurso muy abundante, lamentablemente es muy mal aprovechado, tras la presente investigación se ha demostrado que Loja es una de las ciudades que cuenta con uno de índices de radiación solar más altos de la región, si toda esta energía fuera bien utilizada se podría prescindir de la corriente hidroeléctrica o eólica en ciertos sectores, lamentablemente la mala gestión por parte de los organismos encargados ha producido malestar en la ciudadanía al momento de hablar de energía solar, debido a que el sistema de alumbrado público instalado en la Avenida Lateral de Paso, el cual hace uso de esta energía se encuentra actualmente menos de un 40% de operatividad lo cual se traduce en una mayor inseguridad de los moradores que frecuentan dicha avenida.
- El mantenimiento tanto de los paneles solares como de las baterías utilizadas en el sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso, es un aspecto al cual se le debería prestar la mayor atención posible, puesto que, la energía solar es un recurso muy abundante, pero algo complicado de obtener, algunas instalaciones como los BESS (BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM) y las granjas de paneles fotovoltaicos son alternativas muy viables para

la obtención de esta energía, y con una correcta planificación permitirán sacarle el mayor provecho posible a este tipo de energía.

- Se dio a conocer el presente trabajo a la entidad encargada aclarando que la información sirve como fuente de información para implementar una solución al problema del sistema de alumbrado público (Anexo 9: Certificado otorgado por el Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTOB).), una vez revisada la información, se concluye que es muy factible implementar la propuesta del sistema híbrido, el cual consiste en la instalación de una red eléctrica en toda la Avenida Lateral de Paso, dicha red eléctrica abastecerá de energía suficiente a las farolas LED en caso de que los paneles solares no hayan recolectado la suficiente energía en las baterías durante el día.

## 9. Recomendaciones.

- Al encontrarse con problemas que implican al avance tecnológico, como es el caso de sistemas fotovoltaicos, se recomienda el estudio de potencialidad técnico-social en los afectados más cercanos al problema con el propósito de promover el uso de las energías renovables en más lugares como zonas urbanas, parques, casas, instituciones públicas, entre otros.
- En caso del reemplazo de los paneles solares, es recomendable facilitar su reutilización frente a propuestas de proyectos en instituciones públicas educativas con la finalidad de familiarizar a más jóvenes con la tecnología fotovoltaica.
- Para futuros proyectos en los cuales se busque hacer uso de energías limpias, es recomendable contar con personal capacitado, el cual domine este tipo de energías, puesto que una mala planificación podría llevar a que se produzcan problemas a futuro, lo cual influiría de manera negativa en el rendimiento de dichos sistemas.
- Es recomendable buscar alternativas a la energía hidroeléctrica dentro del país, ya que con el incremento poblacional que se ha visto en las últimas décadas podría llegar el día en que dicha energía sea insuficiente para suplir la demanda energética de la ciudadanía.
- En proyectos que tengan que ver con paneles solares, se recomienda realizar mantenimiento de forma trimestral ya que dichos paneles con el pasar del tiempo generan una delgada capa de polvo lo cual limita la captación de rayos solares para su previo uso.

## 10. Bibliografía.

- [1] G. J. D. Orellana and M. L. O. Samaniego, “ESTIMACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR GLOBAL DIARIA EN EL CANTÓN CUENCA MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MODELO BRISTOW & CAMPBELL”.” 2015. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8428/1/UPS-CT004934.pdf>
- [2] L. Corredor, “La importancia del Uso de Modulos Fotovoltaicos o Paneles Solares como Fuente de Energia Eléctrica,” *Rev. Avenir*, vol. 1, no. 1, pp. 20–22, 2019.
- [3] “Diferencias entre sistemas fotovoltaicos,” *Sun Supply*. 2021. [Online]. Available: <https://www.sunsupplyco.com/diferentes-tipos-de-sistemas-solares-fotovoltaicos/>
- [4] N. C. Prados, *Invernaderos de plástico, Tecnología y manejo, (2ª ed, rev, y amp )*, 2nd ed., vol. 1. 2007. [Online]. Available: <https://books.google.com.ec/books?id=2kQZw3fNEPMC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
- [5] M. Poveda, “Eficiencia energética: recurso no aprovechado,” *OLADE. Quito*, 2007.
- [6] C. M. Rasero, “Energía solar fotovoltaica,” *Energía Sol. fotovoltaica, situación actual*, vol. 4, 2011.
- [7] J. P. Muñoz-Vizhñay, M. V. Rojas-Moncayo, and C. R. Barreto-Calle, “Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador,” *Ingenius. Rev. Cienc. y Tecnol.*, no. 19, pp. 60–68, 2018.
- [8] J. Blanco and E. Pérez, “LA VARIACIÓN ANUAL DE LOS ÁNGULOS SOLARES EN LA LATITUD DE SANTA MARTA Y SU IMPORTANCIA LOCAL,” *Cent. Nac. Restauración, Bogotá, Colomb.*, pp. 5–6, 2009, [Online]. Available: <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v38n1/v38n1a09.pdf>
- [9] M. de Coordinador de Sectores Estratégicos, “Estudio y gestión de la demanda eléctrica,” 2015.
- [10] J. Calbó, A. Enriquez-Alonso, A. Sanchez-Romero, J.-A. González, and A. Sanchez-Lorenzo, “NUBOSIDAD Y RADIACIÓN SOLAR EN LA PENÍNSULA IBÉRICA ENTRE 1950 Y 2050. DE LAS EVIDENCIAS OBSERVACIONALES A LAS

- SIMULACIONES CLIMÁTICAS,” *Inst. Piren. Ecol. Cent. Super. Investig. Científicas*, pp. 5–6, 2016, doi: 10.14198/XCongresoAECALicante2016-05.
- [11] R. R. Rojas and C. M. Williams, “Efecto de los aerosoles en la radiación solar y la producción fotovoltaica en Santiago.” pp. 35–38, 2016. [Online]. Available: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/143594>
- [12] “Panel Solar 230Wp /12VDC Monocristalino RESUN,” *PROVIENTO STORE*. 2021. [Online]. Available: <https://proviento.com.ec/paneles-solares/3-panel-solar-230wp-12vdc-monocristalino-resun-.html>
- [13] R. DeGunther, “10 Ventajas y 10 desventajas de la energía solar,” *Diferenciador*. 2009. [Online]. Available: <https://www.diferenciador.com/energia-solar-ventajas-y-desventajas/>
- [14] S. Gorjian, T. Hashjin, and B. Ghobadian, “Estimation of mean monthly and hourly global solar radiation on surfaces tracking the sun: Case study: Tehran,” in *2012 2nd Iranian Conference on Renewable Energy and Distributed Generation, ICREDG 2012*, 2012, pp. 172–177. doi: 10.1109/ICREDG.2012.6190457.
- [15] M. A. Chávez Guerrero, “Proyecto de Factibilidad para uso de Paneles Solares en Generación Fotovoltaica de Electricidad en el Complejo Habitacional ‘San Antonio’ de Riobamba.,” 2013.
- [16] Y. Diaz, “Responsabilidades deben cumplirse en la Vía de Integración Barrial.” 2014. [Online]. Available: <http://www.loja.gob.ec/noticia/2014-07/responsabilidades-deben-cumplirse-en-la-de-integracion-barrial>
- [17] C. Spiegelner and J. I. Cifuentes, “Definición e información de energías renovables,” 2016.
- [18] F. Adler, M. Berardi, M. García Pedrosa, F. Monticelli, and M. Morquecho, “Energía solar fotovoltaica,” *Notas del curso Instal. Ind. Univ. Nac. mar plata*, 2013.
- [19] F. Trieb, C. Schillings, M. O’sullivan, T. Pregger, and C. Hoyer-Klick, “Global Potential of Concentrating Solar Power,” 2009, [Online]. Available: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>
- [20] A. G. Orellana Lalangui and J. F. Sarango Chamba, “Estudio de factibilidad para el uso de energía solar y eólica en sistemas de alumbrado público para la vía de Integración Barrial, sector El Plateado servido por Empresa Eléctrica Regional del Sur,” 2015.

