



Diseño e implementación de un SIG para optimizar y esquematizar la operación del Sistema de Alumbrado Público de Pasto SEPAL S.A.

Maria Alejandra Melo Poveda

Carlos Alfredo Piscal López

Trabajo de grado presentado para optar al título de Especialistas en Sistemas de Información
Geográfica

Directora: Maria Camila Betancourth Ossa, Especialista (Esp) en Sistemas de Información
Geográfica

Universidad de Manizales
Facultad de Ciencias e Ingeniería
Especialización en Sistemas de Información Geográfica - Virtual
Manizales, Caldas, Colombia
2025

Cita	(Melo Poveda & Piscal López, 2025)
Referencia	Melo Poveda, M. A. & Piscal López, C. A. (2025). <i>Diseño e implementación de un SIG para optimizar y esquematizar la operación del Sistema de Alumbrado Público de Pasto SEPAL S.A.</i> [Trabajo de grado especialización]. Universidad de Manizales. RIDUM: Repositorio Institucional Universidad de Manizales.
Estilo APA 7 (2020)	



Especialización en Sistemas de Información Geográfica - Virtual, I

Grupo de Investigación y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones

Declaración de inteligencia artificial: el o los autores de este trabajo de grado declaran que han utilizado herramientas de inteligencia artificial (IA), tales como [mencionar herramientas utilizadas, por ejemplo, ChatGPT, Grammarly, Turnitin, Copilot, Gemini, entre otras], de manera ética y responsable, tal como se establece en el Acuerdo UManizales 002 (julio 26 de 2023) sobre propiedad intelectual e IA. Estas herramientas son empleadas como apoyo en la redacción, revisión gramatical y generación de ideas, pero en ningún caso sustituyen el análisis crítico, la argumentación académica ni la originalidad del trabajo. Asimismo, cualquier contenido generado con asistencia de IA está citado y referenciado adecuadamente, garantizando la integridad académica y el cumplimiento de los principios éticos de la investigación.

Biblioteca y Centro de Recursos: <https://biblioteca.umanizales.edu.co/>

Repositorio Institucional: <http://ridum.umanizales.edu.co/>

Universidad de Manizales: www.umanizales.edu.co

Revistas: <http://revistasum.umanizales.edu.co/>

Fondo Editorial: <https://editorialum.umanizales.edu.co/>

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Manizales ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A mi padre, quien desde el inicio de este proceso fue un pilar fundamental de apoyo y comprensión. A mi madre, por su amor y por ser ese soporte para luchar por cada una de mis metas. A mi hermana, por su compañía y por siempre inspirarme a ser mejor persona. Son la razón más valiosa que siempre me motivará a lograr todos mis sueños.

Maria Alejandra Melo Poveda

A mi amado hijo Miguel, la razón más profunda por la que busco ser una mejor persona cada día.

Tu vida, con su fuerza y sus enseñanzas silenciosas, me ha impulsado a superar mis propios límites y a alcanzar esta meta. Eres mi motor, mi inspiración constante y el amor más grande de mi vida. Este pequeño logro de mi vida es para ti, con todo mi corazón.

A mi querido hijo Gabriel, por su invaluable apoyo y comprensión mientras me ausentaba del hogar. Tu paciencia y amor hicieron que cada esfuerzo valiera la pena. Y a mi amada madre, por el constante aliento y la inquebrantable confianza que me brindó en cada etapa de este logro en mi vida.

Carlos Alfredo Piscal López

Tabla de contenido

Resumen.....	11
Abstract.....	12
Introducción.....	13
1 Planteamiento del problema.....	14
1.1 Descripción del área problemática.....	14
1.2 Formulación del problema.....	15
1.3 Antecedentes.....	16
2 Justificación.....	25
3 Objetivos.....	27
3.1 Objetivo general.....	27
3.2 Objetivos específicos.....	27
4 Marco teórico.....	28
5 Metodología.....	34
5.1 Enfoque metodológico.....	34
5.2 Tipo de estudio.....	34
5.3 Procedimiento.....	35
5.3.1 Fase 1: Levantar la información correspondiente a los protocolos de mantenimiento de luminarias que apoyan la operación del alumbrado público en Pasto.....	35
5.3.1.1 Recopilación de información.....	35
5.3.1.2 Clasificación de actividades en el mantenimiento de la infraestructura de alumbrado público.....	36
5.3.1.3 Identificación de deficiencias y oportunidades de mejora en los procesos de reporte de actividades.....	37
5.3.2 Fase 2: Esquematizar un SIG que integre los protocolos actuales a esquemas tecnológicos, que optimicen la operación del servicio de alumbrado público.....	37
5.3.2.1 Desarrollo de base de datos y definición de información relevante para la gestión	

del alumbrado público.....	37
5.3.2.2 Selección de herramientas tecnológicas adecuadas para la integración del SIG....	38
5.3.2.3 Diseño conceptual y estructural del SIG adaptado a las necesidades de SEPAL S.A.....	38
5.3.3 Fase 3: Implementar el SIG diseñado al sistema de operaciones de la empresa SEPAL S.A.....	42
5.3.3.1 Configuración e integración del SIG con los sistemas operacionales de SEPAL S.A.....	42
5.3.3.2 Capacitación del personal en el uso del SIG diseñado.....	45
5.3.3.3 Ajustes y optimización del SIG diseñado.....	46
6 Resultados.....	48
6.1 Fase 1: Levantar la información correspondiente a los protocolos de mantenimiento de luminarias que apoyan la operación del alumbrado público en Pasto.....	48
6.1.1 Recopilación de información.....	48
6.1.2 Clasificación de actividades en el mantenimiento de la infraestructura de alumbrado público.....	51
6.1.3 Identificación de deficiencias y oportunidades de mejora en los procesos de reporte de actividades.....	51
6.2 Fase 2: Esquematizar un SIG que integre los protocolos actuales a esquemas tecnológicos, que optimicen la operación del servicio de alumbrado público.....	52
6.2.1 Desarrollo de base de datos y definición de información relevante para la gestión del alumbrado público.....	52
6.2.1.1 Información básica.....	53
6.2.1.2 Características de las actividades.....	53
6.2.1.3 Insumos para realizar la actividad.....	56
6.2.1.4 Información complementaria de la actividad.....	57
6.2.2 Selección de herramientas tecnológicas adecuadas para la integración del SIG.....	58
6.2.3 Diseño conceptual y estructural del SIG adaptado a las necesidades de SEPAL S.A....	58
6.3 Fase 3: Implementar el SIG diseñado al sistema de operaciones de la empresa SEPAL S.A.	

.....	62
6.3.1 Configuración e integración del SIG con los sistemas operacionales de SEPAL S.A..	62
6.3.2 Capacitación del personal en el uso del SIG diseñado.....	68
6.3.3 Ajustes y optimización del SIG diseñado.....	70
7 Discusión.....	72
8 Conclusiones.....	76
9 Recomendaciones.....	78
Referencias.....	79

Lista de tablas

Tabla 1 Actividades de mantenimiento registradas en el acta análoga.....	51
Tabla 2 Información básica.....	53
Tabla 3 Características de las actividades.....	54
Tabla 4 Categorización de actividades.....	55
Tabla 5 Insumos para realizar la actividad.....	56
Tabla 6 Información complementaria.....	58
Tabla 7 Cuantificación de actividades realizadas durante el año 2024.....	67

