



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

**Facultad de la Energía, Las Industrias y Los Recursos
Naturales No Renovables**

Carrera de Ingeniería Electromecánica

**Análisis y zonificación para el control de polución lumínica en los
cantones servidos por la Empresa Eléctrica Regional del Sur
S.A.(EERSSA).**

Trabajo de Integración Curricular previo, a
la obtención del título de Ingeniero
Electromecánico

AUTOR:

Darío Javier Maldonado Cacay

DIRECTOR:

Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio, MSc.

Loja - Ecuador

2024

Certificación



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Sistema de Información Académico
Administrativo y Financiero - SIAAF

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Coronel Villavicencio Ivan Alberto**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **ANÁLISIS Y ZONIFICACIÓN PARA EL CONTROL DE POLUCIÓN LUMÍNICA EN LOS CANTONES SERVIDOS POR LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL DEL SUR S.A.(EERSSA)**, perteneciente al estudiante **DARIO JAVIER MALDONADO CACAY**, con cédula de identidad N° **1105898165**.

Certifico:

Que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular**, habiendo realizado una revisión exhaustiva para prevenir y eliminar cualquier forma de plagio, garantizando la debida honestidad académica, se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, el/la señor/a docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 4 de Marzo de 2024



IVAN ALBERTO
CORONEL
VILLAVICENCIO

DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR



Certificado TIC/TT.: UNL-2024-000771

1/1

Educamos para Transformar

Autoría

Yo, **Darío Javier Maldonado Cacay**, declaro ser autor del presente trabajo de integración curricular o de titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación del trabajo de integración curricular o de titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

Cedula de identidad: 1105898165

Fecha: 05/11/2024

Correo electrónico: dario.maldonado@unl.edu.ec

Celular: 0939186114

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular

Yo, **Darío Javier Maldonado Cacay** declaro ser el autor del trabajo de integración curricular denominado “**Análisis y zonificación para el control de polución lumínica en los cantones servidos por la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.(EERSSA)**”, como requisito para optar el título de **Ingeniero Electromecánico** autorizo 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 Reglamento 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 integración curricular o de titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización suscribo, en la ciudad de Loja, a los seis días del mes de noviembre del dos mil veinte tres.



Firma:

Autor: Darío Javier Maldonado Cacay

Cedula de identidad: 1105898165

Dirección: Barrio Ciudad Victoria - Loja

Correo electrónico: dario.maldonado@unl.edu.ec

Celular: 0939186114

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del trabajo de integración curricular: Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio MSc.

Dedicatoria

Dedico este trabajo de integración curricular a aquellos que han sido mis pilares durante este viaje académico. A mi familia, por su inquebrantable apoyo, comprensión y amor que han sido mi fuente de fortaleza. A mis profesores y mentores, por su guía sabia y paciencia infinita. A mis amigos, por compartir risas, desafíos y momentos inolvidables, que aligeraron la carga de la investigación.

Darío Javier Maldonado Cacay

Agradecimientos

Agradezco sinceramente a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de este trabajo de integración curricular. Sus valiosas aportaciones y apoyo han sido fundamentales para el éxito del mismo.

Quiero expresar mi profunda gratitud a mi director de tesis, el Ing. Iván Coronel, por su orientación experta, paciencia, dedicación, sus comentarios constructivos y su compromiso con la excelencia académica fueron fundamentales para dar forma a este trabajo, además de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A y al CITE que gracias a su ayuda se pudo realizar el presente trabajo de titulación.

Agradezco a mi familia por su inquebrantable respaldo a lo largo de este viaje. A mis padres, quienes siempre han creído en mí y han brindado apoyo emocional y logístico. A mis hermanos y demás familiares, por su aliento constante y comprensión durante las largas horas de investigación.

Darío Javier Maldonado Cacay

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	xi
Índice de figuras.....	xii
Índice de anexos.....	xiii
Simbología	xiv
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	5
4.1 Capítulo I: Conceptos generales del alumbrado público, contaminación lumínica y luminarias 5	
4.1.1 Iluminación	5
4.1.1.1 Iluminación de interiores.....	5
4.1.1.2 Iluminación de exteriores	5
4.1.2 Deslumbramiento	5
4.1.3 Luminotecnia.....	5
4.1.4 Magnitudes y unidades de medida en luminotecnia	5
4.1.4.1 Flujo luminoso.....	5
4.1.4.2 Intensidad Luminosa	5
4.1.4.3 Iluminancia.....	6
4.1.4.4 Luminancia.....	6
4.1.4.5 Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa	6

4.1.5	Alumbrado público.....	6
4.1.6	Luminarias de alumbrado público utilizadas	6
4.1.7	Lámparas y luminarias	7
4.1.7.1	Cut-off	7
4.1.7.2	Semi cut-off.....	7
4.1.7.3	Non cut-off	7
4.1.8	Concepto de lámpara.....	7
4.1.9	Concepto de luminaria	7
4.1.10	Lámpara de vapor de mercurio	7
4.1.11	Lámparas de vapor de sodio.....	8
4.1.12	Lámparas LED	9
4.1.13	Lámpara Metal Halide.....	9
4.1.14	Disposición de luminarias	10
4.1.14.1	Tramos rectos una vía.....	10
4.1.14.2	Tramos rectos dos vías	11
4.1.14.3	Tramos curvos	11
4.1.14.4	Cruces, plazas y glorietas	12
4.1.15	Temperatura del color	13
4.1.16	Polución lumínica	13
4.1.16.1	Dispersión hacia el cielo.....	14
4.1.16.2	Intrusión lumínica.....	14
4.1.16.3	Consecuencias de la Polución Lumínica	14
4.1.16.4	Exceso de iluminación.....	15
4.1.16.5	Contaminación de alumbrado público.....	15
4.1.16.6	Sky glow.....	15
4.1.16.7	Efectos ambientales	15
4.2	Capítulo II: Normativa internacional sobre la zonificación y control de la polución lumínica.....	15
4.2.1	CIE 126-1997	16
4.2.1.1	Sistema de zonificación de la CIE.....	16
4.2.1.2	Limitaciones del flujo hemisférico superior.....	17
4.2.1.3	Actividades astronómicas.....	17
4.2.1.4	Distancias entre zonas y el punto de referencia	17
4.2.2	CIE 150-2003	18

4.2.2.1	Iluminancia vertical en propiedades	19
4.2.2.2	Intensidad luminosa emitida por luminarias	19
4.3	Capítulo III: Normativa ecuatoriana “RTE INEN 069 – Alumbrado público”	20
5.	Metodología	20
5.1	Área de estudio	21
5.1.1	Localización y características	21
5.2	Equipos y materiales	21
5.2.1	Recurso humano	21
5.2.2	Recurso bibliográfico	21
5.2.3	Equipos	22
5.2.4	Materiales	22
5.3	Métodos	22
5.3.1	Método de estudio	22
5.3.2	Tipo de investigación	23
5.4	Flujograma	24
5.5	Procedimiento	24
5.5.1	Primero objetivo: “Analizar el alumbrado público existente para controlar su contaminación lumínica”	24
5.5.2	Segundo objetivo: “Desarrollar mapas en los cuales se muestre las zonas con sus respectivas limitaciones según las normas que rigen la polución lumínica”	25
5.5.3	Tercer objetivo: “Plantear un sistema de alumbrado público eficiente teniendo en cuenta las condiciones de utilización de los diferentes tipos de luminarias, que contribuirá a la disminución de la contaminación lumínica”	27
5.6	Procesamiento y análisis de datos	28
5.6.1	Primero objetivo: “Analizar el alumbrado público existente para controlar su contaminación lumínica”	28
5.6.2	Segundo objetivo: “Desarrollar mapas en los cuales se muestre las zonas con sus respectivas limitaciones según las normas que rigen la polución lumínica”	29
5.6.3	Tercer objetivo: “Plantear un sistema de alumbrado público eficiente teniendo en cuenta las condiciones de utilización de los diferentes tipos de luminarias, que contribuirá a la disminución de la contaminación lumínica”	29
5.6.3.1	Recolección de Datos	30
5.6.3.2	Análisis de Tipos de Luminarias	30

5.6.3.3	Zonificación Lumínica	30
5.6.3.4	Estudio de Factores Ambientales y Urbanos.....	30
6.	Resultados	31
6.1	Sistema de zonificación para los cantones servidos por la EERSSA	31
6.2	Criterios para la zonificación	31
6.3	Cartografía para la zonificación en la Gestión de la Contaminación Lumínica	32
6.3.1	Cantón Calvas	32
6.3.2	Cantón Catamayo	34
6.3.3	Cantón Celica	37
6.3.4	Chaguarpamba.....	39
6.3.5	Cantón Espíndola	41
6.3.6	Cantón Gonzanamá	43
6.3.7	Cantón Loja.....	45
6.3.8	Cantón Macará	48
6.3.9	Cantón Olmedo	50
6.3.10	Cantón Paltas.....	51
6.3.11	Cantón Pindal.....	53
6.3.12	Cantón Puyango	55
6.3.13	Cantón Quilanga.....	57
6.3.14	Cantón Saraguro.....	58
6.3.15	Cantón Sozoranga	61
6.3.16	Cantón Zapotillo	63
7.	Discusión	66
8.	Conclusiones	69
9.	Recomendaciones	71
10.	Bibliografía.....	72
11.	Anexos.....	78

Índice de tablas

Tabla 1. Valores máximos permitidos de intensidad emitida.	7
Tabla 2. Relación entre la altura del montaje y el ancho de la vía.....	11
Tabla 3. Relación de altura y ancho de la vía en curvas.	12
Tabla 4. Descripción del sistema de zonificación.....	16
Tabla 5. Valores límite del flujo hemisférico superior	17
Tabla 6. Actividades astronómicas realizables	17
Tabla 7. Distancias mínimas entre cada zona.	18
Tabla 8. Zonificación para iluminación del medio ambiente.....	18
Tabla 9. Valores máximos de la iluminancia vertical en propiedades.....	19
Tabla 10. Valores máximos para luminarias de acuerdo a la intensidad luminosa	19
Tabla 11. Definición de zonas en cuanto a la contaminación lumínica.....	20
Tabla 12. Código de colores para zonificación.....	29

Índice de figuras

Figura 1. Lámpara de vapor de mercurio.....	8
Figura 2. Lámpara de vapor de sodio cerrada.....	8
Figura 3. Luminaria LED.....	9
Figura 4. Lámpara de Metal Halide	10
Figura 5. Distribución de luminarias en tramos rectos	11
Figura 6. Distribución de luminarias en tramos rectos dos vías.	11
Figura 7. Distribución de luminarias en curvas.	12
Figura 8. Distribución de luminarias en cruces.	12
Figura 9. Distribución de luminarias en glorietas.....	13
Figura 10. Temperatura del color.	13
Figura 11. Representación de contaminación lumínica al cielo.	14
Figura 12. Croquis de la provincia de Loja	21
Figura 13. Flujograma de proceso.	24
Figura 14. Zonificación cantón Calvas	34
Figura 15. Zonificación cantón Catamayo.....	37
Figura 16. Zonificación cantón Celica.....	39
Figura 17. Zonificación cantón Chaguarpamba.....	41
Figura 18. Zonificación cantón Espíndola.....	43
Figura 19. Zonificación cantón Gonzanamá.....	45
Figura 20. Zonificación cantón Loja.....	48
Figura 21. Zonificación cantón Macará.....	50
Figura 22. Zonificación del cantón Olmedo	51
Figura 23. Zonificación del cantón Paltas	53
Figura 24. Zonificación del cantón Pindal.....	55
Figura 25. Zonificación del cantón Puyango	57
Figura 26. Zonificación del cantón Quilanga	58
Figura 27. Zonificación del cantón Saraguro.....	61
Figura 28. Zonificación del cantón Sozoranga	63
Figura 29. Zonificación del cantón Zapotillo	65

Índice de anexos

Anexo 1. Luminarias instaladas enero 2024-Calvas.....	78
Anexo 2. Luminarias instaladas enero 2024-Catamayo	78
Anexo 3. Luminarias instaladas enero 2024- Celica	79
Anexo 4. Luminarias instaladas enero 2024- Chaguarpamba	80
Anexo 5. Luminarias instaladas enero 2024- Espíndola	80
Anexo 6. Luminarias instaladas enero 2024- Gonzanamá	81
Anexo 7. Luminarias instaladas enero 2024- Loja	82
Anexo 8. Luminarias instaladas enero 2024- Macará	83
Anexo 9. Luminarias instaladas enero 2024- Olmedo.....	84
Anexo 10. Luminarias instaladas enero 2024- Paltas	85
Anexo 11. Luminarias instaladas enero 2024- Pindal	86
Anexo 12. Luminarias instaladas enero 2024- Puyango	86
Anexo 13. Luminarias instaladas enero 2024- Quilanga.....	87
Anexo 14. Luminarias instaladas enero 2024- Saraguro	87
Anexo 15. Luminarias instaladas enero 2024- Sozoranga.....	88
Anexo 16. Luminarias instaladas enero 2024- Zapotillo.....	89
Anexo 17. Luminarias instaladas en la provincia de Loja en enero del 2024	89
Anexo 18. Zonificación del cantón Loja	90
Anexo 19. Certificado de traducción del resumen.	91

Simbología

EERSSA: Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.

SIN: Sistema Nacional de Información.

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

RTE: Reglamento Técnico Ecuatoriano.

LED: "Light Emitting Diode" en inglés y en español "Diodo Emisor de Luz".

CIE: En francés "Commission Internationale de l'Éclairage" y en español "Comisión Internacional de Iluminación".

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado.

SNAP: Sistema Nacional de Áreas Protegidas

W: Vatio, que mide la potencia.

1. Título

Análisis y zonificación para el control de contaminación lumínica en los cantones servidos por la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.(EERSSA).

2. Resumen

En el presente trabajo de titulación, se exponen de manera detallada los estándares y enfoques utilizados en el desarrollo del sistema de clasificación para la gestión de la contaminación lumínica en los dieciséis cantones de la provincia de Loja. Este sistema abarca aquellos que son atendidos por la red de alumbrado público de la EERSSA, siguiendo las pautas establecidas en el Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN 069 sobre "Alumbrado Público". Además, se consideran normativas internacionales, como la CIE 126-1997, una guía que señala como minimizar la luminosidad del cielo, y la CIE 150-2003, que establece restricciones para los efectos molestos de la luz provenientes de instalaciones de iluminación en exteriores.

En la elaboración del primer apartado, se introducen términos generales relacionados con la luminotecnia, los principios del alumbrado público, las luminarias y se aborda la problemática de la contaminación lumínica, así como sus consecuencias. En el segundo capítulo, se abordan las normativas internacionales, proporcionando información detallada que resulta crucial para establecer criterios específicos en la zonificación de los cantones, estos incluyen la delimitación del área y los niveles de iluminación que deben ser considerados. El tercer capítulo se adentra en la normativa ecuatoriana, esencial para el desarrollo del tema, ya que señala los criterios principales para la zonificación que deben tenerse en cuenta durante su ejecución, esta normativa cobra gran relevancia al ser la vigente en nuestro país, otorgándole un peso significativo al limitar las áreas según el nivel de brillo requerido en cada zona específica.

Después de estos capítulos, se presenta la metodología que se utilizará en la delimitación de zonas en los cantones que están bajo la supervisión de la EERSSA, aquí se describen minuciosamente los procedimientos diseñados para cumplir con cada uno de los objetivos propuestos, así como el procesamiento y análisis de los datos correspondientes. A continuación, nos encontramos con los resultados en los cuales se exponen los criterios de zonificación, para llevar a cabo estos, se definen cuatro zonas identificadas como E1, E2, E3 y E4, cada una de estas zonas está diseñada de acuerdo con el nivel de iluminación requerido para la zona, conforme a las normas establecidas, abarcan desde áreas con entornos oscuros hasta aquellas con niveles de brillo más elevados.

El objetivo es asegurar una planificación lumínica que se ajuste a estándares internacionales y a las necesidades específicas de cada área en términos de iluminación, contribuyendo así al control efectivo de la contaminación lumínica en la provincia.

Palabras clave: contaminación, luminarias, normativa, luminosidad, iluminación.

Abstract

In this degree work, the standards and approaches used in the development of the classification system for the management of light pollution in the sixteen cantons of the province of Loja are presented in detail. This system covers those served by EERSSA's public lighting network, following the guidelines established in the Ecuadorian Technical Regulation INEN 069 on "Public Lighting". In addition, international regulations are considered, such as CIE 126-1997, a guide that points out how to minimize the brightness of the sky, and CIE 150-2003, which establishes restrictions on the disturbing effects of light from outdoor lighting installations.

The first section introduces general terms related to lighting technology, the principles of public lighting, luminaires, and addresses the problem of light pollution and its consequences. In the second chapter, international regulations are addressed, providing detailed information that is crucial to establish specific criteria for zoning cantons, including the delimitation of the area and the lighting levels that must be considered. The third chapter delves into the Ecuadorian regulations, essential for the development of the topic, since it points out the main criteria for zoning that must be taken into account during its execution; these regulations are of great relevance since they are the ones in force in our country, giving them significant weight by limiting the areas according to the level of brightness required in each specific zone.

After these chapters, the methodology to be used in the delimitation of zones in the cantons that are under the supervision of EERSSA is presented, here are described in detail the procedures designed to meet each of the proposed objectives, as well as the processing and analysis of the corresponding data. Next, we find the results in which the zoning criteria are exposed, to carry out these, four zones identified as E1, E2, E3 and E4 are defined, each of these zones is designed according to the lighting level required for the area, according to the established standards, ranging from areas with dark environments to those with higher brightness levels.

The objective is to ensure lighting planning that conforms to international standards and to the specific needs of each area in terms of lighting, thus contributing to the effective control of light pollution in the province.

Keywords: pollution, luminaires, regulations, luminosity, lighting.

3. Introducción

La Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. (EERSSA) brinda el servicio de alumbrado público a los dieciséis cantones de la provincia de Loja, los cuales son: Calvas, Catamayo, Célica, Chaguarpamba, Espíndola, Gonzanamá, Loja, Macará, Olmedo, Paltas, Pindal, Puyango, Quilanga, Saraguro, Sozoranga y Zapotillo. Es por eso que, con el propósito de motivar el cuidado del medio ambiente, la salud de las personas y dar cumplimiento a la normativa INEN RTE 069, además de normas internacionales, la Universidad Nacional de Loja apoya la realización de la tesis.

Se estudia distintas zonas como lo son: las comerciales, residenciales urbanas y rurales, industriales y áreas protegidas que se encuentren dentro de la provincia, los mapas que se ilustraran tienen como objetivo limitar territorios para controlar la polución lumínica establecida en la normativa INEN RTE 069.

Para el estudio se utiliza el Plan de Ordenamiento Territorial que existe en los cantones del área de concesión de la EERSSA, ya que en el plan se delimita y se da los respectivos reglamentos para el uso del suelo, para los cantones que no cuenten con un plan de ordenamiento territorial se revisarán estudios preliminares del uso del suelo, los cuales se deben encontrar en la página del Sistema Nacional de Información (SIN).

Se debe tener en cuenta que para cada municipalidad existe diferente número de topologías y costumbres, además del número de habitantes, el cual es variable, es por eso que no se puede estructurar un modelo específico general para todos los cantones.

El presente proyecto guarda relación con investigaciones previas las cuales tienen en cuenta la contaminación lumínica, como lo es el estudio desarrollado por Aroca Morocho Bryan Alexander y Herrera Paucar Patricia Michelle (2022), el cual no indica el grado de polución lumínica mediante escalas en el distrito metropolitano de Quito. De la misma manera, se usa como referencia el trabajo desarrollado por Chocho Rivas Edwin Fábian y Yunga Matute Wilmer Jeovany (2014), en el mismo que se elabora una zonificación para el control de polución lumínica en los cantones que pertenecen al área de concesión de la CENTROSUR basándose de la misma manera en el Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN 069.

4. Marco Teórico

4.1 Capítulo I: Conceptos generales del alumbrado público, contaminación lumínica y luminarias

4.1.1 Iluminación

4.1.1.1 Iluminación de interiores

Los espacios interiores que carecen de luz o una iluminación óptima requieren la instalación de fuentes de luz, como lámparas, que garanticen una distribución adecuada para proporcionar una iluminación óptima (Bryan Salazar López, 2019).

4.1.1.2 Iluminación de exteriores

La iluminación de exteriores se considera a una instalación de iluminación la cual proyecte un flujo luminoso a un espacio el cual podría ser una fachada, calle, carretera, parques, etc (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía [IDEA], 2021).

4.1.2 Deslumbramiento

El deslumbramiento es una sensación óptica causada por el exceso de brillo y luminosidad, lo cual puede reducir la capacidad visual de una persona. Además, puede distorsionar la percepción del entorno dentro del campo visual, representando un riesgo significativo al conducir un vehículo motorizado o al utilizar herramientas pesadas (ERCO Greenology®, 2022a).

4.1.3 Luminotecnia

Para comprender el concepto de iluminación, es esencial considerar la luminotecnia, la cual se ocupa de establecer los niveles apropiados de iluminación para un espacio específico. Para lograr una iluminación adecuada, es necesario considerar tanto la fuente de luz como el objeto que se desea iluminar (Ingenieros y asesores, 2020).

4.1.4 Magnitudes y unidades de medida en luminotecnia

Las magnitudes y las unidades de medida en luminotecnia resultan fundamentales para comprender el comportamiento de la iluminación y los aspectos que la componen.

4.1.4.1 Flujo luminoso

La medida de flujo luminoso se realiza en lúmenes (lm), siendo esta la cantidad de luz que puede generar una luminaria o fuente de luz en diversas direcciones (Auersignal, s.f.).

4.1.4.2 Intensidad Luminosa

La medida de intensidad luminosa se expresa en candelas (cd), siendo esta la cantidad de flujo luminoso emitido por una unidad de ángulo sólido en una dirección específica (Lampamania, 2021).

4.1.4.3 Iluminancia

La medida de iluminancia, expresada en lux (lx), se define como la luminosidad generada por el flujo luminoso en una área determinada, teniendo en cuenta también la distancia entre el área y la fuente de luz (ERCO Greenology®, 2022b).

4.1.4.4 Luminancia

La luminancia se define como la brillantez que una superficie refleja, transmitiendo la luz que es recibida o percibida por el ojo (ERCO Greenology®, 2022c).

4.1.4.5 Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa

El rendimiento luminoso o eficiencia luminosa se cuantifica en lúmenes por vatio (lm/W) y representa la cantidad de energía convertida en luz en comparación con la energía disipada en forma de calor. En consecuencia, la eficiencia de una lámpara se verá incrementada a medida que emita más luz y disipe menos energía en forma de calor. Un ejemplo ilustrativo es el caso de las lámparas fluorescentes, las cuales exhiben una eficiencia que varía entre el 20% y el 40%, en contraste, las lámparas LED presentan una eficiencia notablemente superior, generalmente alcanzando valores entre el 80% y el 90% (TRILUX, 2015).

4.1.5 Alumbrado público

El servicio de alumbrado público desempeña una función vital al suministrar la iluminación necesaria en áreas públicas como calles, aceras y parques, su principal propósito es garantizar la seguridad de peatones y conductores. En última instancia, un sistema de alumbrado público eficiente, delimitado y supervisado, resulta esencial para fomentar tanto el desarrollo social como económico en una comunidad (Current, 2019).

4.1.6 Luminarias de alumbrado público utilizadas

En áreas urbanas, es fundamental contar con lámparas y luminarias eficientes que proporcionen la cantidad adecuada de luz para garantizar la seguridad de los transeúntes durante la noche. Es importante encontrar un equilibrio, evitando el exceso de luz, ya que podría resultar en contaminación visual, lo que combinado se conoce como contaminación lumínica. (Promart, 2020).

Para el alumbrado público existen diferentes tipos de luminarias, dentro del sistema existente las más utilizadas son luminarias de sodio de diferente potencia dependiendo el sector y en menor proporción se encuentran instaladas luminarias LED que cuentan con potencias similares, pero con mayor eficiencia.

4.1.7 Lámparas y luminarias

4.1.7.1 Cut-off

Las lámparas cut_off o conocidas también como de haz recortado, suprimen la radiación luminosa en ángulos por encima de setenta y cinco grados.

4.1.7.2 Semi cut-off

Las lámparas semi cut-off suprimen la radiación a ángulos superiores a ochenta y cinco grados.

4.1.7.3 Non cut-off

Estás en cambio logran suprimir valores de intensidad mayores a las descritas con anterioridad, y a continuación en la **Tabla 1** se encuentran los valores máximos permitidos de intensidad emitida.

Tabla 1. *Valores máximos permitidos de intensidad emitida.*

Tipo de luminaria	80°	90°
Cut-off	30 cd / 1000 Lm	10 cd /1000 Lm
Semi cut-off	100 cd / 1000 Lm	50 cd /1000 Lm
Non cut-off	Cualquiera	

Fuente: (Héctor Beltrán, s.f.).

4.1.8 Concepto de lámpara

Una lámpara es un dispositivo que se encarga de convertir la energía eléctrica en luz, variando la eficiencia de una lámpara a otra dependiendo del tipo de lámpara que sea la misma (Pérez y Gardey, 2022).