- [21] D. G. SALAZAR, “ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE ILUMINACIÓN CONVENCIONAL E ILUMINACIÓN LED UTILIZANDO EL MÉTODO DE LOS LÚMENES’,” *Univ. Veracruzana*, 2013.
- [22] J. L. M. TARRILLO., “J585: Componentes de la radiación solar | Matlab/Simulink and Renewable Energy [Jorge Mírez].” 2014. [Online]. Available: <https://jmirez.wordpress.com/2013/06/05/j585-componentes-de-la-radiacion-solar/>
- [23] V. E. Cajigal, “FUENTES DE INFORMACION DE DATOS DE RADIACION SOLAR,” *l 4o. Curso-Taller Tecnol. Solares*, pp. 7–8, 2008, [Online]. Available: [https://www.ier.unam.mx/~ipf/pub/5.Fuentes\\_de\\_informacion\\_V.Estrada.pdf](https://www.ier.unam.mx/~ipf/pub/5.Fuentes_de_informacion_V.Estrada.pdf)
- [24] C. para la Investigación Energética, CIEM, and CONELEC, “ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA.” 2008. [Online]. Available: <https://biblioteca.olade.org/opactmpl/Documentos/cg00041.pdf>
- [25] I. N. de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI), “ANUARIO METEOROLOGICO 2000 Nro. 40,” *Anu. Meteorológico*, pp. 93–176, 2016.
- [26] INEC, “Censo en Ecuador 2010,” *INEC*, Quito, 2010.
- [27] S. Aguilar-Barojas, “Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones,” *Salud en tabasco*, vol. 11, no. 1–2, pp. 333–338, 2005.
- [28] C. Garrote Mercuende, “Análisis de un sistema fotovoltaico híbrido,” 2014.
- [29] E. Orellana, “Más de USD 3 millones se necesitan para intervenir el Paso Lateral – HORA32,” *Hora 32*, May 02, 2021. <https://hora32.com.ec/mas-de-usd-3-millones-se-necesitan-para-intervenir-el-paso-lateral/> (accessed Jul. 06, 2022).
- [30] “GENERAL CABLE VNTC Tray Cable: 12 AWG Wire Size, 3 Conductors, Black, Black with White Numbers - 1UNG9|234250 - Grainger.” [https://www.grainger.com/product/1UNG9?cm\\_mmc=PPC:Google-\\_-GlobalExport-\\_-EC-\\_-Acquisition-\\_-2020012&gclid=Cj0KCQjwwJuVBhCAARIsAOPwGAQNko6e1YEPqdhwVNsdBYTaNLw1WJCMunCIhEtw1F7LEvIG7WTRRJoaAoqfEALw\\_wcB](https://www.grainger.com/product/1UNG9?cm_mmc=PPC:Google-_-GlobalExport-_-EC-_-Acquisition-_-2020012&gclid=Cj0KCQjwwJuVBhCAARIsAOPwGAQNko6e1YEPqdhwVNsdBYTaNLw1WJCMunCIhEtw1F7LEvIG7WTRRJoaAoqfEALw_wcB) (accessed Jun. 26, 2022).
- [31] POWER SOLUTIONS, “Amazon.com: Inversor de energía solar híbrido (6000W, 18000W

- pico) con controlador de cargador MPPT de 80A y pantalla LCD - inversor híbrido de onda sinusoidal pura multifuncional para uso doméstico y comercial - fase dividida 240VAC 48VDC : Patio, Césped y Jardín,” *amazon*, Dec. 15, 2020. <https://www.amazon.com/-/es/Inversor-energía-controlador-cargador-pantalla/dp/B08NB1WWVY> (accessed Aug. 02, 2022).
- [32] M. A. Abella, “Sistemas fotovoltaicos,” *SAPT Publicaciones Técnicas, SL*, 2005.
- [33] Damia Solar, “Cuál es la vida útil de los paneles solares - Damia Solar Electrosol Energia S.L.,” *DAMIA SOLAR*, May 25, 2019. [https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/cual-es-la-vida-util-de-los-paneles-solares\\_1](https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/cual-es-la-vida-util-de-los-paneles-solares_1) (accessed Jul. 07, 2022).
- [34] “Regulador de Carga Solar: Calculos, Tipos, Funciones.,” *Área de tecnología*. <https://www.areatecnologia.com/electricidad/regulador-de-carga-solar.html> (accessed Jul. 07, 2022).
- [35] Damia Solar, “Cuales son los años de vida de cada tipo de batería en una instalación solar? - Damia Solar Electrosol Energia S.L.,” *DAMIA SOLAR*, Feb. 21, 2017. [https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/cuales-son-los-anyos-de-vida-de-cada-bateria-solar\\_1](https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/cuales-son-los-anyos-de-vida-de-cada-bateria-solar_1) (accessed Jul. 07, 2022).
- [36] “China Easy Installation on and off Grid Energy Storage 10kw Solar PV Panel Power Energy System - China Solar System, Solar Power System.” <https://jingsun.en.made-in-china.com/product/GChnvjyPrsVA/China-Easy-Installation-on-and-off-Grid-Energy-Storage-10kw-Solar-PV-Panel-Power-Energy-System.html> (accessed Jul. 01, 2022).
- [37] INEN, “Normalización INEN: Poste de hormigón armado,” Dec. 08, 2018. <https://inennormalizacion.blogspot.com/2018/12/poste-de-hormigon-armado.html> (accessed Jul. 08, 2022).
- [38] “Lámpara de vapor de sodio de alta presión - Efimarket,” *EFIMARKET*, 2018. <https://www.efimarket.com/blog/lámpara-de-vapor-de-sodio-de-alta-presion/> (accessed Jul. 08, 2022).
- [39]. “: VIBROPOSTE | POSTES DE HORMIGÓN ARMADO: .”

- <https://vibroposte.com/productos-postes-hormigon-armado-tipo-circular.html> (accessed Jul. 08, 2022).
- [40] M. Shamshiri, C. Gan, N. I. Zolkifri, and K. A. Baharin, “Battery energy storage system sizing for high penetration of solar photovoltaic systems in low voltage distribution network,” *ARPJ J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 13, pp. 8103–8109, 2018.
- [41] J. M. Bertran, “Métodos de estimación del estado de carga de baterías electroquímicas.” 2017. [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/87655074.pdf>
- [42] J. Y. C. B. M. CO.LTD, “GE200-12 (12V200Ah).” pp. 1–2, 2020. [Online]. Available: [www.jycbattery.com](http://www.jycbattery.com)
- [43] S. A. Sulaiman, A. K. Singh, M. M. M. Mokhtar, and M. A. Bou-Rabee, “Influence of Dirt Accumulation on Performance of PV Panels,” *Energy Procedia*, vol. 50, pp. 50–56, 2014, doi: 10.1016/J.EGYPRO.2014.06.006.
- [44] S. B. C. Ltd., “Manual de uso de baterías.” pp. 18–35, 2020. [Online]. Available: <https://rollsbattery.com/wp-content/uploads/2018/05/Manual-De-Uso-De-Baterias-Rolls.pdf>
- [45] D. Almarza, “Guía de Operación y Mantenimiento de Sistemas Fotovoltaicos.” 2016.
- [46] M. de Electricidad y Energía Renovable, “PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN 2013 - 2022.” pp. 2–23, 2013. [Online]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Vol4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf>



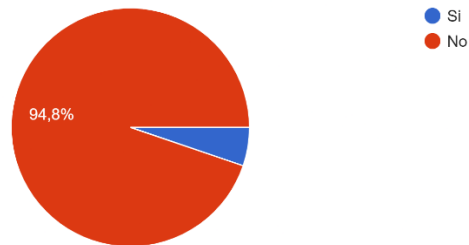
## 11. Anexos.

**Anexo 1:** Encuesta aplicada a sectores estratégicos ubicados cerca de la avenida de integración barrial Ángel Felicísimo Rojas.

Resultados obtenidos a través de las encuestas aplicadas a ciudadanos de los distintos sectores aledaños de la Av. Lateral de paso Ángel. F. Rojas con la finalidad de conocer el grado de satisfacción de los usuarios y moradores, con respecto al estado actual de la avenida, como punto de referencia para la elaboración de medidas correctivas y preventivas del sistema de alumbrado público.

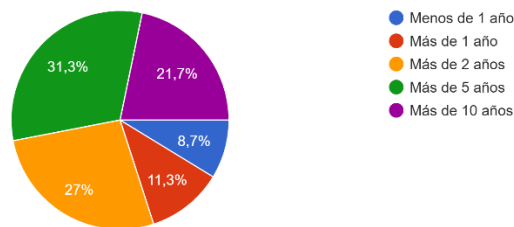
### 1. ¿Tiene conocimiento de la tecnología que se empleó en los paneles solares?

¿Tiene conocimiento de la tecnología que se empleó en los paneles solares?  
115 respuestas



### 2. ¿Qué tiempo vive ahí?

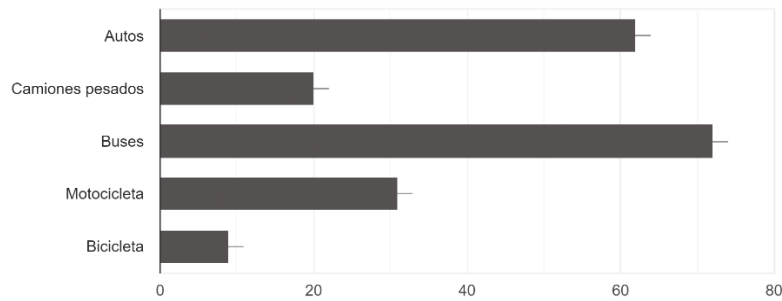
¿Qué tiempo vive ahí?  
115 respuestas



### 3. ¿Qué medio de transporte emplea normalmente al momento de transitar por la avenida de integración barrial?

¿Qué medio de transporte emplea normalmente al momento de transitar por la avenida de integración barrial?