Lista de figuras

Figura 1	Área de intervención de alumbrado público de SEPAL S.A. – Municipio de Pasto.....	15
Figura 2	Configuración del tipo de campo acorde a la necesidad de pregunta.....	39
Figura 3	Estandarización de preguntas con varias opciones de respuesta (desplegables).....	40
Figura 4	Georreferenciación del punto intervenido	41
Figura 5	Incorporación de anexo con múltiple respuesta en formato CSV.....	42
Figura 6	Estructuración de las preguntas en los grupos de información.....	43
Figura 7	Ingreso al Sistema de Información de Alumbrado Público (SINAP).....	44
Figura 8	Acta análoga de registro de actividades, reposición, mantenimiento y expansión.....	49
Figura 9	Flujo de la información del mantenimiento de infraestructura de alumbrado público...	50
Figura 10	Hoja de cálculo de Survey123 Connect en formato XLSForm.....	59
Figura 11	Grupos de información configurados en el acta digital.....	59
Figura 12	Integración de campos dependiendo de su requerimiento.....	60
Figura 13	Relación entre los campos “marca de luminaria” y “referencia” (filtros en cascada)..	61
Figura 14	Base de datos geoespacial generada en ArcGIS.....	61
Figura 15	Integración del SIG a la base datos.....	62
Figura 16	Información general del formulario en Survey123.....	63
Figura 17	Análisis de resultados del registro de tipo de actividades realizadas durante el año 2024.....	64
Figura 18	Shapefile del registro de actividades de modernización.....	65
Figura 19	Portal del Sistema de Información de Alumbrado Público (SINAP).....	66
Figura 20	SIG operativo.....	68
Figura 21	Fotografías de los talleres y jornadas de capacitación impartidas al personal operativo	69

Figura 22 Fotografías de los talleres y jornadas de capacitación impartidas al personal administrativo y de supervisión.....	69
Figura 23 Fotografías de los talleres y jornadas de capacitación impartidas a directivos de la empresa SEPAL S.A.	70
Figura 24 Recopilación de observaciones y comentarios del personal operativo.....	71
Figura 25 Verificación de coordenadas con la ubicación real del punto intervenido	71

Siglas, acrónimos y abreviaturas

Esp.	Especialista
ESRI	Environmental Systems Research Institute, Inc.
GPS	Global Positioning System / Sistema de Posicionamiento Global
RETILAP	Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público
SIG	Sistema(s) de Información Geográfica
SEPAL S.A.	Servicio Público de Alumbrado de Pasto S.A.

Resumen

El alumbrado público es considerado como un servicio esencial el cual, mediante la iluminación de espacios públicos, permite dinamizar la economía, mejorar la convivencia entre los usuarios, la disminución de la delincuencia y protección tanto de vehículos como de peatones.

El sistema de alumbrado público demanda una gran atención para su mantenimiento, empleando personal especializado que debe asumir una serie de tareas en toda la jurisdicción de un municipio. En Pasto, la empresa de Servicio Público de Alumbrado de Pasto SEPAL S.A, es la concesionaria de este servicio, responsable de mantener en funcionamiento más de treinta mil puntos luminosos. Esta tarea demanda una gran coordinación entre las diferentes dependencias que conforman la empresa, ya que las actividades de mantenimiento se realizan de manera integral, por lo cual es importante que la información tanto de las actividades realizadas dentro del mismo como el tipo de materiales utilizados se maneje de manera transversal.

El objetivo de este proyecto fue diseñar e implementar un SIG que apoye la operación del alumbrado público mediante la esquematización de un sistema que integre los protocolos actuales a esquemas tecnológicos. Esto se hizo mediante el software Survey123 de ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.) para recopilar la información que alimentará la base de datos de las actividades de mantenimiento. Finalmente, este sistema fue presentado tanto al personal técnico encargado como a cada dependencia de la empresa; de igual forma se hizo acompañamiento para la actualización y mejoramiento del mismo.

Palabras clave: Alumbrado público, bases de datos, georreferenciación, mantenimiento de luminarias, sistemas de información geográfica.

Abstract

Public lighting is considered an essential service which, through the illumination of public spaces, allows the economy to be revitalized, improves coexistence between users, reduces crime and protects both vehicles and pedestrians.

The public lighting system requires great attention for its maintenance, employing specialized personnel who must assume a series of tasks throughout the jurisdiction of a municipality. In Pasto, the company “Servicio Público de Alumbrado de Pasto (SEPAL S.A)”, is the concessionaire of this service, responsible for maintaining more than thirty thousand light points in operation. This task demands great coordination between the different departments that make up the company, since the maintenance activities are carried out in an integrated manner, which is why it is important that the information on both the activities carried out within it and the type of materials used is managed in a transversal manner.

The objective of this project was to design and implement a GIS that supports the operation of public lighting by outlining a system that integrates current protocols with technological schemes. This was done using the Survey 123 software from ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.) to collect the information that will feed the database of maintenance activities. Finally, this system was presented to both the technical staff in charge and to each department of the company; in the same way, support was provided for updating and improvement.

Keywords: Street lighting, databases, georeferencing, lighting maintenance, geographic information systems.

Introducción

El servicio de alumbrado público es un suministro fundamental, el cual garantiza la visibilidad y seguridad en espacios urbanos y rurales durante las horas de la noche, permitiendo que actividades económicas, sociales y sobre todo de movilidad se desarrollen de manera fluida, continua y segura. Su operación y mantenimiento influyen de forma directa en la percepción de los ciudadanos respecto a su seguridad como a su calidad de vida. Por consiguiente, SEPAL S.A., como empresa prestadora de este servicio, prioriza el perfeccionamiento y optimización de los procesos relacionados con la administración del mismo.

Actualmente, la gestión y mantenimiento de la infraestructura de alumbrado público enfrenta diferentes retos que incluyen la desactualización de la información, complicaciones en el monitoreo de actividades y la necesidad de actualizar los mecanismos de control. Ante este panorama, la implementación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) se presenta como una herramienta estratégica que permite una gestión más eficiente de datos registrados, la atención oportuna a fallas del servicio y la toma de decisiones basadas en información objetiva.

Este trabajo tiene como objetivo diseñar e implementar un SIG que apoye el mantenimiento del sistema de alumbrado público en SEPAL S.A. fortaleciendo la gestión operativa, técnica y administrativa a través del uso de tecnologías de información y comunicación, mediante la adopción de ArcGIS Online y Survey123, que facilitaron la captura, análisis y visualización de datos georreferenciados. Con ello, se busca no solo mejorar el rendimiento del servicio, sino también promover la transparencia institucional y el uso eficiente de los recursos disponibles.

1 Planteamiento del problema

El alumbrado público es un sistema de iluminación en espacios urbanos y rurales destinado a mejorar la visibilidad, seguridad, estética y comodidad de los ciudadanos durante la noche. Su evolución ha influido en la seguridad vial y la prevención de delitos, convirtiéndolo en un servicio esencial.

En Pasto, la empresa SEPAL S.A. se encarga de este servicio, gestionando más de 30,000 luminarias y enfocándose en la modernización tecnológica mediante la sustitución de luminarias de sodio por LED. Sin embargo, la operación enfrenta dificultades debido a la falta de organización en inventarios, cronogramas y visitas.

El proyecto busca implementar un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permita la generación de reportes ágiles que alimenten la base de datos de infraestructura y el desempeño de los mantenimientos de luminarias, con el fin de optimizar la eficiencia operativa, facilitar la toma de decisiones y mejorar la respuesta a las necesidades de la comunidad.

