



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales

No Renovables

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Estudio del alumbrado público de la Universidad Nacional de Loja del  
sector La Argelia.

Trabajo de Titulación, previo a la obtención  
del título de Ingeniero Electromecánico.

**AUTOR:**

Ermel Fabian Armijos Dumas

**DIRECTOR:**

Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio, Mg. Sc.

Loja-Ecuador

2024

## **Certificación**

**Loja, 24 de julio de 2024**

Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio, Mg. Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **CERTIFICO:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del Trabajo de titulación denominado: **Estudio del alumbrado público de la Universidad Nacional de Loja del sector la Argelia.**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Electromecánico**, de la autoría del estudiante **Ermel Fabian Armijos Dumas** con cédula de identidad **Nro. 1900819119**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio, Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **Autoría**

Yo, **Ermel Fabian Armijos Dumas**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y exi-  
mo 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 de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio  
Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

### **Firma:**

**Autor:** Ermel Fabian Armijos Dumas

**Cédula de Identidad:** 1900819119

**Fecha:** 24 de julio de 2024

**Correo electrónico:** ermel.armijos@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0986072993

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

Yo **Ermel Fabian Armijos Dumas** declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado **Estudio del alumbrado público de la Universidad Nacional de Loja del sector la Argelia**, 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 Repositorio Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veinticuatro días del mes de julio del dos mil veinticuatro.

**Firma:**

**Autor:** Ermel Fabian Armijos Dumas

**Cédula:** 1900819119

**Dirección:** Ciudadela Pio Jaramillo - Loja

**Fecha:** 24 de julio de 2024

**Correo electrónico:** ermel.armijos@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0986072993

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del trabajo de titulación:** Ing. Iván Alberto Coronel Villavicencio, Mg. Sc.

## **Dedicatoria**

Quiero dedicar este trabajo primeramente a Dios, quien en tiempos de soledad lejos de casa, fue una compañía con quien podía contar y me daba la fortaleza para continuar con este proceso.

Con profundo amor y gratitud, deseo dedicar este trabajo a mis padres, Amadeo Armijos y Bertha Dumas. Su presencia constante y generosa dedicación han sido pilares fundamentales en mi vida, brindándome todo el apoyo y los recursos necesarios para alcanzar mis metas. Su incansable esfuerzo y apoyo incondicional han dado frutos, permitiéndome estar aquí, en este momento crucial, transformándome en el profesional que siempre hemos soñado. Su amor y ejemplo han sido una inspiración constante en mi camino hacia el éxito, y por eso les estaré eternamente agradecido. También deseo expresar mi agradecimiento a todos mis hermanos Edwin, Irene, Juan y Sandra, quienes siempre estuvieron presentes, brindándome su apoyo incondicional y contribuyendo, cada uno a su manera, para hacer realidad este sueño.

A mis amigos Joffre, Marcelo, Roberth, Genesis, Yenni, Julieta, Diego, Alan, Andy y Belén quienes han sido compañeros invaluable a lo largo de esta etapa. Su presencia constante y su apoyo incondicional han sido fundamentales para mí. Estoy seguro de que seguirán acompañándome en el futuro, pues elegirlos como amigos ha sido una de las decisiones más acertadas que he tomado. A Andrea, cuyo apoyo incondicional y constante fue esencial para la culminación de este trabajo. Tu presencia en los momentos más difíciles, brindándome motivación y aliento, fue invaluable. Gracias por tu paciencia, tu comprensión y por creer en mí cuando más lo necesitaba.

Por último y sin menos importancia esto también va dedicado a mis tías, Roció y Melva quienes me abrieron las puertas de su hogar, proporcionándome refugio, alimentación y apoyo incondicional durante este tiempo. A mis primos y a mi querido Abuelo Juvenal, quien siempre estuvo presente, preocupándose por mi bienestar y compartiendo momentos conmigo, quiero expresarles mi más sincero agradecimiento. Esto también va dirigido a ustedes.

**Ermel Fabian Armijos Dumas.**

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi familia por su incondicional apoyo, amor, valiosos consejos y constante motivación que me han impulsado a seguir adelante y a no rendirme.

También deseo expresar mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja y a todos los docentes del área de energía que compartieron sus conocimientos para mi formación académica. Más que docentes, fueron amigos que estuvieron ahí tanto dentro como fuera del aula ante cualquier duda y apoyo.

De manera especial agradezco a mi director de tesis Ing. Ivan Coronel Mg. Sc., que desempeño un papel fundamental para lograr este objetivo, siempre estaré agradecido por toda la ayuda y enseñanzas que me brindó.

**Ermel Fabian Armijos Dumas.**

## Índice de contenidos

<b>PORTADA</b> . . . . .	<b>i</b>
<b>CERTIFICACIÓN</b> . . . . .	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA</b> . . . . .	<b>iii</b>
<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN.</b> . . . . .	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> . . . . .	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> . . . . .	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> . . . . .	<b>vii</b>
Índice de Tablas: . . . . .	x
Índice de Figuras: . . . . .	xii
Índice de Anexos: . . . . .	xiii
<b>SIMBOLOGÍA</b> . . . . .	<b>xiv</b>
<b>1 TÍTULO</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>2 RESUMEN</b> . . . . .	<b>2</b>
<b>3 INTRODUCCIÓN</b> . . . . .	<b>4</b>
<b>4 MARCO TEÓRICO</b> . . . . .	<b>6</b>
<b>4.1 Capítulo 1</b> . . . . .	<b>6</b>
4.1.1 Alumbrado público . . . . .	6
4.1.2 Conceptos generales de alumbrado público . . . . .	7
4.1.2.1 Luminarias. . . . .	7
4.1.2.2 Tipos de lámparas en el alumbrado público . . . . .	8
4.1.2.3 Características de los tipos de lámparas. . . . .	11
4.1.3 Levantamiento de datos sobre sistema de control de alumbrado público. . . . .	12
<b>4.2 Capítulo 2</b> . . . . .	<b>12</b>
4.2.1 Elasticsearch . . . . .	12
4.2.2 Iluplus . . . . .	13

4.2.2.1	Red Zigbee. . . . .	14
4.2.2.1.1	Estructura de una red Zigbee. . . . .	14
4.2.2.1.2	Clúster. . . . .	15
4.2.2.2	Sistema SCADA. . . . .	15
4.2.3	Ahorro energético . . . . .	16
4.2.3.1	Comparación de tecnologías y criterios de análisis. . . . .	16
4.2.4	Eficiencia energética . . . . .	17
4.2.4.1	Consumo de energía eléctrica. . . . .	17
4.2.4.2	¿Cómo calcular cuánta energía consumen mis dispositivos eléctricos? . . . . .	18
4.2.5	Lámparas inteligentes. . . . .	19
4.2.5.1	Estructura de una lámpara inteligente. . . . .	19
<b>4.3</b>	<b>Capítulo 3 . . . . .</b>	<b>20</b>
4.3.1	Dashboard . . . . .	21
4.3.1.1	Tipos de un dashboard. . . . .	21
4.3.1.2	Características de un dashboard. . . . .	22
<b>5</b>	<b>METODOLOGÍA . . . . .</b>	<b>23</b>
<b>5.1</b>	<b>Área de trabajo . . . . .</b>	<b>23</b>
5.1.1	Localización . . . . .	23
<b>5.2</b>	<b>Procedimiento . . . . .</b>	<b>23</b>
5.2.1	OE1. Efectuar un levantamiento de datos sobre el sistema de alumbrado público que se aplica en la Universidad Nacional de Loja del sector la Argelia mediante el modelo Elasticsearch para generar datos reales. . . . .	25
5.2.2	OE2. Utilizar un sistema de algoritmos en el diseño del sistema de control del alumbrado público de la Universidad Nacional de Loja del sector la Argelia para el ahorro de energía eléctrica en base al modelo Iluplus . . . . .	25
5.2.3	OE3. Diseñar un dashboard para la gestión y muestra de datos resultantes. . . . .	26
<b>5.3</b>	<b>Procesamiento y análisis de datos . . . . .</b>	<b>26</b>
5.3.1	OE1. Efectuar un levantamiento de datos sobre el sistema de alumbrado público que se aplica en la Universidad Nacional de Loja del sector la Argelia mediante el modelo Elasticsearch para generar datos reales. . . . .	26
5.3.1.1	Base de Datos. . . . .	26
5.3.1.2	Manejo de datos faltantes. . . . .	27

5.3.1.3	Selección de variables a trabajar. . . . .	28
5.3.2	OE2. Utilizar un sistema de algoritmos en el diseño del sistema de control del alumbrado público de la Universidad Nacional de Loja del sector la Argelia para el ahorro de energía eléctrica en base al modelo Illuplus . . . . .	28
5.3.2.1	Red Existente. . . . .	28
5.3.2.2	Selección de clústers. . . . .	29
5.3.2.3	Ahorro energético. . . . .	29
5.3.3	OE3. Diseñar un dashboard para la gestión y muestra de datos resultantes. . . . .	30
<b>6</b>	<b>RESULTADOS . . . . .</b>	<b>31</b>
<b>6.1</b>	<b>OE1. Efectuar un levantamiento de datos sobre el sistema de alumbrado público que se aplica en la Universidad Nacional de Loja del sector la Argelia mediante el modelo Elasticsearch para generar datos reales. . . . .</b>	<b>31</b>
<b>6.2</b>	<b>OE2. Utilizar un sistema de algoritmos en el diseño del sistema de control del alumbrado público de la Universidad Nacional de Loja del sector la Argelia para el ahorro de energía eléctrica en base al modelo Iluplus . . . . .</b>	<b>34</b>
<b>6.3</b>	<b>Diseñar un dashboard para la gestión y muestra de datos resultantes. . . . .</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>DISCUSIÓN . . . . .</b>	<b>48</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES . . . . .</b>	<b>50</b>
<b>9</b>	<b>RECOMENDACIONES . . . . .</b>	<b>51</b>
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA . . . . .</b>	<b>52</b>
<b>11</b>	<b>ANEXOS . . . . .</b>	<b>55</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b>	Características de los tipos de lámparas. . . . .	12
<b>Tabla 2.</b>	Muestra de base de datos. . . . .	31
<b>Tabla 3.</b>	Base de datos transformadores. . . . .	32
<b>Tabla 4.</b>	Cantidad de luminarias por transformador. . . . .	34
<b>Tabla 5.</b>	Potencias y tecnología del sistema actual y propuesta Iluplus. . . . .	36
<b>Tabla 6.</b>	Consumo sistema actual y sistema Iluplus. . . . .	39
<b>Tabla 7.</b>	Base de datos de luminarias. . . . .	55
<b>Tabla 8.</b>	Base de datos transformadores. . . . .	62

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b>	Sistema de Alumbrado público. . . . .	6
<b>Figura 2.</b>	Modelo de una luminaria pública. . . . .	8
<b>Figura 3.</b>	Lámpara de sodio de alta presión. . . . .	8
<b>Figura 4.</b>	Lámpara de vapor de mercurio . . . . .	9
<b>Figura 5.</b>	Lámpara LED . . . . .	10
<b>Figura 6.</b>	Arquitectura del Sistema Iluplus. . . . .	13
<b>Figura 7.</b>	Estructura red Zigbee. . . . .	15
<b>Figura 8.</b>	Sistema SCADA. . . . .	16
<b>Figura 9.</b>	Comparación de la eficiencia (lm/W) de cuatro tecnologías comercialmente disponibles: HM, Inducción, TL5, LED. . . . .	17
<b>Figura 10.</b>	Gráfico de consumo de energía. . . . .	18
<b>Figura 11.</b>	Estructura de una lámpara inteligente . . . . .	20
<b>Figura 12.</b>	Ejemplo dashboard. . . . .	21
<b>Figura 13.</b>	Área de estudio. . . . .	23
<b>Figura 14.</b>	Flujograma para el desarrollo del trabajo de titulación. . . . .	24
<b>Figura 15.</b>	Sistema de información geográfico (SIG). . . . .	27
<b>Figura 16.</b>	Información proporcionada por el SIG de un transformador. . . . .	27
<b>Figura 17.</b>	Recuperar variables seleccionadas para su procesamiento y análisis desde Elasticsearch. . . . .	28
<b>Figura 18.</b>	Flujograma de selección de cluster. . . . .	29
<b>Figura 19.</b>	Importación de paquetes dash, plotly y html, para el desarrollo del dashboard. . . . .	30
<b>Figura 20.</b>	Grupo de luminarias ornamentales. . . . .	33
<b>Figura 21.</b>	Tipo de tecnología de iluminación instalada en el área de estudio de la Universidad Nacional de Loja. . . . .	35
<b>Figura 22.</b>	Potencia instalada por cada tecnología en el área de estudio de la Universidad Nacional de Loja. . . . .	35
<b>Figura 23.</b>	Potencia instalada por cada tecnología propuesta Iluplus. . . . .	36
<b>Figura 24.</b>	Tipo de tecnología de luminaria instalada propuesta Iluplus. . . . .	37
<b>Figura 25.</b>	Grupos de maestro esclavo. . . . .	38
<b>Figura 26.</b>	Ventana principal del Dashboard. . . . .	40

<b>Figura 27.</b> Ventana del sistema de alumbrado público de la UNL sector la Argelia- Actual. . . . .	40
<b>Figura 28.</b> a) Tipos de luminarias instaladas, b) Potencia instalada por tipo de lumi- naria, c) Estado de las lumianrias y d) Curva de potencia. . . . .	43
<b>Figura 29.</b> Vista de la ventana de la Propuesta Iluplus. . . . .	43
<b>Figura 30.</b> Vista de la opción Clúster dentro de la ventana de la propuesta Iluplus. . .	44
<b>Figura 31.</b> a) Tipos de luminarias instaladas, b) Potencia instalada por tipo de lumi- naria, c) Estado de las luminarias y d) Curva de potencia. . . . .	46
<b>Figura 32.</b> Distribución archivos .py con la programación del dashboard. . . . .	47

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1.</b> Base de datos de luminarias. . . . .	55
<b>Anexo 2.</b> Base de datos transformadores. . . . .	62
<b>Anexo 3.</b> Código Dashboard. . . . .	63
<b>Anexo 4.</b> Certificado de traducción del resumen. . . . .	79

## **Simbología:**

### **Acrónimos**

GUI	Interfaz gráfica de usuario
ModBus TCP	Servidor-cliente
KPIs	Indicadores clave de rendimiento
IoT	Internet de las cosas.
UNL	Universidad Nacional de Loja.

## **1. Título**

**Estudio del alumbrado público de la Universidad Nacional de Loja del sector La Argelia**

## 2. Resumen

La eficiencia energética cobra vital importancia en la actualidad, tanto por su impacto económico como ambiental. La presente tesis propone un modelo para la Universidad Nacional de Loja (UNL) para modernizar su sistema de alumbrado público, con el objetivo de optimizar el consumo energético y contribuir a la sostenibilidad ambiental. El siguiente proyecto se lo realizó en tres fases. En primera instancia se hizo un levantamiento de información donde se recoge el tipo de luminarias y la potencia instalada, esto se realiza en el campus central de la UNL, ubicado en el sector La Argelia, ciudad y provincia Loja. Con base en la información recolectada, se propone un algoritmo basado en el sistema Iluplus, que sirve para gestionar y administrar los sistemas de alumbrado público. Además, se plantea un cambio de luminarias por unas más eficientes. Por último se crea un sistema de visualización de datos Dashboard con la información de todos los resultados obtenidos. El Dashboard permite visualizar la información de cada una de las luminarias instaladas actualmente en la UNL sector La Argelia y también el algoritmo propuesto basándonos en el sistema Iluplus.

La modernización del alumbrado público de la UNL representa una iniciativa innovadora que contribuirá a la eficiencia energética, la sostenibilidad ambiental y la mejora del entorno universitario.

**Palabras claves:** Eficiencia energética, alumbrado público, LED, Dashboard, Ilusplus.

## **Abstract**

Energy efficiency is paramount in contemporary society due to its significant economic and environmental repercussions. This thesis presents a comprehensive model for the Universidad Nacional de Loja (UNL) aimed at modernizing its public lighting system to enhance energy consumption efficiency and promote environmental sustainability. The project was executed in three distinct phases. Initially, the data was gathered regarding the types of lighting fixtures and their power consumption at the central campus of UNL, located in La Argelia sector of the city and province of Loja. Based on the collected data, an algorithm uses the Iluplus system, which is designed for the management and administration of public lighting systems, was developed. Furthermore, the proposal includes the replacement of existing luminaires with more efficient alternatives. Lastly, a dashboard for data visualization was created to display all the derived results. The dashboard facilitates the visualization of information for each luminaire currently installed in the UNL La Argelia, alongside with the proposed algorithm based on the Iluplus system. The modernization of public lighting at UNL represents an innovative initiative that is expected to significantly enhance energy efficiency, foster environmental sustainability, and improve the overall university environment.

**Key words:** Energy efficiency, public lighting, LED, Dashboard, Ilusplus.

### 3. Introducción

La iluminación pública dentro de la Universidad Nacional de Loja juega un papel importante en la seguridad, comodidad y funcionalidad del campus. La adecuada iluminación no solo garantiza un entorno seguro para los estudiantes, el personal y los visitantes, sino que también ayuda al ambiente estético y al sentido de pertenencia a la comunidad universitaria.

El presente estudio propone analizar y evaluar el sistema de alumbrado público de la Universidad Nacional de Loja, Con el objetivo de identificar luminarias en mal estado y aquellas de alto consumo energético, con la visión de una propuesta de cambio por luminarias de mayor eficiencia energética como lo son las luminarias Led. Al estudiar temas relacionados con la eficiencia energética, la tecnología de iluminaciones moderna y la accesibilidad, nos proyectamos a crear un entorno que favorezca el aprendizaje, la colaboración y el bienestar de los que forman la comunidad universitaria.

La ausencia de un sistema de visualización de datos para monitorear el estado actual de las luminarias desplegadas en el campus ha motivado la creación de un panel de control, este panel permitirá la manipulación y consulta de información relativa a los diferentes tipos de luminarias, su potencia instalada y, en futuros estudios podría servir para aplicar esta propuesta en el control del sistema de alumbrado público de la UNL.

A través de un enfoque integral que considera aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales, este estudio busca no solo optimizar la infraestructura de alumbrado público, sino también fomentar una cultura de responsabilidad ambiental y seguridad en nuestro campus universitario.

## **Objetivo general**

Utilizar el sistema Iluplus en la detección de fallas en el control del sistema de alumbrado público, empleando datos operativos y el, diseñar e implementar una interfaz gráfica para visualizar datos e información resultante.

## **Objetivos específicos**

- Efectuar un levantamiento de datos sobre el sistema de alumbrado público que se aplica en la Universidad Nacional de Loja del sector la Argelia mediante el modelo Elasticsearch para generar datos reales.
- Utilizar un sistema de algoritmos en el diseño del sistema de control del alumbrado público de la Universidad Nacional de Loja del sector la Argelia para el ahorro de energía eléctrica en base al modelo Iluplus.
- Diseñar un dashboard para la gestión y muestra de datos resultantes.

## 4. Marco teórico

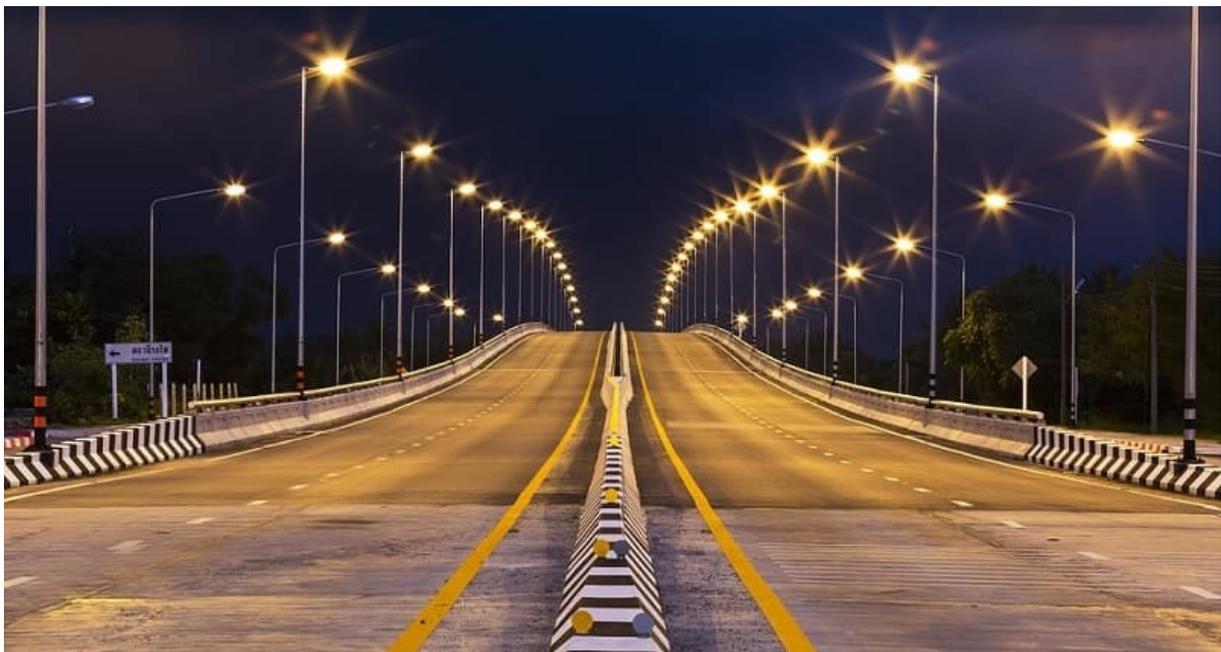
### 4.1 Capítulo 1

El propósito de este capítulo es proporcionar información general sobre alumbrado público.

#### 4.1.1 Alumbrado público

El alumbrado público para Otero et al. (2020), es un servicio público que tiene por objetivo iluminar las vías públicas, parques públicos y otros espacios de libre circulación que no se encuentran a cargo de ninguna persona natural o jurídica de derecho privado o público. La finalidad global del alumbrado público es proporcionar la visibilidad adecuada para el desarrollo normal y correcto de las actividades en dichos espacios.

En la **Figura 1** se muestra el sistema de alumbrado público, mismo que se compone de unas columnas de alumbrado que poseen las luminarias y se encuentran interconectados por sistema de redes de electricidad que permiten que se genere la iluminación de forma consecutiva y continua.



**Figura 1.** Sistema de Alumbrado público.

**Fuente:** ADMIN (2021).

La iluminación en vialidades y espacios públicos es una medida indispensable de seguridad, que se utiliza tanto para prevenir accidentes como para impedir actos delictivos. En ocasiones, el alumbrado público también es empleado con fines de ornamento; por ejemplo, para

resaltar edificios emblemáticos o para adornar plazas y parques durante la noche. Las señalizaciones viales luminosas, tales como tableros y semáforos, a pesar de cumplir una función de seguridad y formar parte de los espacios públicos, no se consideran sistemas de alumbrado público.