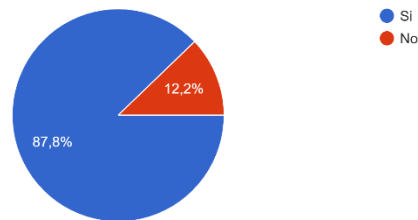
115 respuestas



4. ¿Opina usted que el mal estado de la iluminación en la Av. Lateral de Paso Ángel F. Rojas influye en el aumento de accidentes de tránsito de quienes hacen uso de la misma?

¿Opina usted que el mal estado de la iluminación en la Av. Lateral de Paso Ángel F. Rojas influye en el aumento de accidentes de tránsito de quienes hacen uso de la misma?

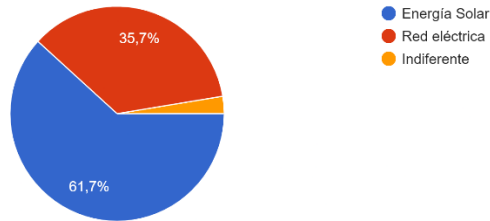
115 respuestas



5. ¿Considera que es mejor continuar utilizando energía solar en el sistema de alumbrado público o preferiría que funcione mediante la red eléctrica tradicional?

¿Considera que es mejor continuar utilizando energía solar en el sistema de alumbrado público o preferiría que funcione mediante la red eléctrica tradicional?

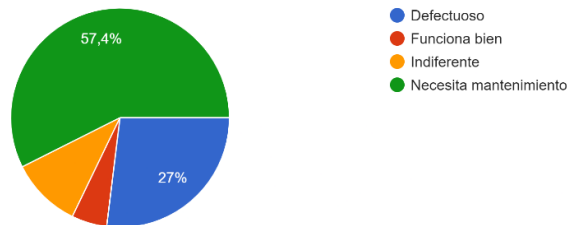
115 respuestas



6. ¿Cómo describiría el estado actual del sistema de alumbrado público de la avenida de integración barrial?

¿Cómo describiría el estado actual del sistema de alumbrado público de la avenida de integración barrial?

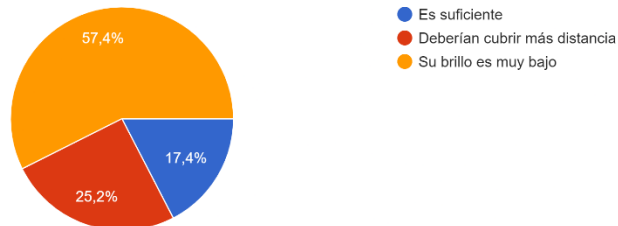
115 respuestas



7. ¿Considera usted que el nivel de intensidad lumínica ofrecida por el sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso es suficiente?

¿Considera usted que el nivel de intensidad lumínica ofrecida por el sistema de alumbrado público de la avenida lateral de paso es suficiente?

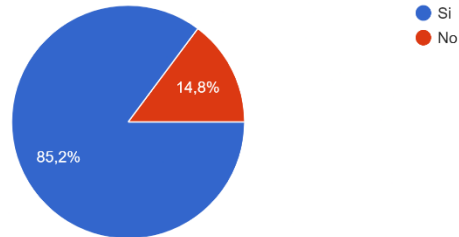
115 respuestas



8. ¿Considera un lugar inseguro para los moradores de la AV. si no se cuenta con una correcta iluminación en horas de la noche?

¿Considera un lugar inseguro para los moradores de la AV. si no se cuenta con una correcta iluminación en horas de la noche?

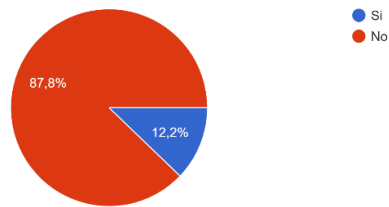
115 respuestas



9. ¿Tiene conocimiento de quien se encuentra actualmente encargado del mantenimiento y funcionamiento del sistema de alumbrado público de la AV.?

¿Tiene conocimiento de quien se encuentra actualmente encargado del mantenimiento y funcionamiento del sistema de alumbrado público de la AV.?

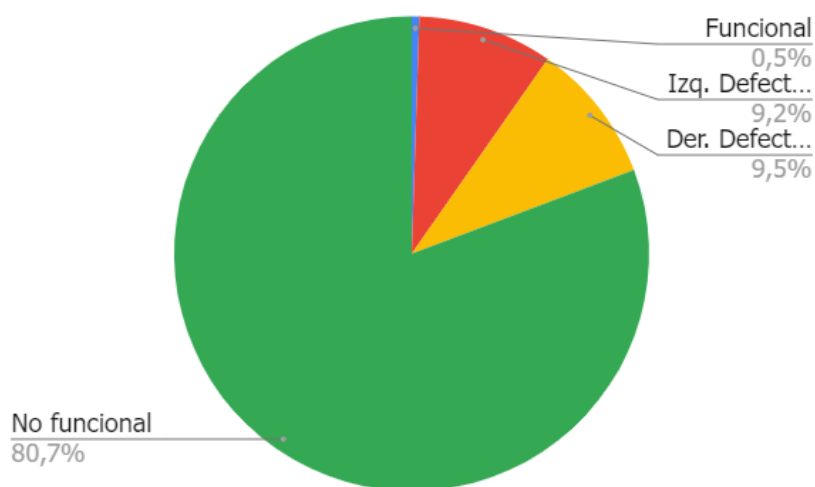
115 respuestas



**Anexo 2:** Estado actual de las luminarias instaladas en la avenida de integración barrial Ángel Felicísimo Rojas.

Para el reconocimiento del estado actual de las luminarias instaladas en la avenida de integración barrial se consideró necesario hacer un conteo detallado de cada, obteniendo como resultado la tabla que se muestra a continuación, como se observa actualmente existe un gran número de luminarias con fallas de iluminación, mientras que otras luminarias solo funcionan en parte y son pocas las luminarias que funcionan correctamente.

Funcional	Izq. Defectuoso	Der. Defectuoso	No funcional
3	54	56	474



Para datos más a detalle se recomienda visitar el siguiente enlace:  
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1sKQM34VnoMy5BxBjaEm1HBEtZtE9C5yXyoFSKynGct4/edit?usp=sharing>

**Anexo 3:** Recopilación de los datos obtenidos en la encuesta aplicada.

Datos obtenidos de la encuesta aplicada disponible en el siguiente enlace:

- <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1IIZ1XEkZWEEfhDHvKFqKKwXVlhPaavtKMun2HLuXRvA/edit?usp=sharing>

**Anexo 4:** Certificado de veracidad de la tecnología que fue instalada en las luminarias en la avenida de integración barrial Ángel Felicísimo Rojas.



República  
del Ecuador

Ministerio de Transporte  
y Obras Públicas

Loja, 06 de Junio - 2022

### CERTIFICADO DE VERACIDAD

Yo, Mgs. Danny Andrei Ocampo Veintimilla, en atención a requerimiento de información referente al Proyecto de Construcción del paso Lateral de Loja, una vez que se ha coordinado con la parte solicitante me permito CERTIFICAR que la información provista por parte de los estudiantes **Mario Alejandro Orellana Sánchez** y **Daniel Alexander Patiño Vásquez**, con cédulas de identidad **1104662737** y **1150331773**, respectivamente, es verdadera, de acuerdo a los trabajos realizados en el proyecto mencionado.

La información técnica es la referente a los paneles fotovoltaicos instalados en el proyecto **CONSTRUCCIÓN DEL PASO LATERAL DE LOJA, LONGITUD 15.5 KM, UBICADO EN LA PROVINCIA DE LOJA**

Este proyecto **CONSTRUCCIÓN DEL PASO LATERAL DE LOJA, LONGITUD 15.5 KM, UBICADO EN LA PROVINCIA DE LOJA** fue ejecutado, desde el 16 de octubre 2012 hasta el 30 junio 2015 con la contratista Técnica **General de Construcciones.S.A.\_TGC**, siendo el proveedor de los paneles fotovoltaicos la empresa **ENERPRO**, detallando a continuación las características técnicas de los paneles en mencionón:

- 600 Postes solares de alumbrado público, cada poste solar tiene instalado el siguiente equipo:

Dispositivo	Cantidad	Característica	Modelo	Marca
Paneles fotovoltaicos	1200	300 Wp	RS8I550M	Resun Solar
Baterías de Gel	2400	200 AH/12 Vdc	JYC200AH12VDC	JYC
Luminarias LVD tipo luna	1200	120 W (2x60W)	60Wx2 de avenida y carreteras	GEL
Reguladores crepusculares	1200	24 Vdc/20 Amp	SR-2L2420A	SRNE

Fuente de información:

Dirección: Av. Juan León Mera 1291-220 y Av. Divisoria  
Código postal: 110122 / Guayaquil  
Teléfono: 7111-2-2274430 / www.mt.opw.gob.ec





- <https://enerpro.com.ec/energias-renovables/solar-fotovoltaica/#1549755384029-e0a5f16e-0b0b>:~:text=CIUDAD%20DE%20LOJA,Mayo%20E2%80%9320agosto%202015,-Monto%20del%20contrato
- <https://enerpro.com.ec/productos-y-equipos/>

Quedo a su disposición para cualquier duda complementaria que pudieran tener.

Un cordial saludo.