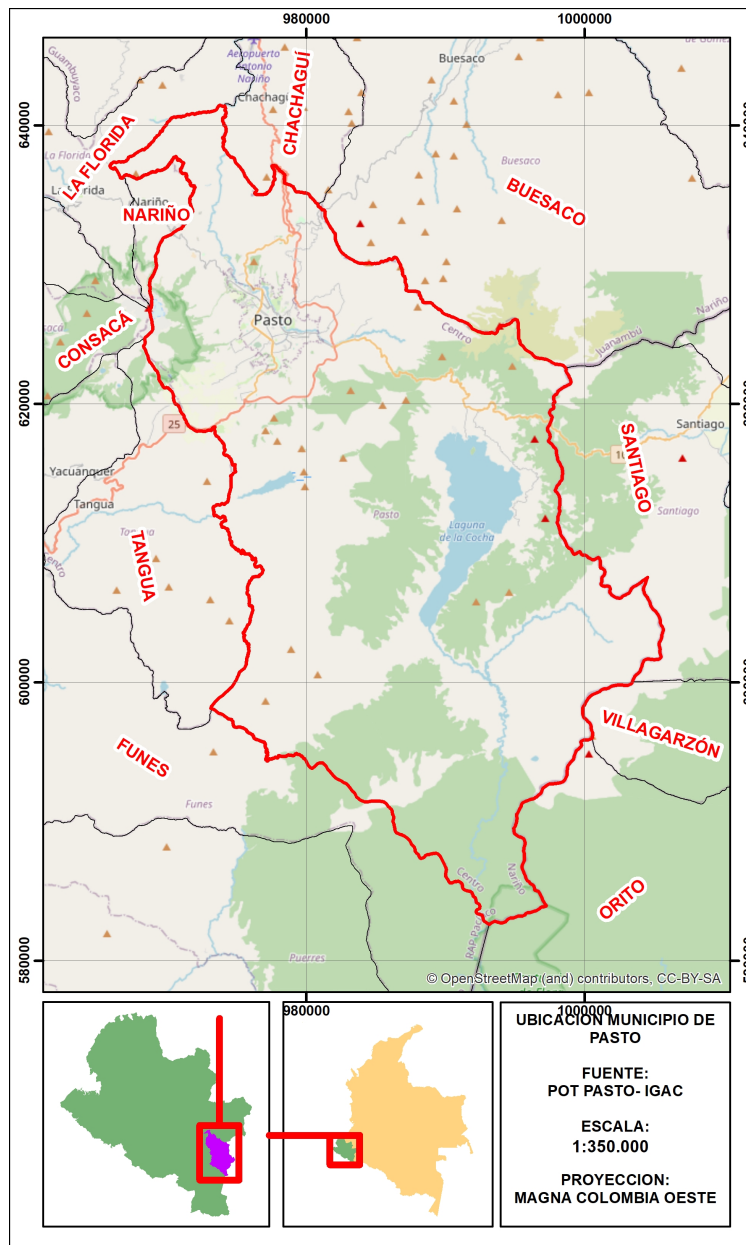
1.1 Descripción del área problemática

La empresa de Servicio Público De Alumbrado De Pasto S.A – SEPAL S.A, identificada con NIT 814.006.616-7, se encuentra en la Ciudad de Pasto, en las coordenadas; 1° 13' 28" N y 77° 16' 50" W, ubicada en la dirección; Carrera 33 A N°20-62, en el Sector la Riviera.

SEPAL S.A., es una empresa de economía mixta, comprometida con la prestación óptima de servicio de alumbrado público del municipio de Pasto (**Figura 1**), mediante la implementación de sistemas modernos con manejo digno de recursos humanos y financieros; orientados por principios de mejoramiento continuo, con alto compromiso socio ambiental brindado a la ciudadanía seguridad y bienestar.

Figura 1

Área de intervención de alumbrado público de SEPAL S.A. – Municipio de Pasto



1.2 Formulación del problema

¿Cómo puede el diseño e implementación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) mejorar la eficiencia en la coordinación y gestión de las actividades de mantenimiento de la empresa de Servicio Público de Alumbrado de Pasto - SEPAL S.A.?

El personal técnico asignado para dichas actividades atiende diariamente a los requerimientos de la comunidad en cuanto a deficiencia en la iluminación en lugares públicos, sin embargo, este proceso presenta dificultades en cuanto a la programación de visitas, la asignación de actividades diarias por operario y demás operaciones inmersas en el mantenimiento de luminarias. Es por lo que, el objetivo de este proyecto es diseñar e implementar un SIG que mejore la eficiencia de operaciones, facilitando la toma de decisiones y optimizar el monitoreo de actividades y uso de materiales, respondiendo a los requerimientos de la población de manera más efectiva.

1.3 Antecedentes

Bartzokas et al. (2021) realizaron una investigación denominada “Microscale walkability indicators for fifty-nine European central urban areas: An open-access tabular dataset and a geospatial web-based platform”, cuyo objetivo es realizar una auditoría del espacio público de 59 ciudades europeas, con un enfoque cuantitativo que le permitiera inventariar el equipamiento y su estado. Las entidades encargadas de la administración del espacio público pueden utilizar esta base de datos geográfica como punto base para tomar decisiones, para impulsar el caminar como transporte, lo que reduce CO₂, además de tener un efecto positivo en la salud de los habitantes de estas ciudades.

Feng & Murray (2017) elaboraron una investigación aplicada de corte cuantitativa en un sector de la ciudad Santa Bárbara, California, EE. UU, denominada “Spatial Analytics for Enhancing Street Light Coverage of Public Spaces”, investigación direccionada a optimizar el alumbrado público de esta ciudad, con la construcción de una base de datos geográfica que contenga diferentes entidades, que le permitan realizar un análisis espacial que les permita determinar si el sector a investigar cumple con la normatividad de alumbrado público; con esta información y apoyándose en la observación, aplican la metodología planteada para obtener que este sector presenta falencia en relación a condiciones de luminosidad nocturna, además les permite modelar el espacio, identificando lugares donde se debería instalar luminarias para superar esta problemática.

En la investigación realizada por Galindo, Borge e Icaza (2022), denominada “Novel control sistema applied in the modernization of public lighting systems in heritage cities: Case

study of the City of Cuenca”, nos indica la complejidad de la administración del alumbrado público en lugares específicos de una ciudad como lo es la ciudad de Cuenca, investigación cuyo objetivo está fijado en remplazar las luminarias ubicadas en el centro histórico. Como objeto, se plantea el diseño de un sistema de alumbrado público que permita la sustitución del alumbrado actual, el cual está constituido por luminarias de sodio conectadas a la red eléctrica de la ciudad; Estas presentan una gran ineficiencia, para lo cual, plantean un sistema combinando la tecnología led, con sistemas fotovoltaicos y la implementación de la telegestión, con el fin de causar la mínima afectación en las fachadas de las edificaciones del lugar. Además, permitiría la reducción del consumo de energía, aportando a la disminución de gases de efecto invernadero y el direccionamiento de la ciudad rumbo a ciudades inteligentes.

Brito y Chango (2016) desarrollaron una herramienta que permite analizar de manera visual los niveles de iluminancia en una zona determinada; mediante la asociación de un valor numérico, tomado en campo o de catálogo, a un determinado punto en la base del programa que maneja la Empresa Eléctrica Quito, permitiendo que esta información se pueda actualizar y conocer los lugares con iluminación deficiente que requiere modificaciones o reparaciones. El crear el mapa lumínico requiere trabajar sobre la base ya existente de postes y sus luminarias, creando un vector que da colores según la magnitud del valor de la medición, el cual se definirá en una nueva capa de datos. Al graficar cada valor obtenido en la grilla, analizó la calidad de alumbrado en espacios pequeños como bulevares, pero para un análisis de barrios o avenidas, se calcula la iluminancia promedio con lo que se puede apreciar la variación del color. En forma masiva, aplicar esta herramienta permitió cambiar los planes de mejora actuales, sustituciones masivas o de reparación por planes de mejora según el tipo de vía y uso que tenga.