4.1.9 Concepto de luminaria

Las luminarias son el elemento que sirve como soporte y conexión a la electricidad permitiendo el funcionamiento de las lámparas, además de contener los accesorios necesarios para fijarlas protegerlas y conectarlas, contando con un diseño de su sistema óptico cuidando la forma y la manera en que se distribuye la luz hacia el entorno (Universidad Politécnica de Cataluña, 2023).

4.1.10 Lámpara de vapor de mercurio

Las lámparas de vapor de mercurio son una fuente de iluminación que se encarga de utilizar el vapor de mercurio para producir luz, su funcionamiento se basa en la excitación de átomos de mercurio gaseoso, generando una emisión de luz la cual es visible (Ilumina con eficiencia, 2012).

En el servicio de alumbrado público que brinda la EERSSA a nivel provincial se cuenta con dos tipos de lámparas de mercurio las cuales son abiertas y cerradas, en su totalidad la potencia de estas lámparas que se encuentran instaladas es de 125 W, en la **Figura 1** que se encuentra en la parte inferior se puede observar una imagen referencial de esta.

***Figura 1.** Lámpara de vapor de mercurio*



Fuente: (Mayorista Electrónico, 2014).

Es importante considerar que, dentro de la categoría de lámparas de mercurio, también se incluyen proyectores utilizados para iluminación. Sin embargo, es relevante destacar que estos proyectores varían en dimensiones y potencias, llegando incluso hasta los 400 W.

4.1.11 Lámparas de vapor de sodio

Las lámparas de vapor de sodio cerradas son un tipo de fuente de iluminación que utiliza sodio en estado gaseoso para generar luz, de la misma manera que las lámparas de vapor de mercurio cerradas, estas cuentan con un bulbo sellado herméticamente dentro de un envase de vidrio para evitar la contaminación externa y la liberación de vapores de sodio al entorno (Bricos, 2013).

En la EERSSA a nivel de la provincia estas son las de mayor uso debido a que existe un gran número de las mismas instalado en la red eléctrica de alumbrado público, además de contar con varios niveles de potencia como 70 W, 100 W 150 W, 250 W, y 400 W, en la **Figura 2** se indica una de estas lampara debido a que dependiendo de la potencia varia una de la otra.

***Figura 2.** Lámpara de vapor de sodio cerrada*



Fuente: (*Ledvance, 2023*).

Al igual que las lámparas de mercurio en las de sodio también existen proyectores y estos de la misma manera cuentan con una potencia mayor a las lámparas de sodio cerradas que va hasta los 400 W.

4.1.12 Lámparas LED

Las lámparas LED para alumbrado público son una tecnología de iluminación eficiente y versátil que ha ganado popularidad en los últimos años. Estas lámparas utilizan diodos emisores de luz (LED, por sus siglas en inglés) para producir luz.

Dentro de la provincia de Loja si existe el uso de este tipo de tecnología, pero su uso es escaso a comparación de otro tipo de lámparas como las de sodio cerradas, es por eso que se debería producir un cambio dentro del sistema de alumbrado público priorizando su uso debido a que estas tienen un sin número de características como: son amigables con el medio ambiente, mayor eficiencia energética, una vida útil prolongada, etc. En la **Figura 3** se observa una lámpara LED de alumbrado público, la cual es una representación debido a que existe variaciones, debido a su potencia que dentro de la provincia de va desde 27 W hasta 220 W como se podría visualizar principalmente en el **Anexo 3**.

Figura 3. *Luminaria LED*



Fuente: (*Sylvania Ecuador, 2023*).

Existen también proyectores LED los cuales cuentan con un sin número de potencias diferentes al igual que las lámparas LED regulares la cual se encuentra desde 3W hasta 220W.

4.1.13 Lámpara Metal Halide

Las lámparas de Metal Halide, también conocidas como lámparas de halogenuros metálicos, son un tipo de fuente de iluminación que pertenece a la familia de lámparas de descarga de alta intensidad. Estas lámparas utilizan una mezcla de gases y sales de halogenuros metálicos para producir luz (*Universidad Politécnica de Cataluña, s.f.*).

En la **Figura 4** se encuentra este tipo de lámpara, dentro del territorio de la provincia de Loja su uso es muy escaso debido a las potencias que maneja, además de que al contar con halogenuros metálicos produce mayor contaminación hacia el medio ambiente.

Figura 4. *Lámpara de Metal Halide*



Fuente: (*Metalight - Grupo Marriott, 2022*).

De la misma manera que en las otras lámparas en esta también existen proyectores, estos son usados mucho menos que en las lámparas de haluros metálicos, pero se debe tener en cuenta que aún se encuentran en uso.

4.1.14 Disposición de luminarias

Para lograr una adecuada disposición de las luminarias en las vías públicas, es crucial contar con información que guía a los conductores. Por este motivo, se recomienda ubicar las luminarias de manera estratégica. En tramos rectos, existen disposiciones básicas como la unilateral, tresbolillo y pareada.

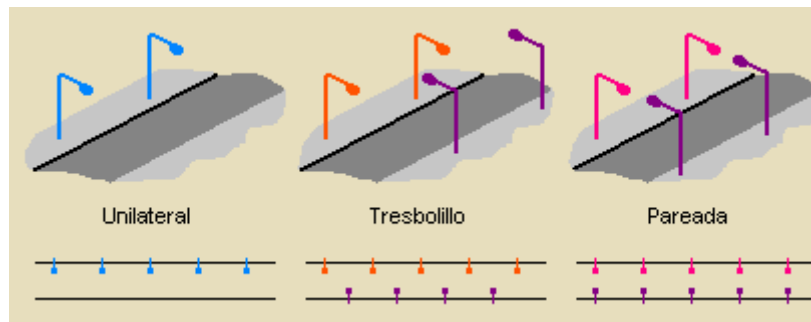
En tramos rectos con dos vías separadas, se pueden utilizar distribuciones como la central con doble brazo, combinaciones de brazos dobles y tresbolillo, o la disposición unilateral en calzadas diferenciadas con mayor separación entre ellas.

En tramos curvos, se suelen ubicar luminarias en la parte interior, exterior o de forma bilateral pareada, dependiendo de la necesidad. En cruces, las luminarias suelen colocarse en el lado derecho de una calzada y también después del cruce. En plazas o glorietas, se instalan en los bordes exteriores de las mismas. (Universidad politécnica de Cataluña, s.f.).

4.1.14.1 Tramos rectos una vía

La **Figura 5** muestra una representación de la distribución de las luminarias en tramos rectos de una vía.

Figura 5. Distribución de luminarias en tramos rectos



Fuente: (Universidad politécnica de Cataluña, s.f.)

A continuación, en la **Tabla 2** se encuentra la relación entre anchura y altura de montaje de las luminarias.

Tabla 2. Relación entre la altura del montaje y el ancho de la vía.

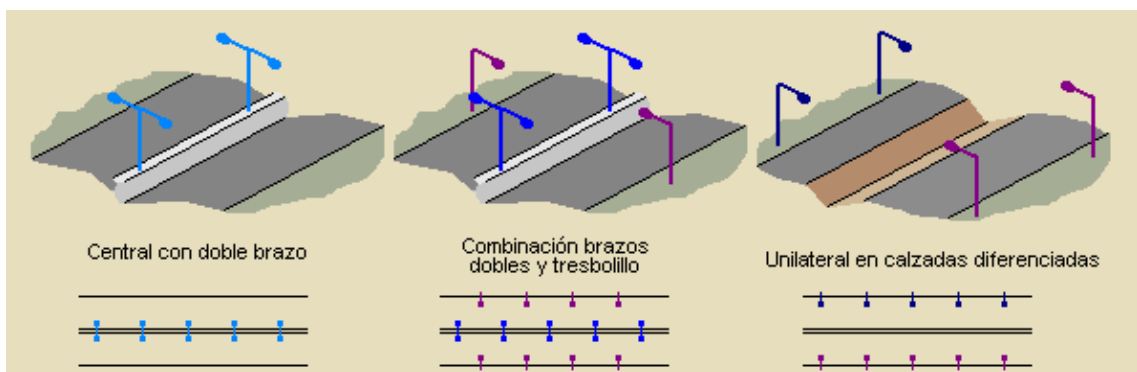
Relación entre el ancho de la vía y la altura del poste	
Unilateral	$A/H < 1$
Tresbolillo	$1 \leq A/H \leq 1.5$
Pareada	$A/H > 1.5$

Fuente: (Universidad politécnica de Cataluña, s.f.)

4.1.14.2 Tramos rectos dos vías

La **Figura 6** indica la distribución de las luminarias para dos vías y en este caso se utiliza la misma relación de anchura expresada en la **Tabla 2**.

Figura 6. Distribución de luminarias en tramos rectos dos vías.

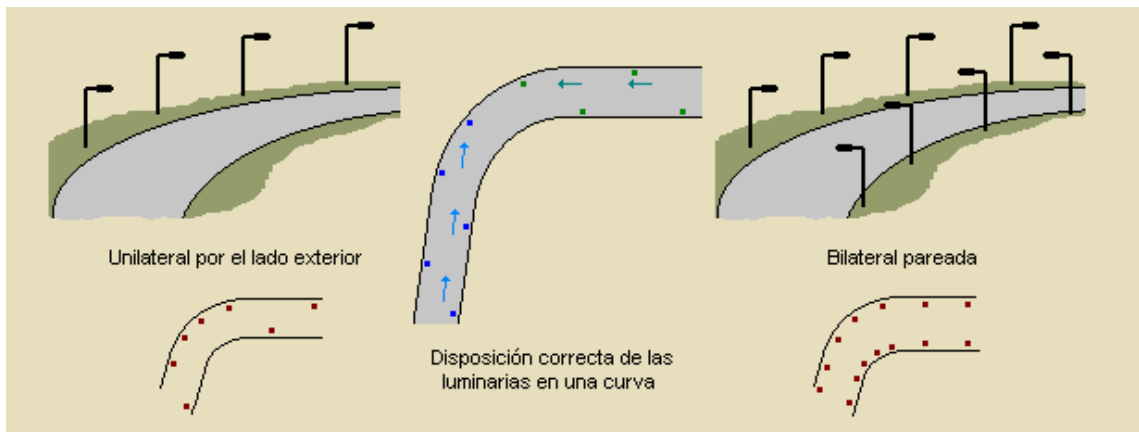


Fuente: (Universidad politécnica de Cataluña, s.f.)

4.1.14.3 Tramos curvos

En el caso de tramos curvos encontramos una distribución diferente como se observa en la **Figura 7**.

Figura 7. Distribución de luminarias en curvas.



Fuente: (Universidad politécnica de Cataluña, s.f.)

En la **Tabla 3** se observa la relación que existe entre en ancho y la altura en una curva.

Tabla 3. Relación de altura y ancho de la vía en curvas.

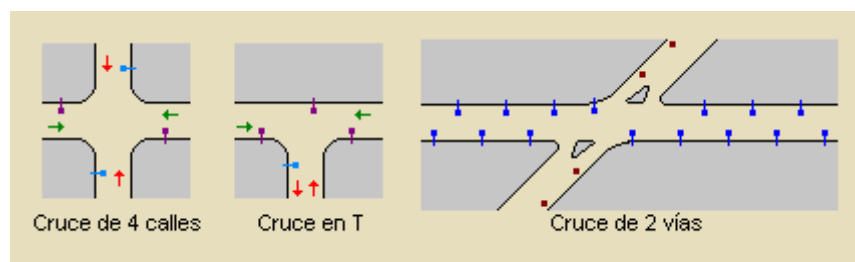
Relación entre anchura de la vía y la altura de montaje	
$R > 300 \text{ m}$	Similar a un tramo recto
$R < 300 \text{ m}$	$A/H < 1.5$ Unilateral exterior
	$A/H > 1.5$ Bilateral exterior

Fuente: (Universidad politécnica de Cataluña, s.f.)

4.1.14.4 Cruces, plazas y glorietas

En la **Figura 8** encontramos una representación de la distribución de luminarias en diferentes cruces como cruce de 4 calles, cruce en T y cruce en 2 vías.

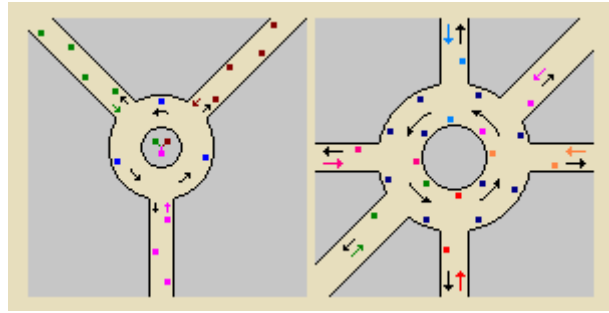
Figura 8. Distribución de luminarias en cruces.



Fuente: (Universidad politécnica de Cataluña, s.f.)

En la **Figura 9** se observa la distribución de luminarias en glorietas con distinto número de calles.

Figura 9. *Distribución de luminarias en glorietas.*



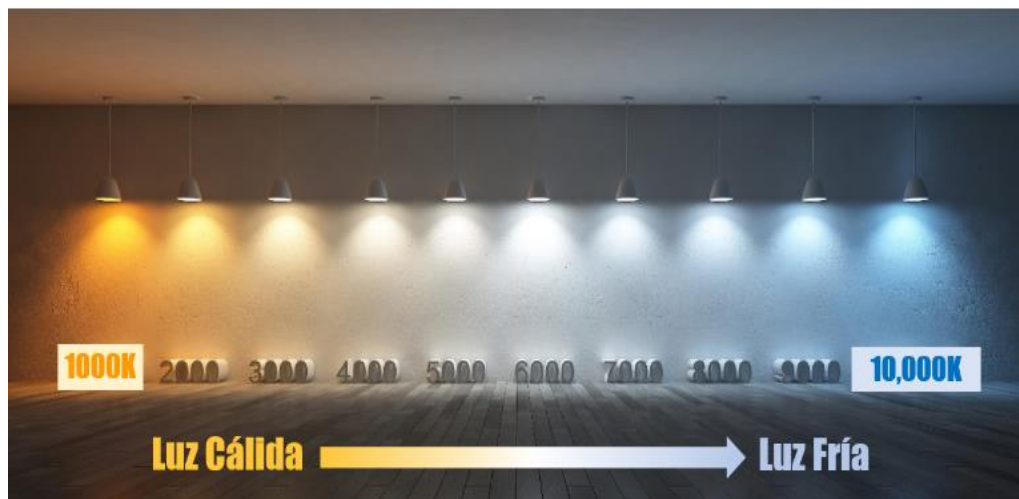
Fuente: (Universidad politécnica de Cataluña, s.f.)

4.1.15 Temperatura del color

El color desempeña un papel fundamental en la psicología de las emociones y las sensaciones que pueden suscitar en las personas. Por esta razón, en el alumbrado público se recomienda el uso de una temperatura de color estándar de 2200 K para minimizar el rebote de luz y controlar la contaminación lumínica. Un ejemplo de esto es la implementación de iluminación LED de temperatura de color ultra cálida en el ayuntamiento de Soria, España. (Iluminet, 2022).

A continuación, en la **Figura 10** se observa la representación de la temperatura de color para la iluminación.

Figura 10. *Temperatura del color.*



Fuente: (Dropality, 2016).

4.1.16 Polución lumínica

La polución lumínica, también conocida como contaminación lumínica, se refiere a la difusión de luz en todas las direcciones, lo que afecta la visión de paisajes o la visualización de lugares distantes. Esto implica un desperdicio innecesario de luz, alterando la oscuridad natural

y generando impactos negativos en la salud y en el entorno de varios seres vivos (Ministerio del ambiente de Chile, s.f.).

En la **Figura 11** se encuentra una representación de una de las afectaciones de la contaminación lumínica que en este caso sería la luz que es dispersada hacia el cielo.

Figura 11. *Representación de contaminación lumínica al cielo.*



Fuente: (Patricia López, 2020).

4.1.16.1 Dispersión hacia el cielo

Esta situación surge por la instalación inadecuada de luminarias o la presencia excesiva de estas, lo que ocasiona que la luz emitida por las mismas interfiera con las partículas en el aire, disminuyendo así la oscuridad natural del cielo. Este fenómeno no afecta a las personas, pero sí impacta a los animales nocturnos, obstaculizando su entorno natural. Asimismo, esta contaminación lumínica interfiere con la observación astronómica (Ministerio del ambiente de Chile, s.f.).

4.1.16.2 Intrusión lumínica

La intrusión lumínica tiene un impacto significativo en las personas, ya que se origina a partir de las luminarias instaladas en las vías públicas. La luz emitida por estas fuentes ingresa a través de las ventanas, perturbando los espacios internos de las viviendas y afectando el sueño, el descanso y la concentración de las personas, lo cual tiene repercusiones negativas en su salud (Ministerio del ambiente Chile, s.f.).

4.1.16.3 Consecuencias de la Polución Lumínica

Las repercusiones de la contaminación lumínica son variadas e incluyen el desperdicio de energía, el deslumbramiento de conductores, complicaciones en el tráfico aéreo y marítimo, interferencias en los ciclos biológicos, así como la pérdida de valores científicos y culturales al desaparecer la visualización del cielo estrellado (Sancho, 2019).

4.1.16.4 Exceso de iluminación

La excesiva iluminación en áreas urbanas durante la noche puede ocasionar un retardo en la segregación de melatonina, una hormona vital en el ciclo del sueño, la producción de esta hormona varía en función de los niveles de iluminación, y un exceso durante la noche puede resultar en lo que se conoce como un 'jet-lag social', esto puede desencadenar ansiedad, trastornos emocionales y problemas como la obesidad. Además, existe la posibilidad de que este exceso lumínico contribuya al aumento del riesgo de desarrollar cáncer de mama y próstata (EFEverde, 2020).

4.1.16.5 Contaminación de alumbrado público

La contaminación lumínica originada por el alumbrado público conlleva, en primer lugar, una pérdida de energía al utilizar recursos de manera innecesaria, impactando en el consumo global de iluminación. Asimismo, esta contaminación afecta a las especies que siguen ciclos vitales nocturnos, interfiriendo en su entorno natural y en su comportamiento (Green Globe, 2014).

4.1.16.6 Sky glow

El Sky glow o la luz que se dispersa hacia el cielo, se produce debido a las luminarias en postes o vallas publicitarias en las cuales su luz se encuentra mal dirigida y es excesiva, afectando a la visibilidad del cielo, provocando una iluminación difusa en el mismo (Rose Schanabel, 2023).

4.1.16.7 Efectos ambientales

El consumo excesivo de energía conlleva un incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que los seres humanos dependen en gran medida de fuentes no renovables de energía. Esto tiene un impacto negativo en la contaminación lumínica, afectando a especies vegetales, animales, y también a los seres humanos. Este aumento en la contaminación lumínica resulta en una mayor mortalidad de especies animales, debilitando su capacidad visual y exponiéndolos a un mayor riesgo de depredadores. (Ministerio del medio ambiente de Chile, 2017)

4.2 Capítulo II: Normativa internacional sobre la zonificación y control de la contaminación lumínica

La Comisión Internacional de Iluminación, también conocida como CIE, es la entidad encargada de realizar investigaciones exhaustivas sobre la delimitación de zonas en relación con la contaminación lumínica originada por el alumbrado público.

España es uno de los que ha introducido en sus normas la zonificación para el control de contaminación lumínica, en la región el único país que ha implementado algo similar sería

Colombia, pero en el Ecuador aún se está iniciando un sistema similar el cual busca prevenir y controlar la contaminación lumínica.

La CIE ha elaborado ciertas publicaciones sobre el tema en cuestión, las cuales se detallan a continuación:

- “Guía para Minimizar la Luminosidad del Cielo”. Publicación CIE 126-1997.
- “Guía para la Limitación de los Efectos Molestos de la Luz Procedente de las Instalaciones de Iluminación en Exteriores”. Publicación CIE 150-2003.

4.2.1 CIE 126-1997

A continuación, se presenta la información relativa al tema de zonificación para la gestión de la contaminación lumínica, basándose en la guía para reducir la luminosidad del cielo.

4.2.1.1 Sistema de zonificación de la CIE

La iluminación durante las actividades nocturnas debe contar con especificaciones fotométricas diseñadas para asegurar la seguridad en el tráfico vehicular y peatonal, así como la calidad de vida, la preservación del entorno y la protección de propiedades y bienes, además que puede generar conflictos con la preservación de la calidad del cielo nocturno. Esto, a su vez, presenta desafíos para las observaciones astronómicas y la visibilidad de puntos de referencia celestiales. Para abordar esta problemática y asegurar soluciones viables, es necesario adoptar medidas adecuadas.

Con el propósito de prevenir que las consecuencias ambientales afecten de manera equitativa a todas las áreas, se han establecido criterios de zonificación. Estos estándares ofrecen un conjunto de pautas que supervisan y abordan los posibles desencuentros entre los requisitos fotométricos esenciales para la iluminación y la conservación de la calidad del cielo nocturno (CIE, 1997).

En la **Tabla 4** se indica el sistema para la zonificación que describe la CIE, dentro de la zona E1 se consideraran también los parques nacionales y las áreas de belleza natural.

Tabla 4. *Descripción del sistema de zonificación*

Clasificación de las zonas	Descripción
E1	Áreas con entornos oscuros: observatorios astronómicos de categoría internacional
E2	Áreas de bajo brillo: Áreas rurales
E3	Áreas de Brillo Medio: Áreas urbanas

Fuente: Norma CIE 126-1997

4.2.1.2 Limitaciones del flujo hemisférico superior

El flujo hemisférico superior se define como el porcentaje de flujo que una luminaria logra emitir sobre un plano horizontal pasando por el centro óptico de la misma, la cual debería encontrar instalada sobre una posición definida. (Ministerio de industria, energía y turismo, 2013).

En la **Tabla 5** se indican los valores del flujo hemisférico superior los cuales son los límites y además de eso los que se encuentran instalados.

Tabla 5. *Valores límite del flujo hemisférico superior*

Clasificación de zonas	Flujo hemisférico superior FHSinst (%)
E1	0
E2	0 – 5
E3	0 – 15
E4	0 – 25

Fuente: Norma CIE 126-1997

4.2.1.3 Actividades astronómicas

En la **Tabla 6** se muestran diferentes tipos de observaciones astronómicas que se desarrollan en diferentes zonas.

Tabla 6. *Actividades astronómicas realizables*

Clasificación de zonas	Actividades astronómicas
E1	Observatorios catalogados internacionalmente
E2	Observatorios para estudios académicos
E3	Observatorios para amateurs
E4	Observatorios para observaciones esporádicas

Fuente: Norma CIE 126-1997

4.2.1.4 Distancias entre zonas y el punto de referencia

La polución lumínica o el brillo nocturno en el cielo sobre una región específica, como en las áreas que albergan observatorios astronómicos, ya sean de categoría internacional reconocida o de carácter ocasional, surge a raíz de las dimensiones de dicha área y su sistema de iluminación propio, así como de la proveniente de las zonas circundantes (CIE, 1997).

Por lo tanto, es imprescindible considerar la iluminación de las áreas contiguas a la mencionada ubicación. El impacto de la iluminación de estas zonas limítrofes contribuye al total de la contaminación lumínica, y esta relación está directamente vinculada a las distancias entre los límites de dichas áreas y el propio "punto de referencia". En la **Tabla 7** se presentan las distancias establecidas por las normativas de la CIE en kilómetros para facilitar su comprensión.

Tabla 7. *Distancias mínimas entre cada zona.*

Zona del punto de referencia	Distancia entre las zonas (km)		
	E1 – E2	E2 – E3	E3 – E4
E1	1	10	100
E2	0	1	10
E3	0	0	1
E4	Sin límites		

Fuente: Norma CIE 126-127

Para utilizar eficazmente la Tabla 7, es necesario considerar un punto de referencia, que se refiere a las zonas E1, E2, E3 y E4, y colocar la distancia en kilómetros de acuerdo con la información previamente mencionada.

4.2.2 CIE 150-2003

En este estándar se presenta la orientación para reducir los efectos perturbadores de la luz proveniente de sistemas de iluminación al aire libre, además de señalar los valores máximos permitidos de iluminancia en el entorno y de intensidad luminosa (CIE, 2003).

En la **Tabla 8** se observa el sistema de zonificación en base a la iluminación medio ambiental de acuerdo al entorno.

Tabla 8. *Zonificación para iluminación del medio ambiente.*

Zonas	Entorno	Iluminación	Ejemplos
E1	Natural	Intrínsecamente oscuro	Parques nacionales y sitios protegidos
E2	Rural	Zona de brillo bajo	Áreas rurales, industriales o residencias
E3	Suburbano	Zona de brillo medio	Suburbios industriales o residenciales

E4	Urbano	Zona de brillo alto	Centros de ciudades y áreas comerciales
----	--------	---------------------	--

Fuente: Norma CIE 150-2003

4.2.2.1 Iluminancia vertical en propiedades

La regulación de la CIE también divulga los niveles de iluminancia específicos para viviendas ubicadas en proximidad a áreas significativas. La **Tabla 9** detalla los valores máximos de esta iluminancia, los cuales deben ser implementados en áreas medioambientales.