Firmado por:



Mgs. Danny Andrei Ocampo Veintimilla

Director de Transporte y obras Públicas Distrital de Loja, Encargado.

Item	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	...	...	...	...
2	...	...	...	...
3	...	...	...	...
4	...	...	...	...
5	...	...	...	...



**Anexo 5:** Vistas aéreas del estado actual de las luminarias ubicadas en la Avenida Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas.

En el siguiente enlace se podrá observar un video a detalle el estado actual de los sistemas fotovoltaicos con vistas aéreas:

- <https://drive.google.com/file/d/1fMz9ckYIvwKliQrFHoSptgEiJDVq5fR/view?usp=sharing>

**Anexo 6:** Reporte de la encuesta aplicada a los moradores cercanos a la avenida de integración barrial.



1859



Universidad  
Nacional  
**de Loja**

## Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Reporte de los datos obtenidos de la encuesta al grado de satisfacción de la ciudadanía en relación con el estado actual del sistema de alumbrado público de la avenida de integración barrial Ángel Felicísimo Rojas.



## **INTRODUCCIÓN**

La iluminación en una avenida es un factor muy importante tanto para los vehículos que hacen uso de la misma como para los moradores que viven a los alrededores, una correcta iluminación podría llegar a evitar trágicos accidentes de tránsito. La avenida de integración barrial, actualmente presenta falencias en su sistema de alumbrado público, por lo tanto, se consideró la necesidad de aplicar una encuesta únicamente a moradores cercanos de ciertos sectores seleccionados estratégicamente.

## **OBJETIVO**

El objetivo principal de la encuesta es evaluar el nivel de satisfacción que tienen los moradores con respecto al funcionamiento actual del sistema de alumbrado público instalado en toda la avenida de integración barrial Ángel Felicísimo Rojas.

## **METODOLOGÍA**

La aplicación de la encuesta se realizó de manera presencial y de forma anónima con el fin de poder determinar el nivel de satisfacción de los moradores con respecto al sistema de alumbrado público de la avenida en mención. La muestra de encuestados fue de 115 moradores.

## **FICHA TÉCNICA ENCUESTA SECTORIAL**

- **Instrumento de recogida de información:** Cuestionario online basado en la herramienta Google forms.
- **Procedimiento de recogida de información:** Encuesta presencial
- **Margen de error:**  $\pm 9\%$
- **Grado de fiabilidad:** 95%
- **Tipo de muestreo:** Muestreo aleatorio sistemático
- **Universo de referencia:**
  - Con base en el Censo realizado en el año 2010 por el INEC (Instituto nacional de estadísticas y censos) [26] se ha identificado un aproximado de 3500 personas que viven en sectores aledaños a la Avenida Lateral de Paso Ángel. F Rojas. Las cuales están distribuidas a lo largo de avenida en un conjunto de barrios que son:
    - Ciudad Victoria
    - El Plateado

- Menfis Central
- Obrapia
- La Dolorosa
- Julio Ordoñez
- Lote Bonito

- **Muestra**

Para el cálculo del tamaño de la muestra, tomando en cuenta los métodos probabilísticos existentes [27], se ha optado por un muestreo aleatorio sistemático, en donde el tamaño de la población es igual al número de personas que residen a los alrededores de la Avenida Lateral de Paso. El margen de error tomado en cuenta es de un 9% así como un nivel de confianza del 95%.

$$n = \frac{\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2 * N}\right)}$$

FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DE LA MUESTRA | FUENTE [27]

En donde

- n = Tamaño de la muestra
- N = Tamaño de la población
- e = Margen de error
- z = Puntuación z (Con base en el nivel de confianza [27])

Una vez aplicada la fórmula se ha obtenido una muestra de 115 encuestados, los cuales estarán distribuidos entre los distintos aledaños a la avenida.

TABLA 39: NÚMERO DE ENCUESTADOS DE DIFERENTES SECTORES. | FUENTE: AUTORES

<b>Subsectores de interés</b>	
Ciudad Victoria	19
El Plateado	16
Menfis Central	16
Obrapia	16
La Dolorosa	16
Julio Ordoñez	16
Lote Bonito	16
<b>Total</b>	<b>115</b>

**ENCUESTA**

Encuesta aplicada a los moradores.

<b>NUM.</b>	<b>Preguntas</b>	<b>Opciones de respuestas</b>
1	¿En qué sector vive?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ciudad Victoria</li> <li>2. Julio Ordoñez</li> <li>3. La Dolorosa</li> <li>4. Lote Bonito</li> <li>5. Menfis Central</li> <li>6. Plateado</li> </ol>
2	¿Qué tiempo vive ahí?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menos de 1 año</li> <li>2. Más de 1 año</li> <li>3. Más de 2 años</li> <li>4. Más de 5 años</li> <li>5. Más de 10 años</li> </ol>
3	¿Tiene conocimiento de la tecnología que se empleó en los paneles solares?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si</li> <li>2. No</li> </ol>

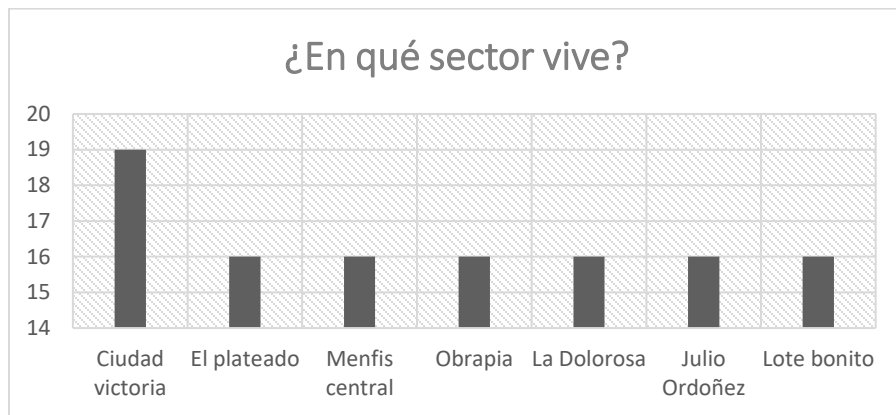
4	¿Qué medio de transporte emplea normalmente al momento de transitar por la avenida de integración barrial?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Autos</li> <li>2. Camiones pesados</li> <li>3. Buses</li> <li>4. Motocicleta</li> <li>5. Otros</li> </ol>
5	¿Opina usted que el mal estado de la iluminación en la Av. Lateral de Paso Ángel F. Rojas influye en el aumento de accidentes de tránsito de quienes hacen uso de la misma?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si</li> <li>2. No</li> </ol>
6	¿Considera que es mejor continuar utilizando energía solar en el sistema de alumbrado público o preferiría que funcione mediante la red eléctrica tradicional?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Energía Solar</li> <li>2. Red Eléctrica</li> <li>3. Indiferente</li> </ol>
7	¿Cómo describiría el estado actual del sistema de alumbrado público de la avenida de integración barrial?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Defectuoso</li> <li>2. Funciona bien</li> <li>3. Necesita mantenimiento</li> <li>4. Indiferente</li> </ol>
8	¿Considera usted que el nivel de intensidad lumínica ofrecida por el sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso es suficiente?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Es suficiente</li> <li>2. Deberían cubrir más distancia</li> <li>3. Su brillo es muy bajo</li> </ol>
9	¿Considera un lugar inseguro para los moradores de la AV. si no se cuenta con una correcta iluminación en horas de la noche?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si</li> <li>2. No</li> </ol>
10	¿Tiene conocimiento de quién se encuentra actualmente encargado del mantenimiento y funcionamiento del sistema de alumbrado público de la AV.?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si</li> <li>2. No</li> </ol>

## **RESULTADOS**

A continuación, se muestran los resultados obtenidos referente al nivel de satisfacción de los moradores del sector con respecto al alumbrado público:

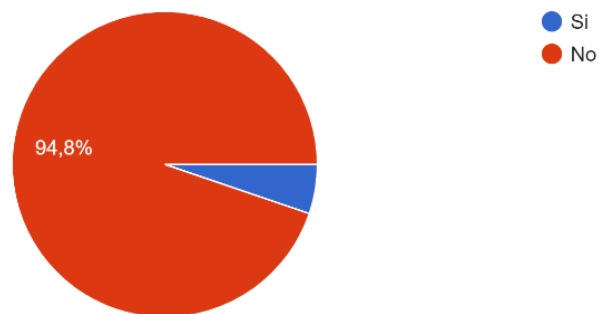
**Pregunta 1:** ¿En qué sector vive?

La mayor parte de los moradores encuestados se encuentran viviendo actualmente en el sector de Ciudad Victoria, seguido de los demás sectores los cuales se encuentran a un nivel equilibrado de moradores.