En la Unión Eléctrica en Cuba, Sánchez, Comas y García (2019) trabajaron en el desarrollo de un Sistema de Información Geográfica (SIG) que cuente con una base conceptual y dé respuesta a las distintas peticiones del usuario. Para ello, el objetivo de la investigación fue diseñar un modelo para el manejo de datos geoespaciales, con el uso de técnicas de Inteligencia Artificial, como soporte a la toma de decisiones en el sector eléctrico cubano. La base de casos contiene la descripción de consultas estáticas realizadas previamente en forma de casos. Cada consulta se componía de once rasgos fundamentales de la ingeniería del conocimiento realizada, de los que ocho eran predictores y tres objetivos. La calidad final del SIG se verificó según los estándares de calidad de la norma ISO 9126:2002. Este sistema se aplica en todas las empresas eléctricas del país

en las distintas áreas que inciden en los procesos de transmisión. Los resultados de la validación en campo evidenciaron la factibilidad de la propuesta.

Castro y Ortega (2017) diseñaron un sistema de información geográfica en la web, utilizando software libre, para el mantenimiento, uso y operación del alumbrado público, en el área urbana del municipio de Jamundí, departamento del Valle del Cauca; conforme a la materialización de la Norma RETILAP, específicamente, en lo referente al sistema de información del alumbrado público, con el objeto de modernizar el manejo de la información para el control del alumbrado público y ofrecer un mejor servicio a la comunidad. La realización de este proyecto, consistió en un desarrollo de actividades de campo a inicios del 2014, donde se georreferenció mediante equipos GPS la localización de las luminarias, con características asociadas como el tipo de luminaria, código del poste entre otras. Con estos datos se procedió a realizar un sistema de información geográfico con el cual se ajustará las necesidades planteadas en la norma RETILAP, para una buena disposición del servicio en cuanto al mantenimiento y control del alumbrado público.

En Ecuador, en la ciudad de Babahoyo, para realizar de forma eficaz y eficiente la administración geográfica de las luminarias y postes de la zona céntrica, García (2016) diseñó un software georreferenciado fundamentado esencialmente en Geometría plana y del espacio, con datos tomados por un GPS de precisión, e ingresados al sistema en plataforma ArcGIS, para ser manejados y validados por un software, conectado a una base de datos diseñadas en SQL 2008, considerando como eje fundamental la herramienta web. Esta herramienta permitió que algunos procesos que se realizaban de forma manual se puedan automatizar, generando mayor seguridad y confianza en los datos generados. Finalmente, propuso una solución a los problemas existentes respecto al correcto registro de postes y luminarias en mal estado que existen en la zona céntrica de Babahoyo.

Silva (2017) realizó un análisis del sistema de alumbrado público instalado en la zona urbana de la ciudad de Moa en la provincia de Holguín en Cuba, basándose en lo relacionado con las características, usos y tipos de elementos utilizados en el mismo, del cual se obtuvo la descripción necesaria para crear un sistema de gestión adecuada para el mantenimiento de las luminarias sin importar el tipo de tecnología que presente. Se plasmó de manera concreta la solución efectiva de mantenimiento de estas luminarias ya sea de tecnología LED o no, y los resultados obtenidos en la proyección del nuevo sistema de iluminación. Finalmente, se analizó la frecuencia de fallas de los accesorios de alumbrado público y se plantean técnicas de

mantenimiento que conforman la metodología propuesta bajo un análisis económico, social y ambiental.

Castro y Ruiz (2011) esquematizaron un sistema de información geográfica como herramienta para la planificación del sistema de tránsito y transporte en las comunas 1 y 2 de San Juan de Pasto en Nariño, el cual permitió visualizar, consultar e imprimir información referente a señales de tránsito, semaforización, red vial y accidentalidad. Para facilitar la ubicación geográfica del usuario, se contó con información básica de la ciudad conformada por: límite de comuna, manzanas, ejes viales y sitios de interés. El sistema dio solución a las limitaciones de acceso y manejo de los datos permitiendo la integración a futuro con otros sectores como infraestructura, planeación, salud, educación, etc. Al ser un proyecto escalable, podrá atender las necesidades actuales y futuras de los usuarios.

La implementación de un software (MAPINFO y SPARD), que permita el manejo de la información levantada en campo se hace necesario para las diferentes labores y maniobras que desee una empresa prestadora de servicio de energía. Por lo anterior, Romero y Carvajal (2010) exponen el levantamiento e implementación de un sistema de información geográfica para la Empresa de Energía de Pereira S.A E.S.P, para actualizar la base de datos comercial georreferenciada. Este sistema permitió optimizar las diferentes actividades operativas tales como corte, reconexión, reparación de daños, mejora en el ruteo de lectura, entrega de facturas, incorporar nuevos clientes a la base, cambiar datos de parámetro por uso, estrato, hasta determinar perdidas de acuerdo con el tipo de anomalía que presente el medidor o la acometida del usuario.

Chuquizuta (2021) realizó el diseño y la implementación de un visor cartográfico para los componentes catastrales de mobiliario urbano, aplicando sistema de información geográfica. El trabajo de investigación se realizó en la Asociación Rosa Luz I Etapa en el distrito de Puente Piedra en Perú, debido que no cuenta con un levantamiento de información de componentes catastrales urbanos, por lo tanto, su propósito fue recolectar información de cuatro (4) clases de componentes catastrales mobiliario urbano, siendo estos los postes, hidrantes, tacho de basura y las casetas de vigilancia, mediante el uso de herramientas tecnológicas y el software ArcGIS online, se adaptó la ficha de registro propuesta a un formulario en el aplicativo Survey123 for ArcGIS, asimismo con equipos móviles, se realizó el levantamiento de información en campo, integrando la ubicación georreferencia en el visor cartográfico creado en ArcGIS online, donde se visualizó la cartografía base, además del inventario recolectado en campo, de un total de 191 postes de alumbrado público,

3 postes con cámara de seguridad, 4 hidrantes, 23 tachos de basura de tipo canastilla, 1 tacho de basura de tipo pedestal, 1 caseta de seguridad.

Corrales (2022) desarrolló una herramienta digital que facilitó la gestión del inventario de puentes y pasos de alcantarilla de la red vial cantonal de la Municipalidad de Curridabat en Costa Rica. Para la realización de este proyecto se recopiló información acerca de los manuales de inspección en puentes y alcantarillas, además, de las necesidades de la Municipalidad. Como resultado de dicha investigación se creó un formulario utilizando la aplicación Survey123 del software ArcGIS, la cual permitió crear un sistema de información geográfica con los datos tomados en campo. En total se inspeccionaron 28 estructuras, toda la información fue recopilada en la nube del software ArcGIS Online donde se pudo observar y editar. Posteriormente, dicha información se exportó en formato shape para utilizar el software QGIS y en formato csv para su análisis en el software Excel donde se calculó el índice de condición estructural de cada estructura y los daños recurrentes encontrados. Los resultados indicaron que el 41 % de las estructuras obtuvieron la clasificación de insatisfactoria, 15 % de deficiente, 29 % aceptable y 15 % de satisfactorio. Se creó una manual de usuario de la herramienta donde se describe cómo se utiliza y se configura.

Bayona (2020) se centró en el diseño de una solución web y móvil para la identificación, registro y monitoreo de eventos en la red de ciclorrutas en la ciudad de Bogotá, como una solución y herramienta en tiempo real para la promoción y aprovechamiento de los diversos servicios brindados a lo largo de la infraestructura capitalina, la cual se aquejaba por dos grandes problemáticas relacionadas con el incremento de hurtos en la ciclorruta y el deterioro de la infraestructura, según un estudio de la personería el 49% de la red de ciclorrutas no se encontraba en óptimas condiciones para el tránsito. El documento presenta, el diseño de una solución web y móvil mediante la publicación de un Story map en ArcGIS Online, en donde se integrarán los diferentes mapas web publicados y compartidos mediante ArcGIS Pro, junto con el formulario diseñado en Survey123 para el reporte de eventos y hallazgos en la ciclorruta acompañado de un análisis cuantitativo y cualitativo de la información desarrollado en ArcGIS Insights, que permitirá a los biciusuarios una visión más acertada de los accidentes y riesgos inherentes en la ciclorrutas, además de identificar posibles aspectos a mejorar en la infraestructura de la ciudad de Bogotá.