Si bien el alumbrado público es un servicio imprescindible para poder continuar con nuestro actual estilo de vida, es importante considerar que este representa un gasto muy elevado para la mayoría de las administraciones municipales, por lo que un sistema de iluminación pública bien diseñado puede no solo satisfacer una necesidad social, sino que, al mismo tiempo, puede generar ahorros importantes para los gobiernos locales (Quiñonez et al., 2022).

Un sistema de alumbrado público bien diseñado debe emplear tecnología eficiente que cumpla con las normas aplicables y proporcionar un nivel de iluminación suficiente para cada tipo de vialidad o área en general, consumiendo la menor cantidad de energía eléctrica posible.

#### **4.1.2 Conceptos generales de alumbrado público**

##### **4.1.2.1 Luminarias.**

Una luminaria es un aparato de iluminación diseñado para distribuir, filtrar o transformar la luz emitida por una o más lámparas. Este dispositivo incluye todos los componentes necesarios para su correcto funcionamiento, como soportes de montaje, elementos de protección y conexiones al sistema eléctrico.

La luminaria está diseñada para controlar y dirigir la luz producida por la lámpara o lámparas. Esto se logra a través de varios componentes, como reflectores, refractores, lentes o combinaciones de estos elementos. Además, las luminarias pueden incluir filtros para modificar las propiedades espectrales de la luz.

Las luminarias también incluyen componentes para proteger las lámparas y el sistema eléctrico. Estos pueden incluir carcassas, pantallas y otros elementos diseñados para proteger contra factores ambientales, como la humedad, el polvo y los impactos físicos.

Finalmente, las luminarias incluyen conexiones al sistema eléctrico para proporcionar la energía necesaria para las lámparas. Estas conexiones deben cumplir con las normas de seguridad eléctrica y pueden incluir características como interruptores, reguladores de intensidad y otros controles. En la **Figura 2** se muestra el modelo de una luminaria pública.

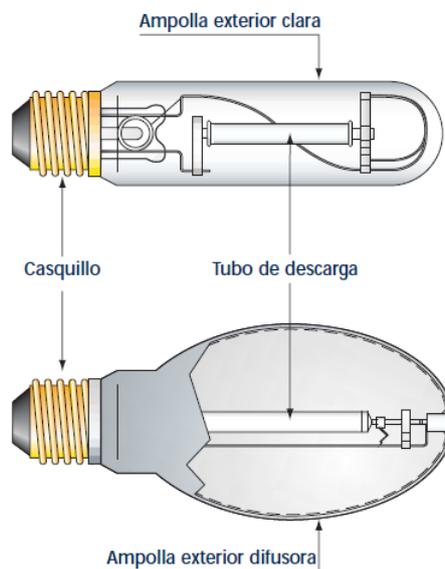


**Figura 2.** Modelo de una luminaria pública.

**Fuente:** “Almacenes Marriott” (2024).

#### 4.1.2.2 Tipos de lámparas en el alumbrado público

- Lámparas de sodio de alta presión.



**Figura 3.** Lámpara de sodio de alta presión.

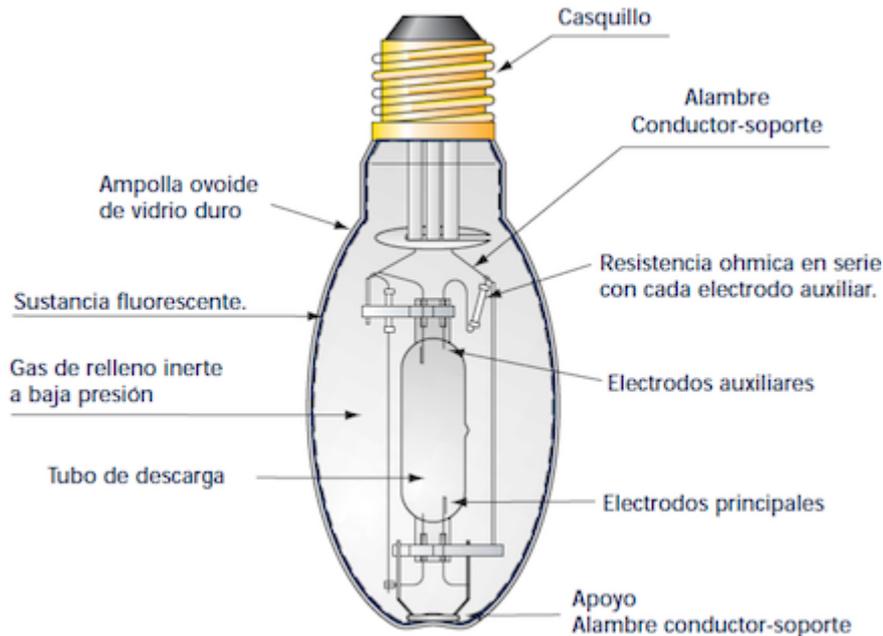
**Fuente:** Pizarro Bustamante, Baños Sarcos et al. (2019).

**Características:** En su funcionamiento el exceso de sodio que emana en el tubo de descarga da como resultado un vapor saturado que sumado a los excesos de mercurio y xenón mejoran de gran manera las condiciones de color y temperatura (Pizarro Bustamante, Baños Sarcos et al., 2019).

**Ventajas:** alta eficiencia luminosa y larga vida

**Desventajas:** pobre reproducción del color

- **Lámparas de mercurio con funcionamiento de alta presión.**



**Figura 4.** Lámpara de vapor de mercurio .

**Fuente:** Pizarro Bustamante, Baños Sarcos et al. (2019).

**Características:** La luz que se produce en este tipo de lámparas es dentro de un tubo de descarga en el cual existe una cantidad de mercurio y un relleno de gas inerte que ayuda al encendido, como resultado de esta descarga genera una parte de la radiación visible del espectro como luz, pero otro segmento es emitida en la región ultravioleta, esta última radiación UV es transformada en radiación visible por medio de un polvo fluorescente que envuelve a la ampolla en su interior (Pizarro Bustamante, Baños Sarcos et al., 2019).

**Ventajas:** Tiene una vida útil larga, genera buena eficiencia luminosa (3 veces mucho más eficiente que las lámparas incandescentes).

**Desventajas:** Lamentablemente genera una mala reproducción del color. Además, tiene un alto costo, comparado con las lámparas de sodio. Para su reencendido en caliente necesitan tiempo de enfriamiento.

- **Diodo Emisor de Luz (LED).**



**Figura 5.** Lámpara LED .

**Fuente:** Kywi (2024).

**Características:** Los diodos emisores de luz según Pizarro Bustamante, Baños Sarcos et al. (2019) se caracterizan por su prolongada vida útil, bajo consumo de energía y alta resistencia a los impactos. El color de la luz se mantiene constante dado que son luces reguladas. Permiten direccionar la luz con precisión debido a que poseen una fuente de luz puntual. Su encendido es instantáneo, por esta razón son usadas en escenas de luz dinámicas y no requieren enfriamiento para una posterior puesta en marcha.

El campo de aplicaciones para este tipo de luz es extenso, va desde iluminación interior pasando por iluminación de ornamentación hasta llegar a iluminación exterior. Este tipo de iluminación se está constituyendo como la mejor alternativa de iluminación frente a las fuentes de iluminación convencionales. Uno de los problemas de las lámparas convencionales es que, al ser encapsuladas por vidrio, estos son muy sensibles ante los golpes, por el contrario, las lámparas LED están encapsuladas por una resina especial (epoxi resin) más sólida y resistente que el vidrio (Alromar, 2012).

**Desventajas:**

- El costo es una de las desventajas principales del LED, ya que es alto con respecto al resto de las lámparas existentes en el mercado.

- La sensibilidad ante las altas temperaturas puede ser una desventaja en ambientes muy calientes.
- Poseen baja eficiencia en zonas amplias, debido a que poseen una fuente de luz puntual y direccionada(Alromar, 2012).

**Ventajas:**

- No posee filamentos ni electrodos como lo hacen las lámparas con tecnologías antiguas que son propensas a romperse o quemarse.
- Con el transcurso del tiempo el rendimiento de estas lámparas ha crecido por encima de 400 %. A su vez, los costos han disminuido en un 20 %.
- Bajo consumo de energía.
- Baja temperatura de funcionamiento, la corriente que circula por el sistema con el que se alimentan es muy baja, por lo tanto, la temperatura de funcionamiento es mínima.
- Alta rapidez de respuesta.
- Larga vida hasta 100.000 horas.
- Los componentes de este tipo de lámparas no son tóxicos a diferencia de las lámparas fluorescentes.
- Son reciclables.
- La luz del LED es mucho más nítida y brillante, estando en iguales condiciones de luminosidad que los otros tipos de lámparas.
- La degradación de la intensidad de la luz en el transcurso de su vida útil es más lenta que en los halogenuros y las lámparas fluorescentes(Alromar, 2012).

**4.1.2.3 Características de los tipos de lámparas.**

Visualmente, las luminarias tienen como función controlar y distribuir la luz emitida por la lámpara, además de las características ópticas, las luminarias deben cuidar la forma y la distribución de la luz. Los materiales de esta deben facilitar la instalación y mantenimiento. Una de las principales funciones de la luminaria es proteger a la lámpara que no sea un peligro para las personas. En la **Tabla 1** se puede observar las características de los diferentes tipos de lámparas.

**Tabla 1.** Características de los tipos de lámparas.

<b>Tipo Lámpara</b>	<b>Color</b>	<b>Temperatura Color (°K)</b>	<b>Reproducción de Color</b>	<b>Vida Útil (horas)</b>
Sodio de alta presión	Blanco amarillo	2000-2500	Ra 25 80	8000 - 12000
Mercurio de alta presión	Blanco	4000	Ra 45	16000
LED's	Diferentes Blancos	3200-5500	Ra 60-70	100000

**Fuente:** Pizarro Bustamante, Baños Sarcos et al. (2019).

#### **4.1.3 Levantamiento de datos sobre sistema de control de alumbrado público.**

El levantamiento de información desempeña un papel importante en el proceso de estudio del sistema del alumbrado público, ya que nos permite la recolección de datos pertinentes de manera sistemática y conforme a un método previamente establecido. Esto va a garantizar la obtención de información relevante y precisa para el análisis del sistema.

La recolección de datos, es un método necesario en el análisis del control del alumbrado público, por el cual las empresas recopilan y miden información de diversas fuentes, a fin de obtener un panorama completo, responder preguntas importantes, evaluar sus resultados y anticipar futuras tendencias.

Este proceso busca reunir y medir información de diferentes fuentes para obtener una visualización completa y precisa acerca de como se gestiona el sistema de alumbrado público, zona o situación de interés. Dicho de otra forma: evalúa resultados para una mejor toma de decisiones.

## **4.2 Capítulo 2**

En este capítulo se aborda los temas referentes al diseño de un sistema Iluplus, sistema SCADA, Red Zigbee, clúster, ahorro y eficiencia energética.

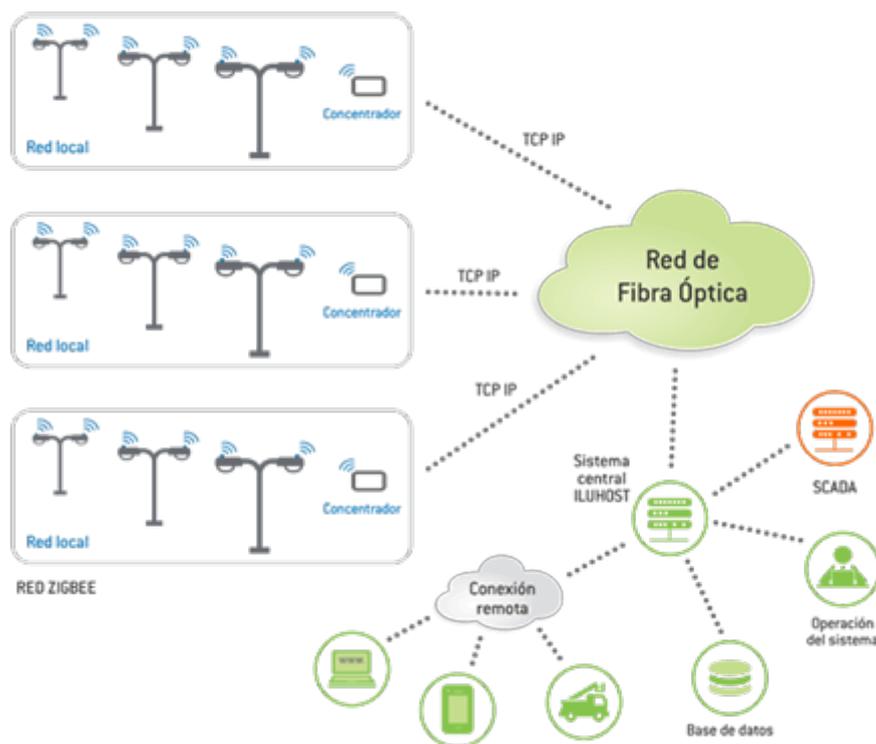
### **4.2.1 Elasticsearch**

Según Amazon (2021), Elasticsearch es una base de datos NoSQL, motor de búsqueda y análisis descentralizado basado en Apache Lucene. Desde el 2010, Elasticsearch se ha convertido rápidamente en el motor de búsqueda más popular comúnmente utilizado para análisis de registros, búsqueda de texto completo, inteligencia de seguridad, análisis de negocios e inteligencia operativa, cuenta con una versión de código abierto llamada OpenSearch y otra bajo la licencia Apache 2.0.

#### 4.2.2 Iluplus

ILUPLUS o Red Inteligente del Alumbrado Público, permite gestionar y administrar el alumbrado público de manera remota para generar reportes de fallas, cambio de parámetros y adquisición de dato con ayuda de la tecnología Smart Grid (Excelec, 2022).

Según Monsalve et al. (2009), el sistema ILUPLUS se basa en un dispositivo de control para cada lámpara, el cual mide las variables y determina su correcto funcionamiento, las comunicaciones entre el ILUPLUS maestro y el ILUPLUS esclavo se dan mediante red inalámbrica con protocolo zigbee, en la **Figura 6** se muestra la arquitectura de un sistema Iluplus.



**Figura 6.** Arquitectura del Sistema Iluplus.

**Fuente:** Excelec (2022).

Los beneficios que presenta un sistema Iluplus, según, Excelec (2022) son:

- Ahorro en costos de administración, operación y mantenimiento.
- Disminución del tiempo de falla y reparación.
- Bajo costo en las comunicaciones.
- Operación en luminarias de HID y LED.
- Compatible con diferentes protocolos de comunicación.

De la misma manera, el autor corrobora que no es necesario seguir un orden descendente de los puntos mencionados, dado que a menudo se debe iterar entre las diferentes etapas dependiendo de los resultados que vayamos obteniendo.

#### **4.2.2.1 Red Zigbee.**

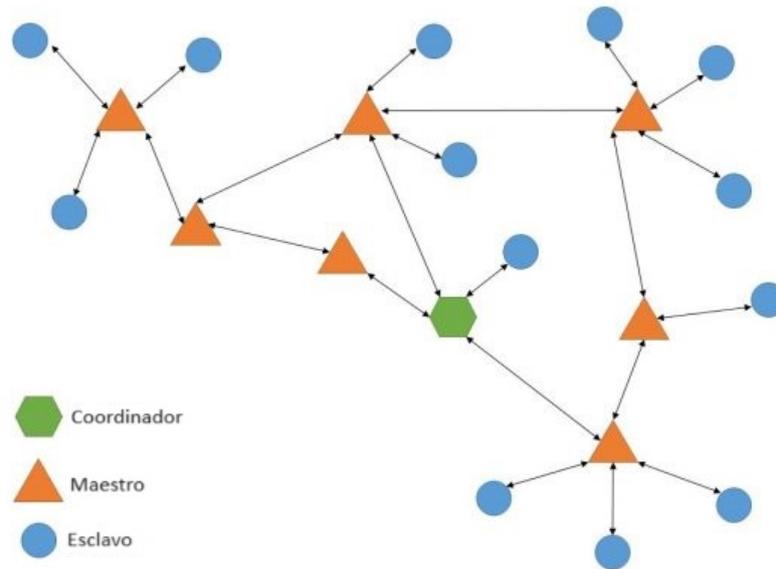
La red Zigbee es un protocolo utilizado para vincular dispositivos inteligentes como son enchufes, luces, entre otros a una red doméstica, los dispositivos se comunican entre sí mediante un transceptor de radio el cual funciona con el protocolo IEEE 802.15.4, a más de 2.4 Ghz, en los exteriores puede tener un alcance de 75 a 300 m y en interiores de 10 a 20 m. (Homey, 2023).

##### ***4.2.2.1.1 Estructura de una red Zigbee.***

La red Zigbee permite trabajar con topologías de tipo malla, lo que nos permite crear nodos y actualizar de forma dinámica las rutas, lo que aporta robustez y eficacia. Un nodo de una red Zigbee puede tener diferentes funciones, Daniel (2020) determina tres funciones:

- **Coordinador:** Encargado de crear la red, enrutar paquetes y permitir las conexiones entrantes del resto de nodos.
- **Maestro:** Similar al coordinador donde los nodos actúan como router pero no es capaz de aceptar conexiones.
- **Esclavo:** Representan los dispositivos más sencillos de la red, capaces de enviar y recibir archivos pero no pueden enrutar.

En la **Figura 7** se muestra la estructura de una red Zigbee.



**Figura 7.** Estructura red Zigbee.

**Fuente:** Daniel (2020).

#### **4.2.2.1.2 Clúster.**

Los clústeres son grupos de servidores que se gestionan juntos y participan en la gestión de carga de trabajo. Un clúster puede contener nodos o servidores de aplicaciones individuales (IBM, 2022).

Dentro del contexto de un sistema de alumbrado público inteligente, los clústeres pueden referirse a grupos de luminarias o farolas que están interconectadas y coordinadas para mejorar la eficiencia y funcionalidad del sistema.

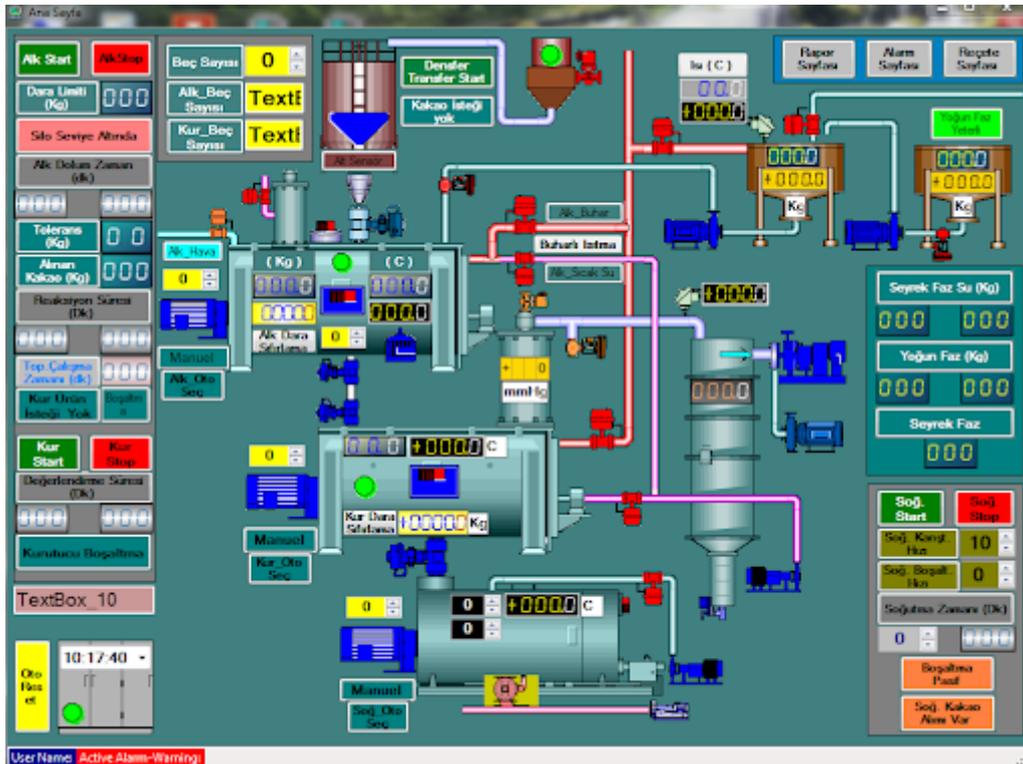
#### **4.2.2.2 Sistema SCADA.**

Los sistemas SCADA o Control Supervisado y Adquisición de Datos permiten el control y gestión de cualquier sistema local o remoto, el sistema SCADA es un software diseñado para funcionar sobre ordenadores con acceso a una planta o estación mediante una comunicación digital (Pérez-López, 2015).

Según Vasconez (2019), el sistema SCADA se compone como mínimo de:

- Medición / Sensores.
- Comunicación de Datos
- Controladores.
- Servidores.
- Visualizadores.
- Dispositivos de Control.

Por lo tanto, los sistemas SCADA brinda una vista general e integrada de todos los procesos de control de información de una industria. De esta manera, el personal a cargo logran observar, interactuar y tomar decisiones sobre los procesos mediante la ayuda de representaciones gráficas y datos históricos, en la **Figura 8** se muestra un sistema SCADA para el control de una planta.



**Figura 8.** Sistema SCADA.

Fuente: UpKeep (2024).