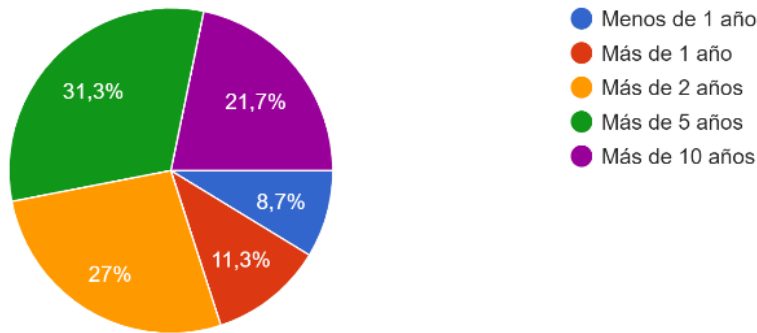
**Pregunta 2:** ¿Tiene conocimiento de la tecnología que se empleó en los paneles solares?

Las personas encuestadas, en su mayoría, no tenían conocimiento relacionado a la tecnología que se empleó en los paneles solares, la cantidad de personas desinformadas representa al 94.8% de la población total encuestada.



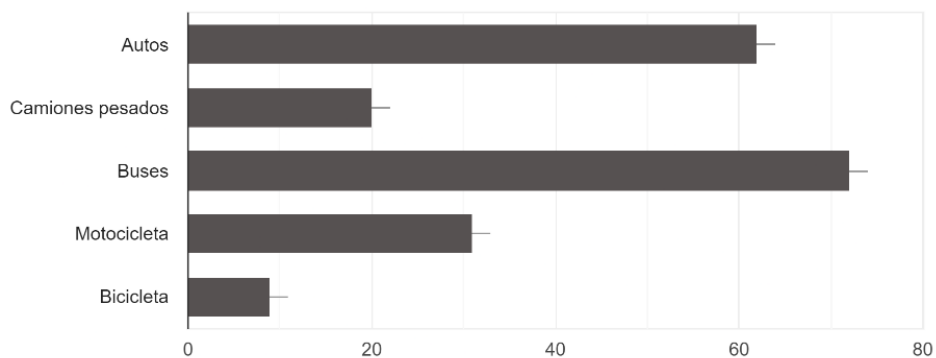
**Pregunta 3:** ¿Qué tiempo vive ahí?

De forma general, mayormente los moradores que viven en cada sector sobrepasan fácilmente los 5 años (31.3%), seguido de las personas que han vivido durante más de 2 años (27%), y finalmente se encuentran las personas que han vivido por más de 10 años (21.7%), más de 1 año (11.3%) y menos de 1 año (8.7%).



**Pregunta 4:** ¿Qué medio de transporte emplea normalmente al momento de transitar por la avenida de integración barrial?

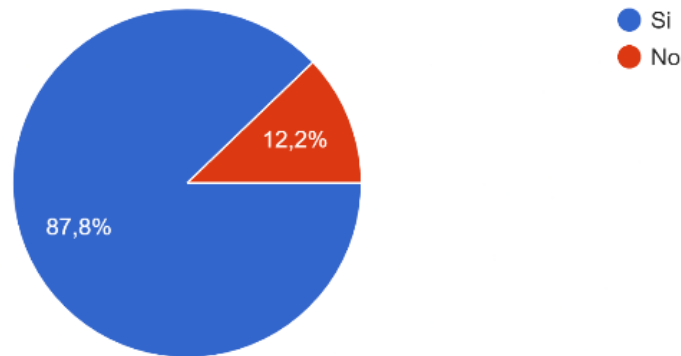
En base a la encuesta aplicada, los moradores que usan la avenida utilizan mayormente el servicio de transporte de buses, seguido de los autos entre los cuales están los autos personales y autos de servicio como son los taxis, seguidamente se usa motocicletas, camiones pesados y bicicletas.





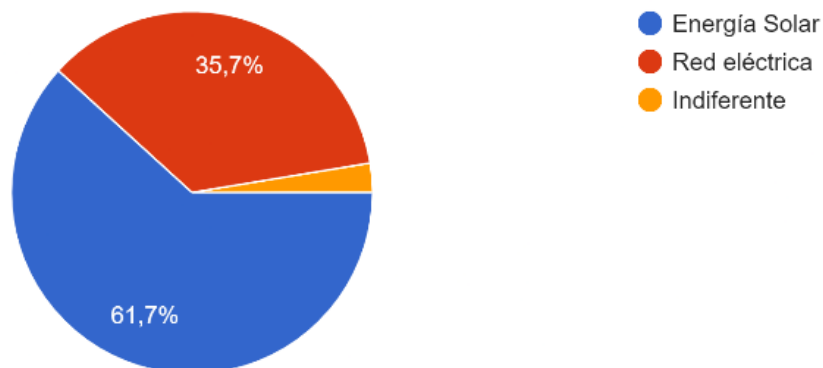
**Pregunta 5:** ¿Opina usted que el mal estado de la iluminación en la Av. Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas influye en el aumento de accidentes de tránsito de quienes hacen uso de la misma?

El 87.8% afirman que sí tiene que ver con el aumento de accidentes de tránsito con baja iluminación.



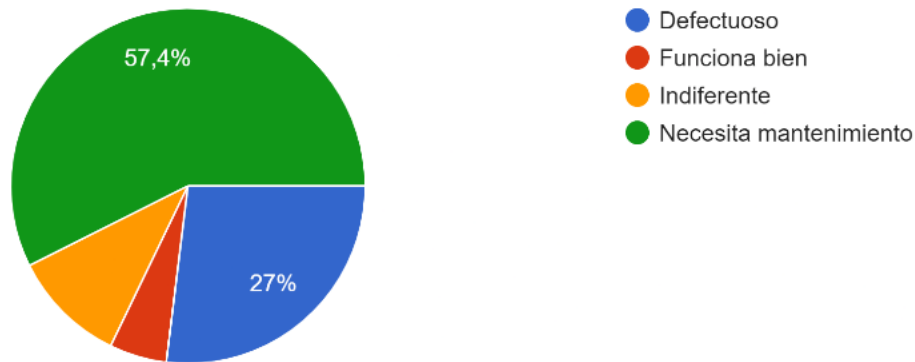
**Pregunta 6:** ¿Considera que es mejor continuar utilizando energía solar en el sistema de alumbrado público o preferiría que funcione mediante la red eléctrica tradicional?

El 61.7% afirman que es mejor continuar empleando la energía solar, mientras que otro 35.7% de la población decide cambiar a la red eléctrica.



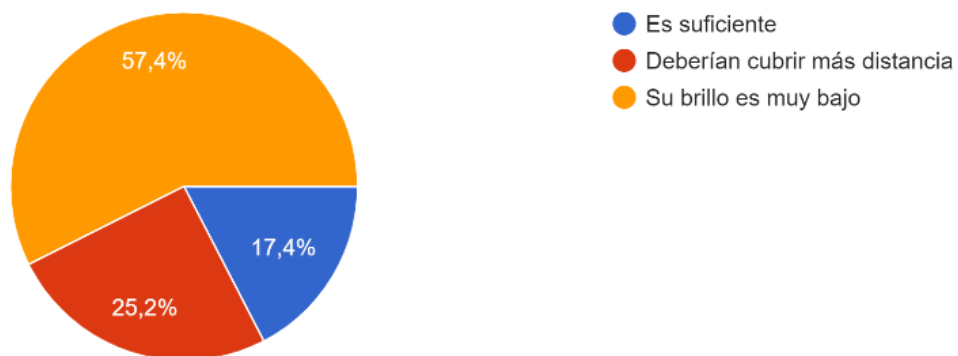
**Pregunta 7:** ¿Cómo describiría el estado actual del sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso?

El 57.4% de los moradores describen al sistema de alumbrado desatendido con falta de mantenimiento, seguido de un 27% de la población que describen al sistema como defectuoso.



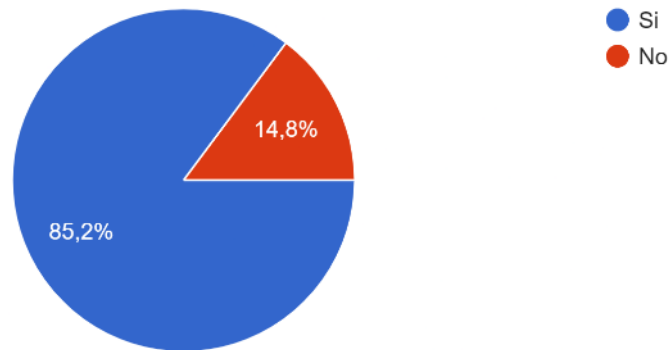
**Pregunta 8:** ¿Considera usted que el nivel de intensidad lumínica ofrecida por el sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso es suficiente?

Un 57.4% de la población considera que su brillo es muy bajo, seguido de un 25.2% que considera que el sistema de luminarias debería cubrir más distancia, finalmente un 17.4% de la población total considera que la iluminación es suficiente.



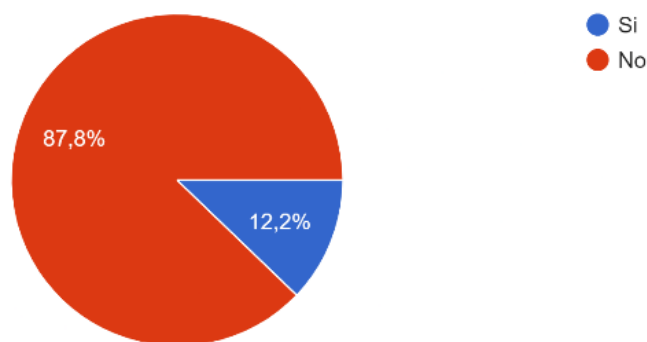
**Pregunta 9:** ¿Considera un lugar inseguro para los moradores cercanos a la Avenida Lateral de Paso si no se cuenta con una correcta iluminación en horas de la noche?