Condori y Ccahua (2024) implementó una infraestructura de datos espaciales para el mejoramiento de la calidad de suministro en las redes eléctricas de media tensión del alimentador

QU05, para facilitar los trabajos de registro de información de campo y procesamiento de datos de la deficiencia en las redes eléctricas se hizo uso de la plataforma de ArcGIS Enterprise, permitiendo mantener actualizada y brindar confiabilidad en la base de datos. Esta investigación es tipo aplicativo, enfoque cuantitativo experimental y un nivel de alcance explicativo. Por último, todo este proceso permitió desarrollar el nuevo plan de mantenimiento para mitigar las interrupciones de las redes eléctricas de media tensión y poder subsanar las deficiencias de manera oportuna y reducir los indicadores de SAIDI y SAIFI, para el mejoramiento de la calidad de suministro. demostrando la eficiencia de la implementación de la infraestructura de datos espaciales en el mejoramiento de la calidad de suministro.

Solorzano (2017) realizó una evaluación del programa de mantenimiento preventivo de alumbrado público del Cantón Cuenca de la Empresa Regional CENTRO SUR C.A. en Ecuador, encontrando que, para la gestión del mantenimiento preventivo, la empresa ha desarrollado un sistema de registro, control y reporte mediante Collector for ArcGIS y ArcGIS Online para recopilar y actualizar información en campo y en línea y administrar información geográfica en un ambiente seguro que utiliza la nube. Esto permitió que el sistema desarrollado pueda cumplir con los siguientes objetivos: Automatizar registro de datos, seguimiento y control de mantenimientos, registrar ubicación actual, mejorar la eficiencia de los grupos de trabajo de campo respecto del tiempo de ejecución de los trabajos, coordinar el trabajo en campo con el programa de mantenimiento y observar la información en línea.

Saavedra (2020), recopiló información para llegar al diseño de un Sistema de Información Geográfica – SIG en el cual se hizo énfasis en la base cartográfica, temática y atributiva de dicho sistema de la red de alcantarillado de aguas residuales de la UMNG Sede Cajicá, por medio de la validación de los planos récord existentes, y la verificación y limpieza detallada en campo de cada pozo de inspección que hace parte de la red. Con la creación de este SIG se facilitó el manejo de información y las futuras modificaciones ya podía ser utilizado por cualquier persona interesada en un programa libre y gratuito denominado Q-GIS. A partir de este proceso, se hizo un análisis de la información recopilada para el establecimiento de un diagnóstico de la red de alcantarillado de agua residual, se establecieron los atributos iniciales del SIG, y se realizaron recomendaciones específicas para el mejoramiento del estado de la red y la complementación y actualización del SIG, del cual también se entregó un manual.

Lara (2021) solventó la gestión del uso y mantenimiento de los diferentes espacios de las Instalaciones Deportivas del Campus de Las Lagunillas de la Universidad de Jaén, aplicando un SIG basado en datos obtenidos de diferentes fuentes de información, así como diversas mediciones realizadas directamente sobre el terreno. Para ello, se creó una base de datos con la información correspondiente a la gestión de usos y los procedimientos de mantenimiento de cada uno de los espacios deportivos. Igualmente, se incorporan en la base de datos, información importante de las características de cada espacio deportivo: tipo de pavimento, medidas, tipos de climatización, horarios, etc., las cuales se podrán consultar y darán respuesta a cada petición del usuario reflejados tanto en un mapa temático como en la propia base de datos, donde se representan aquellos espacios solicitados y su ubicación correspondiente dentro de las Instalaciones Deportivas del Campus de las Lagunillas.

Vázquez et al. (2011), miraron necesario tener en cuenta la responsabilidad en la gestión del consumo energético y la introducción de medidas de eficiencia energética. Por lo anterior, buscaron disminuir el consumo energético dotando a las instalaciones de alumbrado público de la tecnología necesaria para llevarlo a cabo sin reducir prestaciones y en cumplimiento con la normativa vigente. Se justificó así la necesidad de realizar una propuesta de mejora en la gestión del alumbrado, actuando sobre el diseño eficiente y los propios componentes de la instalación. Por ello concibieron una aplicación basada en SIG que permita llevar a cabo una organización óptima en la búsqueda y selección de información, registrar el consumo energético asociado a cada equipo, identificar anomalías, llevar a cabo programas de ahorro y eficiencia energética y facilitar tareas de mantenimiento de las instalaciones de alumbrado público.

Mahecha y Vargas (2023) desarrollaron un sistema de información geográfico enfocado en los procesos de inspección de la Dirección de Autoridad a los Servicios de Navegación Aérea (DASNA), con el fin de satisfacer las necesidades que se están presentando en la DASNA, por la falta de estandarización, demoras en los tiempos de ejecución y la dificultad de realizar un control adecuado sobre los procesos de los Inspectores a la Navegación Aérea (ANI). Para poder cumplir con este objetivo, se realizó un acercamiento al sector aeronáutico, por medio de revisión documental y de diferentes actividades que permitieron evidenciar la necesidad que existía de hacer uso de estas herramientas para optimizar los procesos, mejorar y facilitar a los ANI la recopilación, almacenamiento y análisis de la información. Gracias a esto, se facilitó a los usuarios

la recopilación de información en campo, el almacenamiento de la información y del análisis de esta, con ayuda de la tecnología.

Con el objeto de mejorar el proceso de levantamiento y monitoreo de siniestros en el cantón Riobamba en Ecuador, Saigua (2023) implementó una plataforma tecnológica (SIG) de monitoreo de siniestros de tránsito. Se empleó una metodología basada en la investigación de campo, documental - bibliográfica, y, descriptiva. Como resultados se obtuvo que el personal atiende diariamente emergencias de siniestros, en donde el levantamiento de datos se realiza de manera empírica, manual y no ágil. Por lo tanto, se propone la implementación de una plataforma que recoja datos en línea, tiempo real y georreferenciada para disponer de información al instante, actualizada y relevante lo que permite conocer de primera fuente el comportamiento de los ciudadanos, convirtiéndose en un insumo de primera fuente para la implementación de medidas de mitigación a la siniestralidad.

Normalmente los procesos de captura de información en catastro de redes se realizan en medios físicos lo que genera mayor trabajo de oficina y posibles inexactitudes al momento de pasar los datos. Con ayuda de herramientas SIG, Sabogal y Rincón (2017) gestionaron plataformas para la generación de bases de datos, creación de formularios web y utilización de herramientas geográficas móviles que permiten realizar este proceso de una forma más técnica y de tal forma buscando una mayor completitud y consistencia de los datos. La utilización de las herramientas web se puede realizar sin tener conectividad de internet lo que garantiza mayor cobertura y finalmente se descargan los datos en oficina. Adicionalmente, crearon una aplicación web que permite visualizar la información y realizar análisis sobre la misma de una manera ágil.

Buitrago y Escobar (2017) desarrollaron e implementaron un sistema de información web y app móvil usando herramienta de GPS para que los usuarios puedan reportar las incidencias respecto al mal servicio de los servicios públicos en la ciudad de Manizales (alumbrado, alcantarillado, gas domiciliario, recolección de basuras, infraestructura), ya que aún no se cuenta con un sistema que efectúe esos reportes para que sean más ágiles las respuestas de las empresas que brindan el servicio y así hacer de ella una ciudad más sostenible. El desarrollo del proyecto se ve reflejado por los procedimientos normales de la elaboración de software como lo son el determinar los requerimientos de la aplicación, el diseño y arquitectura, la programación, las pruebas y la documentación para el usuario. Se espera como resultado la creación de la aplicación web y móvil y que así se aumente la efectividad de respuesta frente a las incidencias de los usuarios.