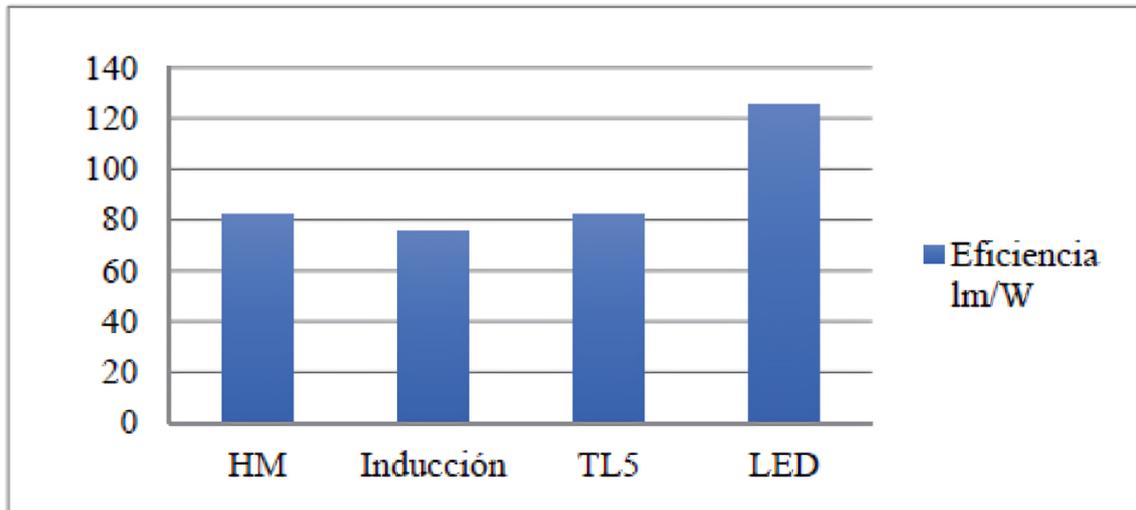
### 4.2.3 Ahorro energético

El ahorro energético consiste en utilizar la energía de mejor manera. Es decir, con la misma cantidad de energía o con menos obtener los mismos resultados. Esto se logra a través del cambio de hábitos, también usando tecnologías más eficientes, o una combinación de ambos.

#### 4.2.3.1 Comparación de tecnologías y criterios de análisis.

El método de evaluación de la iluminación LED respecto a los sistemas tradicionales consiste en la comparación de parámetros técnicos relevantes como: a) La eficiencia, b) La luminosidad, c) La vida útil de la luminaria y d) La dependencia con la temperatura. Con este objetivo (Serrano-Tierz et al., 2015) se ha procedido a comparar varios tipos de lámparas comerciales de halógenos metálicos (400W HPI plus Philips), fluorescencia con tubos TL5 (4x80W Master TL5 HO 80W/840 1SL Philips), fluorescencia por inducción (250W Ictron Sylvania-

Osram) y LED (200W Luxeon Rebel ES Philips). Se ha descartado las lámparas de vapor de sodio por su bajo índice de reproducción cromática (CRI) que limita su uso a iluminación de exteriores.



**Figura 9.** Comparación de la eficiencia (lm/W) de cuatro tecnologías comercialmente disponibles: HM, Inducción, TL5, LED.

**Fuente:** Serrano-Tierz et al. (2015).

En la **Figura 9** se muestra la eficiencia (lm/W) de cuatro tecnologías disponibles en el mercado. Los valores de la figura muestran una diferencia significativa de más del 50 % entre la eficiencia lumínica del LED respecto al resto de tecnologías analizadas. Actualmente, tan solo algunos tipos de lámparas de vapor de sodio pueden alcanzar eficiencias equiparables al LED, aunque su aplicación principal es la iluminación vial (Serrano-Tierz et al., 2015).

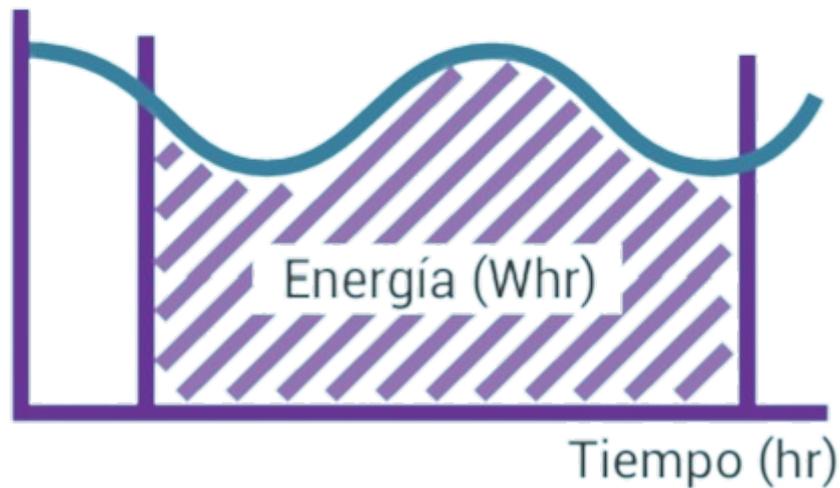
#### 4.2.4 Eficiencia energética

Didoné et al. (2014) conceptualizan la eficiencia energética (EE) como un conjunto de acciones tomadas para reducir significativamente la cantidad de energía utilizada para proveer servicios y productos. A partir de este concepto dado por los autores, se entiende que EE son acciones aplicadas por el hombre, capaces de reducir el volumen generado para la producción, transporte y transformación de energía, en ese orden, para atender las mismas necesidades y demandas de servicios y productos.

##### 4.2.4.1 Consumo de energía eléctrica.

Las cargas eléctricas como lo pueden ser focos, refrigeradores, hornos de microondas, licuadoras, entre otros, están en constante uso durante el día, lo que hace que al encenderlos y apagarlos, la potencia que consumen esté variando en el tiempo (Monterrey, 2021).

Potencia



**Figura 10.** Gráfico de consumo de energía.

**Fuente:** Monterrey (2021).

En la **Figura 10** se muestra la gráfica de consumo de energía donde el área que se encuentra bajo la curva de la potencia es la energía que se consume en el transcurso del tiempo.

#### 4.2.4.2 ¿Cómo calcular cuánta energía consumen mis dispositivos eléctricos?

Según Monterrey (2021) cada dispositivo eléctrico tiene una cantidad de consumo diferente de potencia eléctrica dependiendo del uso que tenga ya sea para iluminar, calentar, mover, etc. A partir de la potencia que utilice para realizar su función y del tiempo que se encuentre en funcionamiento, se puede calcular la cantidad de energía que consume. La ecuación 1 se emplea para calcular el consumo energético de un dispositivo eléctrico en el día.

$$E = (P * t)/1000 \quad (1)$$

**Donde:**

- E = Energía consumida [kWh]
- P = Potencia del dispositivo eléctrico [W]
- t = Tiempo de consumo al día [h/día]

Para el cálculo del costo de energía eléctrica consumida en el día se emplea la ecuación 2.

$$C_t E = E * C_{kWh} \quad (2)$$

**Donde:**

- CtE = Costo total de energía consumida [€]
- E = Energía consumida [kWh]
- C kWh = Costo del Kilovatio hora [€/kWh]

**4.2.5 Lámparas inteligentes.**

El alumbrado público ha evolucionado desde las lámparas de velas utilizadas por las civilizaciones griega y romana, pasando por lámparas de petróleo y gas, luces incandescentes, hasta las modernas lámparas de descarga de alta intensidad y LED. La transición a la electricidad marcó un cambio significativo en la vida cotidiana. Mientras tanto, Internet se ha convertido en una tecnología omnipresente, evolucionando desde las computadoras personales hasta las conexiones móviles y adaptándose a cualquier tipo de dispositivo. La transición de banda ancha a banda estrecha permitió el envío eficiente de mensajes pequeños sin desperdiciar energía ni recursos. Esta evolución ha dado lugar al internet de las cosas, permitiendo que dispositivos de cualquier tipo y tamaño se conecten y comuniquen entre sí.

En este contexto de avances tecnológicos, el alumbrado público hizo lo mismo. Las lámparas LED ya no son solo elementos aislados de luminarias, sino que forman parte de infraestructuras de iluminación inteligente más complejas. Los controladores de alumbrado público inteligentes permiten el control de lámparas individuales, mientras que las tecnologías de comunicación e IoT vinculan los dispositivos y el software de gestión del alumbrado público. Por lo tanto, los accesorios de iluminación reciben funciones inteligentes y ahora son parte de la revolución de la iluminación conectada, allanando el camino hacia las ciudades inteligentes IntelliLIGHT® (2023).

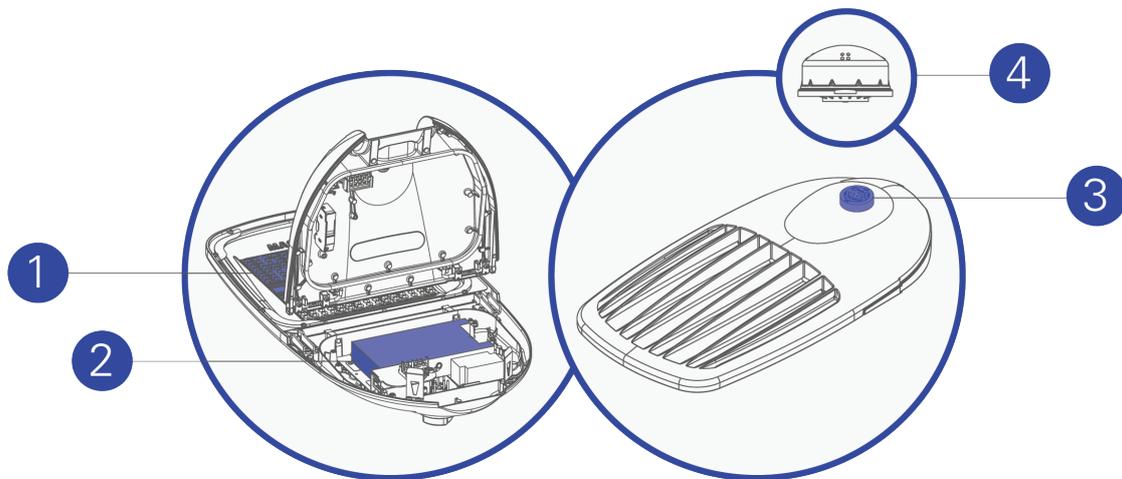
**4.2.5.1 Estructura de una lámpara inteligente.**

IntelliLIGHT® (2023) nos menciona que una lámpara inteligente consta de:

1. **Fuente de luz:** los excelentes beneficios de los LED (vida útil prolongada y consumo de energía reducido) han favorecido las lámparas LED en las inversiones en alumbrado público en los últimos años, hasta el punto en que las lámparas HID más antiguas ahora rara vez se ven en proyectos de actualización del alumbrado público en todo el mundo.

2. **Portalámparas:** (opcional, disponible principalmente para lámparas HID): admite conexiones eléctricas y permite reemplazar la lámpara de manera segura y conveniente
3. **Balasto o controlador:** reduce el voltaje y regula la corriente eléctrica para producir una salida de luz constante. Para que los controladores inteligentes tengan todas las funciones, necesitará un balasto electrónico con soporte para atenuación (que es lo que ocurre con la mayoría de los controladores actuales).
4. **Controlador de alumbrado público inteligente:** permite el control de lámparas individuales, funciones de encendido/apagado/atenuación, funcionamiento autónomo, programación inteligente, control remoto, mediciones de parámetros, notificaciones de mal funcionamiento, etc.

En la **Figura 11** se muestra la estructura de una lámpara inteligente mencionada anteriormente.



**Figura 11.** Estructura de una lámpara inteligente

**Fuente:** InteliLIGHT® (2023).

### 4.3 Capítulo 3

Finalmente, se presentan los conceptos destacables sobre dashboard, indicadores y herramientas que brindan una comprensión instantánea sobre la información que se manipula en tiempo real o simulado.

### 4.3.1 Dashboard

Un dashboard es una herramienta que puede simplificar las tareas de procesamiento, análisis de datos y gestión de información según Marina Boillos et al. (2020) el dashboard consiste en una interfaz visual, a través de la cual se visualizan diferentes tablas, figuras con la principal información de un negocio o proceso, los dashboards según su función pueden ayudar a monitorizar los indicadores claves de los objetivos planteados en un negocio.

Los dashboards pueden trabajar con varios formatos de datos, pero en la industria 4.0 se conectan a una base de datos como SQL, para realizar consultas de datos, mejorando la eficiencia del procesamiento y mostrado de información en el dashboard.

En la **Figura 12** se presenta un ejemplo de dashboard.



Figura 12. Ejemplo dashboard.

Fuente: ePayco (2020).

#### 4.3.1.1 Tipos de un dashboard.

A pesar de que los dashboards pueden ser muy variados conforme a la necesidad del usuario o empresa que lo necesite, comúnmente se pueden distinguir tres tipos, M. Daniel (2017) los describe de la siguiente manera:

- Operativos: Orientados al monitoreo, no se enfocan al análisis de datos o la administración.
- Tácticos: Se orientan a los procesos y proyectos, sirven para comparar desempeños de diferentes proyectos o áreas.
- Estratégicos: Proveen los indicadores de desempeño clave (KPIs)

#### **4.3.1.2 Características de un dashboard.**

Según ePayco (2020), un dashboard debe cumplir con las siguientes características.

- Flexibilidad con los datos que ingresas.
- Tener variedad de indicadores.
- Personalización de la interfaz de usuario.
- Información de ser representada visualmente (gráficos).
- Generar conclusiones a partir de la información mostrada.

## 5. Metodología

### 5.1 Área de trabajo

#### 5.1.1 Localización

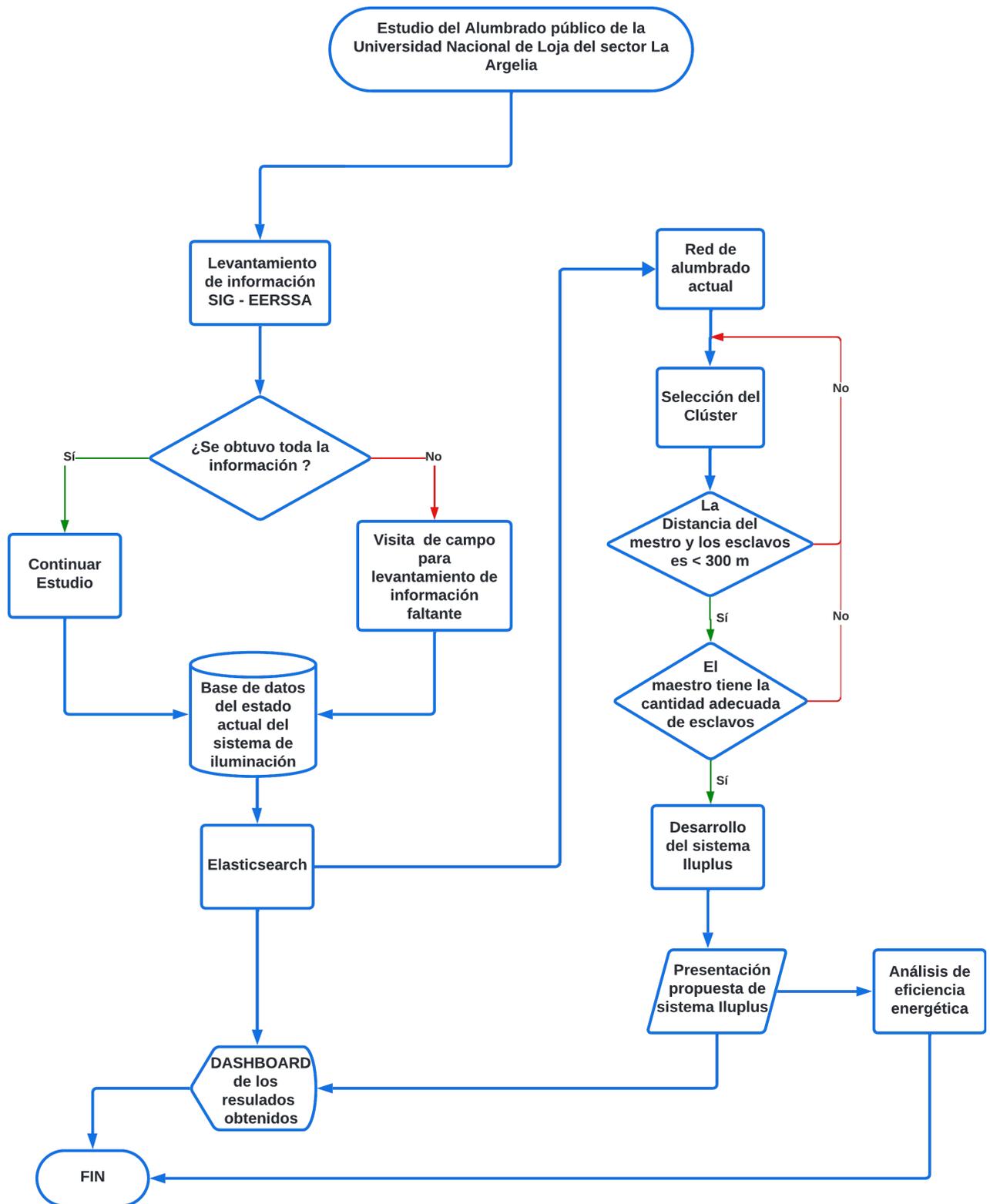
La unidad de estudio se halla localizada en las instalaciones de la Universidad Nacional de Loja, sector “La Argelia” del cantón y provincia de Loja, esta se ubica al sur de la ciudad como se observa en la **Figura 13**, cuenta con las coordenadas que se detallan a continuación: Latitud:  $-4,03575^{\circ}$  o  $4^{\circ} 2' 9''$  sur, Longitud:  $-79,20166^{\circ}$  o  $79^{\circ} 12' 6''$  oeste.



**Figura 13.** Área de estudio.

### 5.2 Procedimiento

El procedimiento metodológico que se siguió en este proyecto se muestra en el flujo-grama de la **Figura 14**.



**Figura 14.** Flujograma para el desarrollo del trabajo de titulación.

**5.2.1 OE1. Efectuar un levantamiento de datos sobre el sistema de alumbrado público que se aplica en la Universidad Nacional de Loja del sector la Argelia mediante el modelo Elasticsearch para generar datos reales.**

Para la primera fase se opta en un enfoque cuantitativo, el cual facilita la obtención de información mediante diversas plataformas proporcionadas por la EERSSA. Este enfoque permite realizar una muestra exhaustiva de toda la red eléctrica de alta, media y baja tensión presente en el área de estudio.

El procedimiento empieza con la recolección de toda la información disponible en plataformas. Esto incluye la recopilación de datos mediante visitas al área de estudio para verificar cualquier cambio reciente y asegurar que los datos obtenidos de las diferentes plataformas correspondieran con los datos reales y actuales.

Para la recolección de datos se utilizaron dispositivos GPS para registrar la ubicación exacta. Además, se utilizaron herramientas de software para la integración de los datos en la plataforma Elasticsearch.

Una vez recolectados los datos, se procedió a crear una base de datos en Elasticsearch. La base de datos en Elasticsearch permite el preprocesamiento y análisis posterior de los datos.

**5.2.2 OE2. Utilizar un sistema de algoritmos en el diseño del sistema de control del alumbrado público de la Universidad Nacional de Loja del sector la Argelia para el ahorro de energía eléctrica en base al modelo Iluplus**

El segundo objetivo también tuvo un enfoque cuantitativo, la base de datos se obtiene del primer objetivo, al igual que el caso anterior se considera una muestra global.

La base de datos original se divide en dos bases de datos una que contiene los transformadores que abastecen el campus y el otro con la información de la luminaria, adicionalmente se analizan los datos para determinar ubicaciones, tipo de luminaria y potencia instalada actualmente, también se considera que se trata de alumbrado público por lo que el funcionamiento solo se da en las noches, y se hace uso de regulaciones nacionales e internacionales como la INEN RTE 069, la CIE-1997 y la CIE-2003, para garantizar que los análisis tenga una base legal y técnica.

Se ha realizado una codificación para el diseño Iluplus, entonces se considera diferentes sectores con el fin de proponer soluciones por sectores. Para ello se supone que el transformador para cada red se encuentra en el centro de masa o centroide de la distribución de la red de baja tensión, cada centroide implica que lleva un maestro y las luminarias conectadas a dicha red

son los esclavos, esto para el control y monitoreo.

Adicionalmente, como se ha determinado que la distancia recomendada máxima que debe existir entre el maestro y los esclavos es de 300 m, por lo que se verifica que la propuesta del transformador como centroide cumpla con las restricciones.

Finalmente, se determina los sectores y se agrega al dashboard que se presenta en el siguiente objetivo.

### **5.2.3 OE3. Diseñar un dashboard para la gestión y muestra de datos resultantes.**

El último objetivo adopta un enfoque mixto, combinando elementos cuantitativos y cualitativos. Desde la perspectiva cuantitativa, se utilizan los datos obtenidos en los objetivos específicos uno y dos. Desde la perspectiva cualitativa, se considera la presentación de resultados mediante un dashboard, evaluando su facilidad de uso e interactividad con el usuario.

Se ha desarrollado un dashboard con el objetivo de ser amigable para el usuario, óptimo y fácil de usar. Este dashboard está diseñado para gestionar y mostrar de manera eficiente los resultados de la investigación, proporcionando una interfaz intuitiva que permite a los usuarios interactuar con los datos de forma sencilla. La combinación de enfoques cuantitativos y cualitativos asegura que los resultados sean precisos y accesibles, facilitando una comprensión clara y detallada de los hallazgos obtenidos.

## **5.3 Procesamiento y análisis de datos**

### **5.3.1 OE1. Efectuar un levantamiento de datos sobre el sistema de alumbrado público que se aplica en la Universidad Nacional de Loja del sector la Argelia mediante el modelo Elasticsearch para generar datos reales.**

#### **5.3.1.1 Base de Datos.**

Los datos son recogidos mediante el Sistema de Información Geográfico (SIG) (Ver **Figura 15**) de la EERSSA y también mediante visita al sector de estudio, en la **Figura 16** se observa la información de la red existente de todos los componentes que se encuentran instalados, como es el caso de las luminarias se tiene potencia instalada, tipo de luminaria, transformador al que se conecta, numeración única de la luminaria, número de poste entre otros datos más.

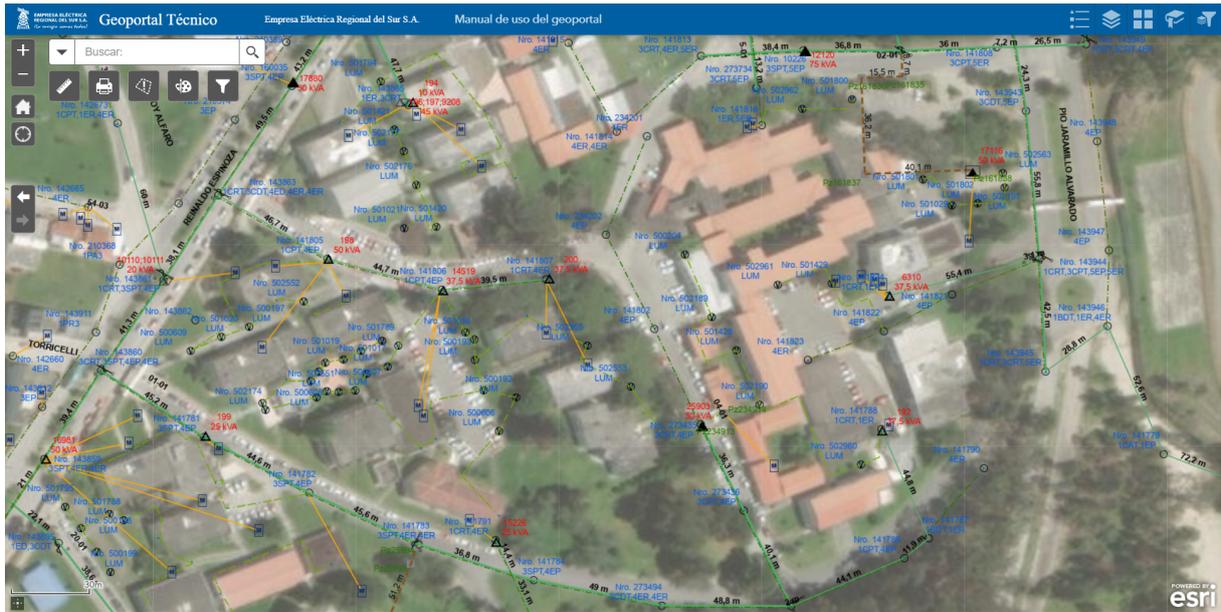


Figura 15. Sistema de información geográfico (SIG).