Tabla 9. *Valores máximos de la iluminancia vertical en propiedades*

Parámetro luminotécnico	Condiciones de aplicación	Zonas medio ambientales			
		E1	E2	E3	E4
Iluminancia en plano vertical	Pre- toque de queda	2 lux	5 lux	10 lux	25 lux
	Post- toque de queda	0 lux	1 lux	2 lux	5 lux

Fuente: Norma CIE 150–2003

4.2.2.2 Intensidad luminosa emitida por luminarias

El termino intensidad luminosa se encuentra descrito en la parte superior en conceptos generales, de esta manera se tendrá en cuenta la definición de toque de queda por parte de la CIE que es “El tiempo a partir del que se aplicaran requisitos para controlar la contaminación lumínica de forma estricta, que se deberá llevar a cabo por autoridades gubernamentales o una autoridad local”.

En la **Tabla 10** encontraremos los valores máximos para la intensidad luminosa la cual es proyectada por luminarias, y se tendrá en cuenta las condiciones de aplicación como pre-toque de queda post-toque de queda.

Tabla 10. *Valores máximos para luminarias de acuerdo a la intensidad luminosa*

Parámetro luminotécnico	Condiciones de aplicación	Zonas medio ambientales			
		E1	E2	E3	E4
Intensidad luminosa emitida por las luminarias	Pre- toque de queda	2500 cd	7500 cd	10000 cd	25000 cd
	Post- toque de queda	0 cd	500 cd	1000 cd	2500 cd

Fuente: Norma CIE 150-2003

4.3 Capítulo III: Normativa ecuatoriana “RTE INEN 069 – Alumbrado público”

En Ecuador, se dispone de una regulación para el alumbrado público, la cual es emitida por el Ministerio de Industrias y Productividad. Dicha normativa fue publicada el 17 de octubre de 2013 y actualizada en 2016, siendo conocida como el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 069 "Alumbrado Público".

En esta publicación se encuentran ciertos puntos implicados en el control de contaminación lumínica, siendo uno de ellos la zonificación, el cual se encuentra basado en la norma CIE 126 – 1997 “Directrices para minimizar el brillo en el Cielo”.

Este sistema de delimitación de zonas tiene dos objetivos, los cuales son:

- Definir los criterios de iluminación en áreas que alberguen un observatorio astronómico.
- Establecer los requisitos de las áreas contiguas a un observatorio.

En la **Tabla 11** se encuentra la definición por zonas para el control de contaminación lumínica de la normativa RTE INEN 069.

Tabla 11. *Definición de zonas en cuanto a la contaminación lumínica*

Zona	Tipo	Descripción
E1	Áreas con entornos oscuros	Observatorios astronómicos de categoría internacional
E2	Áreas de bajo brillo	Áreas rurales
E3	Áreas de brillo medio	Áreas urbanas residenciales
E4	Áreas de brillo alto	Centros urbanos con elevada actividad nocturna

Fuente: RTE INEN 069 “Alumbrado Público”

5. Metodología

La presente se estructura en varias secciones que abordan el área de estudio, los equipos y materiales empleados, además de proporcionar una descripción minuciosa de la metodología utilizada.

La primera sección presenta la ubicación del lugar donde se desarrolla la investigación, en la segunda los equipos de oficina, software y demás recursos que se utilizan en la ejecución del Trabajo de Integración Curricular. Por otro lado, en la última sección se detalla la secuencia y el flujo de los pasos necesarios para alcanzar los objetivos establecidos en el proyecto, proporcionando así una visión más completa y comprensiva del proceso.

- Normas técnicas nacionales RTE INEN 069

5.2.3 Equipos

- Laptop
Marca: MSI
Procesador: 13th Gen Intel(R) Core(TM) i7-13620H 2.40 GHz
Memoria RAM: 16 GB
Capacidad de almacenamiento: 512 GB
Sistema operativo: Windows 11
Tipo de Sistema: Sistema operativo de 64 bits, procesador basado en x64
- Smartphone
Marca: Infinix
Procesador: Mediatek Helio G88
Memoria RAM: 8 GB
Memoria de almacenamiento: 256 GB
Sistema operativo: Android

5.2.4 Materiales

- Cuaderno de apuntes
- Software:
AutoCAD 2021
ArcMap
Word Office
Excel Office
- Herramientas digitales:
Geo portal de la EERSSA
Adobe Acrobat: la cual es una herramienta para visualizar de mejor manera un documento digital.

5.3 Métodos

5.3.1 Método de estudio

En el marco de este estudio, se empleará el método hipotético-deductivo, fundamentado en la formulación de la siguiente hipótesis: "A través del análisis y la zonificación del área de alumbrado público actual, específicamente perteneciente a la EERSSA en Loja, se conseguirá gestionar de manera controlada la cantidad de luz necesaria, con el propósito de reducir la contaminación lumínica". Este enfoque metodológico implica la generación de una hipótesis inicial

que será sometida a análisis y pruebas, permitiendo así la deducción de conclusiones fundamentadas en los resultados obtenidos durante el proceso de investigación.

La metodología empleada en este proyecto se caracteriza por su enfoque, ya que se ha seguido un proceso que permite la ejecución efectiva de la zonificación, fundamentada en las normativas tanto internacionales como nacionales. Este método implica una síntesis cuidadosa de los lineamientos establecidos a nivel global y local, proporcionando así una base sólida para la implementación del proyecto de zonificación.

El proyecto se centra en una investigación que abarca tanto aspectos cualitativos como cuantitativos. En esta aproximación, se lleva a cabo un análisis detallado y la recopilación de datos numéricos.

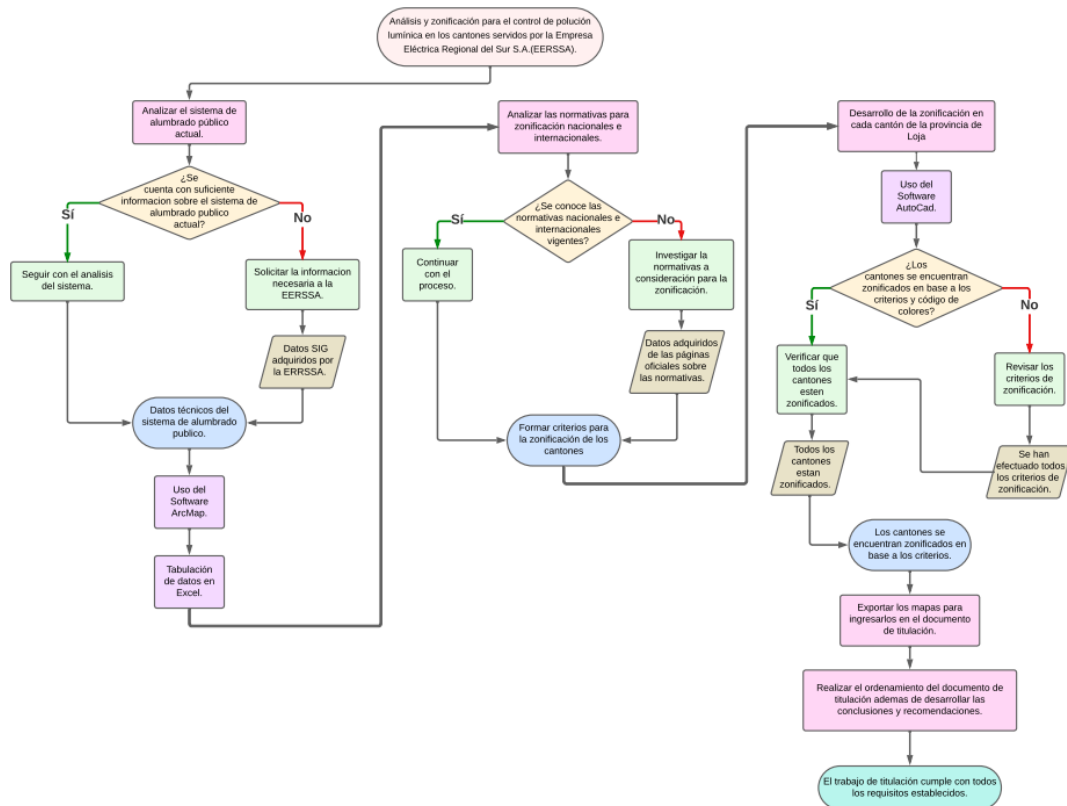
Además, se realiza una exploración en fuentes bibliográficas confiables, con el objetivo de comprender conceptos, características y significados inherentes a los datos. Estos datos provienen de estudios previamente realizados en diversos elementos y sistemas relevantes para la investigación en cuestión. Este enfoque integral busca proporcionar una comprensión holística y fundamentada de los elementos clave involucrados en el proyecto.

5.3.2 Tipo de investigación

Se optará por un enfoque descriptivo en la investigación, dado que se abordará el análisis de estudio en función de la información disponible. Esta elección metodológica se fundamenta en la observación y las circunstancias que caracterizan el sistema de alumbrado público en la provincia de Loja. A partir de una descripción integral de todo el sistema, se busca identificar y detallar las particularidades que permitan desarrollar una solución efectiva para reducir la contaminación lumínica. Este enfoque descriptivo permitirá captar con precisión la realidad del sistema y proyectar intervenciones específicas que contribuyan a la mejora de la situación ambiental en términos lumínicos.

5.4 Flujograma

Figura 13. Flujograma de proceso.



Fuente: Autores.

5.5 Procedimiento

5.5.1 Primero objetivo: “Analizar el alumbrado público existente para controlar su contaminación lumínica”

En la consecución de este objetivo, se adopta un enfoque cualitativo que permite analizar información proporcionada por la EERSSA. Esta elección metodológica se justifica por la naturaleza del análisis, que se basa en datos recopilados hasta enero de 2024, ofreciendo así una comprensión detallada y contextualizada de la situación. La metodología cualitativa proporciona un marco idóneo para explorar a fondo las complejidades y matices de la información disponible, permitiendo una interpretación más rica y completa de los datos en comparación con enfoques cuantitativos más tradicionales.

En una primera fase de análisis, se considera el tipo de luminarias empleadas en el alumbrado público en toda la provincia de Loja. El número total de luminarias instaladas asciende a 56.665. En el **Anexo 17**, se presenta un desglose detallado que permite visualizar la distribución específica de estas luminarias en cada cantón de la provincia de Loja. Este

despliegue pormenorizado ofrece una visión más precisa de la infraestructura de iluminación, destacando las variaciones y particularidades existentes entre los diferentes cantones de la provincia. Este enfoque detallado proporciona una base sólida para comprender las dinámicas locales y establecer patrones que pueden ser fundamentales para la toma de decisiones en el ámbito del alumbrado público.

Entre los tipos de luminarias que se utilizan para el alumbrado público de la provincia se encuentran las siguientes:

- Mercurio cerrada
- Mercurio abierta
- Sodio cerrada
- LED
- Proyector de sodio
- Proyector de mercurio
- Proyector metal Halide
- Metal Halide
- Proyector LED

5.5.2 Segundo objetivo: “Desarrollar mapas en los cuales se muestre las zonas con sus respectivas limitaciones según las normas que rigen la polución lumínica”

Al examinar detalladamente las regulaciones tanto nacionales como internacionales, como la INEN RTE 069, la CIE-1997 y la CIE-2003, se procede a realizar una comparación exhaustiva con el sistema de alumbrado público presente en la provincia de Loja. Se destaca que este sistema contribuye a la contaminación lumínica, ya que carece de un sistema de zonificación efectivo y no hace uso extensivo de luminarias LED. La ausencia de una planificación zonal y la limitada incorporación de tecnología LED son factores determinantes en la generación de dicha contaminación lumínica, que es objeto de análisis detallado en el presente estudio.

De este modo, se llevará a cabo una zonificación utilizando una codificación cromática para representar diversas áreas geográficas. Este proceso se ejecutará mediante la utilización de mapas cartográficos específicos de cada cantón de la provincia de Loja. A continuación, se describen los cantones que se encuentran en estudio por parte del presente trabajo de titulación:

- Calvas
- Catamayo
- Celica

- Chaguarpamba
- Espíndola
- Gonzanamá
- Loja
- Macará
- Olmedo
- Paltas
- Pindal
- Puyango
- Quilanga
- Saraguro
- Sozoranga
- Zapotillo

Para llevar a cabo este proceso, es esencial considerar la ubicación estratégica de cada cantón en la provincia de Loja. Además, se deben examinar los aspectos políticos que estructuran cada cantón, tanto en sus parroquias rurales como urbanas, y verificar que estén cubiertos por el sistema de alumbrado público de la EERSSA.

En este análisis, también se toma en cuenta la densidad de alumbrado público en cada área. La obtención de estos datos se realiza mediante un procedimiento formal que involucra la emisión de un oficio, dirigido por el decano de la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables, al presidente ejecutivo y representante legal de la entidad pública correspondiente, en este caso, la EERSSA.

Este proceso sigue una serie de pasos protocolares, como la recepción del documento, la firma de un acta de confidencialidad y, tras ciertos días hábiles, la empresa pública procede a proporcionar la información solicitada. Este enfoque garantiza la transparencia y legalidad en la obtención de datos cruciales para la realización de la zonificación y la formulación de estrategias para mejorar el sistema de alumbrado público en la provincia.

Para avanzar en la configuración de los mapas dentro del software de diseño, es crucial realizar una investigación exhaustiva que abarque la distribución zonal basada en el uso del suelo de cada cantón, así como considerar el contexto económico y el plan de ordenamiento territorial. Dentro de este análisis, se debe indagar sobre la presencia de bosques naturales y la disposición de asentamientos humanos, los cuales pueden estar dispersos en todo el territorio, esta información es esencial para flexibilizar los niveles de iluminación de manera precisa.

La adaptabilidad de los niveles de iluminación se vuelve especialmente relevante en áreas pobladas con diversas actividades nocturnas, tales como zonas deportivas, parques, discotecas, bares y lugares turísticos.

En estas ubicaciones, se determinará y empleará un nivel de iluminación distinto, garantizando de esta manera la eficacia del alumbrado público conforme a las necesidades particulares de cada entorno. Este enfoque detallado y contextualizado ayudará a mejorar la eficiencia lumínica y asegurar un entorno nocturno seguro y adecuadamente iluminado.

5.5.3 Tercer objetivo: “Plantear un sistema de alumbrado público eficiente teniendo en cuenta las condiciones de utilización de los diferentes tipos de luminarias, que contribuirá a la disminución de la contaminación lumínica”

Al analizar detenidamente los datos proporcionados por la EERSSA, se observa claramente una predominancia en la utilización de luminarias de sodio cerradas, mientras que el uso de luminarias LED y sus proyectores se registra de manera marginal. En el caso del cantón Loja, se revela una cifra significativa, con un total de 22.747 luminarias de sodio cerradas, lo que equivale al 85,91% del conjunto total de instalaciones. Por otro lado, las luminarias LED y sus proyectores suman un total de 3.307, representando el 12,49% (EERSSA, 2024).

Es importante subrayar que el panorama lumínico no se limita exclusivamente a estas dos categorías, ya que existen otros tipos de luminarias descritas previamente, las cuales constituyen el porcentaje restante. Este análisis minucioso permite identificar las tendencias predominantes en la iluminación pública, contribuyendo así a una comprensión más completa de la infraestructura lumínica en la región.

Al explorar detalladamente la cantidad de luminarias LED instaladas, se evidencia una marcada disparidad en comparación con las luminarias de sodio. Tras un análisis exhaustivo, se llega a la conclusión de que es viable y, de hecho, imperativo llevar a cabo una transición prioritaria hacia el empleo de luminarias LED. Es crucial destacar que dentro de la gama de luminarias LED existen diversas potencias capaces de sustituir de manera eficaz a las instaladas actualmente, lo que se traduciría en una notable mejora en la eficiencia lumínica. Este cambio no solo conllevaría a la utilización de un menor número de luminarias, sino que también desempeñaría un papel esencial en la reducción de la contaminación lumínica, un aspecto central y primordial en el desarrollo y alcance de los objetivos de este trabajo de titulación. La adopción de tecnologías más eficientes no solo optimizaría el consumo energético, sino que también respaldaría la sostenibilidad y la preservación del entorno lumínico en la comunidad.

El alumbrado público con iluminación LED ofrece una serie de beneficios significativos en comparación con tecnologías de iluminación más tradicionales.

Aquí se detallan algunos de estos beneficios:

- Eficiencia energética
- Vida útil prolongada
- Mayor intensidad de luz y uniformidad
- Control de intensidad y dimensión
- Baja emisión de calor
- Menor contaminación lumínica
- Tecnología adaptativa y Smart city
- Compatibilidad ambiental

5.6 Procesamiento y análisis de datos

5.6.1 Primero objetivo: “Analizar el alumbrado público existente para controlar su contaminación lumínica”

En el contexto del procesamiento y análisis de datos, resulta crucial considerar la información proporcionada por la EERSSA, la cual se encuentra almacenada en una base de datos accesible mediante el programa ArcMap. A través de este programa, se pueden examinar datos específicos que incluyen subtipos de luminarias, sus respectivas cantidades y las potencias asociadas a cada una de ellas. Este análisis detallado se realiza a nivel de cada cantón y, en caso necesario, puede extenderse para abarcar la totalidad de la provincia.

La capacidad de examinar minuciosamente esta información en ArcMap brinda una perspectiva completa y detallada del estado actual del sistema de alumbrado público. Este enfoque permite la identificación de patrones, tendencias y áreas de mejora para aumentar la eficiencia lumínica y abordar de manera efectiva la problemática de la contaminación lumínica en la provincia.

La recopilación de todos estos datos se simplifica considerablemente mediante el uso del programa Excel, que ofrece amplias capacidades y facilidades para obtener y verificar las cantidades numéricas.

La necesidad de utilizar Excel radica en su capacidad para realizar comparaciones directas desde la misma base de datos hasta los resultados tabulados. Todos estos datos detallados se encuentran documentados en la sección de anexos, organizados en tablas separadas por cantón. Además, se proporciona una suma total de todos los elementos, lo que facilita una verificación precisa de la información. Este enfoque metodológico garantiza la

coherencia y confiabilidad de los datos, lo cual es esencial para fundamentar adecuadamente las conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis.





5.6.2 Segundo objetivo: “Desarrollar mapas en los cuales se muestre las zonas con sus respectivas limitaciones según las normas que rigen la polución lumínica”

Para la elaboración de los mapas, es esencial considerar los aspectos previamente mencionados en secciones anteriores, como las normativas nacionales e internacionales presentadas en los capítulos 2 y 3 del marco teórico. Además, se incorpora la información obtenida del sitio web del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), así como de las páginas gubernamentales de cada municipalidad, donde se encuentran los planes de ordenamiento territorial. Asimismo, es fundamental tener en cuenta criterios específicos, como la sensibilidad de la zona al brillo o luminosidad, y los usos del suelo en áreas particulares.

Una vez asimilado el sistema de zonificación destinado a controlar la contaminación lumínica, se procede al desarrollo de un sistema basado en un código de colores. Este código se utilizará para identificar distintas zonas, categorizadas como E1, E2, E3 y E4. Esta clasificación permitirá una representación visual clara y eficiente de las áreas con diferentes niveles de restricción lumínica, facilitando así la implementación efectiva de estrategias para mejorar el alumbrado público en la provincia.

A continuación, se encuentra la **Tabla 12** en la cual podemos observar el código de colores que vamos a utilizar para la zonificación.

Tabla 12. *Código de colores para zonificación*

Zona	Código de colores	Color
E1	DIC 424	
E2	DIC 414	
E3	DIC 567	
E4	DIC 593	

Fuente: Autor.

5.6.3 Tercer objetivo: “Plantear un sistema de alumbrado público eficiente teniendo en cuenta las condiciones de utilización de los diferentes tipos de luminarias, que contribuirá a la disminución de la contaminación lumínica”

Un sistema de alumbrado público debe ser eficiente, además debe estar diseñado para reducir la contaminación lumínica, basarse en la implementación estratégica de diferentes tipos de luminarias, considerando las condiciones específicas de uso. El procesamiento de la información para el planteamiento de un sistema de alumbrado público eficiente, considerando

las condiciones de utilización de diferentes tipos de luminarias para la reducción de la contaminación lumínica, debe seguir un enfoque metodológico estructurado.

Aquí se presentan los pasos a seguir para el procesamiento de esta información:

5.6.3.1 Recolección de Datos

Obtener datos detallados sobre el sistema de alumbrado público existente, incluyendo el tipo, cantidad y ubicación de las luminarias, además de la recopilación información sobre las normativas nacionales e internacionales relacionadas con el alumbrado público y la contaminación lumínica, y considerar el plan de ordenamiento territorial en el cual se especifican características del entorno urbano y rural sobre el uso del suelo en las áreas de influencia.

5.6.3.2 Análisis de Tipos de Luminarias

Evaluar las características técnicas y eficiencia energética de diversos tipos de luminarias, priorizando aquellas que contribuyen a la reducción de la contaminación lumínica.

5.6.3.3 Zonificación Lumínica

Utilizar los datos del inventario y el análisis de tipos de luminarias para diseñar un sistema de zonificación lumínica y definir áreas específicas con necesidades lumínicas particulares y asignar tipos de luminarias adecuadas a cada zona.

5.6.3.4 Estudio de Factores Ambientales y Urbanos

Analizar el entorno urbano, incluyendo características topográficas, densidad de población y patrones de uso del suelo, considerar la sensibilidad ambiental y las necesidades de iluminación específicas para cada área.

6. Resultados

6.1 Sistema de zonificación para los cantones servidos por la EERSSA

Se abordarán diversas áreas en el presente análisis, incluyendo zonas comerciales, residenciales (tanto rurales como urbanas), industriales y áreas protegidas. La finalidad principal de los mapas presentados en este capítulo es restringir el territorio con el fin de controlar la contaminación lumínica.

Este enfoque busca fomentar la preservación del medio ambiente y garantizar el cumplimiento de normativas cruciales, entre las que se incluyen las específicas de la norma INEN RTE 069, así como otras de carácter internacional, Con el propósito de llevar a cabo este estudio de manera integral, se hará uso del Plan de Ordenamiento Territorial vigente de cada cantón.

Este plan desglosa y establece los correspondientes reglamentos para el uso del suelo, proporcionando una base sólida y actualizada para la investigación en cuestión, la utilización de esta información detallada permitirá una evaluación más precisa y contextualizada de las áreas designadas, facilitando así la implementación de medidas efectivas en el control de la polución lumínica.

En última instancia, este enfoque integral pretende contribuir significativamente al resguardo del entorno natural y al cumplimiento de las normas pertinentes.

6.2 Criterios para la zonificación

La zonificación de los cantones de la provincia de Loja para el control de la polución lumínica considera ciertos criterios los cuales se encuentran a continuación:

1. La utilización del plan de ordenamiento territorial de cada cantón, debido a que este contiene la información necesaria sobre el uso del suelo, ya que en base a la misma se desarrolla la zonificación.
2. La normativa INEN RTE 069, en la que se encuentran zonas de brillo como: alto, medio, bajo y entornos oscuros, en el presente trabajo de titulación estaría ubicada en la **Tabla 11**.
3. Normativa internacional como la que se encuentra en la **Tabla 4** la cual pertenece a la norma CIE- 1997 en cual se encuentra la descripción del sistema de zonificación basada en brillos al igual que en la normativa INEN RTR 069.
4. Otra regulación global que servirá como fundamento para los criterios de delimitación se presenta en la **Tabla 8**, la cual aborda la zonificación basada en la iluminación ambiental y corresponde a la norma CIE-2003.

6.3 Cartografía para la zonificación en la Gestión de la Contaminación Lumínica

6.3.1 Cantón Calvas

El cantón Calvas está ubicado al sur de Ecuador, en la provincia de Loja, limitando con el Perú. Con una extensión territorial de 839 kilómetros cuadrados, comprende un paisaje diverso y significativo, además se caracteriza por tener siete parroquias rurales, de las cuales tres son urbanas y cuatro son rurales, cada una con sus particularidades y encantos únicos, en la región se encuentran aproximadamente 95 comunidades, lo que refleja la riqueza y la diversidad social presentes en esta área del país (GAD Municipal de Calvas, 2021).

Para el alumbrado público el cantón cuenta con un total de 2.378 luminarias de las cuales en su mayoría son de sodio cerradas. de alta presión y de diferente potencia, llegando a ser un total de 2.131 lo cual equivale al 89,61% de las luminarias instaladas, las cantidades establecidas para cada tipo de luminaria se encuentran en el **Anexo 1**.

Se han establecido cuatro áreas con el propósito de gestionar la contaminación lumínica, siguiendo las directrices descritas en la **Tabla 8**. Esta tabla establece criterios específicos que permiten la identificación de cada área de manera precisa, en concordancia con las disposiciones establecidas por la norma INEN RTE 069.

Zona E1: En esta zona, se identifican áreas específicas dedicadas a la conservación y protección de ecosistemas con entornos oscuros, ideales para observatorios astronómicos y actividades afines.

- Ahuaca: El cerro Ahuaca se encuentra al ingreso del cantón el cual tiene una forma cónica rodeada de estructura granítica, este fue designado como área protegida por medio del SNAP.
- El Guabo: En la página oficial del GAD municipal de Calvas cuenta como zona protegida el área que comprende el guabo.
- Hanne: Este es una reserva privada llamada Utuana o “Bosque de Hanne”, el mismo alberga especies de aves por lo que también fue designada como un área protegida.

Zona E2: En esta área, se localizan las zonas rurales designadas para actividades productivas, tanto ganaderas como agrícolas. Además, se distinguen otras áreas de relevancia, como las destinadas a la conservación patrimonial y aquellas con enfoque ecológico.