Orellana (2021) implementó una herramienta de visualización de información empleando sistemas de información geográfica para visualizar la red de transporte de energía eléctrica y su interacción con variables relacionadas con la población, terreno, administración pública, entre otras. Dicha herramienta permitió realizar análisis tanto en prospectiva (planificación) como en retrospectiva. Consultó literatura y entrevistó a especialistas para determinar qué variables incluir. Se recibió datos por parte de entidades gubernamentales y se modeló dentro de los programas QGIS y ArcGIS. Para que la entidad pueda consultar la información este visor se alojó en un servidor externo, accediendo a este mediante un navegador web y conexión a internet.

Como apoyo al desarrollo y seguimiento de las acciones ambientales que adelanta la Universidad EAFIT sede Medellín y como ayuda a la gestión de espacios físicos, Usuga (2017) diseñó y desarrollo el sistema informático Ecocampus EAFIT, basado en herramientas SIG. Creó una base de datos geográfica y tres aplicaciones web, dos de visualización y consulta, y una de edición de datos. Entre los beneficios que un SIG puede aportar a la gestión ambiental y a la gestión de espacios físicos, están: suministrar un inventario de los elementos que soportan las acciones ambientales implementadas por la institución, generar indicadores medioambientales que reflejen los resultados de los programas ambientales, proporcionar un inventario detallado de la infraestructura física del campus, servir de ayuda para evidenciar resultados y reportar avances ambientales, publicar y compartir mapas interactivos en internet que muestren de forma integrada los elementos estudiados, presentando una imagen de la realidad a los diferentes usuarios.

Laura (2023) hizo uso de herramientas SIG para una eficiente gestión de datos de redes de distribución eléctrica en la zona urbana del Distrito de Huamanga en Perú, mejorando la georreferenciación de los elementos y/o estructuras mediante una intervención sistémica fundamentado en la creación y operación de una base de datos y una integración de un mejorado flujo de trabajo para el sistema de información geográfica. La investigación comprende las fases de recolección, procesamiento y publicación. Los resultados demostraron un incremento de la eficiencia en 47,40% en promedio y el coeficiente de Pearson indicó una correlación positiva alta de 0.895 y una significancia de 0.03, lo cual, valida la hipótesis alterna al señalar que la aplicación del SIG permite una eficiente gestión de datos de redes de distribución eléctrica.

2 Justificación

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) juegan un papel crucial en la gestión del alumbrado público, ofreciendo numerosas ventajas que optimizan tanto la eficiencia operativa como la planificación estratégica.

Se busca que el SIG creado, permita la centralización de datos geospaciales relacionados con las luminarias, tales como ubicaciones, tipos de dispositivos, estado de funcionamiento e historiales de mantenimiento. Esta centralización facilita un acceso rápido y organizado a la información, permitiendo una planificación y coordinación más efectiva de las actividades de mantenimiento. Esta herramienta facilitará un seguimiento más preciso del estado de cada luminaria, identificar patrones de fallas y priorizar intervenciones basadas en la urgencia y el impacto.

Asimismo, La capacidad de visualización espacial del SIG es esencial para optimizar las rutas y los recursos destinados al mantenimiento. Al integrar datos sobre la ubicación de las luminarias y los reportes de fallas, el SIG permite trazar rutas óptimas para los equipos de mantenimiento, reduciendo el tiempo de desplazamiento y mejorando la eficiencia operativa. Esta capacidad de análisis espacial también facilita la identificación de áreas con problemas recurrentes o patrones de fallas, lo que permite abordar problemas sistémicos y prevenir futuros inconvenientes. Optimizar las rutas y la asignación de recursos no solo reduce costos operativos, sino que también minimiza las interrupciones en el servicio de alumbrado público.

Además, un SIG ofrece herramientas avanzadas para la gestión de datos y la toma de decisiones basada en información precisa. Los informes generados a partir de los datos del SIG proporcionan una visión clara del estado actual del alumbrado público, las actividades de mantenimiento realizadas y las necesidades futuras. Esta capacidad de análisis permite a los gestores tomar decisiones informadas sobre presupuestos, planificación de mantenimientos preventivos y programación de reemplazos. La integración con sistemas de gestión de mantenimiento y bases de datos existentes también facilita una gestión más eficiente y coordinada.

Finalmente, el sistema facilita la documentación detallada de todas las actividades de mantenimiento y permite el seguimiento de las intervenciones realizadas. Esto no solo mejora la trazabilidad y el control de calidad, sino que también proporciona a los ciudadanos y a las partes interesadas información clara sobre el estado y la gestión del servicio de alumbrado. La

transparencia en las operaciones fortalece la confianza en la administración del servicio y puede conducir a una mayor satisfacción y participación ciudadana.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un SIG que apoye la operación del sistema de alumbrado público de la empresa de Servicio Público de Alumbrado de Pasto SEPAL S.A.

3.2 Objetivos específicos

Levantar la información correspondiente a los protocolos de mantenimiento de luminarias que apoyan la operación del alumbrado público en Pasto.

Esquematizar un SIG que integre los protocolos actuales a esquemas tecnológicos, que optimicen la operación del servicio de alumbrado público.

Implementar el SIG diseñado al sistema de operaciones de la empresa SEPAL S.A.

4 Marco teórico

Servicio de alumbrado público

Servicio público no domiciliario de iluminación, inherente al servicio de energía eléctrica, que se presta con el fin de dar visibilidad al espacio público, bienes de uso público y demás espacios de libre circulación, con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un municipio o distrito, para el normal desarrollo de las actividades. El servicio de alumbrado público comprende las actividades de suministro de energía eléctrica al sistema de alumbrado público, la administración, operación, mantenimiento, modernización, reposición y expansión de dicho sistema, el desarrollo tecnológico asociado a él, y la interventoría en los casos que aplique (Función Pública, 2018).

Sistema de Alumbrado Público

Comprende el conjunto de luminarias, redes eléctricas, transformadores y postes de uso exclusivo, los desarrollos tecnológicos asociados al servicio de alumbrado público, y en general todos los equipos necesarios para la prestación del servicio de alumbrado público que no forman parte del sistema de distribución de energía eléctrica (Función Pública, 2018).

Desarrollos tecnológicos asociados al servicio de alumbrado público

Se entienden como aquellas nuevas tecnologías, desarrollos y avances tecnológicos para el sistema de alumbrado público, como luminarias, nuevas fuentes de alimentación eléctrica, tecnologías de la información y las comunicaciones, que permitan entre otros una operación más eficiente, detección de fallas, medición de consumo energético, georreferenciación, atenuación lumínica, interoperabilidad y ciberseguridad (Función Pública, 2018).

Luminarias

Para iluminar espacios carentes de luz es necesaria la presencia de fuentes de luz artificiales, las lámparas, y aparatos que sirvan de soporte y distribuyan adecuadamente la luz, las luminarias. De esta forma es posible vencer las limitaciones que la naturaleza impone a las actividades humanas. Constan de un conjunto de elementos que permiten un mejor manejo al momento de su instalación y toda su construcción, ha sido diseñada para una fácil manipulación al momento de realizarle su debido mantenimiento y reparación. El costo y tamaño de las luminarias van acordes a las necesidades y su forma varía de acuerdo con cada fabricante (Castro & Ortega, 2017).