Para el estudio se considera dos bases de datos, la base de datos que proporciona la información de las luminarias y la segunda la información acerca de los transformadores de distribución que se encuentran en la zona en estudio.

Transformador Distribucion:186	
Alimentador	CAJANUMA
Provincia	LOJA
Canton	LOJA
Parroquia	PUNZARÁ
Tipo	Transformador Monofásico en Poste
Fase Conexión	A
Voltaje	7.62 kV
Resistencia Tierra	
Proteccion AT	Si
Potencia (kva)	25,00
Configuración BT	Linea Monofasica
Proteccion BT	P100
<a href="#">Acercar a</a>	

Figura 16. Información proporcionada por el SIG de un transformador.

Los datos se almacenan en Elasticsearch en formato .json, para después realizar una comunicación entre Python - Elasticsearch.

### 5.3.1.2 Manejo de datos faltantes.

Debido a que la página del SIG no se ha actualizado constantemente, existen nuevos postes que se han implementado dentro del campus de la UNL por parte de la universidad,

dichos postes no cuentan con numeración y datos técnicos por lo que se le ha asignado una numeración propia y los datos técnicos se han obtenido mediante la observación de lo que se encuentra instalado y con la ayuda de un GPS para obtener su ubicación.

### 5.3.1.3 Selección de variables a trabajar.

La base de datos se obtiene del SIG. Sin embargo, no toda la información proporcionada es relevante para el enfoque del presente trabajo. Por ende, para la base de datos de luminarias, se seleccionan únicamente las variables de potencia, número de poste, transformador al que se conecta, tipo de luminaria y ubicación geográfica. Algunas de estas variables son útiles específicamente para el desarrollo del dashboard y como información auxiliar.

En cuanto a la base de datos de transformadores, se emplean las variables de número de transformador y ubicación geográfica.

En la **Figura 17** se puede observar las variables seleccionadas y su conexión con Elasticsearch.

---

```
from elasticsearch import Elasticsearch

df = Elasticsearch({'host': 'localhost', 'port': 9200})
tabla = "luminarias"
consulta = {
    "query": {"match_all": {}}, # Consulta para recuperar todos los documentos
    # Variables seleccionadas
    "_source": ["POTENCIA_W", "NUMERO_POSTE", "TRANSFORMADOR", "TIPO", "Latitud", "Longitud"]
}

ret = df.search(index=tabla, body=consulta)
df_luminarias = resultados["hits"]["hits"]
```

---

**Figura 17.** Recuperar variables seleccionadas para su procesamiento y análisis desde Elasticsearch.

## 5.3.2 OE2. Utilizar un sistema de algoritmos en el diseño del sistema de control del alumbrado público de la Universidad Nacional de Loja del sector la Argelia para el ahorro de energía eléctrica en base al modelo Illuplus

### 5.3.2.1 Red Existente.

Una vez obtenida la base de datos, se procede a analizar el estado actual de la red, evaluando su distribución en todo el campus y como se conecta la red de baja tensión. Esto implica revisar a qué transformador están conectadas las luminarias.

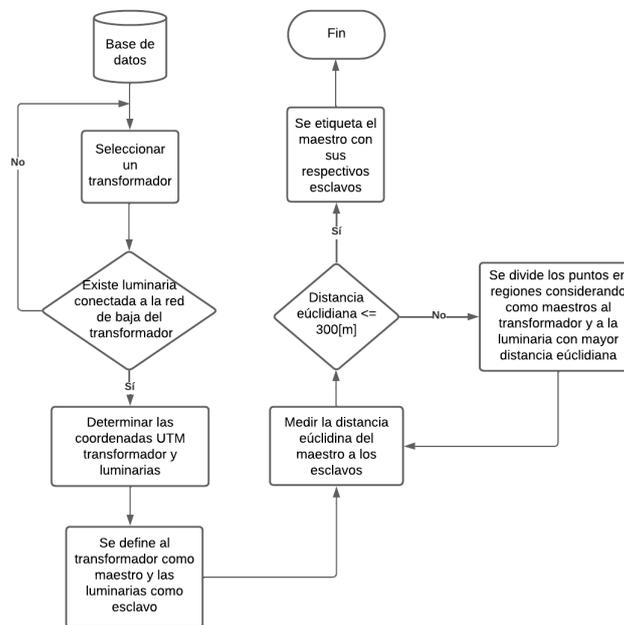
### 5.3.2.2 Selección de clústers.

Una vez que se cuenta con la base de datos del primer objetivo, se plantea la división de diferentes clústeres para determinar la ubicación de las luminarias maestro-esclavo. Se considera que la distancia máxima entre dispositivos debe ser menor a 300 metros y que no se debe saturar un maestro con muchos esclavos, ya que esto podría interrumpir la transmisión de información en toda la red inteligente.

Inicialmente, se plantea que cada transformador será el centro o centroide de nuestro clúster, por lo tanto, actuará como maestro, mientras que las luminarias conectadas a la red de baja tensión del transformador serán los esclavos.

Una vez determinada la posible ubicación de los maestros, se verifica que la distancia entre el maestro y sus esclavos sea menor a la distancia definida. En caso de que la distancia sea mayor, se busca otro transformador cercano a los esclavos que exceden dicha distancia y se lo toma como maestro para dichos esclavos.

Este proceso se repite hasta obtener los clústeres que cumplan con las condiciones definidas. La **Figura 18** muestra el diagrama de flujo seguido durante este proceso.



**Figura 18.** Flujograma de selección de cluster.

### 5.3.2.3 Ahorro energético.

Determinado los clústeres se plantea el uso de nuevas tecnologías en luminarias que garantizan una mayor eficiencia, menor consumo energético y disminuir los costos de consumo.

Para ello se realiza una comparativa del precio que paga el campus en una hora, mes, año y 10 años (tiempo de vida útil), con la instalación actual y con la propuesta mediante el sistema iluplus con ayuda de las ecuaciones (1) y (2),

### 5.3.3 OE3. Diseñar un dashboard para la gestión y muestra de datos resultantes.

La implementación del dashboard se realiza utilizando bibliotecas de Python, específicamente Plotly y su paquete Dash Open Source, que permite crear dashboards sin necesidad de JavaScript. Estos pueden ejecutarse localmente en el servidor localhost, y para servidores públicos, se puede optar por *Dash Enterprise*. El desarrollo incluye la importación de funciones y bases de datos esenciales, y requiere programación en CSS. La **Figura 19** muestra la importación de los paquetes fundamentales para la creación del dashboard.

---

```
import dash_mantine_components as dmc
from dash_iconify import DashIconify
from dash import Dash, dcc, callback_context, Output, Input, exceptions, html, State
from dash.html import Button
from components.index_ilu import page_2_layout
from components.index_act import page_1_layout
from app import app
from elasticsearch import Elasticsearch
```

---

**Figura 19.** Importación de paquetes dash, plotly y html, para el desarrollo del dashboard.

Se emplean diversas funciones para utilizar widgets y tablas, posicionándolos de acuerdo a nuestras necesidades específicas. Además, se incorpora un mapa que permite visualizar la ubicación de las luminarias y su agrupación en clústeres. Para optimizar la recuperación de datos presentados en el dashboard, se establece la comunicación entre Python y Elasticsearch, utilizando la biblioteca *from elasticsearch import Elasticsearch*. Esta integración facilita una interacción eficiente y dinámica con los datos almacenados.

## 6. Resultados

En esta sección, se presentan los resultados obtenidos de la implementación del sistema Iluplus, basado en la metodología previamente expuesta, y se organizan de manera sistemática y clara en una interfaz gráfica, desarrollada para la visualización de los datos y resultados. Esta sección proporciona una visión detallada y comprensible de los resultados obtenidos, facilitando su interpretación y análisis.

### 6.1 OE1. Efectuar un levantamiento de datos sobre el sistema de alumbrado público que se aplica en la Universidad Nacional de Loja del sector la Argelia mediante el modelo Elasticsearch para generar datos reales.

Tras recopilar información a través de las plataformas proporcionadas por la EERSSA y realizar una inspección detallada del campus, se determinó que existen un total de 263 luminarias y 32 transformadores. En la **Tabla 2** y la **Tabla 3** se muestran los datos de luminarias y transformador(FI)s, respectivamente. Los datos completos se pueden consultar en los Anexos (7) y (8).

**Tabla 2.** Muestra de base de datos.

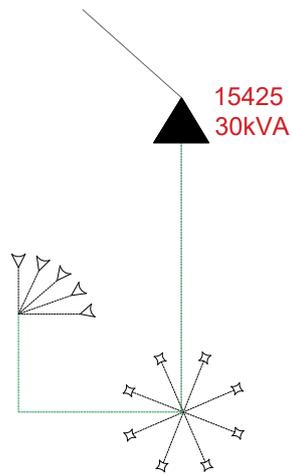
Código	Tipo	Potencia	Nro Poste	Nro Transformador	Longitud	Latitud
9989	Sodio Cerrada	150	141831	5421/9457/9458	-79.201400	-4.033000
9988	Sodio Cerrada	150	141830	5421/9457/9458	-79.201300	-4.033400
84388	Sodio Cerrada	250	141827	5421/9457/9458	-79.201200	-4.033800
7231	Sodio Cerrada	250	141827	5421/9457/9458	-79.201200	-4.033800
5601	Sodio Cerrada	250	141828	5421/9457/9458	-79.200800	-4.034200
4127	Sodio Cerrada	250	141829	5421/9457/9458	-79.200600	-4.034900
2952	Sodio Cerrada	400	143873	186	-79.202500	-4.033100
2953	Sodio Cerrada	400	143938	186	-79.202500	-4.033400
2954	Sodio Cerrada	400	143939	186	-79.202400	-4.033700
2955	Sodio Cerrada	400	143940	186	-79.202400	-4.034100
2956	Sodio Cerrada	400	143941	186	-79.202400	-4.034400
2957	Sodio Cerrada	400	143942	186	-79.202300	-4.034800
980	Sodio Cerrada	400	143943	186	-79.202300	-4.035100
2959	Sodio Cerrada	400	143944	186	-79.202200	-4.035600
155334	Sodio Cerrada	150	143945	186	-79.202200	-4.035900

**Tabla 3.** Base de datos transformadores.

<b>Tipo</b>	<b>Transformador</b>	<b>Capacidad [kVA]</b>	<b>No Poste</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>	<b>Lumi</b>
BANCO TRAF0	183/184/185	30.00	143873	-79.202500	-4.033100	N
TRAF0 1(FI)	186	25.00	143942	-79.202300	-4.034800	NaN
TRAF0 3(FI)	12120	75.00	10226	-79.203000	-4.034900	NaN
TRAF0 1(FI)	192	37.50	141788	-79.202800	-4.036100	NaN
TRAF0 3(FI)	17116	50.00	TP1	-79.202500	-4.035300	NaN
TRAF0 1(FI)	6310	37.50	141824	-79.202800	-4.035700	N
TRAF0 1(FI)	200	37.50	141807	-79.203900	-4.035600	N
TRAF0 1(FI)	14519	37.50	141806	-79.204300	-4.035700	NaN
TRAF0 1(FI)	198	50.00	141805	-79.204700	-4.035600	NaN
BANCO TRAF0	10110/10111	20.00	143861	-79.205200	-4.035600	N
TRAF0 1(FI)	15226	25.00	141791	-79.204100	-4.036500	NaN
TRAF0 1(FI)	194	10.00	143865	-79.204400	-4.035000	NaN

De la base de datos de transformadores, se seleccionaron únicamente aquellos que tienen luminarias instaladas en su red. Los transformadores que poseen luminarias instaladas en su red de baja tensión son 19, la cantidad de luminarias instaladas en cada red se detalla en la **Tabla 4**.

De los transformadores analizados se tiene que los transformadores con la siguiente numeración 14519, 15425, 186, 10112, 12120 y 199, tienen un número significativamente mayor de luminarias, con 48, 45, 32, 22, 21 y 18 luminarias respectivamente. Esta alta densidad se debe a la presencia de postes que soportan grupos de luminarias ornamentales, como se ilustra en la **Figura 20**.



**Figura 20.** Grupo de luminarias ornamentales.

A pesar de esta configuración, se asegura que cada luminaria individual está equipada con un dispositivo esclavo. Gracias a la proximidad de estos esclavos al transformador maestro, no se presentan fallos en la comunicación entre los dispositivos maestro y esclavo. Esta estrategia permite mantener una comunicación eficiente y confiable dentro de la red de luminarias, asegurando que cada unidad funcione correctamente y se integre adecuadamente en el sistema de control centralizado.

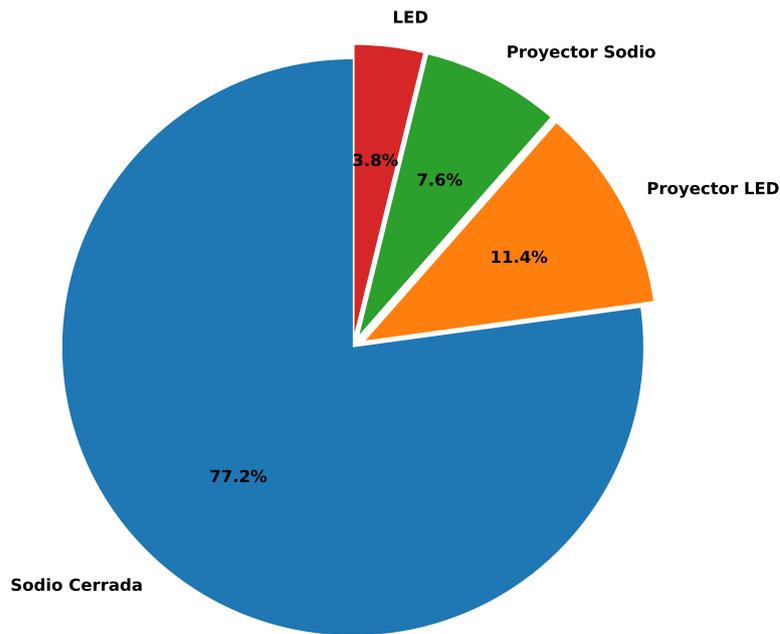
**Tabla 4.** Cantidad de luminarias por transformador.

<b>Nro Transformador</b>	<b>Cantidad</b>
14519	48
15425	45
186	32
10112	22
12120	21
199	18
5883	11
10108	9
198	8
25903	8
15226	6
194	6
196/197/9208	6
5421/9457/9458	6
192	5
17116	5
16981	5
14731	1
8959	1

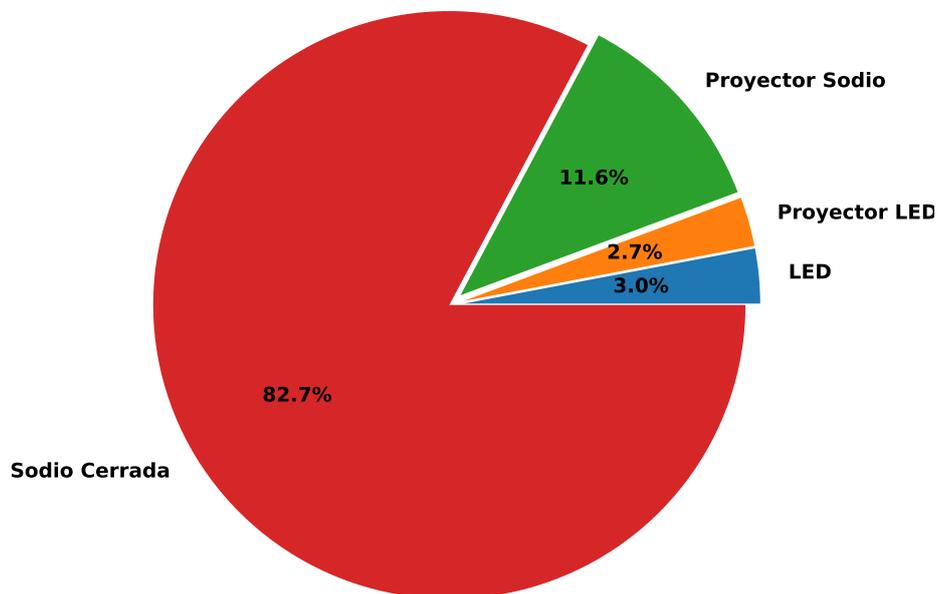
## **6.2 OE2. Utilizar un sistema de algoritmos en el diseño del sistema de control del alumbrado público de la Universidad Nacional de Loja del sector la Argelia para el ahorro de energía eléctrica en base al modelo Iluplus**

Una vez definidas las bases de datos en el primer objetivo específico, se realiza el análisis del estado actual de las luminarias del área en estudio de la UNL, lo cual revela la siguiente distribución: 10 luminarias LED, 30 proyectores LED, 203 luminarias de sodio cerrado y 20 proyectores de sodio; y una distribución en potencia instalada de: 1.3 kW en luminarias LED, 1.17 kW proyectores LED, 35.79 kW luminarias de sodio cerrado y 5 kW proyectores de sodio, sumando un total de 43.6 kW de potencia instalada dentro de la UNL.

En la **Figura ??** y **Figura 22** se muestra el porcentaje de distribución y potencia instalada por cada tipo de tecnología de iluminación respectivamente, en el área de estudio.



**Figura 21.** Tipo de tecnología de iluminación instalada en el área de estudio de la Universidad Nacional de Loja.



**Figura 22.** Potencia instalada por cada tecnología en el área de estudio de la Universidad Nacional de Loja.

La información del estado actual es fundamental para entender consumo energético actual del sistema de alumbrado público de la UNL y proporciona una base sólida para evaluar las posibles mejoras en eficiencia energética y ahorro mediante la implementación del modelo

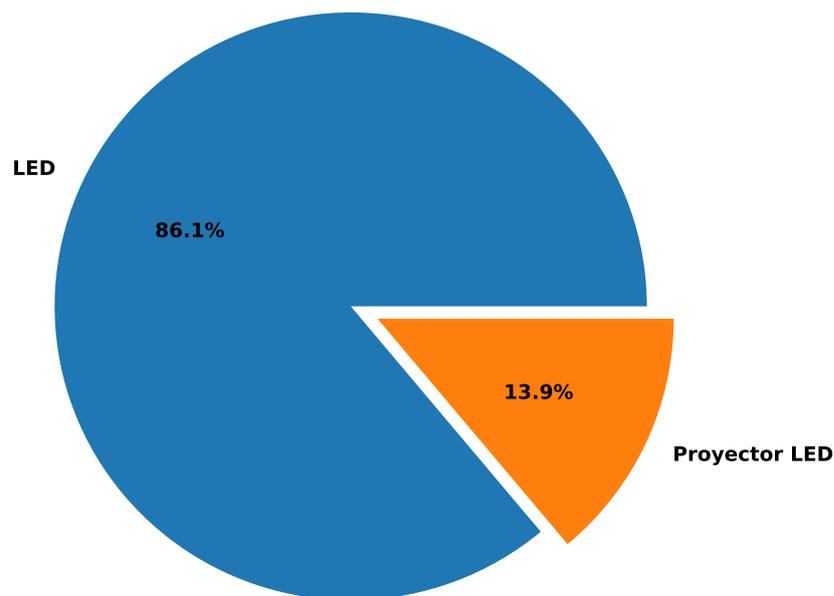
Iluplus.

Una vez determinado el estado actual, se propone la implementación del sistema Iluplus, para ello se plantea el cambio de luminarias de sodio cerrada y proyector sodio por tecnologías LED, tal como se muestra en la **Tabla 5**.

**Tabla 5.** Potencias y tecnología del sistema actual y propuesta Iluplus.

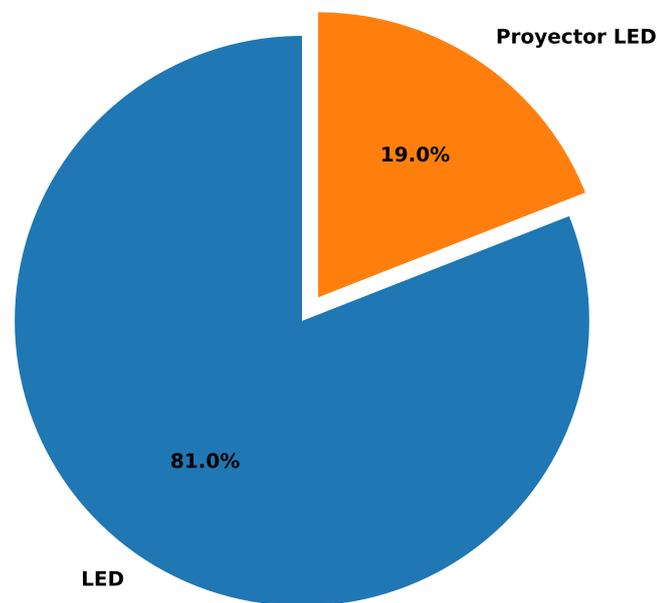
Sistema actual		Sistema Propuesto	
Tipo	Potencia [W]	Tipo	Potencia [W]
Sodio cerrada	70	LED	50
Sodio cerrada	100	LED	100
Sodio cerrada	150	LED	100
Sodio cerrada	250	LED	150
Sodio cerrada	400	LED	300
Proyector sodio	250	Proyector LED	150

Por consiguiente, tras la implementación del sistema Iluplus, la potencia instalada se reduce a 29.97 kW vs 43.60 kW del sistema actual, como se muestra en la **Figura 23**; de esta cantidad, 25.80 kW corresponden a luminarias LED y 4.17 kW a proyectores LED, lo que representa una mejora significativa en el ahorro y eficiencia energética del sistema.