Un 85.2% de las personas encuestadas consideran un lugar inseguro frente a la falta de iluminación, por otro lado, un 14.8% considera un lugar seguro a pesar de la poca iluminación.



**Pregunta 10:** ¿Tiene conocimiento de quien se encuentra actualmente encargado del mantenimiento y funcionamiento del sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso?

El 87.8% de las personas encuestadas no tienen conocimiento de quien está a cargo del mantenimiento del sistema de alumbrado público, mientras que el 12.2% de la población si tiene conocimiento de la entidad encargada.



## **CONCLUSIÓN**

En base a la encuesta aplicada a 115 moradores distribuidos entre los distintos sectores aledaños a la Avenida Lateral de Paso, se pudo observar un bajo nivel de satisfacción en relación al sistema de alumbrado público de la avenida, agregando que el estado en el que se encuentran actualmente aumenta el índice de accidentes de tránsito, así mismo, se pudo observar un nivel de preocupación en cuanto a la seguridad de los moradores durante horas de la noche debido a que en su mayoría las personas utilizan buses urbanos para movilizarse por estos sectores. Otro punto a considerar es la mala gestión por parte del organismo encargado frente al problema actual del sistema de alumbrado público, inclusive el 94.8% de los moradores no están enterados de quiénes son los encargados del mantenimiento del sistema de alumbrado público o cual es la tecnología que se está utilizando.

A pesar de los problemas antes mencionados los moradores quieren que se continúe utilizando energía solar, ya que es energía renovable y limpia, además permite estar a la vanguardia con proyectos similares. De forma general, se podría afirmar que el 61.7% de las personas encuestadas están de acuerdo con el uso de la energía solar, pero sugieren un mantenimiento adecuado o mejora al sistema de alumbrado público.

**Anexo 7:** Reporte de la entrevista realizada a la entidad encargada del alumbrado público instalado en la Avenida Lateral de Paso.



1859



Universidad  
Nacional  
**de Loja**

## Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables

Reporte de los resultados obtenidos en la entrevista al organismo encargado del mantenimiento del sistema de alumbrado público de la avenida de integración barrial Ángel Felicísimo Rojas.



## **INTRODUCCIÓN METODOLÓGICA**

La entrevista es una de las mejores técnicas para generar información, puesto que presenta algunas ventajas como la riqueza informativa o la capacidad de ofrecer el contraste cualitativo a resultados que fueran obtenidos a través de procedimientos cuantitativos. La entrevista favorece el entendimiento de ciertos temas, gracias al contacto directo con expertos de un área los cuales tienen la capacidad de enriquecer, corroborar o refutar un argumento planteado durante la fase documental.

Gracias a la entrevista se ha obtenido la información necesaria sobre el grado de satisfacción del organismo encargado del mantenimiento del sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas.

En el presente reporte, se analizan los resultados obtenidos de la entrevista realizada a la autoridad encargada del mantenimiento del sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso Ángel F. Rojas. Los criterios de selección de las citas son: La vinculación con el objetivo de la investigación, la información que aporta, la relevancia de la aportación y su trascendencia.

## **PERFIL DEL ENTREVISTADO**

El entrevistado fue seleccionado al ser considerado la autoridad competente encargada del mantenimiento del sistema de alumbrado público de la avenida, además de ser un conocedor del sector, ya sea por su vinculación profesional, como académica, de manera que pudiera proporcionar información relevante acerca del estado actual del sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso.

**Nombre del entrevistado:** Mgs. Danny Ocampo

**Institución:** Ministerio de transporte y obras públicas

**Cargo y función:** Director general

## **OBJETIVO**

Definir el grado de satisfacción del organismo encargado con respecto al estado actual del sistema de alumbrado público instalado en toda la Avenida Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas.

## **MÉTODO DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN**

Para el desarrollo de la presente técnica, se ha realizado una entrevista semi – estructurada aplicada al organismo encargado del mantenimiento del sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso. El entrevistado es una persona cualificada por su conocimiento y vinculación con el sector objeto del estudio.

La entrevista se ha desarrollado dentro de un marco y contexto social específico, de manera que se precisa la presencia de un entrevistador y un entrevistado.

Dentro de esta fase resulta necesario, además, destacar dos momentos relevantes, la elaboración del instrumento de recogida de información (Guion de la entrevista), y el desarrollo de la entrevista.

- **Instrumento de recogida de información**

Con el fin de establecer un orden o secuencia, se ha utilizado un guion predeterminado, el cual está conformado por varias preguntas abiertas, diseñadas a partir de la información recabada en la fase documental e integrando los principales temas y subtemas como puntos a tratar a lo largo de la conversación.

Debido a la vinculación del entrevistado con la temática objeto de estudio, se ha previsto obtener respuesta a cada una de las interrogantes. Así mismo el guion ha sido adaptado según el perfil del entrevistado, con la finalidad de obtener la mayor información posible.

- **Guion de la entrevista**

**Entrevista con respecto a las condiciones técnicas de instalación y mantenibilidad del sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso Ángel F. Rojas.**

**Nombre del entrevistado:** Ing. Danny Ocampo

**Institución:** Ministerio de transporte y obras públicas

**Cargo y función:** Director general

**Fecha:** 07 de junio de 2022

### **Presentación**

Buenos días Ingeniero, el motivo de esta entrevista es conocer un poco acerca del estado actual de la instalación de luminarias instaladas actualmente en la Avenida Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas, en vista que estamos haciendo un estudio técnico de dicho sistema como trabajo de titulación y esta información nos es de gran ayuda para lograr nuestros objetivos.

### **Preguntas**

1. ¿Existe actualmente algún tipo de mantenimiento hacia los paneles solares instalados en la Avenida Lateral de Paso?
2. ¿Existe un sistema de monitoreo del funcionamiento en tiempo real del sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso?
3. ¿Existe algún plan de acción a realizar frente a posibles fallas de los paneles solares?
4. ¿Considera usted que el estado actual de la iluminación en la avenida influye en el aumento de accidentes de tránsito de quienes hacen uso de la misma?
5. ¿Considera que es mejor continuar utilizando energía solar en el sistema de alumbrado público o preferiría que funcione mediante la red eléctrica tradicional?
6. ¿Cómo describiría el estado actual del sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso?



7. ¿Considera usted que el nivel de intensidad lumínica ofrecida por el sistema de alumbrado público de la avenida es suficiente?
8. ¿Considera un lugar inseguro para los moradores de la avenida si no se cuenta con una correcta iluminación en horas de la noche?
9. ¿Desea agregar algún comentario relacionado a su punto de vista frente a los problemas actuales con el sistema de alumbrado público de la Avenida Lateral de Paso?

Le agradecemos por la información brindada.

- **Desarrollo de la entrevista**

La entrevista se ha desarrollado en función de la disponibilidad del entrevistado y se ha realizado siguiendo todas las normas de la organización, lo cual ha favorecido su desarrollo.

El procedimiento de recogida de información, ha consistido en la grabación de la entrevista de manera digital a través de un dispositivo inteligente.

- **Clima en la entrevista**

La entrevista se dio en un clima grato y sociable, con plena disposición del entrevistado en responder cada una de nuestras dudas.

- **Espacio físico:**

El espacio físico fue en una oficina de tamaño mediano.

- **Aspectos conductuales:**

El entrevistado se mostró sociable y dispuesto a responder nuestras preguntas, aparte de responder nos contó un poco de su labor en la institución.

## **MÉTODO DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN**

Una vez recogida la información, se ha realizado un análisis de cada una de las respuestas con el fin de identificar unidades de sentido detallando los argumentos que respondan al objetivo de la investigación, así como aquella información que avala, confirma y enriquece los resultados de la investigación.

Las tareas de análisis han comenzado con la escucha activa de la entrevista grabada y la lectura detenida del contenido transcrito. A continuación, el investigador ha iniciado el

proceso de reconstrucción del corpus lingüístico para dar alcance a los objetivos establecidos. Este análisis además respeta a la subjetividad del entrevistado y evita cualquier tipo de criterio personal y/o postura ideológica por parte del investigador

## **RESULTADOS**

- **Respuestas del entrevistado**

1. *¿Existe actualmente algún tipo de mantenimiento hacia los paneles solares?*

No se ha dado mantenimiento en los últimos años.

2. *¿Existe un sistema de monitoreo del funcionamiento en tiempo real del sistema de alumbrado público de la avenida?*

No

3. *¿Existe algún plan de acción a realizar frente a posibles fallas de los paneles solares?*

Ninguno

4. *¿Considera usted que el estado actual de la iluminación en la avenida influye en el aumento de accidentes de tránsito de quienes hacen uso de la misma?*

Es muy probable que sí, sin embargo, no tenemos registros de que se haya producido ningún accidente en el último año en esta avenida.