Mantenimiento de luminarias y proyectores de alumbrado público

La conservación de toda instalación es básica para el desempeño de esta y de su aumento de la vida útil. Una instalación de alumbrado público requiere fundamentalmente la limpieza de la suciedad que se acumula en las bombillas, reflectores y refractores de las luminarias, ya que esto es lo que más contribuye a la depreciación del sistema de alumbrado público; además la larga vida de las bombillas obliga a que periódicamente se hagan programas de limpieza de las luminarias, independiente de la necesidad del cambio de bombillas (Castro & Ortega, 2017).

Según Castro y Ortega (2017) es importante realizar los trabajos de limpieza en las instalaciones de alumbrado público porque la mayor pérdida de flujo luminoso se debe principalmente a la suciedad y polvo que se acumula en las bombillas y luminarias que puede representar hasta un 40% de los valores iniciales de los niveles de iluminación de una instalación de alumbrado público. Al hacer el cambio de una bombilla se debe limpiar el reflector de la luminaria, verificar que la luminaria esté bien asegurada al soporte y que esté bien instalada, verificar la adecuada orientación del ojo (fotocelda) del fotocontrol.

Se debe garantizar la hermeticidad del cierre del conjunto óptico de la luminaria, en el caso de luminarias cerradas. Cuando se realicen reemplazos de luminarias, se debe tener en cuenta que deben ser cambiadas por luminarias de las mismas características fotométricas y preferiblemente de la misma referencia, para conservar el diseño de la vía (Castro & Ortega, 2017).

Mantenimiento de los circuitos de alumbrado público

Generalmente cuando se presenta un daño en la red de alumbrado público se afecta a varias luminarias del circuito, sí no es que las afecta a todas. En el caso de control múltiple de alumbrado, aunque la red esté en buen estado, se puede presentar un daño que afecte todas las luminarias debido a desperfectos en el control (Castro & Ortega, 2017).

Dato geográfico

Un dato científico es una proposición referida a un suceso probado, que se almacena como prueba de un objeto o evento tras su interpretación. En el caso de los datos geográficos, la proposición refiere a una descripción espacial. Así, se dice que “los datos geográficos son entidades espacio temporales que describen y cuantifican la distribución, el estado y los vínculos de los distintos fenómenos u objetos naturales o sociales (Castro & Ortega, 2017).

Información geográfica

Se denomina Información Geográfica (IG) a aquellos datos espaciales georreferenciados requeridos como parte de las operaciones científicas, administrativas o legales. Dichos geodatos poseen una posición implícita (la población de una sección censal, una referencia catastral, etc.) o explícita (coordenadas obtenidas a partir de datos capturados mediante GPS, etc.) (Castro & Ortega, 2017).

Sistemas de Información Geográfica – SIG

Se refieren al manejo de la información por medio de bases de datos, además, en la concepción de éste como un sistema integrado, con el cual se puede conocer la información y los procesos que suceden en un ambiente geográfico determinado; y para efectos de este proyecto sirve de soporte para identificar, almacenar, clasificar información de componentes como la infraestructura del alumbrado público y para la captura de datos de las visitas técnicas realizadas por los operarios especializados. El SIG es un sistema compuesto por hardware, software y

procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación (Castro & Ortega, 2017).

Componentes de un SIG

Los componentes de un SIG se refieren a un conjunto de partes o componentes interrelacionados entre sí.

Equipos (Hardware)

Conjunto de los componentes que integran la parte física de la computadora, que para el caso SIG, serían los servidores de aplicaciones y bases de datos, lugar, donde opera el SIG. Estos, pueden ejecutarse desde cualquier equipo de cómputo, esté o no conectado a una red de internet (Castro & Ortega, 2017).

GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de localización, diseñado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos con fines militares para proporcionar estimaciones precisas de posición, velocidad y tiempo; operativo desde 1995 utiliza conjuntamente una red de ordenadores y una constelación de 24 satélites para determinar por triangulación, la altitud, longitud y latitud de cualquier objeto en la superficie terrestre (Pozo, y otros)

Programas (Software)

Según Castro & Ortega (2017) es el conjunto de programas informáticos con funciones para visualizar, consultar y analizar los datos geográficos, los cuales proveen las herramientas funciones necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica. Los principales componentes de los programas son:

- Herramientas para el ingreso y manejo de la información geográfica.
- Un sistema de manejo de base de datos (DBMS)
- Herramientas consultas, análisis y visualización geográfica.
- Interfaz gráfica para el usuario (GUI) para acceder fácilmente a las herramientas.

Sistema de información del servicio de alumbrado público (SIAP)

De acuerdo con el Ministerio de Minas y Energía (2024), mediante el Reglamento Técnico de iluminación y Alumbrado Público (RETILAP), el SIAP debe cumplir con los siguientes objetivos:

- Ser el centro de acopio de la información de los reportes de quejas y reclamos del servicio, así como de las repuestas y seguimiento a las mismas.
- Disponer de información actualizada, gráfica y de base de datos, conforme a las labores de modernización, expansión y mantenimiento de la infraestructura del sistema de alumbrado público.
- Facilitar la supervisión de la actualización del inventario de la infraestructura para la prestación del servicio de alumbrado público y el seguimiento de la atención de las quejas y reclamos del servicio.
- Evaluar los índices de calidad del servicio y soportar las penalizaciones en función de los criterios previamente establecidos entre el municipio y el operador del servicio de alumbrado público.
- Se deben registrar las fechas y eventos relacionados con fallas y diagnóstico, acciones correctivas y/o preventivas y demás aspectos que agreguen valor al Sistema de Información de Alumbrado Público.
- Las demás que establezca el municipio o el responsable de la prestación del servicio y el RETILAP, sección 580-1. La información de la infraestructura del sistema de alumbrado público debe cumplir con los siguientes objetivos:
- Permitir el control del inventario de la infraestructura del sistema de alumbrado público del municipio. La información será la correspondiente a la infraestructura existente incluida la relacionada con todos los componentes del sistema de alumbrado público. En terreno cada

luminaria debe estar marcada e identificada con un número único de rótulo registrado en la base de datos de la infraestructura del sistema de alumbrado público.

- Facilitar el seguimiento a las labores de expansión, operación y mantenimiento, de forma tal que permita determinar índices de calidad.
- Facilitar la gestión del Operador del sistema de alumbrado público en sus labores de administrar, operar y realizar el mantenimiento técnico. En el mismo sentido debe permitir el control por parte de la interventoría.
- Informar sobre la ubicación geográfica de cada punto luminoso a través de un sistema georreferenciado. La información incluida debe ser tal que permita realizar las acciones de mantenimiento y control.
- Apoyar la toma de decisiones en el área de la iluminación pública del municipio.

5 Metodología

5.1 Enfoque metodológico

El enfoque metodológico mixto, que combina métodos cualitativos y cuantitativos, jugó un papel fundamental en el diseño e implementación del Sistema de Información Geográfica (SIG) para el alumbrado público en Pasto, al permitir una integración de datos técnicos y contextuales. A través del enfoque cuantitativo, se recopilieron datos precisos tales como la ubicación o número de actividades realizadas por cada operario, lo que facilitó la identificación de áreas problemáticas, optimizando los recursos y tiempos de respuesta en las operaciones de mantenimiento. A su vez, el enfoque cualitativo, mediante la interacción con el personal técnico y la comunidad, proporcionó una comprensión más profunda de los desafíos operativos y las expectativas de los usuarios, lo que permitió ajustar los procesos y mejorar la eficiencia en la gestión del servicio.