**Figura 23.** Potencia instalada por cada tecnología propuesta Iluplus.

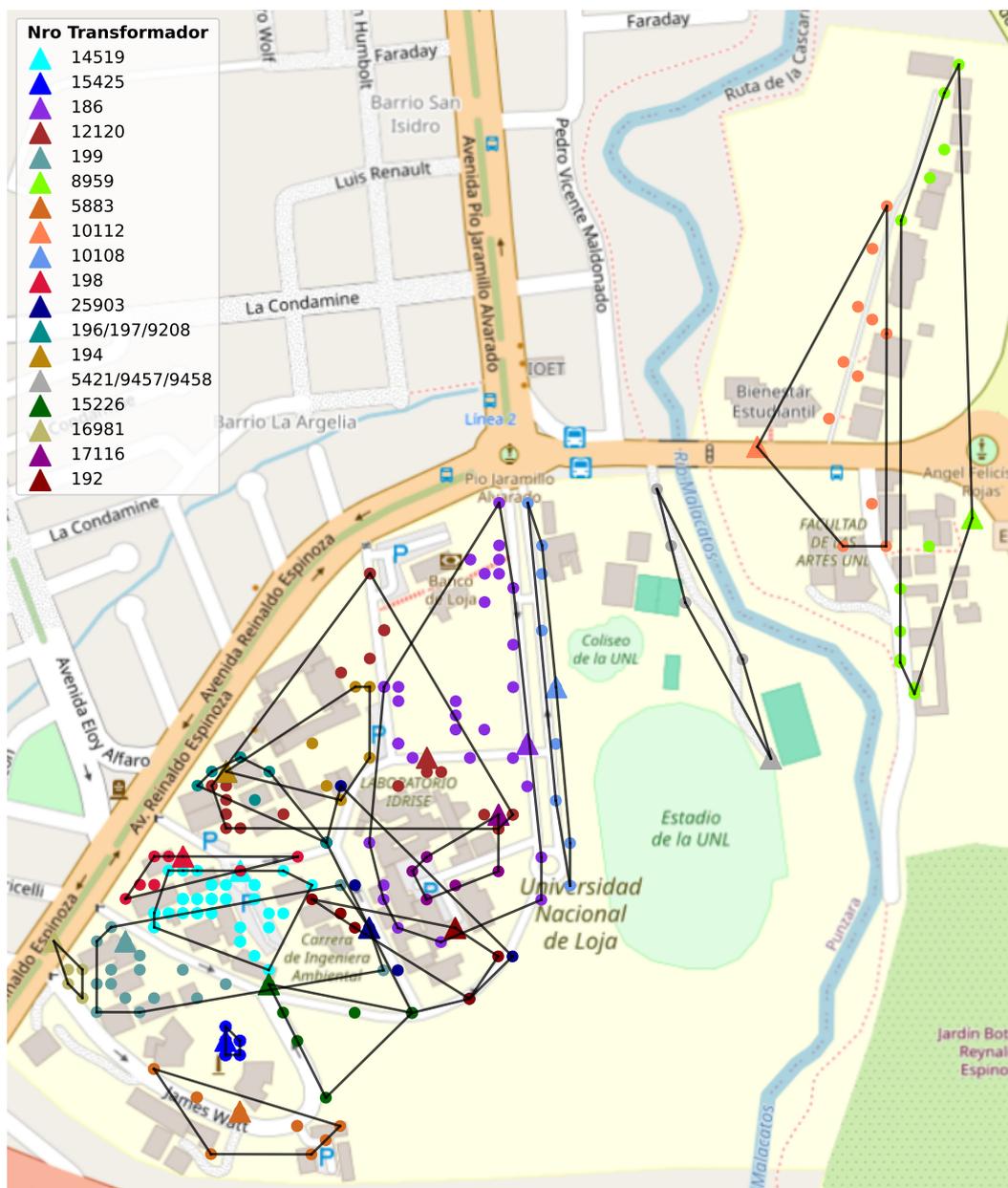
La distribución de las luminarias LED y proyectores LED es de 213 y 50 respectivamente, lo cual se observa en la **Figura 24**, con lo que se logra una distribución más equilibrada tecnológicamente.



**Figura 24.** Tipo de tecnología de luminaria instalada propuesta Iluplus.

Una vez determinada la tecnología a utilizarse en el sistema Iluplus, se implementa el algoritmo de clustering mostrado en la **Figura 18**. Este algoritmo resulta en un total de 18 clústeres. Los transformadores que tienen una sola luminaria (Ver **Tabla 4**), como el transformador 14731, se agruparon con el clúster del transformador 5883. Además, el transformador 8959 se designa como maestro y se le asignan las luminarias 299, 85020, 289, 85019, 297, 296, 85021, 159611, 168548, 168547, 168546 y 168545, las cuales originalmente estaban asociadas al transformador 10112. Esto asegura que las luminarias en estos sectores estén dentro de un rango menor a 300 metros.

En la **Figura 25**, se presentan los diferentes clústeres determinados por el algoritmo, es importante destacar que los transformadores, identificados como maestros, están representados por triángulos, mientras que las luminarias, designadas como esclavos, están representadas por puntos circulares y que cada color en la figura representa un clúster diferente, además los clústeres están delimitados por polígonos de color negro.



**Figura 25.** Grupos de maestro esclavo.

Es relevante señalar que en algunos sectores los polígonos se cruzan. Este fenómeno se debe a la metodología adoptada, que considera a cada transformador de red como maestro. Por lo tanto, hay transformadores que tienen un mayor número de luminarias que rodean a otras luminarias pertenecientes a diferentes transformadores. Sin embargo, es importante destacar que ninguna de estas luminarias se encuentra a distancias mayores a 300 metros entre sí.

En el caso de transformadores que tienen luminarias, como el transformador 10112 ubicado frente a Bienestar Estudiantil, no se consideró la luminaria debido a que ilumina la avenida Reinaldo Espinoza y, por lo tanto, no se considera como parte de la Universidad Nacional de

Loja. Una situación similar se presenta con el transformador 16981, sin embargo, a pesar de esta exclusión, el polígono los encierra para mostrar el clúster correspondiente.

Finalmente, se determina el ahorro económico que ofrece el sistema Iluplus en la **Tabla 6**. Esta tabla presenta el consumo y la facturación asociada con el cambio del sistema de iluminación actual al sistema Iluplus y la tecnología LED.

**Tabla 6.** Consumo sistema actual y sistema Iluplus.

	Actual	Propuesta
Potencia instalada [kW]	43.60	29.97
Tiempos encendido (h)	12	12
Costo hora (10 ctvs kWh)	\$ 4.36	\$ 2.997
Costo Mensual	\$ 1 569.6	\$ 1 078.92
Costo Anual	\$ 19 096.8	\$ 13 126.86
Costo 10 años	\$ 190 968	\$ 131 268.6

Se determina que la implementación del sistema Iluplus durante los 10 años de vida útil de las luminarias LED, resultaría en un ahorro económico de \$ 59 699,4 dólares y un ahorro energético de 596 994 kWh, lo que implica que se tiene un ahorro general del 31.26 %.

### **6.3 Diseñar un dashboard para la gestión y muestra de datos resultantes.**

En el último objetivo del presente proyecto se describe las principales opciones que tiene el dashboard para su manejo, en primera instancia en la **Figura 26** se muestra la pantalla de inicio del dashboard, donde tiene las dos opciones, las cuales son: el sistema actual del alumbrado público y la propuesta Iluplus para el sistema de alumbrado.



Desarrollado: Ermel Fabián Armijos Dumas  
Tutor: Ing. Iván Coronel Villavicencio, Mg. Carolina del Sur.



Figura 26. Ventana principal del Dashboard.

La **Figura 27** muestra el sistema de alumbrado público actual de la UNL del sector la Argelia, donde los puntos de color verde representan las luminarias. En la parte izquierda de la ventana se encuentran 4 opciones que son: el encendido, el apagado, el botón de error y las gráficas de los datos de las luminarias, estas opciones son para hacer simulaciones para las gráficas que se muestran posteriormente, pero en sí todas las luminarias del campus están en funcionamiento. Y por último, en la parte inferior también se muestra una tabla con todos los datos de las luminarias del campus.

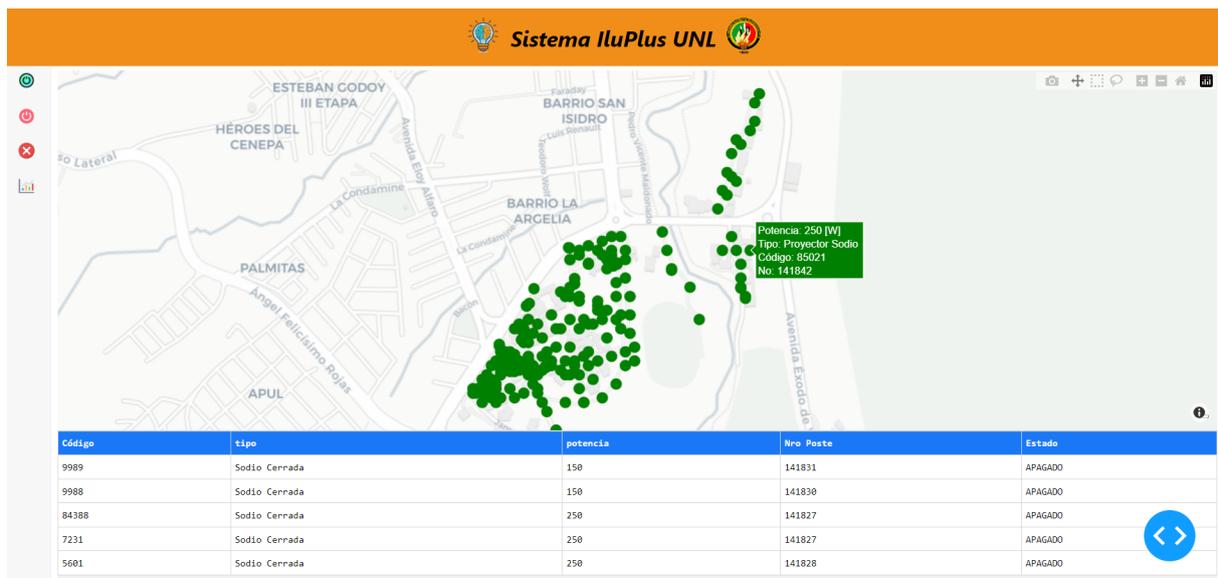
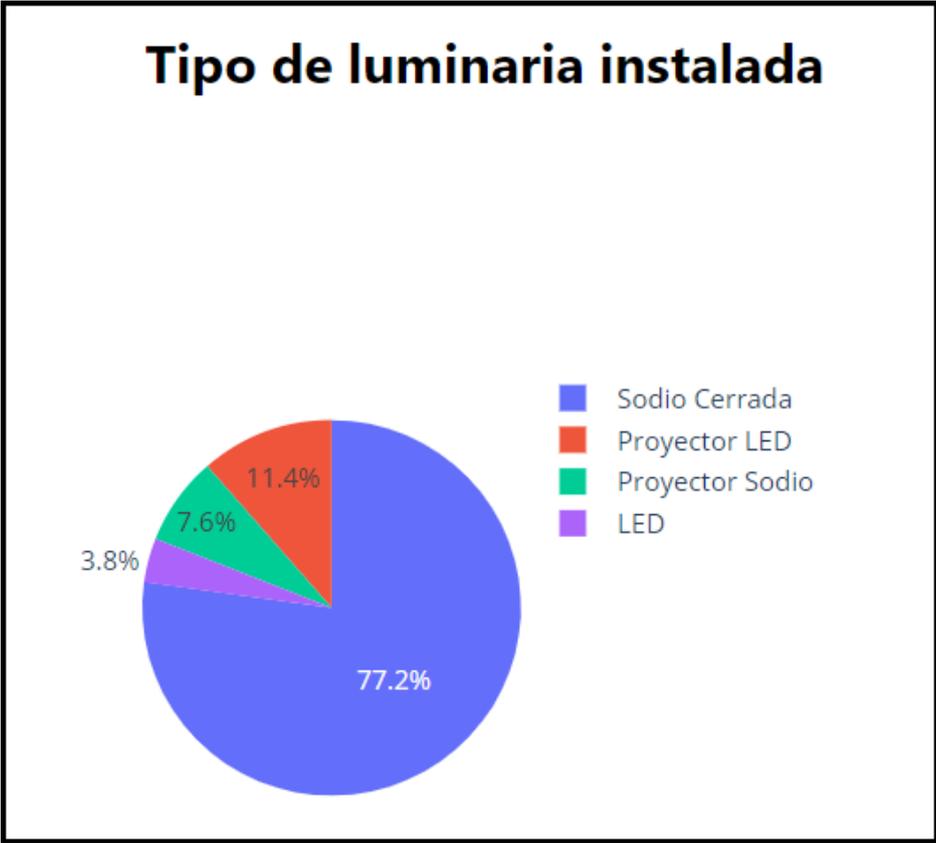


Figura 27. Ventana del sistema de alumbrado público de la UNL sector la Argelia-Actual.

Dentro del mapa en las luminarias al poner el cursor se abre una pequeña ventana que

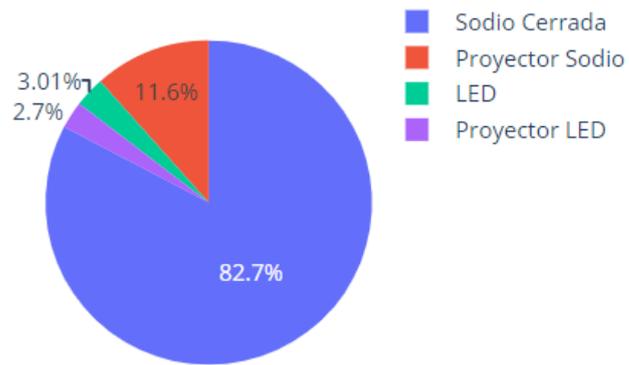
muestra los detalles de la luminaria seleccionada, y al hacer clic se la puede apagar, encender o ponerla en fallo, todo esto sirve para hacer simulaciones.

En la sección de las gráficas de los datos de las luminarias que se muestra en la **Figura 28**, aquí se indican las distintas gráficas de la información levantada en el SIG y en campo referente a las luminarias, es decir tipos de luminaria, potencia instalada y el estado de las luminarias.



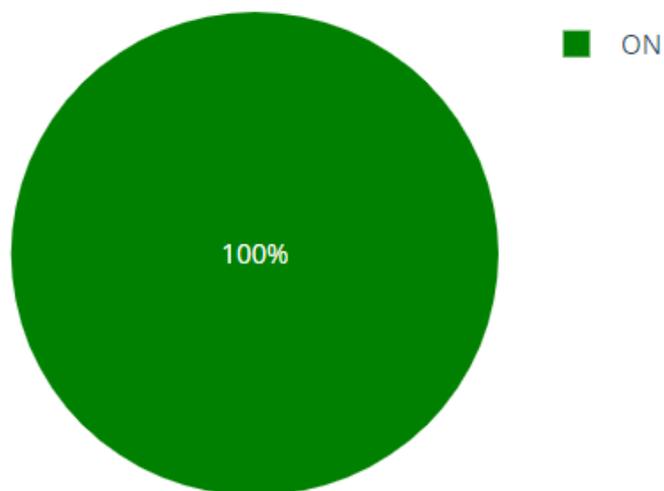
(a).

## Potencia instalada por tipo de luminaria



(b).

## Estado de Luminarias



(c).

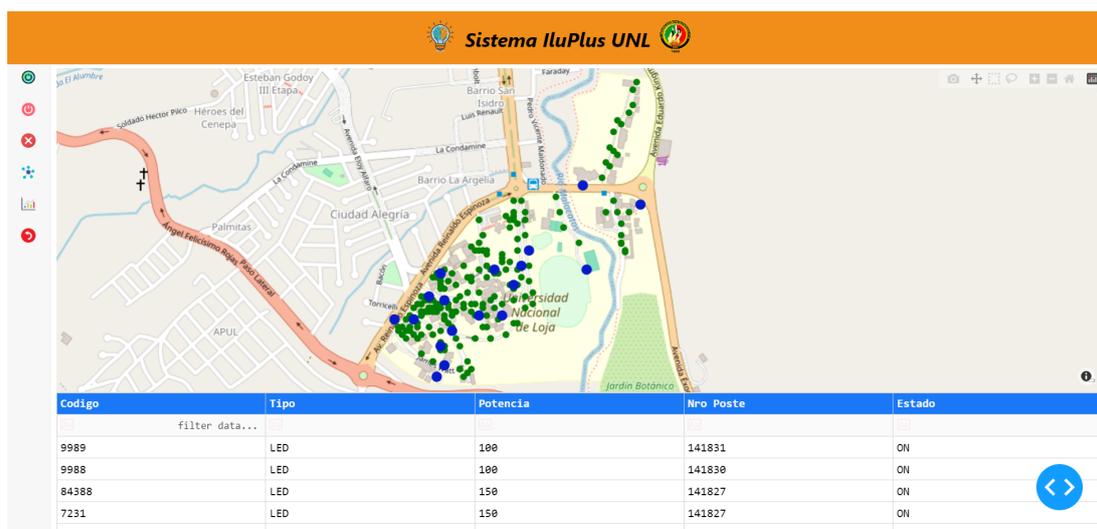


(d).

**Figura 28.** a) Tipos de luminarias instaladas, b) Potencia instalada por tipo de luminaria, c) Estado de las luminarias y d) Curva de potencia.

En la **Figura 28** también se presenta una gráfica denominada curva de potencia literal d. Esta gráfica se obtiene al apagar, encender o simular fallos en las luminarias de forma manual, lo que permite observar cómo varía la potencia a lo largo del día según el estado de las lámparas.

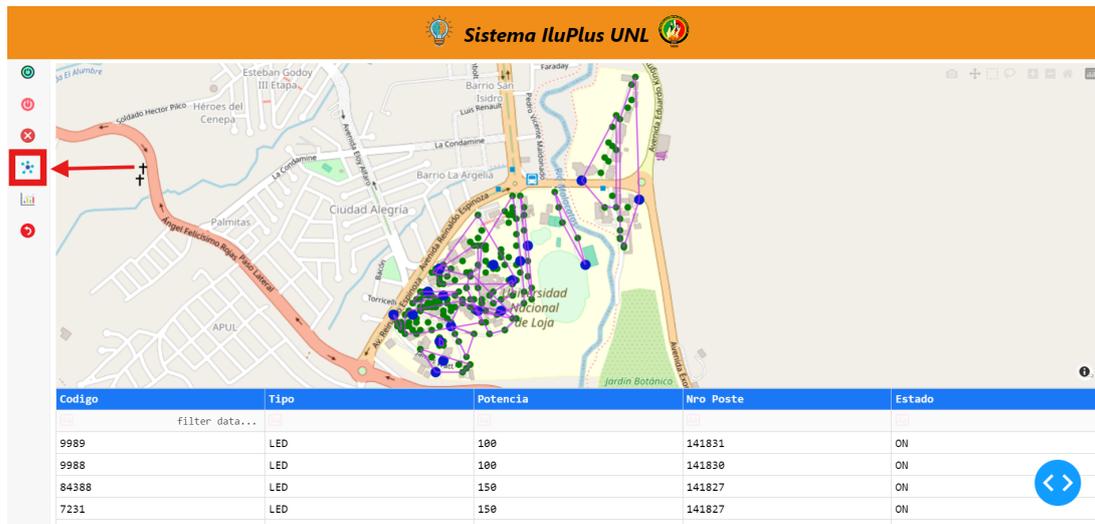
En la opción de propuesta Iluplus se tiene la pantalla mostrada en la **Figura 29**, en la cual se muestra el mapa del campus universitario con sus luminarias de color verde y los transformadores que los alimentan de color azul. En la parte izquierda de la ventana también se muestran varias opciones, las cuales son para encender, apagar, error, clúster, gráficos y atrás respectivamente. En la parte inferior de la ventana se muestra la tabla con los datos de las luminarias.



**Figura 29.** Vista de la ventana de la Propuesta Iluplus.

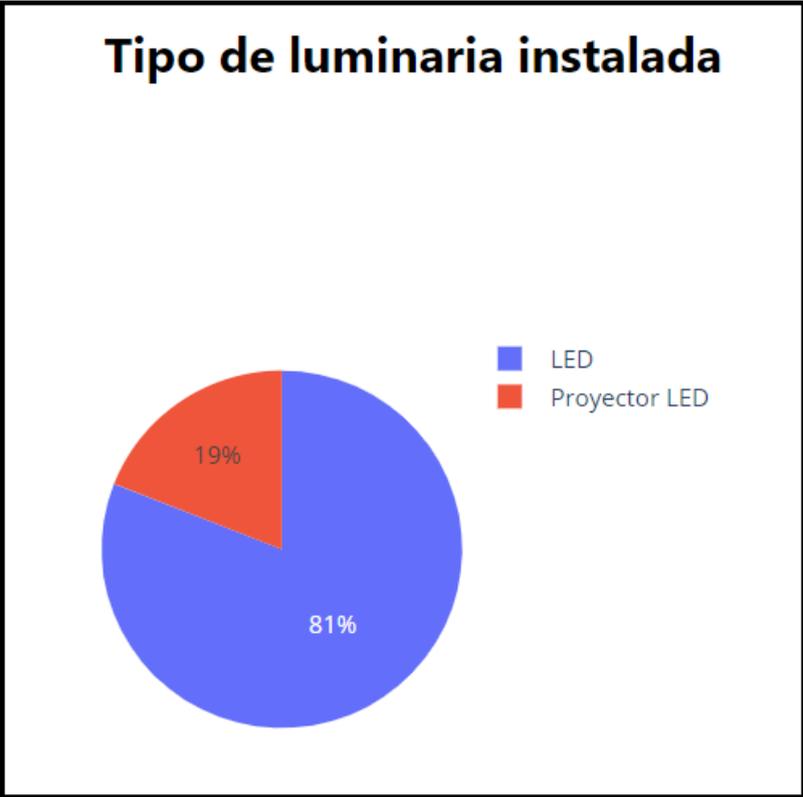
Dentro de la ventana de la propuesta Iluplus está la opción de los clústeres marcada

con el recuadro rojo en la **Figura 30**, Esta opción nos muestra los grupos (maestro y esclavo) creados para la gestión de la carga de trabajo.