- Colaisaca: Esta parroquia está ubicada al suroccidente de del cantón calvas, cuenta con un clima frío, templado y tropical, esta cuenta con una expansión de 196,17 kilómetros

cuadrados, en la parroquia se realiza un gran aprovechamiento agrícola, realizando a su vez una agricultura tradicional además de un aprovechamiento ganadero.

- El Lucero: Al disfrutar de un clima cálido, esta región ha sido agraciada con una notable diversidad de cultivos y productos agrícolas, tales como yuca, maíz, guineo, limón, entre otros. Además, los habitantes han consolidado su presencia en la producción ganadera, comercializando ganado vacuno, caprino, caballar y aves de corral, incluyendo patos, pavos y gallinas
- Sanguillín: De la misma manera que las anteriores parroquias cuentan con un clima favorable para la agricultura, además de contar con recursos hídricos inagotables por lo cual estas áreas son catalogadas como áreas naturales de protección.
- Utuana: Dentro de Utuana se encuentra la reserva natural que lleva el mismo nombre en la cual se encuentran bosques húmedos y está ubicada al sur oeste del cantón, es por esta razón que en la misma existen áreas de recuperación del ecosistema y son consideradas también como áreas de conservación del patrimonio cultural.

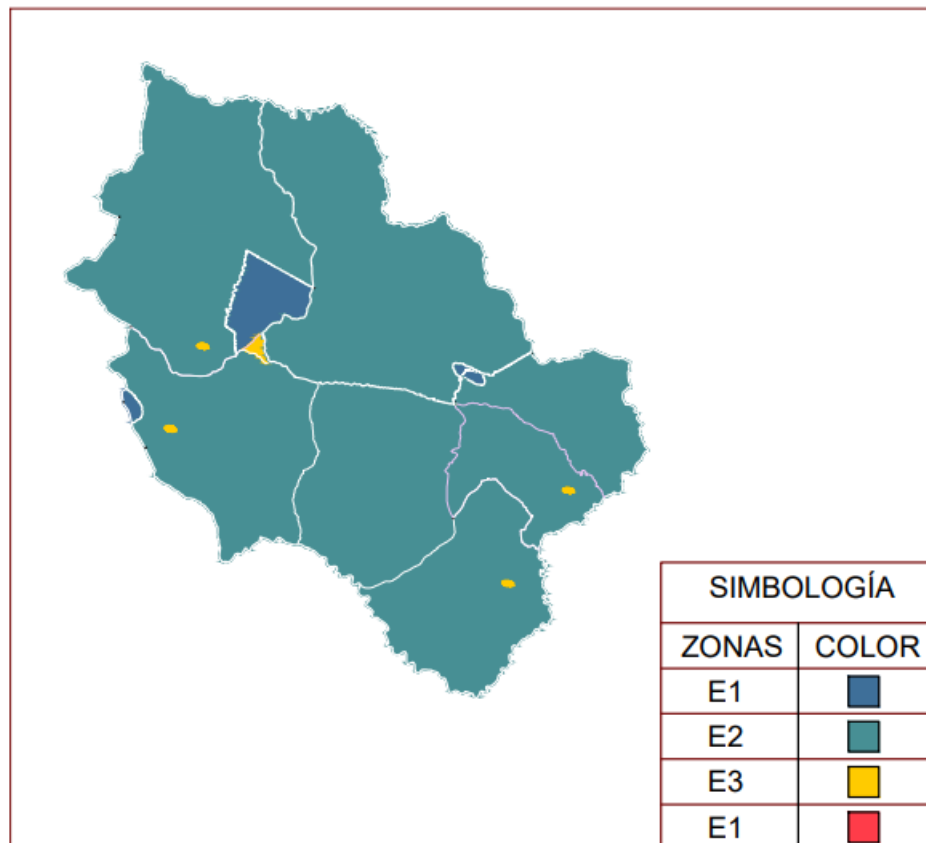
Zona 3: Estas áreas se destacan por su brillo moderado y se caracterizan por albergar tanto zonas residenciales urbanas consolidadas como aquellas que están experimentando un notable crecimiento y expansión. La presencia de una luminosidad intermedia sugiere un equilibrio entre la vitalidad urbana y la progresiva transformación de espacios en desarrollo. Estos lugares no solo son testigos de la vida urbana establecida, sino también de la prometedora evolución de nuevas comunidades en constante crecimiento como: Cariamanga, San Vicente y Chile, además de ciertos barrios pertenecientes a las parroquias rurales.

- Cariamanga: La parroquia de Cariamanga es la cabecera cantonal del cantón Calvas, cuenta con una topografía accidentada por lo que posee diferentes altitudes, es por eso que la misma cuenta con mayor crecimiento urbano en comparación con las otras parroquias pertenecientes al cantón, esta cuenta con un crecimiento poblacional entre el 0,34 y 0,56%.
- San Vicente: Es una parroquia urbana que se encuentra dentro de Cariamanga en la cual se encuentran zonas como el parque “La nube”, parque “La merced” y la iglesia del mismo nombre.
- Chile: Esta se encuentra cerca a lugares conocidos de la parroquia como “El Mirador”, “el Dorado”, entre otros.
- Áreas centrales de las parroquias rurales.

Zona E4: Esta es una zona de brillo alto, pero al ser un cantón pequeño no llegaría a contar con esta zona por lo que sería contaminante la cantidad de iluminación.

La zonificación del cantón Calvas se encuentra a continuación:

Figura 14. Zonificación cantón Calvas



Fuente: Autor.

6.3.2 Cantón Catamayo

El cantón Catamayo, situado al sur del país y al oeste de la ciudad de Loja, se extiende sobre una superficie de 659 kilómetros cuadrados. Su paisaje geográfico diverso y su importancia regional lo convierten en un área de relevancia estratégica (GAD Municipal de Catamayo, 2023).

En cuanto a la infraestructura urbana, el cantón cuenta con un total de 5,330 luminarias. Sin embargo, resulta preocupante observar que, de este número, 4,398 son de sodio cerradas de alta presión, representando el 82.51% del total. Este predominio de luminarias poco eficientes no solo plantea desafíos en términos de sostenibilidad y eficiencia energética, sino que también contribuye a la generación de contaminación lumínica.

Estos datos detallados sobre el tipo y la cantidad de luminarias se encuentran disponibles para su consulta en el **Anexo 2**.

En base a lo descrito con anterioridad se realizará la distribución de zonas en base a la normativa INEN RTE 069, la cual utiliza los datos que se encuentran en el Plan de ordenamiento territorial del cantón, que proporciona una visión más completa de la situación actual de la iluminación en el cantón Catamayo, permitiendo una evaluación detallada de las áreas que podrían beneficiarse de mejoras en términos de eficiencia energética y reducción de la contaminación lumínica.

Zona E1: Este espacio ha sido designado con el propósito de preservar la naturaleza, abarcando la protección tanto de la fauna como de la flora, así como de los valiosos recursos hídricos que alberga.

- Esta área queda ubicada en el límite entre el bosque seco del cantón Paltas y el bosque Santa Rita del cantón Gonzanamá.

Zona E2: En esta zona se alberga parroquias rurales, cada una con un enfoque predominante en la producción agrícola, ganadera e industrial, estos pintorescos núcleos comunitarios no solo sirven como fundamentales centros de actividad agraria, sino que también desempeñan un papel crucial en el desarrollo de iniciativas industriales que contribuyen a la economía local.

- El Tambo: La idílica parroquia se asienta en la apacible porción sureste de Catamayo, siendo reconocida por su destacada producción agrícola que abarca una amplia diversidad de cultivos, a su vez, esta pintoresca localidad cuenta con valiosos recursos naturales que añaden un toque especial a su paisaje, entre estos tesoros naturales se encuentran depósitos de mármol, yacimientos de yeso, vetas de carbón de piedra y manantiales de aguas sulfurosas, estos recursos no solo definen la identidad geográfica de la parroquia, sino que también ofrecen oportunidades para el desarrollo económico sostenible y la preservación de su singularidad ambiental.
- Zambi: Situada en proximidad al cantón El Oro, esta parroquia se destaca por su significativa producción agrícola, siendo el café una de sus joyas más notables, la tierra fértil y el clima propicio han propiciado el cultivo de una amplia variedad de granos de café, destacándose por su calidad y sabor distintivo, además del café, la parroquia también se dedica al cultivo y distribución de maní en la región circundante, la cuidadosa gestión de estas actividades agrícolas contribuye no solo a la economía local, sino también a la

consolidación de la reputación de la parroquia como un importante centro de producción de productos agrícolas de alta calidad.

- San Pedro de la Bendita: Este enclave se localiza a escasos kilómetros de la ciudad de Catamayo y, al igual que sus homólogas parroquias, dispone de extensas áreas destinadas a la producción agrícola. La proximidad geográfica con la ciudad principal lo convierte en un punto estratégico para el abastecimiento de productos frescos, el clima cálido y los terrenos planos que caracterizan a esta región facilitan las labores agrícolas, proporcionando un entorno propicio para el cultivo, los agricultores de esta parroquia aprovechan estas condiciones óptimas para diversificar sus cultivos y contribuir significativamente a la oferta agrícola local.
- Guayquichuma: a parroquia fundamenta sus actividades productivas y económicas en la siembra estratégica de diversos productos que generan beneficios significativos para la región. Entre los cultivos destacados se encuentran el maíz, café, cacao y maní, entre otros. Estos cultivos no solo representan fuentes de ingresos cruciales para los habitantes locales, sino que también contribuyen a la diversificación agrícola, promoviendo la sostenibilidad y la resiliencia económica en la comunidad, la producción de maíz, por ejemplo, no solo satisface las necesidades alimentarias locales, sino que también puede destinarse a mercados más amplios, generando ingresos adicionales, el café y el cacao, por otro lado, no solo son apreciados por sus cualidades gastronómicas, sino que también aportan a la reputación de la parroquia como una zona productora de productos de alta calidad.

Zona E3: Para esta zona se toma en cuenta áreas que se encuentren en expansión, que principalmente llegan a ser las parroquias urbanas del cantón, las cuales se encuentran a continuación:

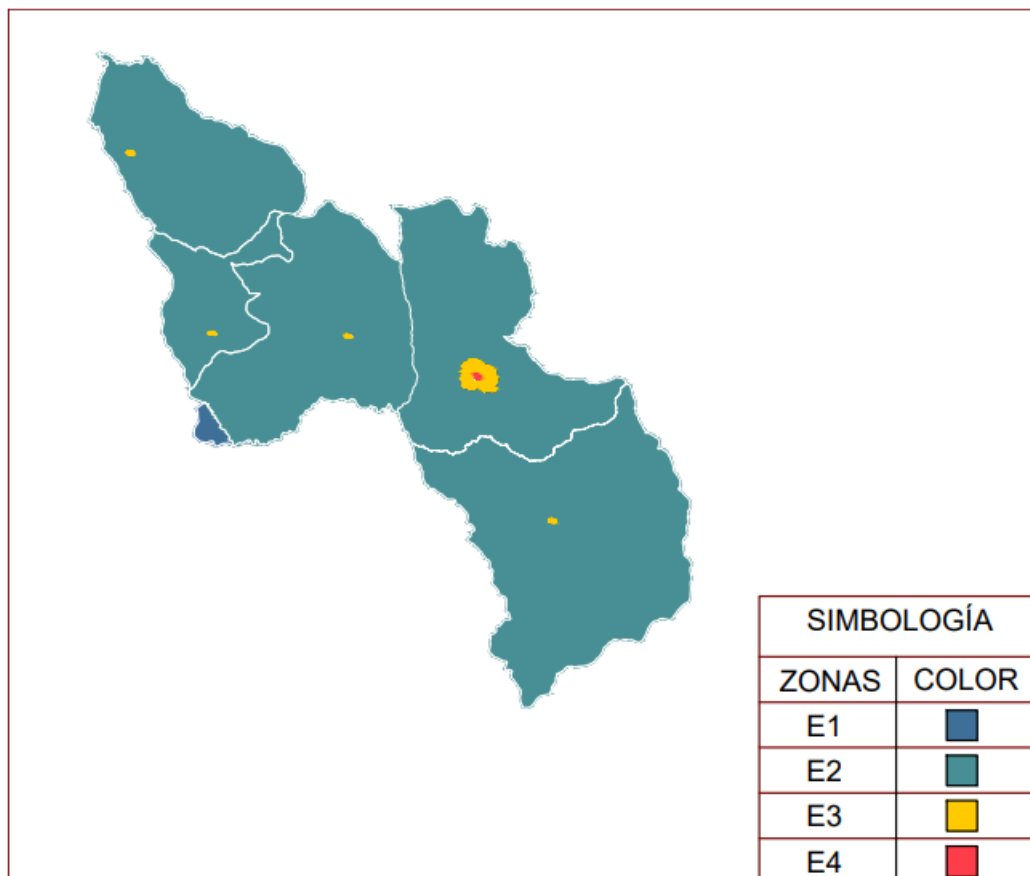
- Catamayo: La parroquia, que comparte el nombre con el cantón, experimenta un constante crecimiento tanto en el ámbito urbano como turístico. Este dinamismo se atribuye a su condición como la cabecera cantonal, convirtiéndola en un punto focal de desarrollo y atracción para visitantes, el crecimiento urbano refleja una expansión sostenida de la infraestructura, con nuevos comercios, viviendas y servicios emergiendo para satisfacer las demandas de la creciente población local.

- San José: En esta parroquia, se destacan miradores naturales de notable belleza, como el conocido "Peñas Blancas", que ofrecen vistas panorámicas excepcionales de los paisajes circundantes. Asimismo, se encuentran barrios pintorescos, entre los cuales destaca el animado "Santo Domingo de Guzmán", considerado el más predominante de la zona. Este barrio no solo refleja la vitalidad comunitaria, sino que también contribuye a la identidad cultural de la parroquia, además, la parroquia cuenta con canchas de uso múltiple estratégicamente distribuidas en sus alrededores.
- Áreas centrales de las parroquias rurales.

Zona E4: En esta se encontraría el centro de la parroquia urbana de Catamayo lo que constituiría la zona de más alto brillo, por ser un área comercial debido al turismo de la misma.

La zonificación del cantón Catamayo se encuentra a continuación:

Figura 15. Zonificación cantón Catamayo



Fuente: Autor.

6.3.3 Cantón Celica

El Cantón se halla en la región occidental de la provincia de Loja, en el sur de Ecuador, abarca una extensión de 518 kilómetros cuadrados, caracterizándose por su topografía

montañosa, la misma cuenta con una parroquia urbana y cuatro parroquias rurales que se tomaran en cuenta para la zonificación (GAD Municipal de Celica, 2023).

Dentro de esta área, se han desplegado un total de 1.961 luminarias, de las cuales 1.657 son luminarias de sodio cerradas de alta presión, constituyendo así el 84,49% del conjunto lumínico, este dato concreto se verifica detalladamente en el **Anexo 3** adjunto.

En aras de garantizar un adecuado cumplimiento normativo, se adoptará la normativa INEN RTE 069, la cual regula de manera específica la zonificación lumínica en el territorio nacional. Este enfoque normativo respalda la eficiencia y la sostenibilidad del sistema de iluminación, promoviendo al mismo tiempo la seguridad y el bienestar en la zona correspondiente.

Zona E1: Esta área está destinada a albergar aquellas zonas que han sido oficialmente reconocidas como áreas protegidas a nivel provincial o nacional. Sin embargo, en el caso particular del cantón Celica, no se ha formalizado la presencia de ninguna área protegida que sea considerada para su inclusión en el proceso de zonificación.

Zona E2: Dentro de esta región, se identifican áreas dedicadas a la producción agrícola y forestal, así como zonas de gran valor ecológico, como es el caso de las parroquias rurales. Estas áreas se destinan estratégicamente para fomentar la actividad agrícola y forestal, reconociendo la importancia de mantener un equilibrio sostenible entre la explotación de recursos naturales y la preservación de los ecosistemas.

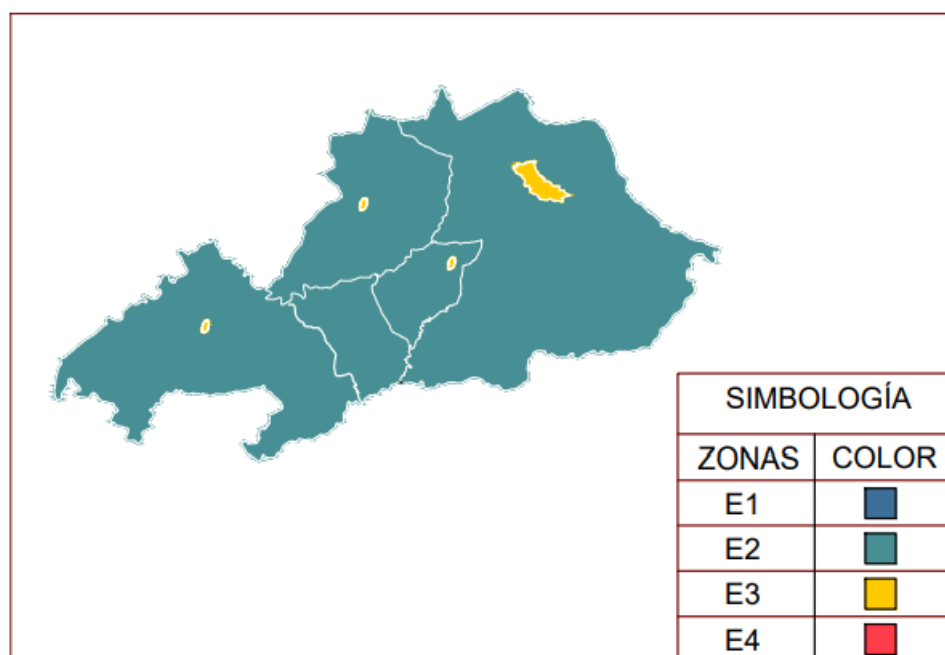
- Cruzpamba: Desarrolla tanto actividades agrícolas como sociales, y participa activamente en el intercambio de mercancías con productores y comerciantes de diversos lugares, incluyendo los barrios locales. Este compromiso multifacético no solo destaca su función como centro de producción agrícola, sino también como un punto clave para la interacción social y económica.
- Pózul: Ubicada a una distancia de 16 kilómetros de la cabecera cantonal, esta localidad se distingue por ser un enclave activo donde florecen diversas actividades agrícolas, centrándose especialmente en el cultivo de maíz y café.
- Sabanilla: En esta localidad, la principal ocupación es la producción agropecuaria, destacándose por cultivar una variedad de productos que incluyen maní, guineo, cerdos, pollos y ganado vacuno.
- Teniente Maximiliano Rodríguez: Al igual que en las otras parroquias se dedica a la actividad agropecuaria además de que en la zona se encuentran plantas nativas del lugar como el cedro y el guararo, entre otras.

Zona E3: En esta se encuentran áreas destinadas a parroquias urbanas o que se encuentran en desarrollo, que en este caso sería la parroquia urbana de Celica la cual es la cabecera cantonal que lleva el mismo nombre, además de áreas centrales de las parroquias rurales.

Zona E4: Dado el tamaño reducido del cantón, no dispone de centros históricos ni áreas de gran actividad comercial y turística que demanden iluminación pública de intensidad elevada.

La zonificación del cantón Celica se encuentra a continuación:

Figura 16. Zonificación cantón Celica



Fuente: Autor.

6.3.4 Chaguarpamba

El cantón se sitúa en la provincia de Loja y abarca una extensión territorial de 312 kilómetros cuadrados. Además, cuenta con una parroquia urbana y cuatro parroquias rurales, las cuales comprenden un total de 68 barrios. (GAD Municipal de Chaguarpamba, 2021).

El cantón cuenta con un sistema de alumbrado público compuesto por 905 luminarias, de las cuales 796 son de sodio cerradas, representando el 87,95% del total. Sin embargo, esta predominancia de luminarias de sodio cerradas se traduce en una eficiencia lumínica limitada, generando así contaminación lumínica en la zona, esto se puede evidenciar en el **Anexo 4**.

Teniendo en cuenta lo mencionado en los párrafos anteriores se procede a delimitar la zonificación en base a la **Tabla 11** y los criterios necesarios.

Zona E1: En esta se encuentran áreas protegidas, dentro del cantón Chaguarpamba se encuentra la siguiente área:

- Las lagunas de Saraguallas: esta se encuentra ubicada a 45 kilómetros de la parroquia Chaguarpamba precisamente en Santa Rufina.

Zona E2: La zona está dedicada a actividades agrícolas, las cuales se llevan a cabo principalmente en las parroquias rurales, como se detallan a continuación:

- Amarillo: En esta parroquia, la actividad agrícola se lleva a cabo no solo como una ocupación productiva, sino también como un medio de subsistencia, ya que existe una dependencia alimentaria significativa
- Buenavista: En la misma existen tierras fértiles para la producción de cultivos dentro de los cuales se puede encontrar la caña de azúcar, mandarina y zapotes.
- El Rosario: Ubicada en la cuenca del río Puyango o subcuenca del Río San Luis se ve favorecida para la actividad agrícola.
- Santa Rufina: Se fomenta el cultivo de plátano debido a proyectos de emprendimiento en la zona que es favorecida por el clima.

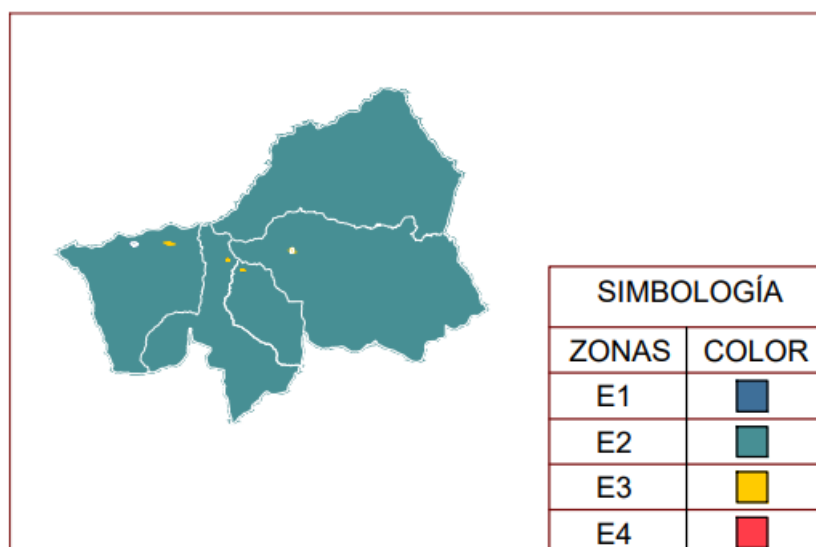
Zona E3: Para definir los límites de esta zona, se consideran las áreas urbanas del cantón, entre las cuales se incluyen parroquias urbanas, como la que se menciona a continuación:

- Chaguarpamba: Dado que es la parroquia principal del cantón, se le otorga un valor especial, ya que presenta un potencial significativo de crecimiento en consonancia con el plan de ordenamiento territorial.
- Áreas centrales de las parroquias rurales.

Zona E4: En el cantón, no se identifican zonas de gran concentración de personas; por lo tanto, no se observan áreas con una iluminación intensa.

La zonificación del cantón Chaguarpamba se encuentra a continuación:

Figura 17. Zonificación cantón Chaguarpamba



Fuente: Autor.

6.3.5 Cantón Espíndola

El cantón está situado al sur de la provincia de Loja, la cual tiene una población aproximada de 17.584 habitantes. Con una extensión de 513,9 kilómetros cuadrados, el cantón comprende una parroquia urbana y seis parroquias rurales que abarcan toda su área. (GAD Municipal de Espíndola, 2020).

En esta área, se han instalado un total de 1.620 luminarias destinadas al alumbrado público por parte de la EERSSA. De este conjunto, 1.518 son luminarias de sodio cerradas de alta presión, lo que representa el 93,7% del total como se observa en el **Anexo 5**. Es importante señalar que este alto porcentaje revela un déficit en la iluminación, atribuible a la baja eficiencia de estas luminarias en comparación con las nuevas tecnologías, además de generar contaminación lumínica.

A continuación, se presenta la zonificación basada en los criterios previamente mencionados, acompañada del código de colores que se detalla en la **Tabla 12**.

Zona E1: Esta área comprende zonas designadas específicamente para la conservación y protección de ecosistemas, las cuales se detallan a continuación:

- El parque nacional yacuri: reconocido como un área protegida por su diversidad en el ecosistema, que incluye una amplia variedad de flora y fauna. Además, destaca por la presencia de lagunas que son puntos de interés turístico, como las Lagunas Negras, consideradas un tesoro natural del cantón, y la laguna que comparte nombre con el parque, entre otras atracciones.