5. *¿Considera que es mejor continuar utilizando energía solar en el sistema de alumbrado público o preferiría que funcione mediante la red eléctrica tradicional?*

Existe un proyecto de interconectividad que va a haber en el paso lateral, el cual busca establecerlo dentro de la red de conexión eléctrica de la ciudad, y me parece también bastante viable el tema en vista de que somos unos grandes productores de energía hidroeléctrica, además tenemos el parque eólico Villonaco.

6. *¿Cómo describiría el estado actual del sistema de alumbrado público de la avenida?*

Bueno actualmente creo que llegaremos a un 40% de operatividad de la totalidad de luminarias, por lo cual si, ya actualmente se necesita una repotenciación.

7. *¿Considera usted que el nivel de intensidad lumínica ofrecida por el sistema de alumbrado público de la avenida es suficiente?*

Actualmente no.

8. *¿Considera un lugar inseguro para los moradores de la avenida si no se cuenta con una correcta iluminación en horas de la noche?*

Necesariamente la falta de iluminación conlleva a ciertos eventos sociales.

9. *¿Desea agregar algún comentario relacionado a su punto de vista frente a los problemas actuales con el sistema de alumbrado público de la avenida?*

La avenida como tal al no tener definido claramente quien es la entidad competente en cuanto al desarrollo del mantenimiento de la avenida como tal, actualmente se encuentra muy deteriorada y no está prestando los servicios que necesita la ciudadanía, en este caso si considero yo que se tendría que canalizar esas gestiones para definir quien en realidad debe hacerse cargo de la iluminación al ser considerada una vía prácticamente urbana.

- **Análisis e interpretación de resultados.**

Con los resultados obtenidos se ha logrado obtener algunos puntos importantes que se deben tomar en consideración:

1. No se ha dado mantenimiento a la avenida en los últimos años por parte del organismo encargado, en este caso el ministerio de transporte y obras públicas.
2. No existe ningún sistema de monitoreo que permita identificar posibles problemas en la iluminación de la avenida.
3. No existe ningún plan de acción por parte del organismo encargado frente a posibles fallas en los paneles solares o luminarias.

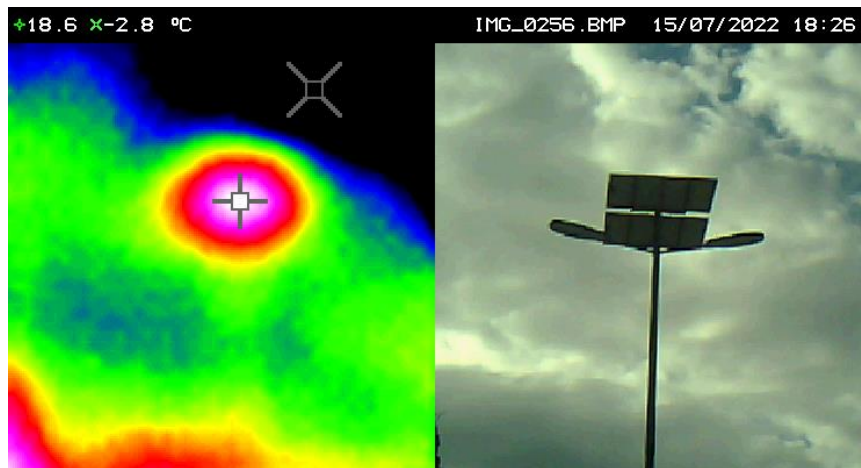
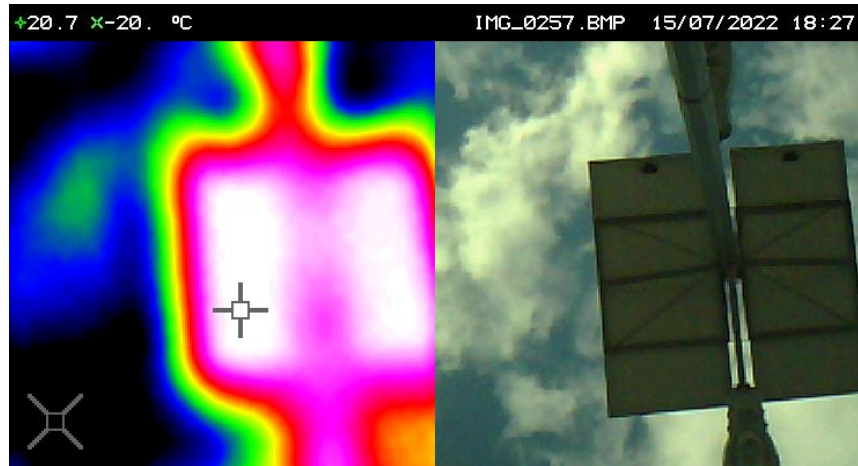
4. No se cuenta con un registro de los índices de accidentabilidad de la avenida.
5. Existen proyectos a futuro que planean corregir los problemas presentes actualmente en la iluminación de la avenida, a través de la integración del sistema de alumbrado público de la avenida con la red eléctrica de la ciudad.
6. Actualmente el sistema de alumbrado público de la avenida está a un 40% de operatividad teórico y se requiere una repotenciación del mismo
7. Los niveles de intensidad lumínica no son suficientes para cumplir la demanda de la ciudadanía.
8. El mal estado de la iluminación conlleva a un incremento en la inseguridad de los moradores de zonas aledañas.

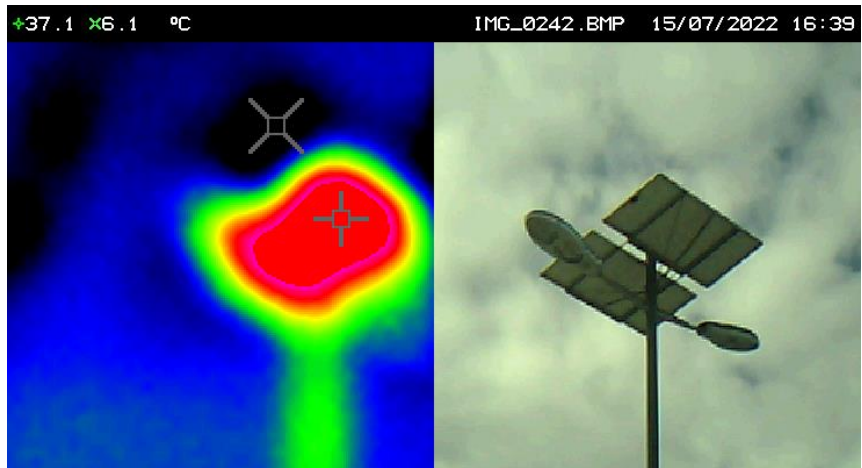
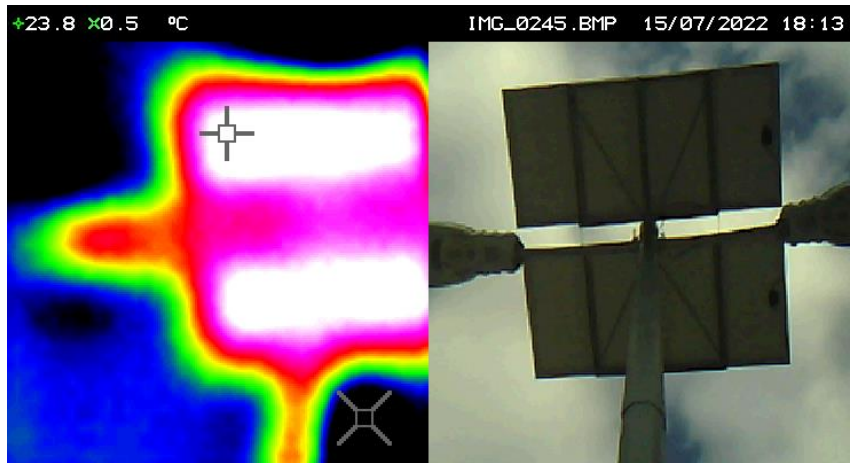
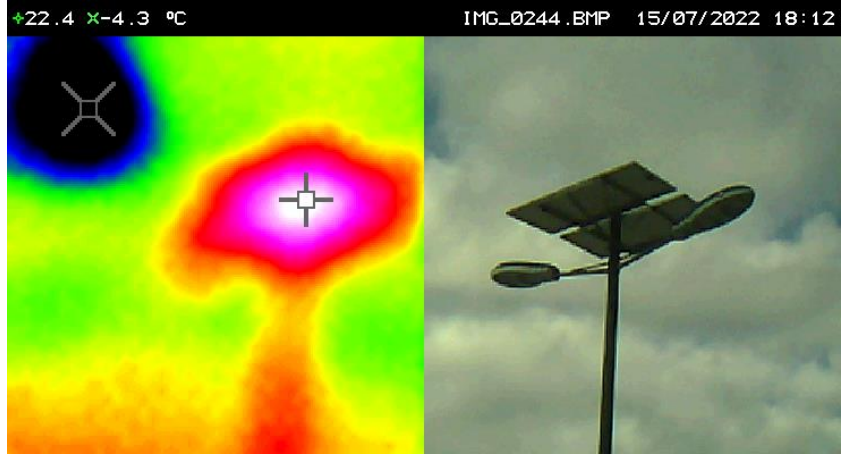
## **CONCLUSIÓN**

En base a la entrevista aplicada al director general del Ministerio De Transporte Y Obras Públicas se ha demostrado la inconformidad con el estado actual del sistema de alumbrado público. Además, se ha demostrado que es necesario un plan de mejora para re-potenciar dicho sistema. Aunque existe actualmente un proyecto que vincula a la avenida de lateral de paso con la red eléctrica de la ciudad de Loja, aún no se ha concretado así que actualmente no existe ningún tipo de mantenimiento hacia dicho sector.