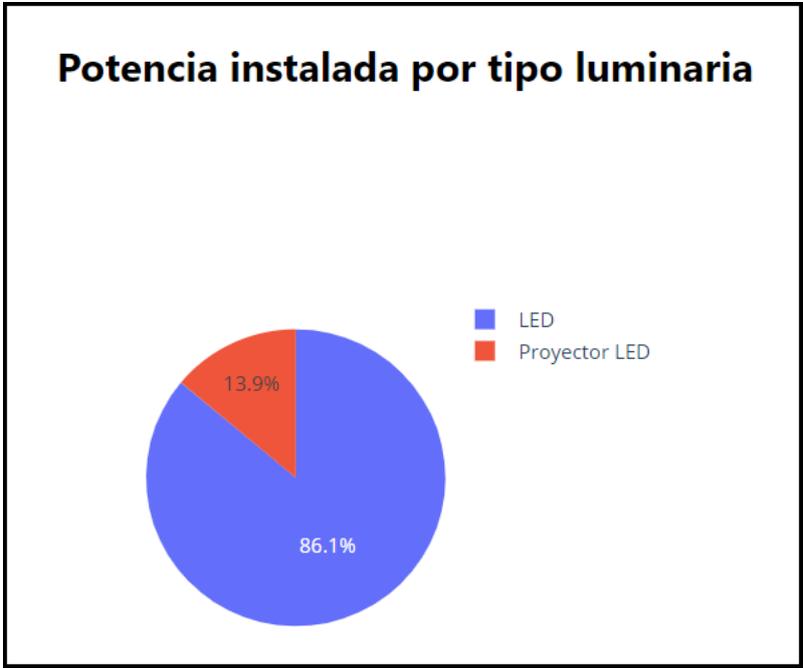


**Figura 30.** Vista de la opción Clúster dentro de la ventana de la propuesta Iluplus.

Por último, dentro de la ventana de la propuesta Iluplus, está la opción de gráficas **Figura 31**, en esta opción se muestran las gráficas de los datos de las luminarias como tipo de luminarias, potencia instalada, estado de las luminarias y la curva de potencia, aquí se pueden observar los datos con las mejoras de lo propuesto para el ahorro energético indicado anteriormente.



(a).

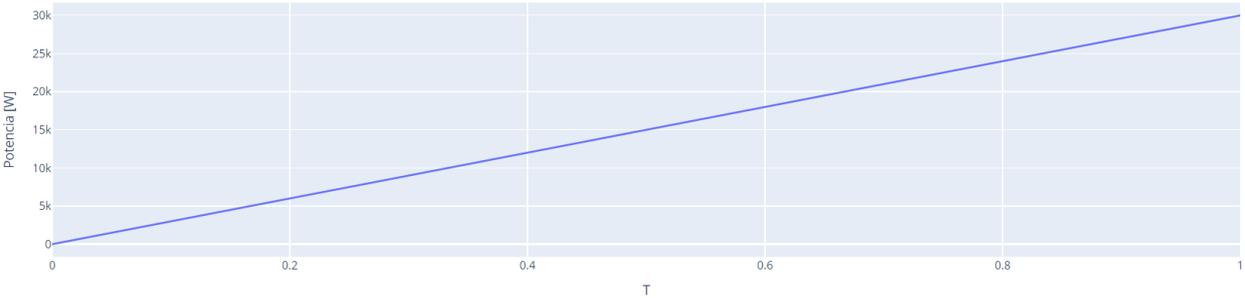


(b).



(c).

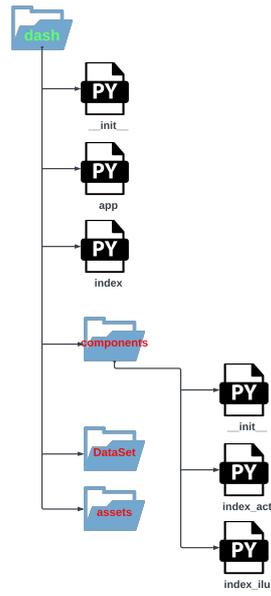
Curva de Potencia



(d).

**Figura 31.** a) Tipos de luminarias instaladas, b) Potencia instalada por tipo de luminaria, c) Estado de las luminarias y d) Curva de potencia.

El código del dashboard se encuentra en el Anexo 11, es importante destacar que los archivos se encuentra distribuido como se muestra en la **Figura 32**.



**Figura 32.** Distribución archivos .py con la programación del dashboard.

## 7. Discusión

El levantamiento de información como lo menciona Valdiviezo et al. (2018) es una parte importante dentro de cualquier investigación, ya que esta información proporcionará la base sobre la cual se obtendrán los resultados y las conclusiones del estudio. Los resultados de este levantamiento de información nos revelaron una serie de datos con respecto a la distribución geográfica, el tipo de luminarias existentes y su código en el SIG, el poste en el cual está instalada, y el consumo energético de todo el alumbrado del campus. Estos datos recolectados nos dan una visión detallada del estado actual del sistema de alumbrado público de la UNL del sector La Argelia.

El alumbrado actual del campus de la UNL está mayoritariamente compuesto por luminarias de sodio cerrado, principalmente debido a su bajo costo de adquisición e implementación. Esta situación es típica en países en desarrollo, como se menciona en Alcívar-Centeno et al. (2023), quien también sugiere estrategias para facilitar el acceso a tecnologías más eficientes y sostenibles a corto y largo plazo. Bajo este contexto, se presentó la propuesta Iluplus.

La propuesta del sistema Iluplus se ha optimizado mediante la división de clústeres, lo que permite un control más organizado de la red Zigbee distribuida en el campus de la UNL. Este sistema facilita la gestión del encendido, apagado y reporte de fallas, permitiendo monitorear el estado de la luminaria en tiempo real.

La propuesta Iluplus ha logrado una reducción del consumo energético de 31,26 %, lo cual es coherente ya que InteliLIGHT® (2023) menciona que un alumbrado público inteligente reduce el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> hasta en un 40 % ahorrando millones a comunidades de todo el mundo. Además del ahorro energético, se observa un aumento en la eficiencia energética debido a la utilización de tecnología LED de menor potencia, que tiene una eficiencia superior al 80 %, de manera similar, Narváez (2020) demuestra que es posible reemplazar todas las luminarias de sodio por luminarias LED de menor potencia, manteniendo e incluso mejorando ligeramente los niveles de iluminación actuales.

La creación de un dashboard es importante para mejorar la visibilidad y el control de los resultados. El mismo ha permitido una mejor observación sobre la ubicación de cada luminaria y lo más importante los datos de cada una de ellas. Este tipo de presentación visual para que sea efectivo depende de factores como la selección adecuada de indicadores clave de rendimiento (KPI), la claridad y calidad de la presentación visual. Este proyecto puede ser utilizado como base para muchas mejoras dentro del dashboard ya sea como menciona Pérez Reyes (2020)

adicionando nuevas características, la integración con otros sistemas.

## 8. Conclusiones

Finalizado el presente trabajo de titulación, se destacan las siguientes conclusiones:

- El levantamiento de información del alumbrado público en el sector La Argelia de la UNL fue fundamental para evaluar el estado actual del sistema y determinar áreas de mejora y optimización. Utilizando datos del SIG de EERSSA y haciendo visitas de campo, se obtuvo una visión detallada de la cantidad y distribución de las luminarias, para el estudio se registró un total de 263 luminarias, las mismas que son alimentados por 32 transformadores. Así mismo se registró la potencia de cada luminaria, tipos de luminarias existentes y ubicación tanto de las luminarias como de los transformadores que las alimentan. Dadas las limitaciones de falta de información se ha realizado la adquisición de datos mediante un enfoque manual para lo cual se ha desarrollado una base de datos con esta característica y no se ha utilizado un sistema automatizado de Elasticsearch dada la limitante de información.
- La propuesta del sistema Iluplus ha demostrado ser altamente efectiva, logrando un significativo ahorro energético de 596 994 kWh y un ahorro económico de \$ 59 699,4 lo que nos da un ahorro general del 31,26 % esto calculado a 10 años que son de la vida útil de la luminaria LED, así como una mayor eficiencia y sostenibilidad a largo plazo. Este sistema inteligente permite monitorear en tiempo real el estado de las luminarias, facilitando una rápida respuesta en caso de daños para su reparación o reemplazo de ser necesario.

Se determina que la implementación del sistema Iluplus durante los 10 años de vida útil de las luminarias LED, resultaría en un ahorro económico de \$ 59 699.4 dólares y un ahorro energético de 596 994 kWh, lo que implica que se tiene un ahorro general del 31.26 %.

- El dashboard desarrollado en este estudio de alumbrado público del campus de la UNL ha proporcionado una visualización clara y precisa de datos clave, como la distribución de las luminarias, su rendimiento, y el consumo energético actual y proyectado. Esta herramienta ha sido fundamental para identificar áreas donde se pueden realizar mejoras en el consumo eléctrico y gestionar la implementación de tecnología LED, además de su incorporación como un sistema de control Iluplus para un mayor alcance dentro del campus de la UNL.

## 9. Recomendaciones

Referentes a las conclusiones presentadas, se proponen las siguientes recomendaciones para mejorar la investigación y posteriores trabajos.

- Se recomienda realizar siempre un levantamiento de información en campo, ya que la página del SIG no siempre está actualizada y la información que proporciona sobre la ubicación puede no ser precisa. En casos de grupos de luminarias, el SIG a menudo las muestra como si estuvieran en el mismo punto, lo que puede llevar a errores en la planificación y gestión del alumbrado.
- Es crucial optimizar la programación del dashboard y, en caso de implementarlo en tiempo real, ajustar la respuesta de los sensores para garantizar un funcionamiento eficiente, se recomienda utilizar bases de datos como SQL para almacenar grandes volúmenes de datos y facilitar su análisis posterior.
- Se sugiere implementar el sistema Iluplus en una facultad o edificio específico como proyecto piloto, para permitir monitorizar con precisión los datos recogidos por los sensores conectados al dashboard, proporcionando información exacta y facilitando la evaluación del sistema en un entorno controlado.

## 10. Bibliografía

- ADMIN. (2021, agosto). EL ALUMBRADO PÚBLICO Y SU PAPEL EN NUESTRA CALIDAD DE VIDA. <https://jdelectricos.com.co/alumbrado-publico-lamparas/>
- Alcívar-Centeno, J. R., Loo-Chalar, W. R., Vargas-Quiñonez, H. J., Quiñónez-Guagua, E. F., & Gresely-Santi, F. A. (2023). Análisis del sistema de alumbrado público de tipo sodio, mercurio y led con paneles fotovoltaicos. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 3(1), 333-341.
- Almacenes Marriott. (2024). <https://almacenesmarriott.com/producto/lum-led-euro-gris-200w-4000k-100-265v-50-60hz-fp-0-9-22000lm-c-base-fot-acople-65mm-ledex/>
- Alromar. (2012). Ventajas y Desventajas de la Tecnología LED. <https://alromar-energia.es/blog/ventajas-y-desventajas-de-la-tecnologia-%20led/>
- Amazon. (2021). ¿Qué es Elasticsearch? <https://aws.amazon.com/es/what-is/elasticsearch/>
- Daniel. (2020, diciembre). Qué es ZigBee, cómo funciona y características principales - Venco Electrónica. <https://www.vencoel.com/que-es-zigbee-como-funciona-y-caracteristicas-principales/>
- Daniel, M. (2017). Metodología para el diseño de dashboards orientado hacia el registro de evidencias en el proceso de evaluaciones institucionales. Tesis de maestría. <https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/6171/MARTINEZ%20ROBALINO%2C%20DANIEL%20ANDRES.pdf?sequence=1&isAllowed=y4>
- Didoné, E. L., Wagner, A., & Pereira, F. O. R. (2014). Estratégias para edifícios de escritórios energia zero no Brasil com ênfase em BIPV. *Ambiente Construído*, 14, 27-42.
- ePayco. (2020, agosto). Todo lo que debe saber para crear un dashboard para su eCommerce. <https://medium.com/epayco/todo-lo-que-debe-saber-para-crear-un-dashboard-para-su-ecommerce-dd630e2c82a2>
- Excelec. (2022, abril). Alumbrado Público iLuPlus. <https://excelec.com/alumbrado-publico-iluplus/>
- Homey. (2023). ¿Qué es Zigbee? La tecnología de red eléctrica inteligente más popular del mundo. <https://homey.app/es-es/wiki/que-es-zigbee/>
- IBM, C. (2022, diciembre). WebSphere Application Server for z/OS traditional 9.0.5.x. <https://www.ibm.com/docs/es/was-zos/9.0.5?topic=servers-introduction-clusters>
- InteliLIGHT®. (2023, agosto). Alumbrado público inteligente centrado en la ciudad. <https://intelilight.eu/>

- Kywi. (2024). Luminaria LED de alumbrado público SUPER SLIM resistente a la intemperie. Ilumina todo tipo de espacios abiertos. Kit de instalación K PRO. <https://www.kywi.com.ec/luminaria-led-de-alumbrado-publico-super-slim-resistente-a-la-intemperie-ilumina-todo%20-tipo-de-espacios-abiertos-kit-de-instalacion-k-pro7/p>
- Marina Boillos, P., et al. (2020). Desarrollo de cuadros de mando (dashboard) para la industria 4.0. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/43254>
- Monsalve, G., Bedoya, J., & Marín, O. (2009). *Telegestión del alumbrado público en Medellín*.
- Monterrey, T. (2021). *Energía Eléctrica: conceptos y principios básicos*.
- Narváez, J. (2020). Análisis técnico, económico para determinar la viabilidad de remplazar todas las luminarias de sodio utilizadas en el sistema de alumbrado público general en el área urbana de la ciudad de Cuenca por luminarias de tecnología LED (Light Emitting Diode). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18818/1/UPS-CT008787.pdf>
- Otero, P., Ayala, R., & Calle, V. (2020). Metodología de cálculo de pérdidas de potencia y energía en el sistema de alumbrado público del Ecuador. *Revista Técnica energía*, 17(1), 43-51.
- Pérez Reyes, M. Á. (2020). Implementación de dashboard con indicadores de calidad para mejorar la gestión los servicios educacionales complementarios de la IEP Sor Querubina de San Pedro.
- Pérez-López. (2015). Los sistemas SCADA en la automatización industrial. *Revista Tecnología en Marcha*, 28(4), ág-3.
- Pizarro Bustamante, A. M., Baños Sarcos, R. I., et al. (2019). *Diseño, instalación, operatividad y mantenimiento de luminarias led para alumbrado público* [B.S. thesis]. Espol.
- Quiñonez, M. Q., Quiñonez, K. Y. S., Caicedo, M. R. I., & Bone, V. E. R. (2022). Impacto de la iluminación LED en la calidad de la energía de los circuitos de alumbrado público. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(4), 286-301.
- Serrano-Tierz, A., Martínez-Iturbe, A., Guarddon-Muñoz, O., & Santolaya-Sáenz, J. L. (2015). Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso. *Dyna*, 82(191), 231-239.
- UpKeep. (2024). Explicación de los sistemas SCADA — Mantenimiento. <https://upkeep.com/es/learning/scada-systems-explained/#conclusi%C3%B3n>
- Valdiviezo, D. I., Loor, F. C., Morales, L. C., & Rodríguez, K. B. (2018). Estudio Del Alumbrado Público De La Universidad Técnica De Manabí.

Vasconez, B. (2019). *Diseño y evaluación de una arquitectura para la red de comunicaciones que utiliza el sistema SCADA, para optimizar procesos y recursos en una empresa petrolera* [Tesis de maestría, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10003/1/20T01155.pdf>

## 11. Anexos

### Anexo 1. Base de datos de luminarias.

Tabla 7. Base de datos de luminarias.

Código	Tipo	Potencia	Nro Poste	Nro Transformador	Longitud	Latitud
9989	Sodio Cerrada	150	141831	5421/9457/9458	-79.201400	-4.033000
9988	Sodio Cerrada	150	141830	5421/9457/9458	-79.201300	-4.033400
84388	Sodio Cerrada	250	141827	5421/9457/9458	-79.201200	-4.033800
7231	Sodio Cerrada	250	141827	5421/9457/9458	-79.201200	-4.033830
5601	Sodio Cerrada	250	141828	5421/9457/9458	-79.200800	-4.034200
4127	Sodio Cerrada	250	141829	5421/9457/9458	-79.200600	-4.034900
2952	Sodio Cerrada	400	143873	186	-79.202500	-4.033100
2953	Sodio Cerrada	400	143938	186	-79.202500	-4.033400
2954	Sodio Cerrada	400	143939	186	-79.202400	-4.033700
2955	Sodio Cerrada	400	143940	186	-79.202400	-4.034100
2956	Sodio Cerrada	400	143941	186	-79.202400	-4.034400
2957	Sodio Cerrada	400	143942	186	-79.202300	-4.034800
980	Sodio Cerrada	400	143943	186	-79.202300	-4.035100
2959	Sodio Cerrada	400	143944	186	-79.202200	-4.035600
155334	Sodio Cerrada	150	143945	186	-79.202200	-4.035900
3922	Sodio Cerrada	400	143954	10108	-79.202300	-4.033100
949	Sodio Cerrada	400	143953	10108	-79.202200	-4.033400
948	Sodio Cerrada	400	143952	10108	-79.202200	-4.033600
947	Sodio Cerrada	400	143951	10108	-79.202200	-4.034000
979	Sodio Cerrada	250	143950	10108	-79.202100	-4.034400
2958	Sodio Cerrada	400	143949	10108	-79.202100	-4.034800
946	Sodio Cerrada	400	143948	10108	-79.202100	-4.035200
3921	Sodio Cerrada	400	143947	10108	-79.202000	-4.035500
9498	Sodio Cerrada	400	143946	10108	-79.202000	-4.035800
168533	Sodio Cerrada	70	501795	16981	-79.205500	-4.036400
168534	Sodio Cerrada	70	500198	16981	-79.205500	-4.036500
168535	Sodio Cerrada	70	501422	16981	-79.205450	-4.036500
168536	Sodio Cerrada	70	500199	16981	-79.204930	-4.035470
168537	Sodio Cerrada	70	500615	16981	-79.205400	-4.036400
6656	Sodio Cerrada	400	141799	5883	-79.204930	-4.035460
85016	Sodio Cerrada	400	141799	5883	-79.204930	-4.035440
84724	Sodio Cerrada	400	141797	5883	-79.204600	-4.035660

<b>Código</b>	<b>Tipo</b>	<b>Potencia</b>	<b>Nro Poste</b>	<b>Nro Transformador</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>
4539	Sodio Cerrada	400	141797	5883	-79.204600	-4.035670
155730	Sodio Cerrada	70	141796	14731	-79.204500	-4.037700
4311	Sodio Cerrada	400	141795	5883	-79.204310	-4.035790
4540	Sodio Cerrada	400	141795	5883	-79.204290	-4.035800
84722	Sodio Cerrada	100	141794	5883	-79.203940	-4.035930
84723	Sodio Cerrada	100	141794	5883	-79.203920	-4.035940
168452	Sodio Cerrada	250	P1	5883	-79.203800	-4.037700
168451	Sodio Cerrada	70	500191	5883	-79.203700	-4.037600
168450	Sodio Cerrada	70	502173	5883	-79.203600	-4.037500
516	Sodio Cerrada	400	141793	15226	-79.203700	-4.037300
515	Sodio Cerrada	400	141792	15226	-79.203900	-4.036900
168630	Proyector LED	39	P2	15425	-79.204390	-4.035370
168631	Proyector LED	39	P3	15425	-79.204390	-4.035380
168624	Proyector LED	39	P4	15425	-79.204380	-4.035380
168625	Proyector LED	39	P5	15425	-79.204390	-4.035390
168626	Proyector LED	39	P6	15425	-79.204400	-4.035380
168627	Proyector LED	39	P7	15425	-79.204410	-4.035380
168628	Proyector LED	39	P8	15425	-79.204420	-4.035370
168629	Proyector LED	39	P9	15425	-79.204400	-4.035370
168652	Proyector LED	39	P10	15425	-79.204380	-4.035290
168647	Proyector LED	39	P11	15425	-79.204380	-4.035300
168648	Proyector LED	39	P12	15425	-79.204380	-4.035310
168649	Proyector LED	39	P13	15425	-79.204390	-4.035310
168650	Proyector LED	39	P14	15425	-79.204400	-4.035300
168651	Proyector LED	39	P15	15425	-79.204390	-4.035290
168617	Proyector LED	39	P16	15425	-79.204330	-4.035300
168618	Proyector LED	39	P17	15425	-79.204320	-4.035300
168616	Proyector LED	39	P18	15425	-79.204320	-4.035310
168623	Proyector LED	39	P19	15425	-79.204330	-4.035320
168622	Proyector LED	39	P20	15425	-79.204340	-4.035320
168621	Proyector LED	39	P21	15425	-79.204340	-4.035310
168620	Proyector LED	39	P22	15425	-79.204340	-4.035300
168619	Proyector LED	39	P23	15425	-79.204340	-4.035290
168614	Proyector LED	39	P24	15425	-79.204380	-4.035230
168615	Proyector LED	39	P25	15425	-79.204370	-4.035230
168608	Proyector LED	39	P26	15425	-79.204370	-4.035240
168609	Proyector LED	39	P27	15425	-79.204380	-4.035250

<b>Código</b>	<b>Tipo</b>	<b>Potencia</b>	<b>Nro Poste</b>	<b>Nro Transformador</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>
168610	Proyector LED	39	P28	15425	-79.204390	-4.035250
168611	Proyector LED	39	P29	15425	-79.204400	-4.035240
168612	Proyector LED	39	P30	15425	-79.204400	-4.035230
168613	Proyector LED	39	P31	15425	-79.204390	-4.035220
168642	Proyector Sodio	250	P32	15425	-79.204360	-4.035250
168643	Proyector Sodio	250	P33	15425	-79.204360	-4.035260
168644	Proyector Sodio	250	P34	15425	-79.204360	-4.035270
168645	Proyector Sodio	250	P35	15425	-79.204350	-4.035280
168646	Proyector Sodio	250	P36	15425	-79.204340	-4.035280
168637	Proyector Sodio	250	P37	15425	-79.204450	-4.035340
168638	Proyector Sodio	250	P38	15425	-79.204440	-4.035330
168639	Proyector Sodio	250	P39	15425	-79.204430	-4.035340
168640	Proyector Sodio	250	P40	15425	-79.204420	-4.035340
168641	Proyector Sodio	250	P41	15425	-79.204430	-4.035350
168636	Proyector Sodio	250	P42	15425	-79.204360	-4.035360
168635	Proyector Sodio	250	P43	15425	-79.204360	-4.035350
168634	Proyector Sodio	250	P44	15425	-79.204350	-4.035340
168633	Proyector Sodio	250	P45	15425	-79.204340	-4.035340
168632	Proyector Sodio	250	P46	15425	-79.204340	-4.035350
168447	Sodio Cerrada	250	P47	199	-79.204600	-4.036600
168442	Sodio Cerrada	250	P48	199	-79.205000	-4.036700
168440	Sodio Cerrada	250	P49	199	-79.204900	-4.036600
168438	Sodio Cerrada	250	P50	199	-79.205300	-4.036700
168439	Sodio Cerrada	250	P51	199	-79.205100	-4.036600
168446	Sodio Cerrada	250	P52	199	-79.205200	-4.036500
168444	Sodio Cerrada	250	P53	199	-79.205200	-4.036400
168445	Sodio Cerrada	250	501788	199	-79.205300	-4.036500
168448	Sodio Cerrada	250	P54	199	-79.205300	-4.036200
168449	Sodio Cerrada	250	P55	199	-79.205200	-4.036100
168443	Sodio Cerrada	250	P56	199	-79.205000	-4.036300
168441	Sodio Cerrada	250	P57	199	-79.205000	-4.036400
511	Sodio Cerrada	150	141781	199	-79.205100	-4.036200
512	Sodio Cerrada	150	141782	199	-79.204700	-4.036400
2832	Sodio Cerrada	150	141783	199	-79.204400	-4.036500
514	Sodio Cerrada	70	141791	15226	-79.204100	-4.036500
3917	Sodio Cerrada	400	141784	15226	-79.204000	-4.036700
2831	Sodio Cerrada	400	141785	15226	-79.203500	-4.036700