Zona E2: En esta se hayan áreas destinadas a la agricultura, las cuales son las parroquias rurales del cantón como los que se describen a continuación:

- La Naranja o 27 de Abril: Ubicada al sureste de la provincia de Loja, esta parroquia se destaca por la prosperidad generada a través de la abundancia de cultivos, contribuyendo significativamente al desarrollo económico de la región.
- Bellavista: La actividad económica predominante en esta, es la agropecuaria, centrándose la producción agrícola en la seguridad alimentaria, con escaso excedente disponible para la comercialización
- El Airo: Estos suelos son aptos tanto para explotaciones de tipo permanente como para ciertos cultivos anuales, que, según su ubicación altitudinal, podrían incluir maíz, fréjol, yuca, caña de azúcar, frutales, entre otros.
- El Ingenio: Según las narraciones de la población autóctona, se dice que, para ascender al cerro, el cielo debe presentarse en tonos azules, con el fin de prevenir posibles desgracias repentinas. Este entorno natural se caracteriza por sus mesetas desoladas que dan origen a imponentes picos de piedra.
- Jimbura: Constituye la entrada principal a uno de los parques naturales más destacados en la región, como es el caso de Yacurí. Dentro de esta zona protegida, se halla una notable variedad de aves, flora silvestre, y la presencia de especies emblemáticas como el oso perezoso y el distintivo oso de anteojos, símbolo característico de esta región.
- Santa Teresita: Similar a la parroquia anterior, una porción del Parque Yacuri se ubica en esta área, lo cual limita los espacios destinados a la agricultura, dicha actividad se ve restringida debido a la presencia de la zona protegida.

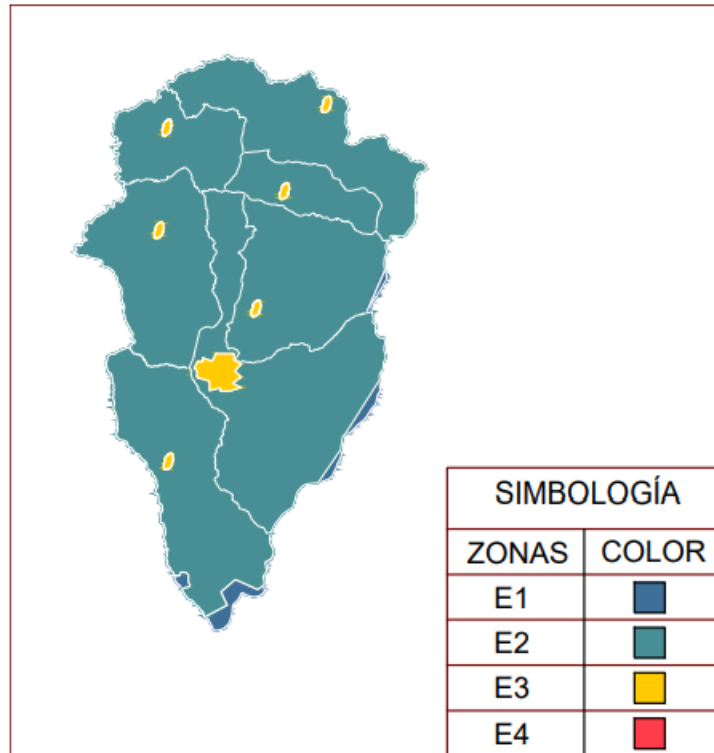
Zona E3: Para esta zona se encuentran parroquias urbanas las cuales requieren una calidad de luminosidad de brillo medio, a continuación, se encuentra la parroquia urbana del cantón:

- Amaluza: esta es la cabecera cantonal de Espíndola siendo por esta razón la parroquia con mayor crecimiento poblacional y urbanístico al ser de gran importancia para el comercio de las parroquias rurales.
- Áreas centrales de las parroquias rurales.

Zona E4: No existen zonas de alta luminosidad en el cantón debido a que el desarrollo no es muy elevado además de que las áreas destinadas al turismo son aquellas que se encuentran bajo protección municipal.

La zonificación del cantón Espíndola se encuentra a continuación:

Figura 18. Zonificación cantón Espíndola



Fuente: Autor.

6.3.6 Cantón Gonzanamá

Se localiza en la región sureste del cantón Loja, en el corazón de la provincia. Con una extensión territorial de 1.272 kilómetros cuadrados y una población de 12.716 habitantes, su estructura política comprende una parroquia urbana y cuatro parroquias rurales. Además, cuenta con un total de 80 barrios que contribuyen a su dinámica comunitaria (GAD Municipal de Gonzanamá, 2019).

En su extensión territorial, se han instalado un total de 2.613 luminarias, según los datos proporcionados por la empresa eléctrica, detallados en el **Anexo 6**, es importante destacar que, de estas, 1.496 son luminarias de sodio cerradas, lo que equivale al 57,25% del conjunto total de luminarias, en comparación con otros cantones, este porcentaje se considera relativamente bajo.

Es destacable señalar que la adopción de luminarias LED en el alumbrado público por parte del cantón es un aspecto positivo, contribuyendo de manera significativa a la reducción de la contaminación lumínica.

En la parte inferior se encuentra la zonificación definida para el cantón:

Zona E1: Existen áreas protegidas dentro del cantón Gonzanamá las cuales se valorarán en esta zona debido a los criterios de zonificación, a continuación, se enlistan:

- Santa Rita
- La chorrera
- La chora
- El Tablón
- Colambo Yacuri

Zona E2: Para esta se designan áreas destinadas a la actividad agrícola como lo serían principalmente las parroquias rurales del cantón que se describen en la parte inferior:

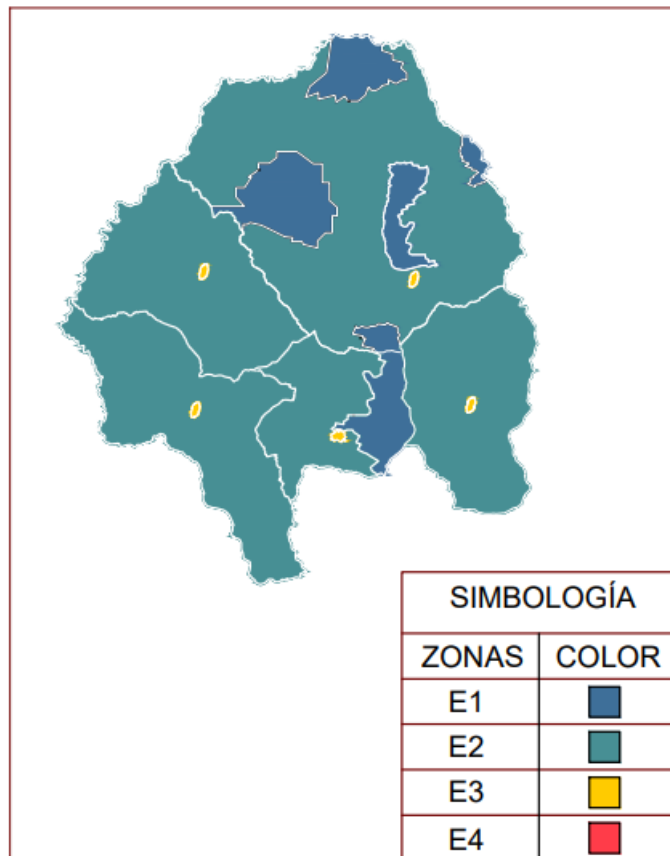
- Changaimina: La diversidad climática de Changaimina la convierte en una región propicia para el cultivo de una amplia gama de productos. Sus tierras fértiles son especialmente idóneas para el cultivo de café, maní, maíz, fréjol y zarandaja.
- Nambacola: A pesar de las restricciones en cuanto al riego, este sector se destaca como un privilegiado enclave para la agricultura, siendo acertadamente reconocido, este se presenta como un pueblo eminentemente agrícola, siendo la actividad económica principal para sus habitantes.
- Purunuma: Al igual que en todo el cantón, la agricultura en esta zona depende de las vertientes híbridas de sus cerros y de la temporada de lluvias, que comienza en los primeros meses del año.
- Sacapalca: La producción de café destaca por su excelente calidad, siendo altamente rentable para los agricultores, especialmente en las áreas catalogadas como de clima templado

Zona E3: Esta se encuentra conformada por parroquias rurales que para el cantón es única parroquia urbana que lleva el mismo nombre del cantón siendo esta cabecera cantonal del mismo y áreas centrales de las parroquias rurales.

Zona E4: El cantón no cuenta con áreas que necesiten alta luminosidad debido a ser un cantón pequeño que no cuenta con amplias zonas para el desarrollo a gran escala.

La zonificación del cantón Gonzanamá se encuentra a continuación:

Figura 19. Zonificación cantón Gonzanamá



Fuente: Autor.

6.3.7 Cantón Loja

El cantón presenta una población promedio de 190.976 habitantes y abarca una extensión territorial de 1,880.7 kilómetros cuadrados, se destaca por albergar la mayor cantidad de parroquias en comparación con otros cantones de la misma provincia (GAD Municipal de Loja, 2019).

Entre ellas, se incluyen seis parroquias urbanas y trece parroquias rurales. Además, ostenta el título de capital de la provincia de Loja, consolidándose como el cantón más reconocido, esta distinción no solo resalta su importancia administrativa, sino que también impulsa un notable dinamismo económico y turístico en la región (GAD Municipal de Loja, 2019).

Dentro del cantón se encuentran instaladas 26.479 luminarias de las cuales 22.747 son iluminarias de sodio cerradas, lo cual ya se encuentra descrito en el apartado **5.5.3 Tercer objetivo**.

El cantón debido a su tamaño cuenta con varias áreas para la zonificación es por eso que las mismas se encuentran descritas a continuación en cada apartado.

Zona E1: En esta, se ubican áreas protegidas donde se requiere especial precaución para mitigar los posibles impactos sobre el medio ambiente.

- Parque nacional Podocarpus: En esta área, se pueden hallar entre tres mil y cuatro mil especies de plantas, de las cuales trescientas seis son endémicas del lugar. Asimismo, se distinguen especies animales propias de la zona. Cabe destacar que la mayor parte de este parque se sitúa en la provincia de Zamora Chinchipe.

Zona E2: Las áreas destinadas a la producción agropecuaria son aquellas que se encuentran ubicadas dentro de las parroquias rurales, tal como se detalla a continuación:

- Chantaco: Es una parroquia con bastante naturaleza, la cual está compuesta por praderas, cascadas y bosques naturales.
- Chuquibamba: Cuenta con un sistema productivo con estándares de calidad referenciada en el mercado de la zona reconocido por las ciudades de Loja y Catamayo.
- El cisne: En esta se desarrollan actividades de agricultura y ganadería las cuales son las principales fuentes de riqueza del área.
- Gualel: Se caracteriza por tener una gran actividad agropecuaria, se estima que el 88% de su población depende de esta actividad para su día a día.
- Jimbilla: Enfocada en la agricultura y ganadería, utiliza técnicas rudimentarias para su desarrollo no permite que la misma tenga una alta productividad.
- Malacatos: Reconocido en la provincia de Loja por su productividad en frutas, además de tener una gran cantidad de cañaverales en la zona.
- Quinara: Genera gran productividad agrícola desarrollando en la misma rotación de un sin número de cultivos.
- San Lucas: Se ha visto detenido el crecimiento de productividad debido a la atomización de la propiedad, lo cual genera la utilización de suelos que no se encuentran aptos para realizar cultivos.
- San Pedro de Vilcabamba: En la zona la fuente de supervivencia a sido la actividad agrícola que se desarrolla en la misma.
- Santiago: En esta se desarrolla la actividad agrícola al igual que en las demás parroquias, adicional a esto en la zona también se está realizando la explotación de truchas que ha generado criaderos en el lugar.

- Taquil: Para esta parroquia se desarrolla la actividad considerada como agricultura orgánica la cual se destaca por ser rudimentaria, pero amigable con el medio ambiente.
- Vilcabamba: Se ha implementado el sistema de labranza como principal actividad para el sector agrícola mediante el arado.
- Yangana: En la zona se ha producido un sin número de cereales lo cual destaca del lugar.

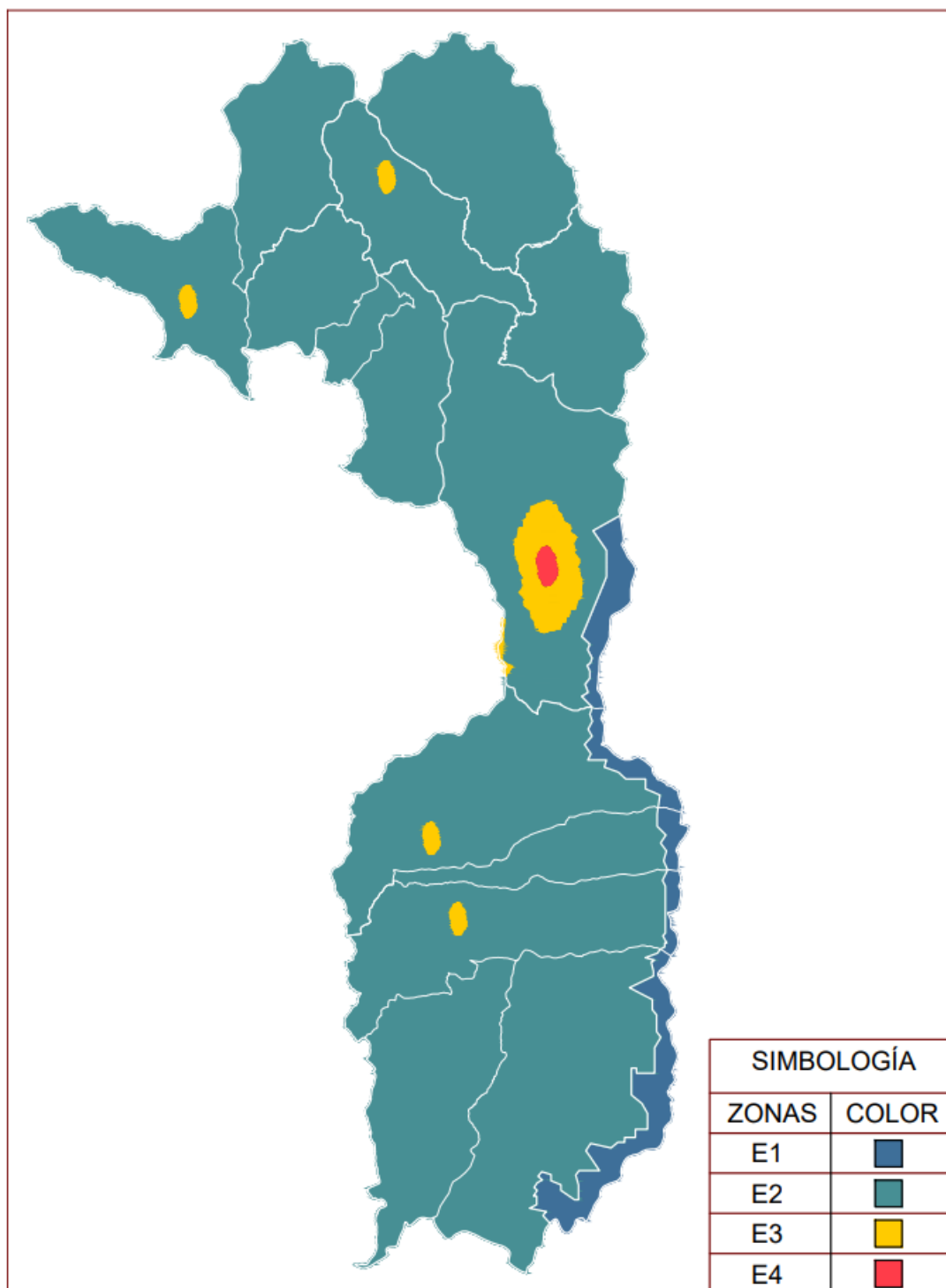
Zona E3: En esta se considera zonas urbanas las cuales principalmente llegan a ser las parroquias urbanas del cantón:

- El Sagrario: Conforman la parte central del cantón Loja, siendo esta un área con bastante movimiento de personas al encontrarse con empresas que se encuentran en crecimiento.
- Sucre: Se encuentran barrios en las afueras del cantón, pero que actualmente están en desarrollo urbano.
- El Valle: Área emblemática del cantón esta contempla urbanizaciones y unidades educativas, además de contar con la vía nueva a Zamora.
- San Sebastián: Parte del cauce del Río Malacatos se encuentra en esta parroquia, así como también captaciones de agua potable de la quebrada de El Carmen.
- Punzara: Límite de la parroquia Malacatos se proyecta con un gran crecimiento urbanístico debido a proyectos de desarrollo.
- Carigán: Esta comprendida en el perímetro urbano limitando con parroquias como Jimbilla, Santiago y Taquil.
- Ciertos barrios centrales de parroquias rurales como: Vilcabamba, Malacatos, El Cisne y Santiago.
- Áreas centrales de las parroquias rurales.

Zona E4: En el corazón del cantón Loja, se encuentra una zona designada especialmente para atractivos turísticos. En esta área central, se destacan lugares destinados a la actividad nocturna, como La Pileta, además de encantadores parques y plazas, tales como San Sebastián, Santo Domingo, Jipiro, Lineal La Tebaida, Simón Bolívar, Central y San Francisco.

La zonificación del Loja se encuentra a continuación:

Figura 20. Zonificación cantón Loja



Fuente: Autor.

6.3.8 Cantón Macará

El cantón se encuentra situado en la parte suroccidental de la provincia de Loja, abarcando una extensión de 574 kilómetros cuadrados, hasta el año 2023, alberga a una

población estimada de 26,000 habitantes, este territorio se compone de tres parroquias rurales y dos parroquias urbanas (GAD Municipal de Macará, 2019).

En el área del cantón, se han instalado un total de 2,858 luminarias, de las cuales 1,898 son de sodio cerradas, lo que equivale al 66.41% del conjunto como se puede observar en el **Anexo 8**, estas luminarias de sodio cerradas no solo presentan una eficiencia reducida, sino que también generan contaminación lumínica en el entorno.

En base a los criterios establecidos para la zonificación a continuación se indica la clasificación del territorio en las zonas respectivas:

Zona E1: Para esta zona se toma en cuenta áreas destinadas a la conservación del ecosistema, como la que se describe a continuación:

- Reserva Jorupe: Se han documentado alrededor de 200 especies de aves en la zona, siendo la mayoría de ellas endémicas de los bosques secos que componen esta región.

Zona E2: Zonas destinadas a la producción agrícola, mayormente integradas en o asociadas a las parroquias rurales de cada cantón:

- La Victoria: Considerada la parroquia más grande del cantón Macara es también la que se encuentra más distante, donde la agricultura es considerada una fuente de supervivencia para los habitantes del lugar.
- Larama: En este sitio, se ha llevado a cabo la industrialización a pequeña escala de productos como maní, maíz, leche y sus respectivos derivados.
- Sabiango: Esta región alberga a residentes que se dedican principalmente a la actividad agrícola. Además, se encuentra en las proximidades de la reserva Jorupe, compartiendo atractivos turísticos similares en su riqueza ecosistémica.

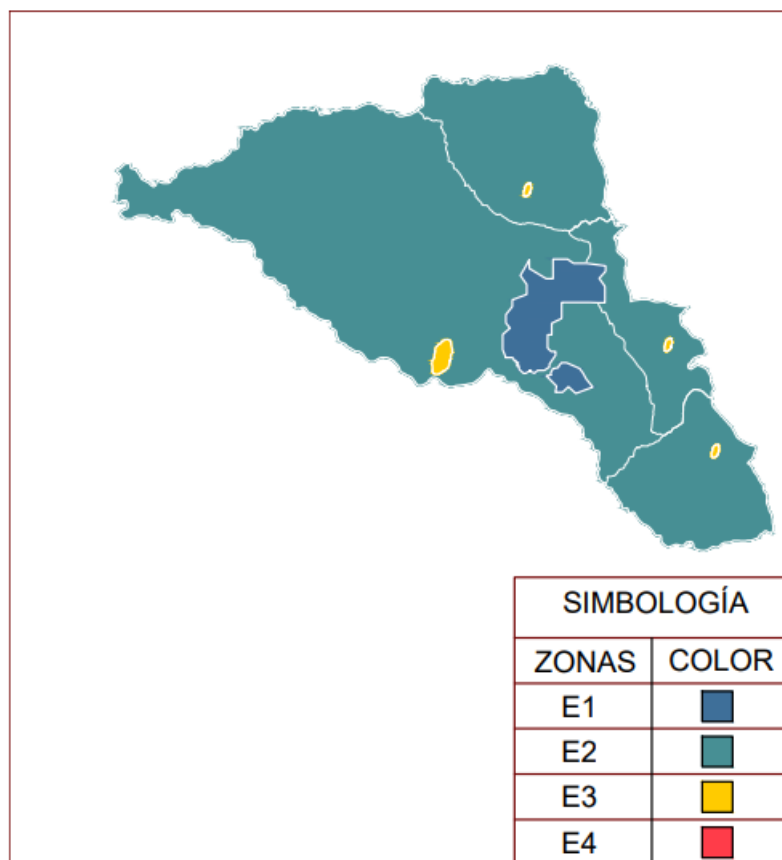
Zona E3: En esta se contempla áreas dedicadas al crecimiento urbanístico, de tal manera que se considera las parroquias urbanas del cantón.

- Eloy Alfaro: Es una de las parroquias principales del cantón debido a que en la misma se desarrolla crecimiento urbanístico al igual que cuenta con un aeropuerto, necesitando un sistema de alumbrado público de brillo medio.
- Macará Central: Parte central del mismo cantón es donde se desarrolla la mayor cantidad de movimiento económico del sector.

Zona E4: En este lugar, no hay áreas que requieran una intensidad lumínica elevada, ya que, dada su extensión, un nivel de brillo moderado sería más que suficiente para satisfacer las necesidades de iluminación.

La zonificación del cantón Macará se encuentra a continuación:

Figura 21. Zonificación cantón Macará



Fuente: Autor.

6.3.9 Cantón Olmedo

Ubicado en la provincia de Loja, al sur de Ecuador, este lugar abarca una extensión de 114,39 kilómetros cuadrados, se compone de dos parroquias: una urbana, que funge como la cabecera cantonal con el mismo nombre, y otra parroquia rural denominada La Tingue (GAD Municipal de Olmedo, 2019).

En esta área, se han instalado un total de 654 luminarias, de las cuales 610 son de sodio cerradas, lo que equivale al 93,27% del conjunto total de estas, como se puede observar en el **Anexo 9**.

En base a los criterios de zonificación establecidos se establece las áreas que se tendrán en cuenta para cada zona en la parte inferior:

Zona E1: En el cantón, no se identifican áreas designadas oficialmente para la protección ambiental según el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).

Zona E2: Aquí se consideran las áreas destinadas a la agricultura o aquellas donde se llevan a cabo actividades relacionadas, como las parroquias rurales.

- La Tingue: Desde 1997, esta localidad forma parte del cantón Olmedo y se ha especializado en la agricultura, destacando el cultivo de café como uno de sus productos más rentables. Además, se llevan a cabo proyectos destinados a potenciar la producción cafetera.

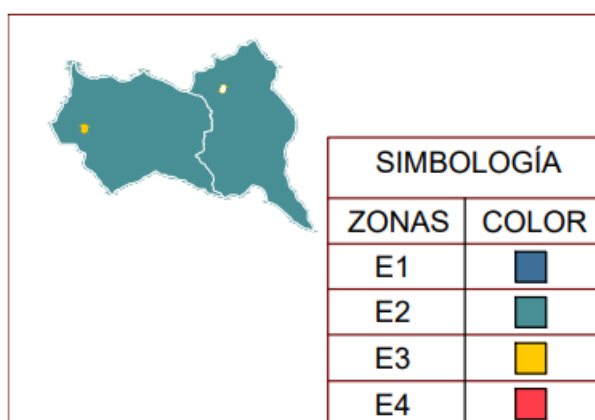
Zona E3: Esta considera áreas destinadas al crecimiento urbano, tomando en cuenta las parroquias urbanas.

- Olmedo: Esta área se distingue como el epicentro del mayor crecimiento urbanístico y económico del cantón, su condición de cabecera cantonal la sitúa en una posición estratégica que favorece el desarrollo sostenido de diversas actividades.
- Áreas centrales de las parroquias rurales.

Zona E4: En el territorio, no se identifica ninguna área que requiera una iluminación de alto brillo, por lo que no se ha designado una zona específica con estas características dentro del cantón.

La zonificación del cantón Olmedo se encuentra a continuación:

Figura 22. Zonificación del cantón Olmedo



Fuente: Autor.

6.3.10 Cantón Paltas

El cantón ocupa una posición central en la provincia de Loja, abarcando una extensión de 1.124 kilómetros cuadrados. Con una población estimada de 23.801 habitantes, se organiza en dos parroquias urbanas y siete parroquias rurales (GAD Municipal de Paltas, 2019).

En el territorio se encuentran instaladas 2.453 luminarias para el alumbrado público de las cuales 2.101 son de sodio cerradas de alta presión representando el 85,65% del total como se puede observar en el **Anexo 10**.

Las zonas que se van a delimitar en base a los criterios de zonificación se encuentran a continuación:

Zona E1: Áreas que se consideran para la protección ambiental o ecosistemas, las cuales dentro del cantón no existen las mismas que sean reconocidas por el SNAP.