Otro punto a tomar a consideración es que el organismo encargado no cuenta con un registro de los accidentes ocurridos en la avenida en los últimos años, por lo cual no se puede saber a ciencia cierta los índices de accidentabilidad presentes en la avenida.

**Anexo 8:** Imágenes captadas con cámara térmica del estado actual de los paneles solares instalados en la Avenida Lateral de Paso Ángel Felicísimo Rojas.





## Anexo 9: Certificado otorgado por el Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTOF).

La entidad MTOF reconoce que el presente trabajo es considerado como fuente de información para el desarrollo de obras complementarias dentro de la infraestructura vial.



Ministerio de Transporte  
y Obras Públicas

Oficio Nro. MTOF-DDL-22-141-OF

Loja, 05 de septiembre de 2022

Estudiante  
Mario Alejandro Orellana Sanchez

Señor  
Daniel Alexander Patiño Vasquez  
En su Despacho

De mi consideración:

En atención al oficio s/n, de fecha 15 de agosto de 2022, recibido con documento No. MTOF-ADMIN-LOJ-2022-852-EXT, suscrito por los Estudiantes Mario Alejandro Orellana Sánchez y Daniel Alexander Patiño Vásquez, en el cual ponen a conocimiento los resultados de un estudio que se realizó en la carrera de Ingeniería en sistemas de la Universidad Nacional de Loja, titulado "Estudio técnico y propuesta de plan de mejora del Sistema de Alumbrado Público en la Avenida Lateral de Paso Ángel F. Rojas en la Ciudad de Loja", dentro del cual se realizaron varios planes de acción en base de un análisis técnico- social del estado actual del sistema de alumbrado público de la Av. Lateral de Paso Ángel F. Rojas para salvaguardar la seguridad de la ciudadanía y la comunidad universitaria durante horas nocturnas; por esta razón, muy comedidamente solicitan, se les extienda un certificado en el cual se acredite que dicho estudio puede ser considerado como una fuente de información.

Una vez que se ha realizado la verificación por parte del Ing Jorge Aguilar Reyes, Especialista de Infraestructura Distrital, y reporte emitido mediante memorando nro. MTOF-CONS\_LOJ-2022-1386-ME, en el cual señala "Al respecto informo que, se revisó el estudio mencionado y luego del análisis pertinente, acredito que el Estudio técnico y propuesta de plan de mejora del Sistema de Alumbrado Público en la Avenida Lateral de Paso Ángel F. Rojas en la Ciudad de Loja, se puede considerar como una fuente de información."

Con lo antes descrito me permito señalar que el "Estudio técnico y propuesta de plan de mejora del Sistema de Alumbrado Público en la Avenida Lateral de Paso Ángel F. Rojas en la Ciudad de Loja", puede ser considerado como una fuente de información bibliográfica para el desarrollo de obras complementarias dentro de infraestructura vial.

Particular que informo para los fines pertinentes.

Atentamente,

### *Documento firmado electrónicamente*

Mgs. Danny Andrei Ocampo Veintimilla,  
**DIRECTOR DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DISTRITAL DE LOJA, ENCARGADO**

#### Referencias:

- MTOF-CONS\_LOJ-2022-1386-ME

#### Anexos:

- C:\fakepath\LOJA-15-08-2022.PDF

#### Copia:

Señor Ingeniero  
Jorge Enrique Aguilar Reyes  
Especialista de Infraestructura Distrital



DANNY ANDREI  
OCAMPO  
VEINTIMILLA

Dirección: 10 de Agosto 12-83 y Bernardo Valdivieso  
Código postal: 110100 / Loja - Ecuador

\*Documento firmado electrónicamente según Ley 2006 - www.mtofp.org.ec

Gobierno Juntos  
al Frente Loja

1/1

**Anexo 10:** Certificado otorgado por Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, PhD. DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN 34-DI-FEIRNNR-2021  
DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES PARA EL AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICO EN EL ECUADOR: CASO PRÁCTICO EN LA REGIÓN SUR.



Convocatoria 2021  
Proyectos UNL

Ing. Juan Carlos Solano Jiménez, PhD.

**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN 34-DI-FEIRNNR-2021  
DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES PARA EL AUTOCONSUMO  
FOTOVOLTAICO EN EL ECUADOR: CASO PRÁCTICO EN LA REGIÓN SUR**

**CERTIFICO:**

Que los señores estudiantes **Daniel Alexander Patiño Vásquez**, con CI: 1150331773; y, **Mario Alejandro Orellana Sánchez**, con CI: 1104662737, han realizado su proyecto de trabajo de titulación denominado “Evaluación y propuesta de mejora del alumbrado público con sistemas fotovoltaicos de la avenida lateral de paso en la ciudad de Loja – Ecuador”, el cual ha sido un aporte al Proyecto de Investigación institucional que actualmente dirijo “Desarrollo de un sistema de soporte de decisiones para el autoconsumo fotovoltaico en el Ecuador: caso práctico en la región sur”, código 34-DI-FEIRNNR-2021.

De igual manera, como resultado de su trabajo de titulación, los señores estudiantes junto con su directora de Tesis y mi asesoría, han publicado un artículo científico denominado “Evaluación y propuesta de mejora del alumbrado público con sistemas fotovoltaicos de la avenida lateral de paso en la ciudad de Loja – Ecuador” (DOI: <https://doi.org/10.37815/rte.v34n4.981>) en la Revista Tecnológica ESPOL con ISSN 0257-1749.

El mencionado trabajo de titulación y su aporte al proyecto de investigación fue desde el 16 de marzo de 2022 hasta la fecha.

Es todo cuanto puedo certificar, autorizando a los interesados hacer uso del presente como estimen conveniente.

Loja, 04 de enero de 2023

Atentamente,



Juan Carlos Solano Jiménez

**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN 34-DI-FEIRNNR-2021**



DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES  
PARA EL AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICO EN EL ECUADOR:  
CASO PRÁCTICO EN LA REGIÓN SUR



**Anexo 11:** Artículo publicado en la revista tecnológica ESPOL.

Título:

Evaluación y propuesta de mejora del alumbrado público con sistemas fotovoltaicos de la Avenida Lateral de Paso en la ciudad de Loja – Ecuador.

Autores:

**Daniel Patiño Vásquez**

Universidad Nacional de Loja

<https://orcid.org/0000-0002-7286-7872>

**Mario Orellana Sánchez**

Universidad Nacional de Loja

<https://orcid.org/0000-0001-8052-5138>

**Valeria Herrera Salazar**

Universidad Nacional de Loja

<https://orcid.org/0000-0002-7215-5461>

**Juan Solano Jiménez**

Centro de Investigaciones Tecnológicas y Energéticas, (CITE), UNL

<https://orcid.org/0000-0002-8103-5429>

DOI:

<https://doi.org/10.37815/rte.v34n4.981>

Como citar:

Patiño Vásquez, D. A., Orellana Sánchez, M. A., Herrera Salazar, V. del R., & Solano Jiménez, J. C. (2022). Evaluación y propuesta de mejora del alumbrado público con sistemas fotovoltaicos de la Avenida Lateral de Paso en la ciudad de Loja - Ecuador. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 34(4), 186–198. <https://doi.org/10.37815/rte.v34n4.981>



**Anexo 12:** Pre-proyecto de titulación y pertinencia del mismo

A continuación, se encuentra un enlace el cual redirige al documento digital:

- <https://drive.google.com/file/d/1qhhFKQMICgV2vOJpovsHKG6cvmarS7Ji/view?usp=sharing>

## English Speak Up Center


Nosotros "English Speak Up Center"

CERTIFICAMOS que

La traducción del resumen de tesis titulada "ESTUDIO TÉCNICO Y PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO EN LA AVENIDA LATERAL DE PASO ÁNGEL F. ROJAS DE LA CIUDAD DE LOJA." documento adjunto solicitado por los señores Daniel Alexander Patiño Vásquez y Mario Alejandro Orellana Sánchez con cédula de ciudadanía número 1150331773 y 1104662737 respectivamente ha sido realizada por el Centro Particular de Enseñanza de Idiomas "English Speak Up Center"

Esta es una traducción textual del documento adjunto. El traductor es competente y autorizado para realizar traducciones.

Loja, 8 de febrero de 2023

  
Mg. Sc. Elizabeth Sánchez Burneo  
DIRECTORA ACADÉMICA



DIRECCIÓN: SUCRE 207-46 ENTRE AZUAY Y MIGUEL RIOFRIO

TELÉFONO: 099 5263 264