<b>Código</b>	<b>Tipo</b>	<b>Potencia</b>	<b>Nro Poste</b>	<b>Nro Transformador</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>
6428	Sodio Cerrada	400	141789	15226	-79.203100	-4.036700
2823	Sodio Cerrada	100	141807	199	-79.203900	-4.035600
494	Sodio Cerrada	100	141806	199	-79.204300	-4.035700
2822	Sodio Cerrada	400	141805	199	-79.204700	-4.035600
168502	Sodio Cerrada	250	P58	198	-79.204800	-4.035600
168503	Sodio Cerrada	250	P59	198	-79.204900	-4.035600
168496	Sodio Cerrada	70	500609	198	-79.205100	-4.035900
168498	Sodio Cerrada	70	501020	198	-79.205000	-4.035800
168497	Sodio Cerrada	70	500197	198	-79.204900	-4.035800
168499	Sodio Cerrada	250	P60	198	-79.204800	-4.035700
168500	Sodio Cerrada	70	502552	198	-79.204700	-4.035700
168501	Sodio Cerrada	250	P61	198	-79.204600	-4.035700
168466	Sodio Cerrada	70	502175	14519	-79.204501	-4.035800
168467	Sodio Cerrada	70	502175	14519	-79.204502	-4.035800
168465	Sodio Cerrada	70	501018	14519	-79.204502	-4.035901
168464	Sodio Cerrada	70	501018	14519	-79.204502	-4.035902
168474	Sodio Cerrada	70	501019	14519	-79.204601	-4.035901
168475	Sodio Cerrada	70	501019	14519	-79.204602	-4.035901
168481	Sodio Cerrada	70	501790	14519	-79.204701	-4.035901
168480	Sodio Cerrada	70	501790	14519	-79.204701	-4.035902
168482	Sodio Cerrada	70	502550	14519	-79.204700	-4.035901
168483	Sodio Cerrada	70	502550	14519	-79.204700	-4.035902
168484	Sodio Cerrada	70	500196	14519	-79.204700	-4.036001
168485	Sodio Cerrada	70	500196	14519	-79.204700	-4.036002
168495	Sodio Cerrada	250	P62	14519	-79.204340	-4.034610
168492	Sodio Cerrada	70	500195	14519	-79.204900	-4.036010
168493	Sodio Cerrada	70	500195	14519	-79.204900	-4.036030
168490	Sodio Cerrada	70	502174	14519	-79.204900	-4.036101
168491	Sodio Cerrada	70	502174	14519	-79.204900	-4.036102
168487	Sodio Cerrada	70	502954	14519	-79.204700	-4.036010
168488	Sodio Cerrada	70	502954	14519	-79.204700	-4.036030
168486	Sodio Cerrada	70	500608	14519	-79.204701	-4.036010
168489	Sodio Cerrada	70	500608	14519	-79.204701	-4.036020
168478	Sodio Cerrada	70	502551	14519	-79.204601	-4.036010
168479	Sodio Cerrada	70	502551	14519	-79.204602	-4.036020
168476	Sodio Cerrada	70	500607	14519	-79.204601	-4.036010
168477	Sodio Cerrada	70	500607	14519	-79.204601	-4.036030

<b>Código</b>	<b>Tipo</b>	<b>Potencia</b>	<b>Nro Poste</b>	<b>Nro Transformador</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>
168472	Sodio Cerrada	70	502549	14519	-79.204501	-4.035902
168473	Sodio Cerrada	70	502549	14519	-79.204501	-4.035903
168471	Sodio Cerrada	70	501017	14519	-79.204501	-4.035901
168470	Sodio Cerrada	70	501017	14519	-79.204502	-4.035901
168469	Sodio Cerrada	70	501789	14519	-79.204401	-4.035901
168468	Sodio Cerrada	70	501789	14519	-79.204401	-4.035902
168462	Sodio Cerrada	70	500194	14519	-79.204402	-4.035902
168463	Sodio Cerrada	70	501016	14519	-79.204180	-4.034230
168461	Sodio Cerrada	70	500193	14519	-79.204200	-4.035900
168459	Sodio Cerrada	70	502548	14519	-79.204100	-4.036000
168460	Sodio Cerrada	70	500192	14519	-79.204000	-4.036000
168458	Sodio Cerrada	70	500606	14519	-79.204100	-4.036100
168454	Sodio Cerrada	250	P63	14519	-79.204200	-4.036300
168453	Sodio Cerrada	250	P64	14519	-79.204100	-4.036400
168456	Sodio Cerrada	250	P65	14519	-79.204300	-4.036100
168455	Sodio Cerrada	250	P66	14519	-79.204280	-4.034550
168457	Sodio Cerrada	250	P67	14519	-79.204340	-4.034600
168494	Sodio Cerrada	250	P68	14519	-79.204500	-4.036000
168504	Sodio Cerrada	250	P69	14519	-79.204000	-4.035700
168505	Sodio Cerrada	70	502955	14519	-79.203800	-4.035800
168506	Sodio Cerrada	250	P70	14519	-79.203800	-4.035900
168507	Sodio Cerrada	70	502553	14519	-79.203600	-4.036000
168508	Sodio Cerrada	250	P71	14519	-79.203500	-4.036100
168653	Sodio Cerrada	70	502960	192	-79.202900	-4.036200
168654	Sodio Cerrada	70	502190	192	-79.203200	-4.036100
168655	Sodio Cerrada	70	501428	192	-79.203300	-4.035900
168656	Sodio Cerrada	70	502189	192	-79.203300	-4.035800
168657	Sodio Cerrada	70	500204	192	-79.203400	-4.035500
942	Sodio Cerrada	150	141821	186	-79.202500	-4.035700
943	Sodio Cerrada	150	141822	186	-79.202800	-4.035800
641	Sodio Cerrada	150	141823	186	-79.203000	-4.035900
168659	Sodio Cerrada	70	501429	186	-79.203000	-4.035600
168658	Sodio Cerrada	70	502961	186	-79.203100	-4.035700
168666	Sodio Cerrada	70	502563	17116	-79.202380	-4.033670
168665	Sodio Cerrada	70	502191	17116	-79.202380	-4.033700
168664	Sodio Cerrada	70	501802	17116	-79.202460	-4.033740
168663	Sodio Cerrada	70	501029	17116	-79.202540	-4.033740

<b>Código</b>	<b>Tipo</b>	<b>Potencia</b>	<b>Nro Poste</b>	<b>Nro Transformador</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>
168662	Sodio Cerrada	70	501801	17116	-79.202600	-4.035300
955	Sodio Cerrada	250	141816	12120	-79.203200	-4.035100
168660	Sodio Cerrada	70	502962	12120	-79.203000	-4.035000
168661	Sodio Cerrada	70	501800	12120	-79.202900	-4.035000
168518	Sodio Cerrada	70	501793	12120	-79.203400	-4.034200
168517	Sodio Cerrada	70	500614	12120	-79.203600	-4.034300
168519	Sodio Cerrada	70	501418	12120	-79.203500	-4.034400
168520	Sodio Cerrada	70	501419	12120	-79.203400	-4.034400
3923	Sodio Cerrada	250	141813	12120	-79.203400	-4.034900
951	Sodio Cerrada	100	141804	12120	-79.203700	-4.035100
952	Sodio Cerrada	250	141815	12120	-79.203800	-4.034800
168526	Sodio Cerrada	250	P73	194	-79.204600	-4.035100
168522	Sodio Cerrada	70	501794	194	-79.204500	-4.035000
168521	Sodio Cerrada	250	P74	194	-79.204300	-4.034900
168523	Sodio Cerrada	250	P75	194	-79.204100	-4.035000
168525	Sodio Cerrada	250	P76	194	-79.204200	-4.035200
168524	Sodio Cerrada	250	P77	194	-79.204000	-4.035300
168527	Sodio Cerrada	250	P78	196/197/9208	-79.204500	-4.035100
168528	Sodio Cerrada	70	501421	196/197/9208	-79.204400	-4.035100
168529	Sodio Cerrada	70	502177	196/197/9208	-79.204400	-4.035200
168530	Sodio Cerrada	70	502176	196/197/9208	-79.204400	-4.035300
168532	Sodio Cerrada	70	501420	196/197/9208	-79.204300	-4.035400
168531	Sodio Cerrada	70	501021	196/197/9208	-79.204400	-4.035400
957	Sodio Cerrada	250	141820	12120	-79.203400	-4.033601
84693	Sodio Cerrada	250	141820	12120	-79.203400	-4.033602
954	Sodio Cerrada	250	141819	12120	-79.203300	-4.034010
84694	Sodio Cerrada	250	141819	12120	-79.203300	-4.034020
956	Sodio Cerrada	250	141818	12120	-79.203410	-4.033350
85018	Sodio Cerrada	250	141818	12120	-79.203430	-4.033340
3924	Sodio Cerrada	250	141817	12120	-79.203300	-4.034120
85017	Sodio Cerrada	250	141817	12120	-79.203300	-4.034130
6538	Sodio Cerrada	250	10226	12120	-79.203100	-4.034900
2963	Sodio Cerrada	250	141809	12120	-79.202700	-4.034900
2962	Sodio Cerrada	250	141808	12120	-79.202400	-4.034900
168607	Sodio Cerrada	150	500203	186	-79.202600	-4.034700
168606	Sodio Cerrada	150	501028	186	-79.202800	-4.034700
168605	Proyector Sodio	250	P79	186	-79.202800	-4.034600

<b>Código</b>	<b>Tipo</b>	<b>Potencia</b>	<b>Nro Poste</b>	<b>Nro Transformador</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>
168602	Proyector Sodio	250	P80	186	-79.203200	-4.034500
168603	Proyector Sodio	250	P81	186	-79.203200	-4.034400
168604	Proyector Sodio	250	141810	186	-79.202800	-4.034500
168541	Sodio Cerrada	70	500616	186	-79.202500	-4.033500
168540	Sodio Cerrada	70	502179	186	-79.202700	-4.033500
168542	Sodio Cerrada	70	502178	186	-79.202600	-4.033600
168543	Sodio Cerrada	70	502180	186	-79.202500	-4.033600
168544	Sodio Cerrada	70	501796	186	-79.202600	-4.033800
168595	Sodio Cerrada	70	501027	186	-79.202800	-4.033400
168597	Sodio Cerrada	70	501425	186	-79.203200	-4.033500
168601	Sodio Cerrada	70	501427	186	-79.203000	-4.033680
168600	Sodio Cerrada	70	502188	186	-79.203000	-4.033700
168599	Sodio Cerrada	70	501426	186	-79.203000	-4.033300
168598	Sodio Cerrada	70	500202	186	-79.202700	-4.033200
168596	Sodio Cerrada	70	500618	186	-79.203200	-4.033400
168545	Sodio Cerrada	150	502349	10112	-79.199300	-4.030000
168546	Sodio Cerrada	150	P82	10112	-79.199400	-4.030200
168547	Sodio Cerrada	150	P83	10112	-79.199400	-4.030600
168548	Sodio Cerrada	150	502759	10112	-79.199500	-4.030800
159611	Sodio Cerrada	150	143891	10112	-79.199700	-4.031100
159612	Sodio Cerrada	250	143890	10112	-79.199800	-4.031000
3825	Sodio Cerrada	100	143889	10112	-79.199900	-4.031300
386812	Sodio Cerrada	150	143888	10112	-79.200000	-4.031710
168551	LED	50	502182	10112	-79.199900	-4.031800
168550	LED	50	502555	10112	-79.199800	-4.031900
292	Sodio Cerrada	250	143887	10112	-79.200100	-4.032100
168549	Sodio Cerrada	100	502181	10112	-79.200000	-4.032200
292	Sodio Cerrada	250	143886	10112	-79.200200	-4.032500
293	Sodio Cerrada	250	66000	10112	-79.199900	-4.033100
294	Sodio Cerrada	100	67150	10112	-79.199800	-4.033400
295	Sodio Cerrada	250	141832	10112	-79.200100	-4.033400
85021	Proyector Sodio	250	141842	8959	-79.199500	-4.033400
296	Sodio Cerrada	100	141833	10112	-79.199700	-4.033700
297	Sodio Cerrada	100	141834	10112	-79.199700	-4.034000
85019	Sodio Cerrada	100	141835	10112	-79.199700	-4.034200
298	Sodio Cerrada	100	141835	10112	-79.199700	-4.034220
299	Sodio Cerrada	250	141836	10112	-79.199600	-4.034400

<b>Código</b>	<b>Tipo</b>	<b>Potencia</b>	<b>Nro Poste</b>	<b>Nro Transformador</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>
85020	Sodio Cerrada	250	141836	10112	-79.199600	-4.034440
443720	LED	150	273436	25903	-79.203200	-4.036400
443717	LED	150	273437	25903	-79.203100	-4.036700
2202	LED	150	141802	25903	-79.203500	-4.035800
443719	LED	150	141790	25903	-79.202400	-4.036300
443718	LED	150	141786	25903	-79.202700	-4.036600
443723	LED	150	234202	25903	-79.203700	-4.035500
443724	LED	150	234201	25903	-79.203600	-4.035100
443721	LED	150	273435	25903	-79.203400	-4.036100

## Anexo 2. Base de datos transformadores.

**Tabla 8.** Base de datos transformadores.

<b>Tipo</b>	<b>Transformador</b>	<b>Capacidad [kVA]</b>	<b>No Poste</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>	<b>Lumi</b>
BANCO TRAFO	183/184/185	30.000000	143873	-79.202500	-4.033100	N
TRAFO MONO	186	25.000000	143942	-79.202300	-4.034800	NaN
TRAFO TRIFA	12120	75.000000	10226	-79.203000	-4.034900	NaN
TRAFO MONO	192	37.500000	141788	-79.202800	-4.036100	NaN
TRAFO TRIFA	17116	50.000000	TP1	-79.202500	-4.035300	NaN
TRAFO MONO	6310	37.500000	141824	-79.202800	-4.035700	N
TRAFO MONO	200	37.500000	141807	-79.203900	-4.035600	N
TRAFO MONO	14519	37.500000	141806	-79.204300	-4.035700	NaN
TRAFO MONO	198	50.000000	141805	-79.204700	-4.035600	NaN
BANCO TRANFO	10110/10111	20.000000	143861	-79.205200	-4.035600	N
TRAFO MONO	15226	25.000000	141791	-79.204100	-4.036500	NaN
TRAFO MONO	194	10.000000	143865	-79.204400	-4.035000	NaN
BANCO TRANFO	196/197/9208	45.000000	TP2	-79.204400	-4.035000	NaN
TRAFO TRIFA	15998	30.000000	143866	-79.204300	-4.034300	N
BANCO TRAFO	188/189/190	112.500000	TP3	-79.202800	-4.034000	N
TRAFO MONO	10108	10.000000	143950	-79.202100	-4.034400	NaN
TRAFO MONO	8732	50.000000	141826	-79.201800	-4.033900	N
BANCO TRAFO	5421/9457/9458	30.000000	141829	-79.200600	-4.034900	NaN
BANCO TRAFO	1467/1468/1469	112.500000	142454	-79.199600	-4.034600	N
TRAFO TRIFA	17709	45.000000	67150	-79.199800	-4.033400	N
TRAFO TRIFA	1466	75.000000	141840	-79.199500	-4.033000	N
TRAFO TRIFA	8959	75.000000	141838	-79.199200	-4.033200	NaN

Tipo	Transformador	Capacidad [kVA]	No Poste	Longitud	Latitud	Lumi
TRAFO MONO	16947	37.500000	225687	-79.200300	-4.032700	N
TRAFO TRIFA	18213	50.000000	TP4	-79.199400	-4.029700	N
BANCO TRAFO	14498/4101/4102	75.000000	142049	-79.199300	-4.031000	N
TRAFO MONO	199	25.000000	141781	-79.205100	-4.036200	NaN
TRAFO MONO	16981	50.000000	143859	-79.205600	-4.036200	NaN
TRAFO TRIFA	15425	30.000000	TP5	-79.204400	-4.036900	NaN
TRAFO MONO	5883	37.500000	141795	-79.204300	-4.037400	NaN
TRAFO MONO	14731	15.000000	141796	-79.204500	-4.037700	NaN
TRAFO TRIFA	18073	50.000000	TP6	-79.204800	-4.037100	N
TRAFO MONO	5910	37.500000	141799	-79.204900	-4.037100	N
TRAFO TRIFA	15735	30.000000	68045	-79.205100	-4.037100	N
TRAFO TRIFA	25902	50.000000	273492	-79.203300	-4.034400	N
TRAFO TRIFA	25903	30.000000	273435	-79.203400	-4.036100	NaN
TRAFO MONO	10112	10.000000	232452	-79.200700	-4.032700	NaN

### Anexo 3. Código Dashboard.

#### index.py

```

import dash_mantine_components as dmc
from dash_iconify import DashIconify
from dash import Dash, dcc, callback_context, Output, Input, exceptions, html, State
from dash.html import Button
from components.index_ilu import page_2_layout
from components.index_act import page_1_layout
from app import app

server = app.server
app.config.suppress_callback_exceptions = True

styles = {
    'navbar': {
        'display': 'flex',
        'justifyContent': 'center',
        'alignItems': 'center',
        'backgroundColor': '#1A78F7',
        'padding': '10px',
        'color': '#F4F6F9',
        'fontSize': '24px',
        'fontWeight': 'bold'
    },
    'buttons-container': {
        'display': 'flex',
        'justifyContent': 'center',
        'alignItems': 'center',
        'height': 'calc(100vh - 60px)',
    },
    'button': {

```

```

        'width': '400px',
        'height': '500px',
        'margin': '20px',
        'fontSize': '20px',
        'fontWeight': 'bold',
        'textAlign': 'center',
        'backgroundColor': '#1A78F7',
        'color': '#F4F6F9',
        'border': 'none',
        'borderRadius': '10px',
        'cursor': 'pointer'
    },
    'button-text': {
        'marginTop': '10px'
    },
    'img-container': {
        'width': '300px',
        'height': '400px',
    },
    'footer-text': {
        'position': 'absolute',
        'bottom': '10px',
        'left': '10px',
        'fontSize': '14px',
        'color': '#1A78F7'
    }
}

app.layout = dmc.MantineProvider(
    id = 'dark-moder',
    withGlobalStyles=True,
    children = [
html.Div(
    children = [
dmc.Header(
    height=75,
    fixed=True,
    pl=0,
    pr=0,
    pt=0,
    style = {'background-color': '#F08E19'},
    children=[
dmc.Container(
    fluid=True,
    children=[
dmc.Group(
    position="center",
    #align="center",
    children=[
dmc.Center(
    children=[dcc.Link(dmc.ThemeIcon(
    html.Img(src= '\\assets\\FocoInteligente.png', style={'width':43}),
    radius='sm',
    size=44,
    variant="filled",
    color="transparent",
    ),
    href='https://www.unl.edu.ec/',
    target='_blank',
    ),
dmc.Group( align='center', spacing=20, position='center', children=[

```

```

        dmc.Text("Sistema IluPlus UNL", size="lg", color="black", style={"padding": "18px 12px", 'font-weight': 'bold'}),
    ),
    dcc.Link(dcc.ThemeIcon(
        html.Img(src= '\\assets\\UNL.png', style={'width':43}),
        radius='sm',
        size=44,
        variant="filled",
        color="transparent",
    ),
    href='https://www.unl.edu.ec/',
    target='_blank',
    ),
    ],
    ],
    ],
    ],
    ],
    ],
    ],
    ],
    ],
    ),
    dcc.Location(id='url', refresh=False),
    html.Div(id='page-content', style = {'height':'100%', 'margin-top':80})
    ],
    )

index_page = html.Div(
    style=styles['buttons-container'],
    children=[
        html.Button(
            children=[
                html.Img(src='\\assets\\actual_lam_1.png', style=styles['img-container']),
                html.Div('ACTUAL', style = styles['button-text']),
            ],
            id='button-1',
            style=styles['button']
        ),
        html.Button(
            children=[
                html.Img(src='\\assets\\lamp_ilu.png', style=styles['img-container']),
                html.Div('ILUPLUS', style = styles['button-text']),
            ],
            id='button-2',
            style=styles['button']),
        html.Div(
            children=[
                html.Div('Desarrollado: Ermel Fabian Armijos Dumas', style={'marginRight': '5px'}),
                html.Div('Tutor: Ing. Iván Coronel Villavicencio, Mg. Sc.'),
            ],
            style=styles['footer-text']
        )
    ])

#analytics = dash_user_analytics.DashUserAnalytics(app, automatic_routing=False)

@app.callback(
    Output('url', 'pathname'),

```

```

        [Input('button-1', 'n_clicks'), Input('button-2', 'n_clicks')],
        [State('url', 'pathname')]
    )
def update_url(n_clicks_1, n_clicks_2, pathname):
    if n_clicks_1:
        return '/actual'
    elif n_clicks_2:
        return '/iluplus'
    #return pathname

@app.callback(Output('page-content', 'children'),
              [Input('url', 'pathname')])
def display_content(pathname):

    if pathname == '/actual': # None or ''
        return page_1_layout

    elif pathname == '/iluplus':
        return page_2_layout
    else:
        return index_page

if __name__ == '__main__':
    app.run_server(debug=True)