Zona E2: Áreas destinadas a la producción agrícola y forestal que toma en cuenta las parroquias rurales del cantón que están a continuación:

- Cangonama: En esta se dedican principalmente a la comercialización de maderas como el eucalipto y el pino.
- Casanga: La región se presenta como un entorno ideal para fomentar el desarrollo agrícola y ganadero en beneficio de los habitantes de la parroquia.
- Guachanama: En esta se desarrolla la agricultura y ganadería por parte de sus habitantes donde se toma en cuenta este como el punto más alto de todo el cantón.
- Lauro Guerrero: Los residentes de esta localidad se dedican principalmente a la siembra de café, maní y granos. Sin embargo, a diferencia de otras parroquias, la actividad ganadera se lleva a cabo en menor medida.
- Orianga: La producción pecuaria en esta parroquia se centra principalmente en el mercado, con la comercialización de ganado vacuno y porcino como principales componentes.
- San Antonio: En esta zona, la producción agrícola está orientada principalmente al autoconsumo. Son escasos los agricultores que se dedican a la comercialización de sus productos.
- Yamana: En este lugar, se llevan a cabo talleres de desarrollo productivo en colaboración con la prefectura, centrándose especialmente en el cultivo de maní, maíz y zarandaja.

Zona E3: Su enfoque se centra en el desarrollo urbanístico de la zona, considerando tanto las parroquias urbanas del lugar como aquellas ubicadas en la parte inferior:

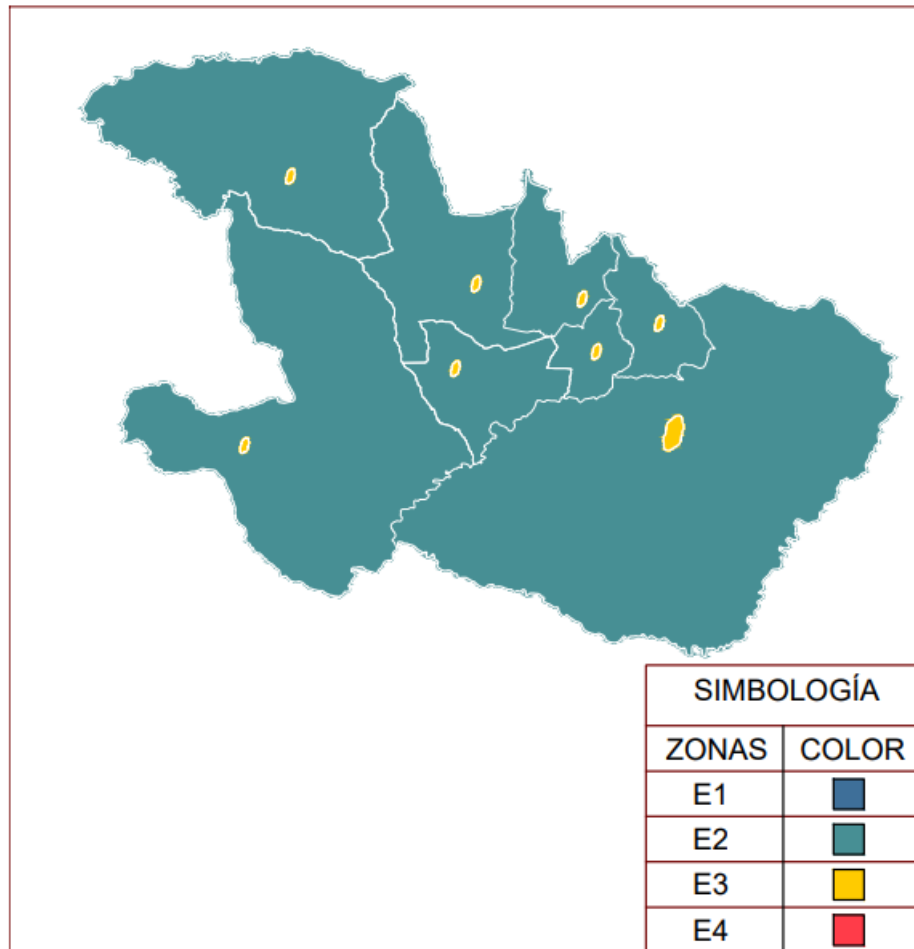
- Catacocha: Como cabecera cantonal del cantón Paltas, este lugar ostenta el título de patrimonio cultural del país, destacándose como un elemento de gran relevancia para el desarrollo de la región, en los últimos años, ha experimentado la implementación de diversos proyectos de crecimiento que han contribuido significativamente a su evolución y prosperidad.

- Lourdes: Parroquia que se encuentra ubicada en la ciudad de Catacocha por lo que forma parte del crecimiento de esta.
- Áreas centrales de las parroquias rurales.

Zona E4: En el cantón no existen áreas que necesiten alto brillo por lo que no se toma en cuenta a la misma.

La zonificación del cantón Paltas se encuentra a continuación:

Figura 23. Zonificación del cantón Paltas



Fuente: Autor.

6.3.11 Cantón Pindal

El cantón se sitúa en la región occidental de la provincia de Loja, abarcando una superficie de 194 kilómetros cuadrados, con una población de 8.645 habitantes, está organizado en cuatro parroquias, de las cuales una es urbana y tres son rurales (GAD Municipal de Pindal, 2023).

Dentro del territorio, se han instalado un total de 791 luminarias, de las cuales 630 son específicamente de sodio cerradas, constituyendo un considerable 79,64% del conjunto total de estas fuentes lumínicas. Para obtener detalles adicionales sobre la distribución y

características de estas instalaciones, se puede consultar la información detallada en el **Anexo 11**.

A continuación, se presentan las áreas que serán demarcadas conforme a los criterios de zonificación:

Zona E1: Regiones que se contemplan para la protección ambiental o ecosistemas, las cuales no cuentan con reconocimiento por parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) dentro del cantón.

Zona E2: Regiones destinadas a la producción agrícola y forestal, considerando las parroquias rurales del cantón que se detallan a continuación:

- 12 de Diciembre: Ciertos residentes de la parroquia se dedican a la producción artesanal de Panela, un producto obtenido a partir del proceso de extracción del jugo de caña
- Chaquinal: En esta parroquia, se lleva a cabo la producción de alevines de tilapia, destacándose en la región por su apoyo y fomento a la piscicultura.
- Milagros: Los habitantes se dedican a trabajar su tierra para autoabastecerse a sí mismo y apoyar el mercado de Pindal.

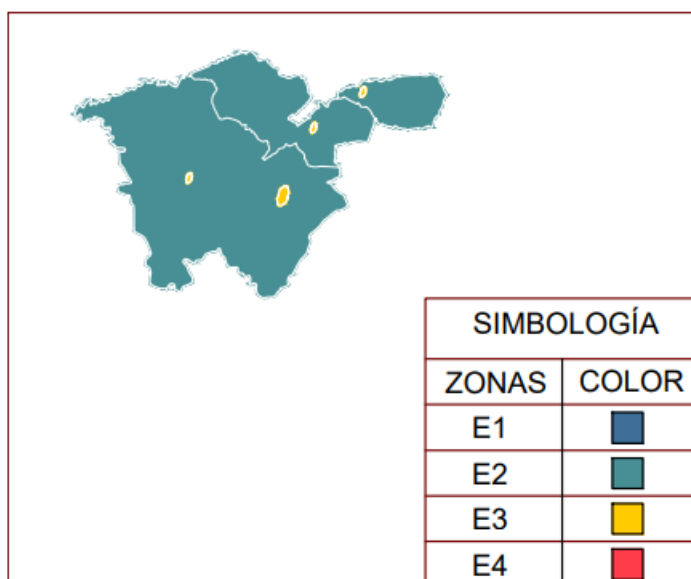
Zona E3: Su atención se dirige hacia el progreso urbanístico de la región, abarcando tanto las parroquias urbanas de la localidad como las situadas en la parte inferior:

- Pindal: En su calidad de centro administrativo del cantón, en los últimos años ha experimentado la ejecución de variados proyectos de expansión que han aportado de manera significativa a su desarrollo y bienestar.
- Áreas centrales de las parroquias rurales.

Zona E4: Dentro del cantón, no se identifican zonas que requieran una iluminación de alta intensidad, por lo que no se considera necesario implementarla.

La zonificación del cantón Pindal se encuentra a continuación:

Figura 24. Zonificación del cantón Pindal



Fuente: Autor.

6.3.12 Cantón Puyango

El cantón Puyango, ubicado en la porción centro-occidental de la provincia de Loja, se extiende a lo largo de una superficie de 634 kilómetros cuadrados. Con una población de 15.925 habitantes, está estructurado en una parroquia urbana y cinco parroquias rurales (GAD Municipal de Puyango, 2020).

En este sector, se han instalado un total de 1.854 luminarias destinadas al alumbrado público, de las cuales 1.470 son de sodio cerradas, constituyendo el 79,29% del total en el cantón. Estos detalles se encuentran detallados en el **Anexo 12**.

En la parte inferior, se detallan las zonas que se delimitarán siguiendo los criterios establecidos para la zonificación

Zona E1: En esta región, se identifican específicas áreas dedicadas a la preservación ambiental, tales como:

- Bosque petrificado de Puyango: En este lugar, se hallan árboles petrificados con una antigüedad de 100 millones de años, conformando la colección más extensa de madera petrificada en todo el mundo.

Zona E2: Se evalúan, conforme a criterios establecidos, las áreas destinadas a la producción agropecuaria, específicamente aquellas parroquias rurales que se centran en esta actividad, que se describen a continuación:

- Ciano: La agricultura ha sido un elemento esencial en el crecimiento de este ámbito, en las etapas iniciales, se realizaron desbosques de áreas naturales;

aprovechando la fertilidad del suelo, se obtenía una producción y productividad destacadas en cultivos como pasto, hortalizas, entre otros.

- El arenal: La mayoría de sus residentes se dedican principalmente a la producción agrícola, convirtiendo a esta parroquia en un motor fundamental para promover la cultura.
- El Limo: La población se involucra principalmente en actividades agrícolas durante la temporada de invierno, ya que es el momento óptimo para la producción de maíz.
- Mercadillo: En esta área se cultivan productos similares a los de las parroquias circundantes, así como otros alimentos como frijoles, zarandajas y arvejas.
- Vicentino: Esta parroquia es un componente destacado de una ruta agroturística en la región, gracias a su predominante territorio agrícola.

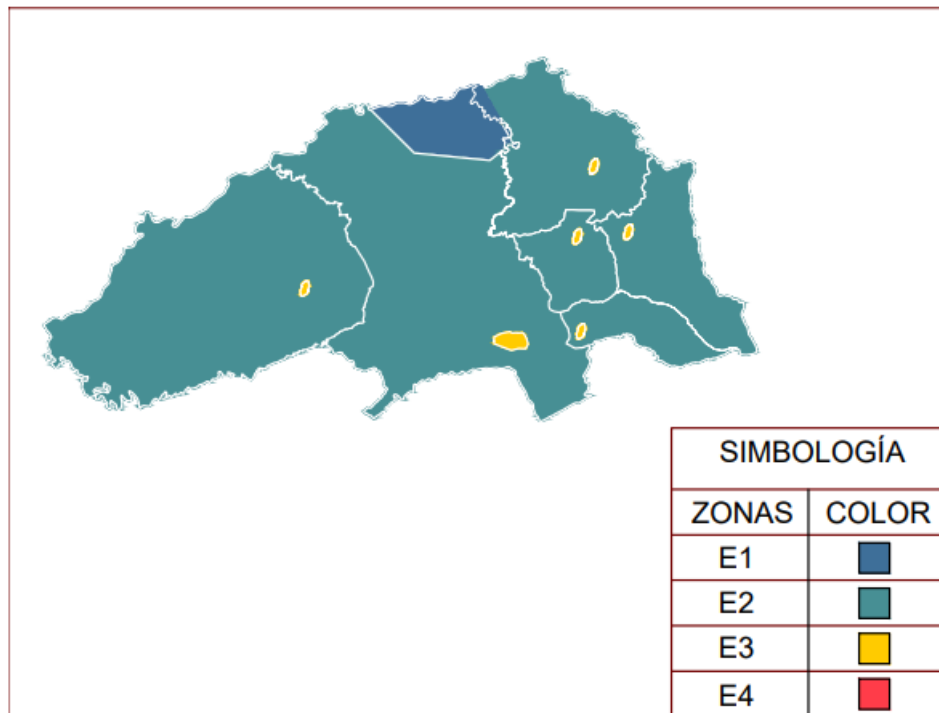
Zona E3: Se identifican zonas designadas para el desarrollo urbano y comercial del cantón, entre las que se encuentra la parroquia urbana adyacente:

- Alamor: Es el centro administrativo del cantón Puyango y constituye el núcleo comercial más importante de la región, al estar estratégicamente ubicado en proximidad a las parroquias circundantes. Además, en este lugar se llevan a cabo proyectos de desarrollo urbanístico de mayor envergadura en comparación con otras parroquias.
- Áreas centrales de las parroquias rurales.

Zona E4: En el cantón, no se observan áreas donde se lleve a cabo comercio nocturno ni se registren aglomeraciones de personas en parques o centros nocturnos. Por lo tanto, no se requiere un nivel elevado de iluminación en estas zonas.

La zonificación del cantón Puyango se encuentra a continuación:

Figura 25. Zonificación del cantón Puyango



Fuente: Autor.

6.3.13 Cantón Quilanga

El cantón está situado al suroeste de la provincia de Loja, la cual comparte su nombre, se encuentra dividido en tres parroquias, de las cuales una es urbana y las otras dos son rurales, y su población estimada alcanza los 6.100 habitantes (GAD Municipal de Quilanga, 2019).

En el cantón, se han implementado 859 luminarias para el alumbrado público. De este total, 646 son de sodio cerradas de alta presión, lo que constituye el 75,2% de la instalación, como se detalla en el **Anexo 13**.

Es importante señalar que estas luminarias son las más utilizadas en comparación con otras opciones en el mismo cantón y en otros, evidenciando así su predominio. Sin embargo, es relevante considerar que estas luminarias, además de ser las más empleadas, generan contaminación lumínica y presentan una eficiencia relativamente baja, este aspecto es común en otros cantones también.

Por lo tanto, se plantea la necesidad de explorar alternativas más eficientes y amigables con el medio ambiente para el sistema de alumbrado público en beneficio de la comunidad, como la aplicación de la zonificación que se encuentra a continuación:

Zona E1: En el cantón, no se han identificado áreas oficialmente reconocidas a nivel nacional como zonas de conservación medioambiental.

Zona E2: Se asignan las parroquias rurales que tienen como propósito, centrarse en el desarrollo de actividades agrícolas, en la parte inferior, se enumeran estas parroquias:

- Fundochamba: En este lugar, se ha implementado un sistema de producción agroforestal denominado "La Huerta Agroforestal", orientado a la generación de diversos productos.
- San Antonio de las Aradas: Además de la agricultura, se llevan a cabo actividades complementarias o paralelas, siendo la ganadería la principal para esta parroquia.

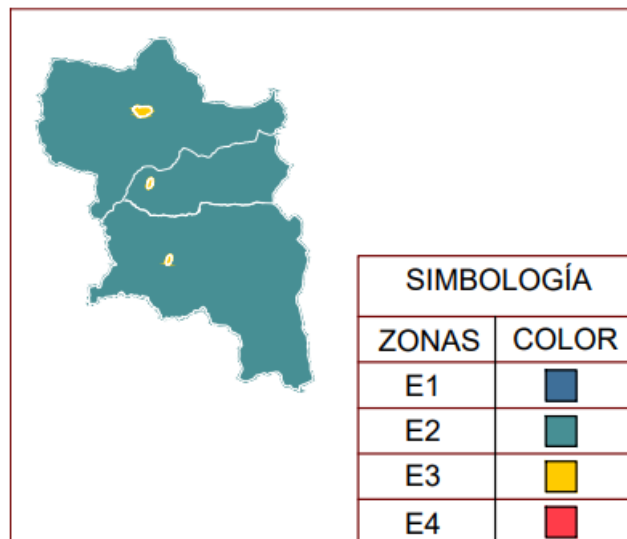
Zona E3: Se incluyen zonas urbanas, específicamente las parroquias urbanas del cantón. A continuación, se detalla la única:

- Quilanga: La cabecera cantonal, que comparte el mismo nombre, experimenta un notable crecimiento urbano, principalmente debido a su papel central en el comercio con las zonas colindantes del cantón.
- Áreas centrales de las parroquias rurales.

Zona E4: Dada la extensión territorial y la población del cantón, no se identifican áreas que requieran una iluminación intensa, por este motivo, se excluye esta zona de la planificación de zonificación lumínica.

La zonificación del cantón Quilanga se encuentra a continuación:

Figura 26. Zonificación del cantón Quilanga



Fuente: Autor.

6.3.14 Cantón Saraguro

El cantón Saraguro se sitúa al norte de la provincia de Loja, abarcando una extensión de 75,85 kilómetros cuadrados, con una población estimada de 30,183 habitantes, el cantón se

encuentra subdividido en once parroquias, de las cuales una es de carácter urbano, mientras que las demás son de índole rural (GAD Municipal de Saraguro, 2021).

El cantón cuenta con un total de 2.911 luminarias para el alumbrado público, de las cuales el 88,22% corresponde a luminarias de sodio cerradas, alcanzando la cifra de 2.568 unidades. Esta cantidad significativa predomina de manera similar a otros cantones. Para mayor detalle, se puede verificar esta información en el **Anexo 14**.

A continuación, se presenta la zonificación del cantón, la cual establece áreas específicas destinadas para diferentes tipos de alumbrado público:

Zona E1: En Saraguro, se extienden vastas áreas de territorio natural que, lamentablemente, no han sido reconocidas oficialmente como áreas de conservación ambiental, es por ello que, en el proceso de zonificación, las extensiones territoriales dentro del cantón no son consideradas para la clasificación.

Zona E2: En esta zona del cantón, se ubican diversas áreas dedicadas a la producción agropecuaria, siendo las parroquias rurales del cantón las consideradas para esta, en la parte inferior, se detallan las parroquias enlistadas:

- El Paraíso de Celén: En la parroquia, se lleva a cabo la práctica de la agricultura, además de la cría de cuyes, los cuales se destinan exclusivamente para el consumo doméstico.
- El Tablón: El producto agrícola distintivo del cantón es la papa super chola, la cual se comercializa tanto localmente como se transporta a otros cantones, incluyendo el cantón Loja.
- Manú: La principal actividad productiva de la población en esta área es la ganadería.
- Lluzhapa: Dado su tamaño reducido, en esta parroquia florece el comercio de productos entre sus residentes.
- San Antonio de Cumbe: Su población se encuentra destinada a la actividad pecuaria para el autoconsumo.
- San Pablo de Tenta: En la parroquia, los habitantes practican una agricultura de carácter rudimentario, destacándose especialmente la producción de maíz y frejol.
- San Sebastián de Yúluc: La economía de esta parroquia, al igual que en otras, se centra predominantemente en la agricultura, pero se distingue por incluir también actividades como la pesca y la silvicultura.

- Selva Alegre: En esta área, sobresalen diversos productos agrícolas, tales como legumbres, cebada, papas, melloco y zanahorias.
- Urdaneta: En la parroquia el sector ganadero se distingue por la buena crianza de su ganado debido a que cuenta con productores los cuales se han graduado de escuelas de ganadería.
- Sumaypamba: En esta región, resalta una agricultura enfocada en cultivos de ciclo corto, como la cebolla, el tomate riñón y el pimiento.

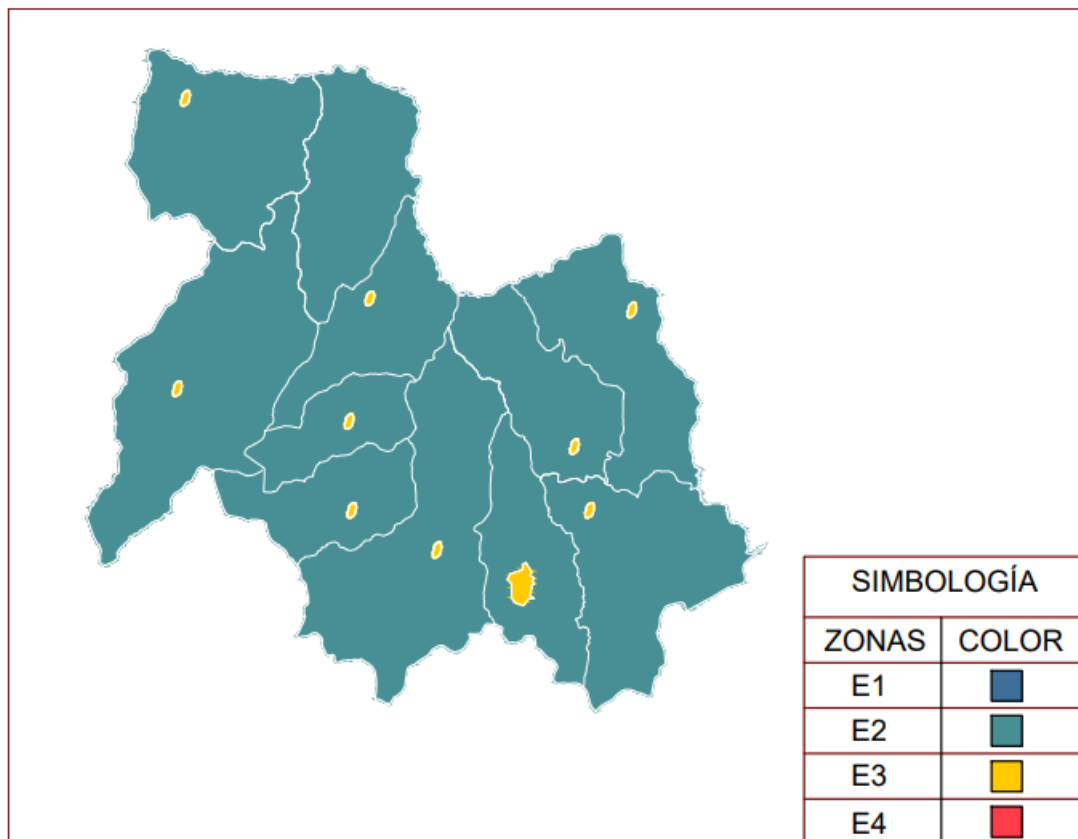
Zona E3: En esta área, se consideran espacios que sobresalgan desde una perspectiva urbanística y representen el epicentro del comercio en el cantón, es por ello que se toma en cuenta la cabecera cantonal, que comparte el mismo nombre.

- Saraguro: La parroquia urbana única en el cantón experimenta un significativo crecimiento urbanístico, impulsado por el comercio proveniente de otras parroquias, las cuales llegan a la cabecera cantonal para promocionar sus productos agrícolas.
- Áreas centrales de las parroquias rurales.

Zona E4: En esta área del cantón, no se establece una delimitación específica, ya que no se requiere una iluminación pública de alta intensidad.

La zonificación del cantón Saraguro se encuentra a continuación:

Figura 27. Zonificación del cantón Saraguro



Fuente: Autor.

6.3.15 Cantón Sozoranga

Con una población estimada de 7.475 habitantes y 428 kilómetros cuadrados el cantón Sozoranga es uno de los dieciséis cantones de la provincia de Loja, este se encuentra dividido en tres parroquias de las cuales dos son rurales y la otra es urbana (GAD Municipal de Sozoranga, 2020).

En el **Anexo 15** se observa que en el cantón se han instalado 963 luminarias para el sistema de alumbrado público, de este total, 710 son de sodio cerradas, lo que constituye el 73,73% del conjunto.

Sin embargo, es importante destacar que estas son las más utilizadas y menos eficientes, ya que en la actualidad existen luminarias con tecnología LED que buscan ser respetuosas con el medio ambiente y ofrecen una mayor eficiencia.

La zonificación del cantón por los criterios establecidos con anterioridad se encuentra a continuación:

Zona E1: En Sozoranga, se distribuyen extensas regiones de terreno natural que, desafortunadamente, aún no cuentan con el reconocimiento oficial como áreas de conservación

ambiental, por esta razón, durante el proceso de zonificación, estas extensiones de tierra dentro del cantón no se toman en cuenta para su clasificación

Zona E2: En esta zona se encuentran parroquias rurales, cada una con un énfasis particular en la agricultura, la ganadería y la industria, estos núcleos comunitarios no solo son centros fundamentales de actividad agrícola, sino que también juegan un papel crucial en el impulso de iniciativas industriales que contribuyen al desarrollo económico local, que se enlistan a continuación:

- Nueva Fátima: Además de la agricultura, en esta parroquia sobresale el sector artesanal, donde se elaboran tejidos de alforjas y bayetas, llevados a cabo tanto por hombres como por mujeres de la comunidad
- Tacamoros: En esta área, la actividad agrícola es la principal, seguida de la silvicultura y la pesca. Los hogares cuentan con huertas y también se dedican a la cría de animales de corral.