```

---

## index\_act.py

---

```

import dash
from dash import dcc, html, dash_table, callback_context
from dash.dependencies import Input, Output, State
import plotly.graph_objs as go
import pandas as pd
import numpy as np
import dash_mantine_components as dmc
from dash_iconify import DashIconify
import os

from app import app

read_path = os.getcwd()

path_data = read_path+"/DataSet/Data_final_2_ini.csv"

df = pd.read_csv(path_data, sep=';')

Pot_acum = []

default_color = 'black'
alternate_color = 'red'
encendido = 'red'

colors = ['black', 'green', 'red']
status = ['OFF', 'ON', 'ERROR']

colors_dict=dict(zip(status, colors))

```

```

df['color']=colors[0]
df['Estado']=status[0]

fig_1 = go.Figure(go.Scattermapbox(
    lat=df['Latitud'],
    lon=df['Longitud'],
    mode='markers',
    marker=dict(
        size=15,
        color=df['color']
    ),
    text=[f'Potencia: {p} [W]<br>Tipo: {t} <br>Código: {c} <br>No: {N}' for p,t,c,N in zip(df['Potencia'],df['
    hoverinfo='text',
))

fig_1.update_layout(
    mapbox_style="open-street-map",
    mapbox_zoom=15,
    mapbox_center={"lat": df['Latitud'].mean(), "lon": df['Longitud'].mean()},
    margin={"r":0,"t":0,"l":0,"b":0},
    mapbox_layers=[
        {
            "sourcetype": "raster",
            "source": [
                "https://basemap.nationalmap.gov/arcgis/rest/services/USGSImageryOnly/MapServer/tile/{z}/{y}/"
            ]
        }
    ],
)

modal_content_style = {
    'border': '2px solid #cccccc',
    'border-radius': '5px',
    'padding': '20px',
    'box-shadow': '5px 5px 5px rgba(0,0,0,0.1)' # Aplica sombreado
}

# Diseño de la

New_columns=['Codigo','Tipo','Potencia','Nro_Poste','Estado']

data_table = dash_table.DataTable(
    id='data-table_1',
    columns=[{'name': col.replace('_', ' '), 'id': col} for col in New_columns],
    data=df.to_dict('records'),
    style_table={'overflowX': 'scroll'},
    style_cell={'textAlign': 'left', 'padding': '5px'},
    style_header={
        'backgroundColor': '#1A78F7',
        'color': '#F4F6F9',
        'fontWeight': 'bold'
    },
    page_size=5
)

# Diseño de la aplicación
page_1_layout = html.Div([
    dmc.Navbar(
        fixed=True,
        width={"base":60},

```

```

pl='sm',
pr='xs',
pt=0,
hidden=True,
hiddenBreakpoint='sm',
style = {'background-color': '#F7F7F7'},
children=[
dmc.ActionIcon(

html.Img(src="//assets\\boton-de-encendido.png", style={'width': '20px'}),
size="lg",
#variant="filled",
id="on_action_1",
n_clicks=0,
mb=10,
),
dmc.ActionIcon(

html.Img(src="//assets\\boton-de-apagado.png", style={'width': '20px'}),
size="lg",
#variant="filled",
id="off_action_1",
n_clicks=0,
mb=10,
),
dmc.ActionIcon(

html.Img(src="//assets\\cancelar.png", style={'width': '20px'}),
size="lg",
#variant="filled",
id="error_action_1",
n_clicks=0,
mb=10,
),
dmc.ActionIcon(

html.Img(src="//assets\\grafico.png", style={'width': '20px'}),
size="lg",
#variant="filled",
id="graficas_1",
n_clicks=0,
mb=10,
),
dcc.Link(
dmc.ActionIcon(

html.Img(src="//assets\\regresar.png", style={'width': '20px'}),
size="lg",
#variant="filled",
#id="graf",
n_clicks=0,
mb=10,
),
href='/'
),

],
),
html.Div(
style = {'margin-left': '60px', 'margin-top': 80, 'backgroundColor': '#DAC6F9'},
children = [

```

```

dmc.Modal(
  id = 'sta-table_1',
  fullScreen=True,
  zIndex=10000,

  children=[
    html.Div(
      style={'backgroundColor': '#DAC6F9'},
      children = [
        html.H1('Datos', style={'text-align': 'center'})
      ]
    ),
    html.Div(
      style={'display':'flex'},
      children=[
        html.Div(
          style={**modal_content_style, 'flex': '30%', 'padding': '10px'},
          children=[
            html.H2('Tipo de luminaria instalada', style={'text-align': 'center'}),
            dcc.Graph(id='figure_Tipo_1')
          ]
        ),
        html.Div(
          style={**modal_content_style, 'flex': '30%', 'padding': '10px'},
          children=[
            html.H2('Potencia instalada por tipo luminaria', style={'text-align': 'center'}),
            dcc.Graph(id='figure_Tipo_Potencia_1')
          ]
        ),
        html.Div(
          style={**modal_content_style, 'flex': '30%', 'padding': '10px'},
          children=[
            html.H2('Estado de Luminarias', style={'text-align': 'center'}),
            dcc.Graph(id='figure_Estado_1')
          ]
        )
      ]
    ),
    html.Div(
      style=modal_content_style,
      children=[
        html.Div(
          style={'flex': '30%', 'padding': '10px'},
          children=[
            html.H2('Curva de Potencia', style={'text-align': 'center', 'backgroundColor': '#DAC6F9'}),
            dcc.Graph(id='figure_Curva_pot_1')
          ]
        ),
      ]
    ),
    dcc.Graph(id='scatter-plot_1', figure=fig_1),
    dmc.Stack(
      children=[
        dmc.Divider(variant="solid"),
      ]
    ),
    html.Div(id='table-div_1', children=data_table)
  ],

```

```
),
])
```

```
@app.callback(
    [Output('scatter-plot_1', 'figure'),
     Output('data-table_1', 'data'),
     Output('figure_Estado_1', 'figure'),
     Output('figure_Curva_pot_1', 'figure')],
    [Input('scatter-plot_1', 'clickData'),
     Input('on_action_1', 'n_clicks'),
     Input('off_action_1', 'n_clicks'),
     Input('error_action_1', 'n_clicks')],
    [State('scatter-plot_1', 'figure')]
)
def update_output_1(clickData, on_clicks, off_clicks, error_clicks, map_state):
    ctx = dash.callback_context
    triggered_id = ctx.triggered[0]['prop_id'] if ctx.triggered else None

    center = map_state['layout']['mapbox']['center']
    zoom = map_state['layout']['mapbox']['zoom']

    if triggered_id == 'scatter-plot_1.clickData':
        point = clickData['points'][0]

        current_color = df.loc[(df['Latitud'] == point['lat']) & (df['Longitud'] == point['lon']), 'color'].values[0]
        current_index = colors.index(current_color)
        new_index = (current_index + 1) % len(colors)
        new_color = colors[new_index]
        if new_color == 'black':
            new_status = status[0]
        elif new_color == 'green':
            new_status = status[1]
        else:
            new_status = status[2]

        df.loc[(df['Latitud'] == point['lat']) & (df['Longitud'] == point['lon']), 'color'] = new_color
        df.loc[(df['Latitud'] == point['lat']) & (df['Longitud'] == point['lon']), 'Estado'] = new_status

    if triggered_id == 'on_action_1.n_clicks':
        df['color'] = colors[1]
        df['Estado'] = status[1]

    if triggered_id == 'off_action_1.n_clicks':
        df['color'] = colors[0]
        df['Estado'] = status[0]

    if triggered_id == 'error_action_1.n_clicks':
        df['color'] = colors[2]
        df['Estado'] = status[2]

    #Estado
    df_Status = df['Estado'].value_counts().reset_index()
    df_Status.columns = ['Estado', 'Frecuencia']
    Estado_fig_1 = go.Figure(data=[go.Pie(labels=df_Status['Estado'], values=df_Status['Frecuencia'],
                                         marker=dict(colors=[colors_dict[state] for state in df_Status['Estado']])), layout=go.Layout(
        title='Estado',
        xaxis=dict(title='Estado', tickvals=df_Status['Estado']),
        yaxis=dict(title='Frecuencia', tickvals=df_Status['Frecuencia'])
    )])

    #
    df_pot_acu = df.groupby('Estado')['Potencia'].sum().reset_index()
```

```

df_pot_acu = df_pot_acu[df_pot_acu['Estado']=='ON']

if df_pot_acu.empty:
    Pot_acum.append(0)
if df_pot_acu.empty == False:
    df_pot_acu = df_pot_acu['Potencia'].values.tolist()
    Pot_acum.append(df_pot_acu[0])

fig_cur_pot_1 = go.Figure(go.Scatter(x=np.arange(len(Pot_acum)),y=Pot_acum, mode = 'lines',name='Curva'))
fig_cur_pot_1.update_layout(
    xaxis_title="T",
    yaxis_title="Potencia [W]"
)

# Actualizar el gráfico con el nuevo color de los puntos
updated_fig = fig_1.update_traces(marker_color=df['color'])
updated_fig.update_layout(mapbox=dict(center=center, zoom=zoom))

return updated_fig, df.to_dict('records'), Estado_fig_1, fig_cur_pot_1

#Potencia instalada por tipo
df_grouped = df.groupby('Tipo')['Potencia'].sum().reset_index()
Ti_Po_fig_1 = go.Figure(data=[go.Pie(labels=df_grouped['Tipo'], values=df_grouped['Potencia'])],
    layout=go.Layout(width=400, height=400))

#Tipos de luminarias
df_Tipo = df['Tipo'].value_counts().reset_index()
df_Tipo.columns = ['Tipo', 'Frecuencia']
Tipo_fig_1 = go.Figure(data=[go.Pie(labels=df_Tipo['Tipo'], values=df_Tipo['Frecuencia'])],
    layout=go.Layout(width=400, height=400))

@app.callback([Output('sta-table_1', 'opened'),
    Output('figure_Tipo_1','figure'),
    Output('figure_Tipo_Potencia_1','figure')],
    Input('graficas_1', 'n_clicks'),
    prevent_initial_call = True)
def update_data_sta_descri_1(n_clicks):
    if n_clicks:
        return True, Tipo_fig_1, Ti_Po_fig_1
    else:
        return False, dash.no_update, dash.no_update

```

---

## index\_ilu.py

---

```

import dash
from dash import dcc, html, dash_table, callback_context
from dash.dependencies import Input, Output, State
import plotly.graph_objs as go
import pandas as pd
import numpy as np
import dash_mantine_components as dmc
from dash_iconify import DashIconify
import os
from plotly.validators.scatter.marker import SymbolValidator

```

```

from scipy.spatial import ConvexHull
from app import app

read_path = os.getcwd()

path_data = read_path+"/DataSet/Data_final_iluplus_4.csv"

path_trans = read_path+"/DataSet/transformadores_iluplus.csv"

df = pd.read_csv(path_data)
df2 = pd.read_csv(path_trans)

Pot_acum = []

default_color = 'black'
alternate_color = 'red'
encendido = 'red'

colors = ['black', 'green', 'red']
status = ['OFF', 'ON', 'ERROR']

colors_dict=dict(zip(status, colors))

df['color']=colors[0]
df['Estado']=status[0]

fig = go.Figure(go.Scattermapbox(
    lat=df['Latitud'],
    lon=df['Longitud'],
    name='df1',
    mode='markers',
    marker=dict(
        size=10,
        color=df['color'],
    ),
    text=[f'Potencia: {p} [W]<br>Tipo: {t} <br>Código: {c} <br>No: {N} <br>Cluster: {Cl}' for p,t,c,N, Cl in zip(df['Potencia'], df['Tipo'], df['Codigo'], df['No'], df['Cluster'])],
    hoverinfo='text',
))

fig.add_trace(go.Scattermapbox(
    lat=df2['Lat'],
    lon=df2['Lon'],
    mode = 'markers',
    marker=dict(
        size=15,
        color = '#041BCB'
    ),
    hoverinfo='text',
    text=[f'<b>TRANSFORMADOR: <br> {T}' for T in df2['Nro_Transformador']],
    textposition = "bottom right"
))

def generate_convex_hull(df,df2):
    traces=[]
    for w, j in enumerate(df.label.value_counts().index.values):

        puntos_convex_hull = df.loc[df.label==j,['Longitud','Latitud']].values

```

```

puntos_convex_hull = np.concatenate((puntos_convex_hull, df2.loc[df2.Nro_Transformador == j, ['Lon', 'Lat']])

hull = ConvexHull(puntos_convex_hull)

for simplex in hull.simplices:

    traces.append(go.Scattermapbox(
        lon=[puntos_convex_hull[simplex, 0][0], puntos_convex_hull[simplex, 0][1]],
        lat=[puntos_convex_hull[simplex, 1][0], puntos_convex_hull[simplex, 1][1]],
        mode='lines',
        line=dict(width=2, color='#C229F6'),
        opacity=0.75,
        showlegend=False,
        name = 'Convex_Hull'

    ))

return traces

fig.update_layout(
    mapbox_style="open-street-map",
    mapbox_zoom=15,
    mapbox_center={"lat": df['Latitud'].mean(), "lon": df['Longitud'].mean()},
    margin={"r":0,"t":0,"l":0,"b":0},
    mapbox_layers=[
        {
            "sourcetype": "raster",
            "source": [
                "https://basemap.nationalmap.gov/arcgis/rest/services/USGSImageryOnly/MapServer/tile/{z}/{y}/{x}"
            ]
        }
    ],
    showlegend = False
)

modal_content_style = {
    'border': '2px solid #cccccc',
    'border-radius': '5px',
    'padding': '20px',
    'box-shadow': '5px 5px 5px rgba(0,0,0,0.1)'
}

# Diseño de la

New_columns=['Codigo', 'Tipo', 'Potencia', 'Nro_Poste', 'Estado']

data_table = dash_table.DataTable(
    id='data-table',
    columns=[{'name': col.replace('_', ' '), 'id': col} for col in New_columns],
    data=df.to_dict('records'),
    editable=False,
    filter_action='native',
    style_table={'overflowX': 'scroll'},
    style_cell={'textAlign': 'left', 'padding': '5px'},
    style_header={
        'backgroundColor': '#1A78F7',
        'color': '#F4F6F9',
        'fontWeight': 'bold'
    }
)

```

```

    },
    page_size=5
)

# Diseño de la aplicación
page_2_layout = html.Div(

dmc.Navbar(
fixed=True,
width={"base":60},
pl='sm',
pr='xs',
pt=0,
hidden=True,
hiddenBreakpoint='sm',
style = {'background-color':'#F7F7F7'},
children=[
dmc.ActionIcon(

html.Img(src="//assets\\boton-de-encendido.png", style={'width':'20px'}),
size="lg",
#variant="filled",
id="on_action",
n_clicks=0,
mb=10,
),
dmc.ActionIcon(

html.Img(src="//assets\\boton-de-apagado.png", style={'width':'20px'}),
size="lg",
#variant="filled",
id="off_action",
n_clicks=0,
mb=10,
),
dmc.ActionIcon(

html.Img(src="//assets\\cancelar.png", style={'width':'20px'}),
size="lg",
#variant="filled",
id="error_action",
n_clicks=0,
mb=10,
),
dmc.ActionIcon(

html.Img(src="//assets\\cluster.png", style={'width':'20px'}),
size="lg",
#variant="filled",
id="cluster",
n_clicks=0,
mb=10,
),
dmc.ActionIcon(

html.Img(src="//assets\\grafico.png", style={'width':'20px'}),
size="lg",
#variant="filled",
id="graficas",
n_clicks=0,
mb=10,

```

```

),

dcc.Link(
dmc.ActionIcon(

html.Img(src="//assets//regresar.png", style={'width': '20px'}),
size="lg",
#variant="filled",
#id="graficas",
n_clicks=0,
mb=10,
),
href='/'
),
],
),
html.Div(
style = {'margin-left': '60px', 'margin-top': 80, 'backgroundColor': '#DAC6F9'},
children = [
dmc.Modal(
id = 'sta-table',
fullScreen=True,
zIndex=10000,

children=[
html.Div(
style={'backgroundColor': '#DAC6F9'},
children = [
html.H1('Datos', style={'text-align': 'center'})
]
),
html.Div(
style={'display': 'flex'},
children=[
html.Div(
style={**modal_content_style, 'flex': '30%', 'padding': '10px'},
children=[
html.H2('Tipo de luminaria instalada', style={'text-align': 'center'}),
dcc.Graph(id='figure_Tipo')
]
),
html.Div(
style={**modal_content_style, 'flex': '30%', 'padding': '10px'},
children=[
html.H2('Potencia instalada por tipo luminaria', style={'text-align': 'center'}),
dcc.Graph(id='figure_Tipo_Potencia')
]
),
html.Div(
style={**modal_content_style, 'flex': '30%', 'padding': '10px'},
children=[
html.H2('Estado de Luminarias', style={'text-align': 'center'}),
dcc.Graph(id='figure_Estado')
]
)
]
),
html.Div(
style=modal_content_style,
children=[
html.Div(

```

```

style={'flex': '30%', 'padding': '10px'},
children=[
    html.H2('Curva de Potencia', style={'text-align': 'center', 'backgroundColor': '#DAC6F9'}),
    dcc.Graph(id='figure_Curva_pot')
]
),
]
)
]
),
dcc.Graph(id='scatter-plot', figure=fig),
dmc.Stack(
children=[
dmc.Divider(variant="solid"),
]
),
html.Div(id='table-div', children=data_table)

],
),
])

@app.callback(
    [Output('scatter-plot', 'figure'),
     Output('data-table', 'data'),
     Output('figure_Estado', 'figure'),
     Output('figure_Curva_pot', 'figure')],
    [Input('scatter-plot', 'clickData'),
     Input('on_action', 'n_clicks'),
     Input('off_action', 'n_clicks'),
     Input('error_action', 'n_clicks'),
     Input('cluster', 'n_clicks')],
    [State('scatter-plot', 'figure')]
)
def update_output(clickData, on_clicks, off_clicks, error_clicks, c_clicks, map_state):
    ctx = dash.callback_context
    triggered_id = ctx.triggered[0]['prop_id'] if ctx.triggered else None

    center = map_state['layout']['mapbox']['center']
    zoom = map_state['layout']['mapbox']['zoom']

    if triggered_id == 'scatter-plot.clickData':
        point = clickData['points'][0]

        # Cambiar el color del punto alternando entre los colores
        current_color = df.loc[(df['Latitud'] == point['lat']) & (df['Longitud'] == point['lon']), 'color'].values[0]
        current_index = colors.index(current_color)
        new_index = (current_index + 1) % len(colors)
        new_color = colors[new_index]
        if new_color == 'black':
            new_status = status[0]
        elif new_color == 'green':
            new_status = status[1]
        else:
            new_status = status[2]

        df.loc[(df['Latitud'] == point['lat']) & (df['Longitud'] == point['lon']), 'color'] = new_color
        df.loc[(df['Latitud'] == point['lat']) & (df['Longitud'] == point['lon']), 'Estado'] = new_status

```

```

if triggered_id == 'on_action.n_clicks':
    df['color'] = colors[1]
    df['Estado'] = status[1]

if triggered_id == 'off_action.n_clicks':
    df['color'] = colors[0]
    df['Estado'] = status[0]

if triggered_id == 'error_action.n_clicks':
    df['color'] = colors[2]
    df['Estado'] = status[2]

if c_clicks%2==1:
    convex_hull_traces = generate_convex_hull(df, df2)
    for trace in convex_hull_traces:
        fig.add_trace(trace)
elif c_clicks%2==0:
    # Si n_clicks es par, remover el convex hull
    fig['data'] = [trace for trace in fig['data'] if trace['name'] != 'Convex_Hull']

#Estado
df_Status = df['Estado'].value_counts().reset_index()
df_Status.columns = ['Estado', 'Frecuencia']
Estado_fig = go.Figure(data=[go.Pie(labels=df_Status['Estado'], values=df_Status['Frecuencia'],
    marker=dict(colors=[colors_dict[state] for state in df_Status['Estado']))]),layout=go

#
df_pot_acu = df.groupby('Estado')['Potencia'].sum().reset_index()
df_pot_acu = df_pot_acu[df_pot_acu['Estado']=='ON']
#df_pot_acu = df_pot_acu.fi
if df_pot_acu.empty:
    Pot_acum.append(0)
if df_pot_acu.empty == False:
    df_pot_acu = df_pot_acu['Potencia'].values.tolist()
    Pot_acum.append(df_pot_acu[0])

fig_cur_pot = go.Figure(go.Scatter(x=np.arange(len(Pot_acum)),y=Pot_acum, mode = 'lines',name='Curva'))
fig_cur_pot.update_layout(
    xaxis_title="T",
    yaxis_title="Potencia [W]"
)

for trace in fig['data']:
    #print(trace)
    if trace['name'] == 'df1':
        trace['marker']['color'] = df['color']

fig.update_layout(mapbox=dict(center=center, zoom=zoom))

return fig, df.to_dict('records'), Estado_fig, fig_cur_pot

#Potencia instalada por tipo
df_grouped = df.groupby('Tipo')['Potencia'].sum().reset_index()
Ti_Po_fig = go.Figure(data=[go.Pie(labels=df_grouped['Tipo'], values=df_grouped['Potencia'])],
    layout=go.Layout(width=400, height=400))

#Tipos de luminarias
df_Tipo = df['Tipo'].value_counts().reset_index()

```

```

df_Tipo.columns = ['Tipo', 'Frecuencia']
Tipo_fig = go.Figure(data=[go.Pie(labels=df_Tipo['Tipo'], values=df_Tipo['Frecuencia'])],
                    layout=go.Layout(width=400, height=400))

@app.callback([Output('sta-table', 'opened'),
              Output('figure_Tipo', 'figure'),
              Output('figure_Tipo_Potencia', 'figure')],
              Input('graficas', 'n_clicks'),
              prevent_initial_call = True)
def update_data_sta_descri(n_clicks):
    if n_clicks:
        return True, Tipo_fig, Ti_Po_fig
    else:
        return False, dash.no_update, dash.no_update

```

---

## app.py

```

import dash

app = dash.Dash(__name__, suppress_callback_exceptions = True,
               title = 'ILuPlus', meta_tags=[{"name": "viewport", "content": "width=device-width, initial-scale=1"}],)

```

---

## Anexo 4. Certificado de traducción del resumen.



### CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN

Loja 19 de julio de 2024

Lic.  
Nancy Correa Martínez.  
CC.EE. Idioma Inglés.

#### CERTIFICA:

Haber traducido del Idioma Español al Idioma Inglés, el resumen del TRABAJO DE TITULACIÓN: **ESTUDIO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA DEL SECTOR LA ARGELIA**. Elaborado por: Ermel Fabian Armijos Dumas, portador de la cédula de identidad No.1900819119

La técnica de traducción utilizada fue: Traducción Literal.

Lo certifico.

Atentamente



Lic. Nancy Correa Martínez  
C.I. 1101706602