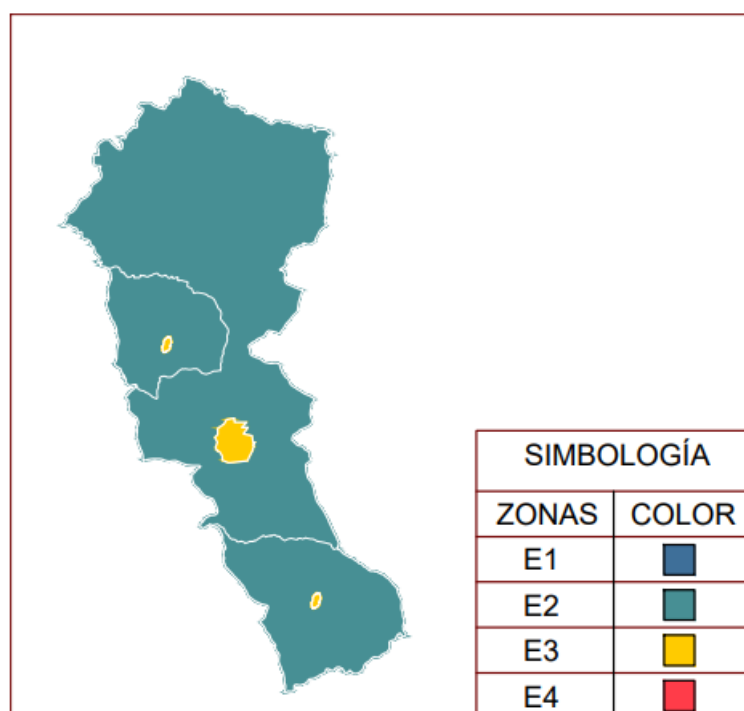
Zona E3: En base a los criterios, se reconoce para esta zona una parroquia urbana que lleva el mismo nombre que el cantón.

- Sozoranga: Siendo la cabecera cantonal, se la reconoce como la que experimenta el mayor crecimiento urbano y desarrollo tanto comercial como turístico.
- Áreas centrales de las parroquias rurales.

Zona E4: En esta zona para el cantón, no se establece una delimitación específica, dado que no se presenta la necesidad imperante de contar con una iluminación pública de alta intensidad, la naturaleza de la zona y sus requerimientos lumínicos permiten prescindir de límites definidos para el alumbrado, ya que se prioriza una iluminación acorde con las demandas y características particulares de este entorno.

La zonificación del cantón Sozoranga se encuentra a continuación:

Figura 28. Zonificación del cantón Sozoranga



Fuente: Autor.

6.3.16 Cantón Zapotillo

El cantón se encuentra situado al oeste de la provincia de Loja, en la frontera con Perú, con una población aproximada de 12.312 habitantes y una extensión territorial de 1.215 kilómetros cuadrados, este lugar cuenta con siete parroquias, de las cuales seis son de carácter rural y una es una parroquia urbana que comparte el mismo nombre que el cantón (GAD Municipal de Zapotillo, 2019).

En el **Anexo 16** se presenta el recuento de luminarias instaladas en el cantón, sumando un total de 2,036 unidades. De estas, 1,704 corresponden a luminarias de sodio cerradas, representando el 83.69% del total, este porcentaje indica que el alumbrado público actualmente utiliza un tipo de luminaria con menor eficiencia en comparación con la tecnología LED, que se está implementando gradualmente en el territorio.

En la sección inferior, se aprecian los territorios de la provincia distribuidos en cada zona delimitada, conforme a los criterios previamente establecidos para este propósito.

Zona E1: En esta región, se incluyen ciertas áreas que limitan con Perú, ya que hay porciones que forman parte del territorio del cantón.

Ejemplos de ello son la Reserva Nacional de Tumbes, situada al norte del cantón, y el Parque Nacional Cerros de Amotape, ubicado al oeste, además, en el marco del Sistema

Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), se tiene en consideración el florecimiento de los guayacanes, abarcando significativamente parte del territorio del cantón.

Zona E2: En esta región, se consideran las áreas destinadas a las parroquias rurales, cuyas actividades principales están centradas en la agricultura. A continuación, se detallan dichas parroquias:

- **Bolaspamba:** La actividad agrícola predominante entre los habitantes de esta zona es el cultivo de maíz, aunque también se lleva a cabo la pesca, pero en menor medida.
- **Cazaderos:** En esta se desarrolla la actividad ganadera la cual es una de las fuentes de ingreso para su gente.
- **Garzareal:** La mayor actividad de la producción para la parroquia es la agropecuaria debido a que la misma cuenta con un clima el cual favorece principalmente al cultivo del maíz.
- **Limones:** En esta región, la producción de leche por parte del ganado caprino constituye un sector económico significativo para la comunidad local.
- **Mangahurco:** En esta gran parte de su territorio es favorecida por los guayacanes es por eso que poca parte de su territorio es usada para la actividad agrícola.
- **Paletillas:** Además del cultivo de maíz, en esta región se lleva a cabo la producción de frijol, zapallo, yuca y cebolla como parte de las actividades agrícolas.

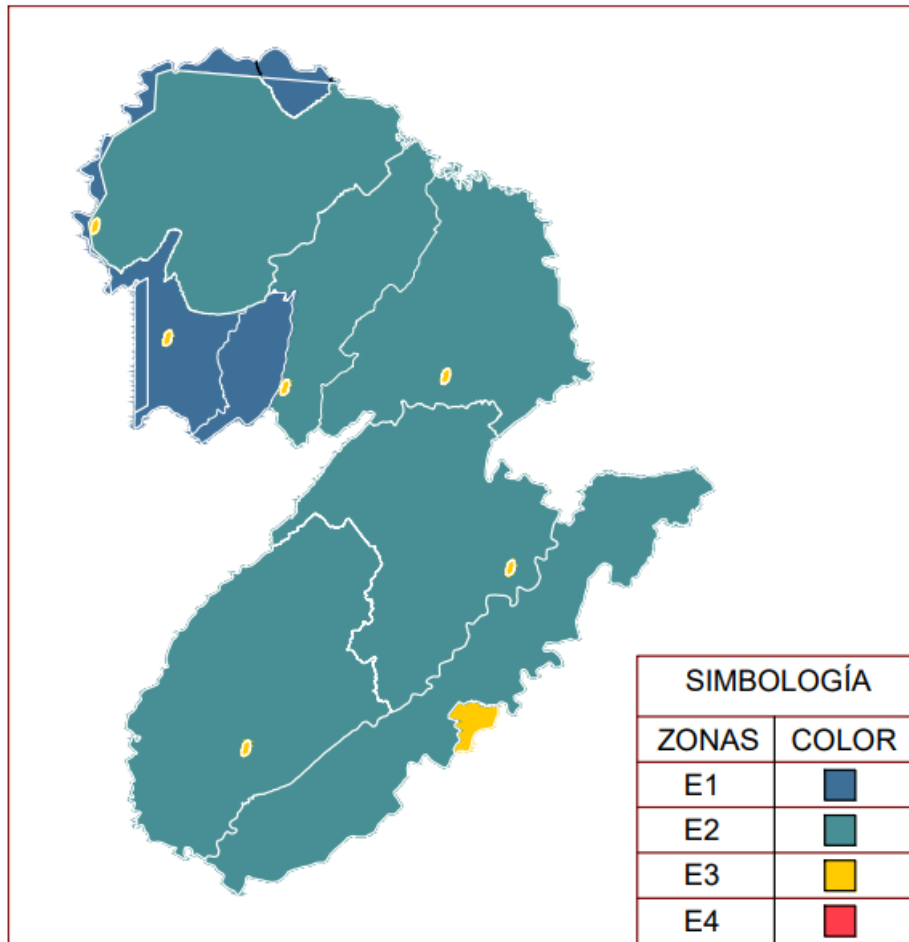
Zona E3: En esta área, se considera la principal zona urbana del cantón, que forma parte de la parroquia urbana del mismo nombre, la cual se describe a continuación:

- **Zapotillo:** Es la única parroquia urbana del cantón, ubicada en la zona fronteriza, y destaca por su notable desarrollo, impulsado principalmente por el comercio tanto dentro del cantón como en el ámbito internacional con el país vecino y otros cantones.
- **Áreas centrales de las parroquias rurales.**

Zona E4: En esta área del cantón, no se define una delimitación específica, ya que no existe una necesidad apremiante de contar con una iluminación pública de alta intensidad, esto se debe a las características naturales de la zona y sus necesidades lumínicas.

La zonificación del cantón Zapotillo se encuentra a continuación:

Figura 29. Zonificación del cantón Zapotillo



Fuente: Autor.

En la culminación de la sección de resultados, se llevó a cabo la integración de todos los cantones en un único mapa, organizado según su ubicación geográfica, este proceso dio lugar a la creación de una representación zonificada de la provincia de Loja en su totalidad, este mapa detallado se presenta como el **Anexo 18** al final del documento de titulación, proporcionando una visión consolidada y comprensiva de la zonificación territorial lograda.

7. Discusión

El presente análisis se centra en la gestión de la contaminación lumínica a través de la zonificación del sistema de alumbrado público en toda la provincia de Loja, suministrado por la EERSSA, en este contexto, se llevó a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica para comprender los conceptos fundamentales relacionados con el sistema de alumbrado público, así como el impacto de la luz en la salud de las personas, la flora y fauna que ven afectadas sus actividades nocturnas.

Es crucial destacar que, para abordar este problema, es imperativo conocer el tipo y la cantidad de luminarias utilizadas en toda la provincia, esta información será proporcionada por la empresa eléctrica.

Al analizar estos datos, observamos que actualmente se emplean predominantemente luminarias con eficiencias muy bajas, esto se debe a la existencia de tecnologías más eficientes que logran los mismos resultados, por lo tanto, se hace necesario realizar una transición hacia estas tecnologías más eficientes.

Es importante tener en cuenta que existen investigaciones similares a la que se está llevando a cabo, como la realizada por los autores Chocho Rivas Edwin Fabian y Yunga Matute Wilmer Jeovany. En su trabajo, desarrollaron un sistema de zonificación para controlar la contaminación lumínica en los cantones atendidos por la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. (Chocho E. & Yunga W., 2014).

Este estudio comparte criterios similares con el presente trabajo de tesis, aunque emplea metodologías ligeramente diferentes, es relevante señalar que, a pesar de que utilizan un código de colores diferente, ambos trabajos consideran las mismas zonas para cada área y tienen en cuenta el nivel de iluminación de las luminarias, ya que estos factores son fundamentales para su aplicación.

Además, ambas investigaciones toman en consideración el uso de la normativa RTE INEN 069, la cual regula el alumbrado público en la concesión del país, cada empresa de distribución de energía debe adherirse a esta normativa.

Es necesario destacar que, en el trabajo previamente mencionado, se basan en la primera publicación de esta normativa, mientras que en la investigación actualizada se tiene en cuenta la versión más reciente, que fue publicada el 30 de noviembre de 2016. Este aspecto implica ciertos cambios significativos en la apreciación de las zonas relevantes para la zonificación.

Se destaca la carencia de un mapa cartográfico zonificado dentro del área de concesión de la EERSSA en la provincia de Loja, así como en su momento no se contaba con uno para el

área de concesión de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. en el cual se debería delinear las zonas con requerimientos específicos de iluminación según sus características.

En respuesta a esta necesidad, surge el presente trabajo de titulación, el cual incorpora la normativa vigente para la zonificación. Se lleva a cabo una evaluación de los ordenamientos territoriales de cada cantón, considerando además las áreas protegidas por el SNAP.

Los resultados de este estudio se respaldan mediante la evidencia disponible acerca de cómo la contaminación lumínica afecta, como se detalla en el **Capítulo 1**, que se centra en las generalidades de la iluminación y aborda los posibles problemas de salud que las personas pueden experimentar. En el **Capítulo 2**, se aborda la zonificación, siguiendo la normativa internacional establecida desde 1997 por la CIE, esta normativa establece la necesidad de una zonificación según el tipo de iluminación requerida para cada área, y la normativa ecuatoriana se basa en estos principios para desarrollar un sistema de zonificación que regule el territorio.

Los hallazgos obtenidos en este trabajo, que incluyen los mapas zonificados de cada cantón, pueden contribuir al desarrollo del sistema de alumbrado público en la provincia de Loja. Este desarrollo se ha fundamentado en el conocimiento acumulado a lo largo de los años en la carrera de electromecánica, respaldado por una autoformación continua mediante la investigación de temas específicos aplicables al software que contribuyen a la formación y al conocimiento.

Es crucial señalar que este trabajo presenta limitaciones, ya que una evaluación más completa de los territorios sería considerablemente más enriquecedora al visitar cada uno de los cantones en la provincia de Loja y analizar sus áreas en función de los criterios de zonificación y de ingeniería, estos últimos criterios no están contemplados en los planes de ordenamiento territorial, como se detalla en el estudio, ya que se basa en los planes de ordenamiento de cada Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal de cada cantón.

Por lo tanto, para investigaciones futuras más exhaustivas sobre el tema, es esencial tener en cuenta lo mencionado anteriormente, junto con las recomendaciones detalladas en este trabajo, estas consideraciones adicionales no solo mejorarían la calidad de la evaluación territorial, sino que también enriquecerían el análisis al incorporar criterios más amplios y especializados.

En naciones como España, ya se han establecido demarcaciones en todo su territorio con fines de zonificación, un ejemplo destacado dentro del país es Cataluña, que cuenta con un mapa de protección contra la contaminación lumínica aprobado el 29 de junio de 2018 (Gencat, 2022).

Este mapa no solo presenta una planificación ambiental detallada, sino que también delinea cuatro categorías de zonas para la zonificación, aspecto que se ha tenido en cuenta al abordar la problemática en la provincia de Loja.

Es crucial reconocer la relevancia de la protección ambiental, especialmente en relación con la intensidad lumínica que emanan las luminarias hacia áreas vulnerables y el impacto que ello genera, la experiencia de Cataluña proporciona un modelo valioso que subraya la importancia de una planificación cuidadosa y adaptada a las particularidades locales al abordar la problemática de la contaminación lumínica.

En resumen, este estudio representa una contribución significativa al conocimiento del sistema de zonificación, además, es relevante destacar que la información recopilada podría ser considerada por la Empresa Eléctrica Regional del Sur (EERSSA) como punto de partida para implementar medidas de control de la contaminación lumínica en la provincia. Este trabajo también abre la puerta a futuros estudios especializados que aborden integralmente el control del sistema de iluminación, con implicaciones prácticas derivadas de la evaluación de los resultados obtenidos en esta investigación, la aplicación de nuevas estrategias y métodos en la investigación contribuirá a la consolidación de las áreas identificadas como prioritarias, generando un impacto positivo en la gestión y mejora del sistema lumínico en la región.

8. Conclusiones

- Luego de llevar a cabo la evaluación del sistema de alumbrado público, en base a la información proporcionada por la empresa eléctrica regional del sur, se concluye que en toda la provincia se emplean luminarias de sodio cerradas, las cuales son mayoritarias en cada uno de los cantones, estas luminarias exhiben una eficiencia baja y, adicionalmente, su disposición no sigue el sistema de zonificación, generando así un impacto ambiental significativo, este desalineamiento con el sistema de zonificación contribuye a la contaminación lumínica en las ciudades, afectando negativamente el descanso y el sueño de los habitantes debido al exceso de luminosidad, estos hallazgos subrayan la necesidad de considerar opciones más eficientes y alineadas con las directrices ambientales para mejorar la calidad lumínica y reducir los impactos adversos en la salud y el medio ambiente.
- Basándonos en la norma RTE INEN 069, hemos llevado a cabo una zonificación que establece un precedente crucial para el control de la contaminación lumínica, este enfoque implica la creación de mapas individuales para cada cantón, que posteriormente se integran para conformar la representación completa de la provincia de Loja, esta perspectiva panorámica ofrece una visión más amplia y detallada de como se delimita toda el área provincial, siendo suministrada por la EERSSA, este proceso contribuye significativamente a un mejor control durante la ejecución de futuros proyectos de iluminación, considerando cuidadosamente qué tipo de iluminación sería más adecuado para evitar impactos adversos en las personas, la fauna y la flora. La implementación de esta zonificación, guiada por las normas establecidas, se revela como un elemento fundamental para la planificación luminotécnica sostenible y respetuosa con el entorno en la provincia de Loja.
- En conclusión, la formulación de un sistema de alumbrado público eficiente, considerando cuidadosamente las condiciones de utilización de diversos tipos de luminarias, emerge como una estrategia integral para mitigar la contaminación lumínica, este enfoque no solo busca optimizar la eficiencia energética, sino que también se orienta hacia la adaptabilidad a contextos específicos, promoviendo así un entorno urbano iluminado de manera precisa y sostenible, al implementar este sistema, se anticipa una significativa reducción

de la contaminación lumínica, lo que no solo beneficia el entorno nocturno, sino que también respalda la conservación del medio ambiente y promueve una iluminación pública responsable y eficaz, este objetivo no solo aborda la eficiencia energética sino también contribuye al bienestar de la comunidad al priorizar una iluminación que se ajuste a las necesidades reales de cada área, fomentando así un entorno urbano más sostenible y armonioso.

9. Recomendaciones

- Tener experiencia en el manejo del software ArcGIS es fundamental, ya que, en este, la empresa eléctrica y otras entidades públicas proporcionan información detallada, que abarca desde el subtipo de luminaria y su ubicación hasta la cartografía completa de toda la provincia.
- Es fundamental presentar con tiempo las solicitudes dirigidas a las entidades públicas, dado que el proceso puede ser extenso y variar según la entidad, el momento en que se entregue la documentación resulta crucial, ya que impactará directamente en la prontitud con la que se nos proporcionará lo necesario para el desarrollo del proyecto de titulación.
- Consultar las páginas individuales de cada cantón es esencial para localizar sus planes de ordenamiento territorial, ya que la ubicación de este documento depende de la administración local, y lo disponen en el lugar que consideren más apropiado para sus necesidades.
- Se sugiere a la EERSSA tener en cuenta la zonificación realizada en el proyecto, ya que es esencial para lograr una iluminación óptima en la provincia. Además, se propone llevar a cabo la transición de luminarias de sodio cerrada y sus proyectores, entre otras, a aquellas con una mayor eficiencia, como las luminarias LED. Este cambio contribuirá significativamente a mejorar la eficiencia energética y la calidad lumínica en la región.
- Para implementar el sistema de iluminación en las vías que conectan los cantones, se sugiere considerar la realización de un estudio adicional. Esto se debe a que estas vías requieren un tipo específico de iluminación para garantizar su visibilidad a los conductores y prevenir posibles accidentes de tráfico.
- En el futuro, ante el crecimiento tanto comercial como urbanístico en cada cantón, es crucial considerar la variación en las áreas designadas para iluminación media (E3) y alta (E4). Además, se prevé que el SNAP tome en consideración un aumento en el número de áreas protegidas, donde se requiera un nivel de brillo nulo (E1).

10. Bibliografía

- Instituto Nacional de Normalización INEN. (2016). *REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 069 Alumbrado Público*, Quito.
- Bryan Salazar López. (03 de septiembre de 2019). *Iluminación*. Ingeniería Industrial Online; Ingeniería Industrial Online. https://www.ingenieriaindustrialonline.com/disen-y-distribucion-en-planta/iluminacion/#google_vignette
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía [IDEA]. (2021). Idae.es. [https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/servicios/alumbrado-exterior#:~:text=El%20alumbrado%20exterior%20incluye%20a,etc.\)%20de%20uso%20p%C3%BAblico](https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/servicios/alumbrado-exterior#:~:text=El%20alumbrado%20exterior%20incluye%20a,etc.)%20de%20uso%20p%C3%BAblico).
- ERCO Greenology®. (17 de mayo de 2020). *Deslumbramiento – tipos y definición*. Erco.com; ERCO GmbH. <https://www.erco.com/es/planificacion-de-iluminacion/conocimientos-luminotecnicos/percepcion-visual/deslumbramiento-7462/#:~:text=El%20deslumbramiento%20es%20un%20t%C3%A9rmino,mismas%20en%20un%20entorno%20visual>.
- Ingenieros y asesores. (22 de julio de 2020). *Luminotecnia: la importancia de una adecuada iluminación*. Ingenierosasesores.com. <https://ingenierosasesores.com/actualidad/luminotecnia-la-importancia-de-disponer-de-la-iluminacion-adecuada/>
- Auersignal. (s.f.). Auersignal.com; <https://www.auersignal.com/es/datos-tecnicos/indicacion-luminos/intensidad-luminosa/#:~:text=El%20flujo%20luminoso%20C%20medido%20en,proporcionan%20informaci%C3%B3n%20sobre%20su%20luminosidad>.
- Lampamania. (21 de mayo de 2021). *¿Qué es el flujo luminoso y la intensidad luminosa?* Lampamania; Lampamania. <https://www.lampamania.es/articulos/que-es-el-flujo-luminoso-y-la-intensidad-luminosa/>

ERCO Greenology®. (25 de mayo de 2022). *Iluminancia: definición, medición y cálculo*. Erco.com; ERCO GmbH. <https://www.erco.com/es/planificacion-de-iluminacion/conocimientos-luminotecnicos/fotometria/iluminancia-7517/>

ERCO Greenology. (24 de mayo de 2022). *Luminancia: definición y unidad de medida*. Erco.com; ERCO GmbH. [https://www.erco.com/es/planificacion-de-iluminacion/conocimientos-luminotecnicos/fotometria/luminancia-7500/#:~:text=La%20luminancia%20\(L\)%20se%20refiere,o%20por%20transmisi%C3%B3n%20o%20reflexi%C3%B3n.](https://www.erco.com/es/planificacion-de-iluminacion/conocimientos-luminotecnicos/fotometria/luminancia-7500/#:~:text=La%20luminancia%20(L)%20se%20refiere,o%20por%20transmisi%C3%B3n%20o%20reflexi%C3%B3n.)

TRILUX (03 de septiembre de 2015). @TRILUX. <https://www.trilux.com/es/blog/rendimiento-luminoso/#:~:text=El%20rendimiento%20luminoso%20es%20la,radiaci%C3%B3n%20en%20condiciones%20ambiente%20estandarizadas.>

Current (6 de septiembre del 2019). Led.com. <https://www.led.com/la-es/inspiracion/la-importancia-del-alumbrado-publico-y-la-tecnologia-led>

Promar (2020). Promart.pe. <https://www.promart.pe/blog/tipos-de-luminarias>

Universidad politécnica de Cataluña (2023) *Alumbrado de vías públicas*. Upc.edu. https://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/vias_p.html

Illuminet. (5 de julio de 2022). *La temperatura de color en alumbrado público debe ser 2200 K o más cálida: Guillermo Redrado, ATP Iluminación | Illuminet revista de iluminación*. Illuminet Revista de Iluminación. <https://iluminet.com/alumbrado-publico-2200-k-guillermo-redrado-atp/#>

Ministerio del ambiente Chile (s.f) *Contaminación Lumínica*. <https://luminica.mma.gob.cl/que-es-la-contaminacion-luminica/>

Sancho, A. (14 de mayo de 2019). *La contaminación lumínica y sus consecuencias*. Naturaliza; Naturaliza - Ecoembes. <https://www.naturalizaeducacion.org/2019/05/14/contaminacion-luminica/>

Redacción EFEverde. (7 de octubre de 2020). *El exceso de luz artificial aumenta el riesgo de cáncer, alertan científicos*. EFEverde; EFEverde. <https://efeverde.com/luz-artificial-exceso-riesgo->

- Mayorista electrónico*. (2024). Lámpara vapor mercurio alta presión e-27 125W en tono luz día 4200k. <https://www.mayoristaelectronico.com/lamparas-de-vapor-mercurio/425-lampara-vapor-mercurio-alta-presion-e-27-125w-en-tono-luz-dia-4200k.html>
- Ilumina con eficiencia. (21 de junio del 2012). *Vapor de Mercurio Alta Presión*. <https://iluminaconeficiencia.wordpress.com/vapor-de-mercurio-alta-presion/>
- Ledvance. (2023). *VIALOX® NAV®-T SUPER 4Y® 50...400 W*. <https://www.ledvance.es/profesional/productos/lamparas/lamparas-de-descarga-de-alta-presion/lamparas-de-vapor-de-sodio-de-alta-presion-para-luminarias-abiertas-y-cerradas/lamparas-de-vapor-de-sodio-de-alta-presion-para-luminarias-abiertas-y-cerradas-c7315>
- Bricos. (13 de agosto del 2013). *Lámparas de Descarga: Sodio y Mercurio, alta y baja presión*. Material Electrico E Iluminación - Bricos. <https://bricos.com/iluminacion/lamparas-de-descarga-sodio-y-mercurio-alta-y-baja-presion/>
- Sylvania Ecuador. (6 de marzo del 2023). *LED SYL-STREET CLASE II / - Soluciones En Luces LED*. <https://sylvania.com.ec/product/led-syl-street-clase-ii/>
- Universidad Politécnica de Cataluña. (s.f.). Fuentes de luz y equipos auxiliares. <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion-fuentesDeLuz-LamparasDeDescarga-LamparaHalogenurosMetalicos.php>
- Metalight - Grupo Marriott*. (30 de diciembre del 2022). Focos Metal Halide. <https://new.grupomarriott.com/metalight/>
- Efrén Avilés. (22 de abril del 2016). *Provincia de Loja*. Enciclopedia Del Ecuador; Enciclopedia del Ecuador. <https://www.encyclopediadelecuador.com/provincia-de-loja/>
- Comisión internacional de iluminación. (1997). *Guía para Minimizar la Luminosidad del Cielo*. CIE-126. <https://cie.co.at/>
- Comisión internacional de iluminación. (2003). *Guía para la Limitación de los Efectos Molestos de la Luz Procedente de las Instalaciones de Iluminación en Exteriores*. CIE-126. <https://cie.co.at/>

- GAD Municipal de Calvas. (2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Calvas 2019-2023*. <https://www.gobiernocalvas.gob.ec/index.php/sistema-informacion-local/territorial/pdyot-2019-2023>
- GAD Municipal de Catamayo. (2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Catamayo 2019-2023*. <https://catamayo.gob.ec/pdot-pugs/>
- GAD Municipal de Celica. (19 de julio del 2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Celica*. https://gadcelica.gob.ec/wpfd_file/ordenanza-de-adequacion-del-plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-en-el-marco-de-la-emergencia-covid-19/
- GAD Municipal de Chaguarpamba. (2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Chaguarpamba 2021*. <https://gadchaguarpamba.gob.ec/index.php/component/phocadownload/category/37-anexos2021>
- GAD Municipal de Espíndola. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Espíndola 2019-2023*. <https://espindola.gob.ec/documentos/diagnostico.pdf>
- GAD Municipal de Gonzanamá. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Gonzanamá 2019-2023*. <https://gonzanama.gob.ec/index.php/gonzanama/25-gad-contenido/lotaip>
- GAD Municipal de Macará. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Macará 2019-2023*. <https://www.municipiomacara.gob.ec/gadmacara/menup-lotaip/menup-lotaip-documentacionvariada/transparencia-documentacionvariada-poa-2>
- GAD Municipal de Olmedo. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Olmedo 2019-2023*. <https://gadolmedo.gob.ec/molmedo.gob.ec/pablo.merchan/TRANSPARENCIA/ANEXOS%20GENERALES%20NORMATIVAS/PDOT/PDOT%20DIAGNOSTICO%20GENERAL%202019-2023.pdf>
- GAD Municipal de Paltas. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Paltas 2019-2023*. <https://www.alcaldiadepaltas.gob.ec/podt2019-2023/>

- GAD Municipal de Pindal. (2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Pindal 2019-2023*. <https://gadpindal.gob.ec/index.php/municipio/ordenanzas/ano-2023>
- GAD Municipal de Puyango. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Puyango 2019-2023*. https://www.gadmpuyango.gob.ec/phocadownload/Transparencia/2020/Noviembre/Literal_k.pdf
- GAD Municipal de Quilanga. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Quilanga 2019-2023*. <https://quilanga.gob.ec/?fbclid=IwAR277ez9HZsXNXAas0R7wSdBvyaJvrL9ewcPScnrOt0g289rYfGDc6p4tWw>
- GAD Municipal de Saraguro. (2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Saraguro 2014-2019*. <https://saraguro.gob.ec/wp/index.php/2021/06/11/pdot/>
- GAD Municipal de Sozoranga. (2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Sozoranga 2020-2023*. <https://www.sozoranga.gob.ec/index.php/municipio/planificacion/pdyot>
- GAD Municipal de Zapotillo. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Zapotillo 2019-2023*. <https://gobiernodezapotillo.gob.ec/la-institucion/>
- Chocho, E., & Yunga, W. (2014). Zonificación para control de la polución lumínica, aplicada a los cantones servidos por la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. *Ucuenca.edu.ec*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20920>
- Gencat (2022). *Mapa de la protección contra la contaminación lumínica*. https://mediambient.gencat.cat/es/05_ambits_dactuacio/atmosfera/contaminacio_luminica/mapa-de-proteccio-contra-contaminacio-luminica/index.html

11. Anexos

Anexo 1. Luminarias instaladas enero 2024-Calvas

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
Calvas	Mercurio Cerrada	14	125
	Sodio Cerrada	654	70
	Sodio Cerrada	678	100
	Sodio Cerrada	307	150
	Sodio Cerrada	491	250
	Sodio Cerrada	1	400
	LED	8	40
	LED	37	100
	LED	10	110
	LED	1	114
	LED	5	150
	LED	28	180
	LED	94	210
	Proyector Sodio	6	150
	Proyector Sodio	16	400
	Proyector Mercurio	1	250
	Proyector Mercurio	13	400
	Proyector Metal Halide	10	400
	Proyector LED	4	200
	Total de luminarias instaladas=		2378

Fuente: (EERSSA, 2024).

Anexo 2. Luminarias instaladas enero 2024-Catamayo

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
Catamayo	Mercurio Cerrada	25	125
	Mercurio Abierta	1	125
	Sodio Cerrada	656	70
	Sodio Cerrada	2189	100
	Sodio Cerrada	1117	150
	Sodio Cerrada	352	250
	Sodio Cerrada	2	400
	LED	6	53
	LED	48	55
	LED	3	75
	LED	33	80
	LED	52	90
	LED	9	100
	LED	23	120
	LED	258	150
	LED	6	180

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
	LED	4	200
	LED	2	220
	Proyector Sodio	29	70
	Proyector Sodio	33	150
	Proyector Sodio	4	250
	Proyector Sodio	16	400
	Proyector Mercurio	3	250
	Proyector Mercurio	36	400
	Proyector Metal Halide	4	70
	Proyector Metal Halide	10	400
	Metal Halide	52	100
	Metal Halide	23	150
	Proyector LED	14	5
	Proyector LED	22	7
	Proyector LED	9	10
	Proyector LED	8	20
	Proyector LED	63	30
	Proyector LED	12	36
	Proyector LED	116	50
	Proyector LED	38	70
	Proyector LED	42	100
	Proyector LED	8	150
	Proyector LED	2	200
	Total de luminarias instaladas=	5330	

Fuente: (EERSSA, 2024).

Anexo 3. Luminarias instaladas enero 2024- Celica

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
	Mercurio Cerrada	9	125
	Sodio Cerrada	274	70
	Sodio Cerrada	815	100
	Sodio Cerrada	254	150
	Sodio Cerrada	132	250
	Sodio Cerrada	1	400
	LED	8	60
Celica	LED	27	80
	LED	4	90
	LED	12	110
	LED	2	150
	LED	126	200
	LED	1	212
	Proyector Sodio	147	70
	Proyector Sodio	1	150

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
	Proyector Sodio	11	250
	Proyector Sodio	22	400
	Proyector Mercurio	8	250
	Proyector Mercurio	41	400
	Proyector Metal Halide	2	250
	Proyector Metal Halide	23	400
	Metal Halide	14	100
	Proyector LED	24	10
	Proyector LED	3	30
	Total de luminarias instaladas=	1961	

Fuente: (EERSSA, 2024).

Anexo 4. Luminarias instaladas enero 2024- Chaguarpamba

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
	Mercurio Cerrada	10	125
	Sodio Cerrada	174	70
	Sodio Cerrada	471	100
	Sodio Cerrada	101	150
	Sodio Cerrada	38	250
	LED	24	90
	LED	4	100
	LED	11	150
Chaguarpamba	Proyector Sodio	1	150
	Proyector Sodio	1	250
	Proyector Sodio	10	400
	Proyector Mercurio	11	250
	Proyector Mercurio	16	400
	Proyector LED	18	3
	Proyector LED	7	20
	Proyector LED	6	27
	Proyector LED	2	100
	Total de luminarias instaladas=	905	

Fuente: (EERSSA, 2024).

Anexo 5. Luminarias instaladas enero 2024- Espíndola

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
	Mercurio Cerrada	1	125
Espíndola	Sodio Cerrada	205	70
	Sodio Cerrada	806	100

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
	Sodio Cerrada	410	150
	Sodio Cerrada	61	250
	Sodio Cerrada	4	400
	LED	9	90
	LED	30	95
	LED	16	100
	Proyector Sodio	4	150
	Proyector Sodio	8	250
	Proyector Sodio	20	400
	Proyector Mercurio	20	400
	Proyector Metal Halide	4	400
	Proyector LED	5	35
	Proyector LED	7	50
	Proyector LED	10	200
	Total de luminarias instaladas=	1620	

Fuente: (EERSSA, 2024).

Anexo 6. *Luminarias instaladas enero 2024- Gonzanamá*

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
	Mercurio Cerrada	9	125
	Sodio Cerrada	230	70
	Sodio Cerrada	931	100
	Sodio Cerrada	219	150
	Sodio Cerrada	116	250
	LED	20	27
	LED	7	36
	LED	12	50
	LED	4	60
	LED	5	70
	LED	51	80
Gonzanamá	LED	73	90
	LED	21	120
	LED	46	150
	LED	8	212
	Proyector Mercurio	4	150
	Proyector Mercurio	9	400
	Metal Halide	17	100
	Proyector LED	40	3
	Proyector LED	15	4
	Proyector LED	400	10
	Proyector LED	4	12
	Proyector LED	15	18
	Proyector LED	70	20

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
	Proyector LED	6	25
	Proyector LED	8	30
	Proyector LED	24	35
	Proyector LED	222	50
	Proyector LED	16	70
	Proyector LED	11	200
	Total de luminarias instaladas=	2613	

Fuente: (EERSSA, 2024).

Anexo 7. Luminarias instaladas enero 2024- Loja

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
	Mercurio Cerrada	21	125
	Sodio Cerrada	3344	70
	Sodio Cerrada	10246	100
	Sodio Cerrada	5886	150
	Sodio Cerrada	2607	250
	Sodio Cerrada	94	400
	LED	34	40
	LED	3	45
	LED	20	50
	LED	7	55
	LED	16	60
	LED	43	70
	LED	10	75
	LED	109	80
	LED	4	82
Loja	LED	36	90
	LED	22	100
	LED	389	106
	LED	3	107
	LED	87	110
	LED	10	120
	LED	5	123
	LED	516	139
	LED	64	145
	LED	742	150
	LED	4	180
	LED	50	200
	LED	131	212
	LED	147	220
	Proyector Sodio	45	70
	Proyector Sodio	160	150
	Proyector Sodio	263	250

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
	Proyector Sodio	102	400
	Proyector Mercurio	5	100
	Proyector Mercurio	5	150
	Proyector Mercurio	55	250
	Proyector Mercurio	238	400
	Proyector Metal Halide	6	70
	Proyector Metal Halide	7	100
	Proyector Metal Halide	4	400
	Metal Halide	60	70
	Metal Halide	18	100
	Metal Halide	6	150
	Proyector LED	16	4
	Proyector LED	7	5
	Proyector LED	16	6
	Proyector LED	28	9
	Proyector LED	60	10
	Proyector LED	10	12
	Proyector LED	32	15
	Proyector LED	4	16
	Proyector LED	4	18
	Proyector LED	204	20
	Proyector LED	25	25
	Proyector LED	54	30
	Proyector LED	55	39
	Proyector LED	8	40
	Proyector LED	6	42
	Proyector LED	104	50
	Proyector LED	10	70
	Proyector LED	6	100
	Proyector LED	13	112
	Proyector LED	9	115
	Proyector LED	19	150
	Proyector LED	163	200
	Proyector LED	2	212
	Total de luminarias instaladas=	26479	

Fuente: (EERSSA, 2024).

Anexo 8. Luminarias instaladas enero 2024- Macará

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
Macará	Mercurio Cerrada	39	125
	Sodio Cerrada	536	70
	Sodio Cerrada	784	100
	Sodio Cerrada	423	150

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
	Sodio Cerrada	86	250
	LED	20	50
	LED	12	60
	LED	6	70
	LED	6	75
	LED	27	80
	LED	16	90
	LED	6	100
	LED	16	110
	LED	12	150
	LED	83	200
	LED	50	220
	Proyector Sodio	7	70
	Proyector Sodio	37	150
	Proyector Sodio	21	250
	Proyector Sodio	4	400
	Proyector Mercurio	7	150
	Proyector Mercurio	2	250
	Proyector Mercurio	5	400
	Proyector Metal Halide	3	250
	Metal Halide	16	70
	Metal Halide	61	100
	Proyector LED	5	3
	Proyector LED	37	4
	Proyector LED	38	5
	Proyector LED	133	9
	Proyector LED	136	10
	Proyector LED	19	18
	Proyector LED	12	20
	Proyector LED	42	30
	Proyector LED	15	45
	Proyector LED	124	50
	Proyector LED	8	150
	Proyector LED	4	200
	Total de luminarias instaladas=	2858	

Fuente: (EERSSA, 2024).

Anexo 9. Luminarias instaladas enero 2024- Olmedo

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
Olmedo	Sodio Cerrada	216	70
	Sodio Cerrada	157	100
	Sodio Cerrada	150	150
	Sodio Cerrada	87	250

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
	LED	3	39
	LED	4	150
	Proyector Mercurio	4	400
	Proyector LED	33	39
	Total de luminarias instaladas=	654	

Fuente: (EERSSA, 2024).

Anexo 10. *Luminarias instaladas enero 2024- Paltas*

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
	Sodio Cerrada	381	70
	Sodio Cerrada	946	100
	Sodio Cerrada	387	150
	Sodio Cerrada	381	250
	LED	19	45
	LED	3	50
	LED	22	63
	LED	2	80
	LED	82	90
	LED	22	100
	LED	8	150
	Proyector Sodio	4	250
	Proyector Sodio	2	400
	Proyector Mercurio	2	250
Paltas	Proyector LED	12	3
	Proyector LED	6	9
	Proyector LED	27	10
	Proyector LED	12	15
	Proyector LED	2	20
	Proyector LED	12	25
	Proyector LED	39	30
	Proyector LED	5	35
	Proyector LED	4	36
	Proyector LED	2	45
	Proyector LED	62	50
	Proyector LED	2	60
	Proyector LED	2	80
	Proyector LED	1	150
	Proyector LED	4	200
	Total de luminarias instaladas=	2453	

Anexo 11. Luminarias instaladas enero 2024- Pindal

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)	
Pindal	Sodio Cerrada	86	70	
	Sodio Cerrada	372	100	
	Sodio Cerrada	142	150	
	Sodio Cerrada	10	250	
	Sodio Cerrada	4	400	
	LED	10	60	
	LED	25	90	
	LED	5	100	
	LED	9	150	
	LED	105	200	
	Proyector Sodio	5	150	
	Proyector Sodio	1	250	
	Proyector Sodio	10	400	
	Proyector Mercurio	2	250	
	Proyector Mercurio	1	400	
	Proyector Metal Halide	4	400	
	Total de luminarias instaladas=		791	

Fuente: (EERSSA, 2024).

Anexo 12. Luminarias instaladas enero 2024- Puyango

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
Puyango	Sodio Cerrada	313	70
	Sodio Cerrada	655	100
	Sodio Cerrada	331	150
	Sodio Cerrada	137	250
	LED	12	71
	LED	17	90
	LED	8	106
	LED	101	200
	LED	78	220
	Proyector Sodio	5	70
	Proyector Sodio	13	150
	Proyector Sodio	3	250
	Proyector Sodio	13	400
	Proyector Mercurio	4	250
	Proyector Mercurio	85	400
	Metal Halide	24	150
	Proyector LED	6	3,6
	Proyector LED	16	6
	Proyector LED	8	9
	Proyector LED	12	18

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
	Proyector LED	10	20
	Proyector LED	3	30
	Total de luminarias instaladas=	1854	

Fuente: (EERSSA, 2024).

Anexo 13. Luminarias instaladas enero 2024- Quilanga

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
	Mercurio Cerrada	15	125
	Sodio Cerrada	234	70
	Sodio Cerrada	165	100
	Sodio Cerrada	193	150
	Sodio Cerrada	49	250
	LED	18	80
	LED	38	90
	LED	14	100
Quilanga	LED	6	120
	LED	18	150
	LED	23	200
	Proyector Sodio	5	250
	Proyector Mercurio	6	400
	Metal Halide	4	150
	Proyector LED	33	10
	Proyector LED	24	50
	Proyector LED	14	150
	Total de luminarias instaladas=	859	

Fuente: (EERSSA, 2024).

Anexo 14. Luminarias instaladas enero 2024- Saraguro

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
	Mercurio Cerrada	5	125
	Sodio Cerrada	611	70
	Sodio Cerrada	1165	100
	Sodio Cerrada	617	150
Saraguro	Sodio Cerrada	160	250
	Sodio Cerrada	1	400
	LED	4	38
	LED	33	70
	LED	4	73
	LED	14	80

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
	LED	66	90
	LED	23	100
	LED	4	120
	LED	10	150
	LED	97	200
	Proyector Sodio	10	150
	Proyector Sodio	4	400
	Proyector Mercurio	6	250
	Proyector Metal Halide	8	250
	Metal Halide	8	70
	Proyector LED	6	4
	Proyector LED	15	9
	Proyector LED	4	15
	Proyector LED	7	50
	Proyector LED	16	200
	Proyector LED	4	250
	Proyector LED	9	500
	Total de luminarias instaladas=	2911	

Fuente: (EERSSA, 2024).

Anexo 15. Luminarias instaladas enero 2024- Sozoranga

Cantón	Subtipo de luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
	Mercurio Cerrada	16	125
	Sodio Cerrada	201	70
	Sodio Cerrada	350	100
	Sodio Cerrada	126	150
	Sodio Cerrada	15	250
	LED	54	90
Sozoranga	LED	11	100
	LED	149	150
	Proyector Sodio	9	70
	Proyector Sodio	4	150
	Proyector Sodio	3	250
	Proyector Sodio	2	400
	Metal Halide	14	100
	Proyector LED	9	30
	Total de luminarias instaladas=	963	

Fuente: (EERSSA, 2024).

Anexo 16. Luminarias instaladas enero 2024- Zapotillo

Cantón	Subtipo de las luminarias	Cantidad	Potencias existentes(W)
Zapotillo	Mercurio Cerrada	6	125
	Mercurio Abierta	1	125
	Sodio Cerrada	134	70
	Sodio Cerrada	1159	100
	Sodio Cerrada	274	150
	Sodio Cerrada	65	250
	Sodio Cerrada	3	400
	LED	7	60
	LED	6	75
	LED	12	80
	LED	35	90
	LED	11	100
	LED	37	150
	LED	144	200
	LED	1	210
	Proyector Sodio	66	150
	Proyector Sodio	3	400
	Proyector Metal Halide	6	400
	Proyector LED	6	10
	Proyector LED	2	15
	Proyector LED	50	20
	Proyector LED	4	30
	Proyector LED	4	200
Total de luminarias instaladas=		2036	

Fuente: (EERSSA, 2024).

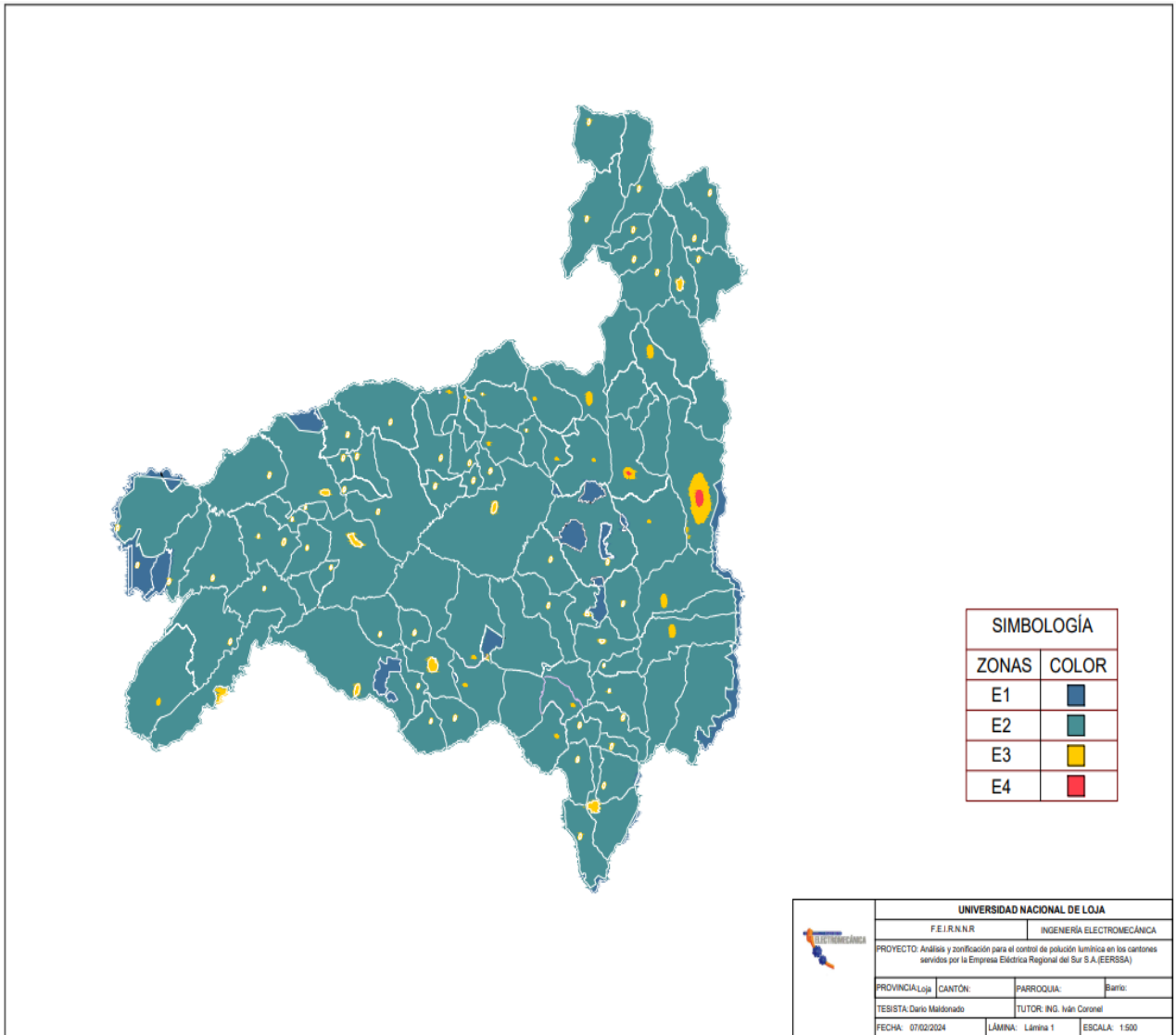
Anexo 17. Luminarias instaladas en la provincia de Loja en enero del 2024

N°	Cantón	Luminarias instaladas
1	Calvas	2378
2	Catamayo	5330
3	Celica	1961
4	Chaguarpamba	905
5	Espíndola	1620
6	Gonzanamá	2613
7	Loja	26479
8	Macará	2858
9	Olmedo	654
10	Paltas	2453
11	Pindal	791
12	Puyango	1854
13	Quilanga	859

N° Cantón	Luminarias instaladas
14 Saraguro	2911
15 Sozoranga	963
16 Zapotillo	2036
Total=	56665

Fuente: (EERSSA, 2024).

Anexo 18. Zonificación del cantón Loja



Anexo 19. Certificado de traducción del resumen.

Loja, 09 de noviembre de 2024

CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN

Doctora.
Erika Lucía González Carrión, Ph.D.

CERTIFICO:

Yo, Doctora Erika Lucía González Carrión, Ph.D., con cédula de ciudadanía 1105820953, en mi calidad de traductora del idioma Inglés, con capacidades que pueden ser probadas a través de los siguientes documentos acreditativos:

- 1. TÍTULO DE LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACION MENCION IDIOMA INGLES**, Registro SENESCYT Nro. 1008-16-1457913 (Anexo 1 documento SENESCYT):
<https://drive.google.com/file/d/1TrRikB37XkDSSXRhIsZDh4FhWbylYkFz/view?usp=sharing>
- 2. CERTIFICADO DE PROFICIENCIA DEL IDIOMA INGLES** (Anexo 2 documento):
<https://drive.google.com/file/d/1cNGWVEFjYH1E4eoHVDHGDkmLFEIIUYAT/view?usp=sharing>
- 3. CERTIFICADO INGLÉS NIVEL B2** (Anexo 3):
<https://drive.google.com/file/d/1i9QP22MCNrRMkfIrKPO54003zE92tfMu/view?usp=sharing>
- 4. ACCESO A REVISTA COMUNICAR- BLOG ESCUELA DE AUTORES:**
<https://www.grupocomunicar.com/wp/school-of-authors/>
(Al acceder en el enlace al blog, se podrá evidenciar la traducción realizada por quien certifica de cada entrada. Para mayor referencia observar la captura de pantalla adjunta ANEXO 4 :
https://drive.google.com/file/d/1UjPj_R1ciRBxeW8UwNUHuNxICOXClr2f/view?usp=sharing

Con fundamento en la citada experiencia, numerales 1 al 4, **C E R T I F I C O** que la traducción del Resumen (Abstract) del Trabajo de Titulación denominado: “**Análisis y zonificación para el control de polución lumínica en los cantones servidos por la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.(EERSSA).**”, de autoría del estudiante: **Dario Javier Maldonado Cacay** con CI: **1105898165**, es correcta y completa, según las normas internacionales de traducción de textos.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado, Dario Javier Maldonado Cacay, hacer uso legal del presente, según estime conveniente.

Atentamente,



Dra. Erika González Carrión. PhD.
C.I. 1105820953

- Registro SENESCYT Nro. 1008-16-1457913 - LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACION MENCION IDIOMA INGLES
- Registro SENESCYT Nro. 1031-15-1414538 - LICENCIADO EN COMUNICACION SOCIAL
- Registro SENESCYT Nro. 7242132304 - MASTER UNIVERSITARIO EN COMUNICACION Y EDUCACION AUDIOVISUAL
- Registro SENESCYT Nro. 7241182671 - DOCTORA DENTRO DEL PROGRAMA DE DOCTORADO EN COMUNICACION
- Registro Investigador SENESCYT acreditado: REG-INV-22-05714- Investigador Agregado 1.