La combinación de ambos enfoques facilitó la toma de decisiones informadas, ya que permitió a los responsables de la gestión del alumbrado público contar con un panorama claro tanto de los aspectos técnicos (como la necesidad de modernizar luminarias o priorizar reparaciones) como de las necesidades sociales (expectativas de los ciudadanos). El SIG, al integrar esta información, optimizó el monitoreo y control de las luminarias, facilitando un seguimiento en tiempo real de su funcionamiento y mejorando la capacidad de respuesta ante incidencias. Así, el enfoque mixto aseguró que el sistema sea más eficiente, operativo y alineado con las necesidades tanto del personal encargado como de la población, garantizando una gestión más efectiva del alumbrado público.

5.2 Tipo de estudio

El tipo de estudio de este proyecto fue mixto, ya que manejó valores tanto cualitativos como cuantitativos. Buscó resolver la necesidad de pasar de un sistema análogo, donde los reportes de cada visita se realizaban en un formato impreso, a un sistema digital con una plataforma que permitió la adquisición de información en tiempo real, tras el diseño de una base de datos que permitió realizar consultas en diferentes niveles. Estaba direccionado a mejorar el flujo de trabajo

incorporando software libre y comercial, lo cual permitió llevar una estadística más detallada de los procesos empresariales.

Partiendo desde el enfoque metodológico, este proyecto es mixto exploratorio, ya que, implementa métodos cuantitativos y cualitativos. La parte cualitativa desarrolla charlas y consultas al personal de la empresa para un mejor entendimiento del manejo y mantenimiento de luminarias, mientras que la parte cuantitativa se respalda en la recolección y análisis de los datos obtenidos de las consultas y demás características. La parte exploratoria radica en que, ya que no existe un mecanismo que contribuya a la eficiencia del registro y gestión espacial de estas operaciones, se busca adaptar una herramienta tecnológica que facilite la optimización de procesos.

La finalidad de este proyecto fue optimizar los procesos de la empresa SEPAL S.A; los resultados se evidenciaron en un modelo de datos que permitió que la información sobre la operación de alumbrado público se comparta entre las diferentes dependencias, con la puesta en marcha de esto se pudo visibilizar en tiempo real de manera espacial, la operación de la empresa en el municipio de Pasto, generando indicadores espaciales del desempeño empresarial.

5.3 Procedimiento

La metodología por seguir en este proyecto constó de tres fases las cuales se presentan a continuación:

5.3.1 Fase 1: Levantar la información correspondiente a los protocolos de mantenimiento de luminarias que apoyan la operación del alumbrado público en Pasto.

5.3.1.1 Recopilación de información.

La recopilación de información consistió en la recolección de datos tanto primarios como secundarios que permitieran realizar un análisis detallado del registro de actividades y materiales utilizados en el mantenimiento de luminarias y demás infraestructura del alumbrado público.

La información primaria se recopiló mediante charlas y visitas en campo con los operarios y administrativos encargados de estas actividades, generando reportes y datos de forma directa de

los protocolos gestionados y herramientas utilizadas. Dentro de esta recolección se determinaron cuatro aspectos claves:

- Composición del acta análoga e identificación de posibles respuestas para cada campo a diligenciar.
- Actividades priorizadas a diligenciar en el acta, que hacen parte del proceso de intervención y mantenimiento de la infraestructura del alumbrado público.
- Herramientas utilizadas en mantenimiento.
- Transferencia de la información diligenciada y su importancia en la operatividad de las áreas de la empresa.

La información secundaria fue recolectada mediante la revisión de documentos técnicos, manuales de mantenimiento y estudios previos relacionados a la gestión del alumbrado público, lo que permitió construir un panorama del estado actual del mismo. De igual forma, al prestar el servicio de alumbrado público con diferentes tipos de luminarias, se rescató el catálogo de marcas y referencias utilizadas en el proceso (Anexos 1 y 2).

5.3.1.2 Clasificación de actividades en el mantenimiento de la infraestructura de alumbrado público.

La información anteriormente recolectada fue organizada y categorizada para obtener las actividades relacionadas al mantenimiento, con el fin de identificar los procesos que se llevan a cabo y su impacto en el desempeño del personal encargado. En primer lugar, se hizo la identificación y numeración de cada una de las actividades realizadas por los operarios. De acuerdo al tipo de intervención, cada una de estas actividades fue reclasificada hasta finalmente generar un listado de actividades principales realizadas en el proceso de mantenimiento.

5.3.1.3 Identificación de deficiencias y oportunidades de mejora en los procesos de reporte de actividades.

Para la identificación de deficiencias y oportunidades, se analizaron la forma en que los operarios reportaban y registraban su trabajo, y la eficiencia en el proceso de diligenciamiento manual en el formato impreso, tomando como base la información recopilada en un principio. Para este aspecto se cuestionó al personal respecto a:

- Forma de diligenciamiento de la información.
- Tiempo invertido en el diligenciamiento.
- Facilidad en el diligenciamiento para su almacenamiento.
- Afectaciones climáticas.

5.3.2 Fase 2: Esquematizar un SIG que integre los protocolos actuales a esquemas tecnológicos, que optimicen la operación del servicio de alumbrado público

5.3.2.1 Desarrollo de base de datos y definición de información relevante para la gestión del alumbrado público.

El primer paso para este proceso fue definir los tipos de datos que debían registrarse asegurando que cada característica aportara valor al manejo de las operaciones. Se identificaron clases o grupos de datos significativos, incluyendo ubicación geoespacial de la luminaria, tipo y modelo de la misma, su potencia y materiales usados en el proceso de mantenimiento.

Se diseñó una base de datos dentro de la cual se categorizaron todas las preguntas de acuerdo a su objetivo. La información a recolectar fue dividida en grupos para diferenciarla y así facilitar el análisis de la misma, su gestión y la toma de decisiones. Teniendo en cuenta las debilidades encontradas, se formaron oportunidades y nueva información importante para optimizar los procesos de mantenimiento. Finalmente, la información se categorizó de la siguiente manera:

- Información básica
- Características de las actividades
- Insumos para realizar la actividad
- Información complementaria de la actividad

Cabe resaltar que, para cada grupo se definió las respectivas preguntas que los caracterizaba. Posteriormente al diseño de la nueva acta, se procedió a elegir las herramientas y aplicación óptima para la gestión geoespacial de la información relevante definida.

5.3.2.2 Selección de herramientas tecnológicas adecuadas para la integración del SIG.

Para la selección de las herramientas adecuadas para la implementación del SIG propuesto, se tuvo en cuenta la experiencia de SEPAL S.A. con la empresa Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI). Se analizaron sus diferentes plataformas tecnológicas, con el propósito de seleccionar la que mejor se adaptará a las necesidades de la empresa. Se analizó su plataforma de gestión de datos espaciales Survey123, para la captura de información en campo y en tiempo real y sistemas de georreferenciación. Finalmente, esta herramienta fue la seleccionada para el proceso.

De igual manera y teniendo en cuenta la necesidad de una herramienta o dispositivo móvil resistente al trabajo de campo, se adoptó el smartphone ruggedizado ARMOR X5; mediante información secundaria se recolectó su ficha técnica (Anexos 3 y 4) para determinar la factibilidad de uso para trabajar bajo cualquier condición atmosférica, además de contar con las características necesarias para diligenciamiento y gestión y mantenimiento de la infraestructura del alumbrado público.

5.3.2.3 Diseño conceptual y estructural del SIG adaptado a las necesidades de SEPAL S.A.

El proceso de diseño del SIG comenzó con la creación de un formulario digital georreferenciado mediante la herramienta Survey123 Connect, una aplicación la cual permitió diseñarlo de una forma más avanzada y optimizada mediante hojas de cálculo en formato

XLSForm. En ella se definieron y distribuyeron los grupos de información con sus respectivas preguntas, características, tipos de respuesta (desplegables) y los criterios de verificación.

Posteriormente realizado el formulario, se publicó en ArcGIS Online, con el fin de hacerlo público para el personal encargado de su diligenciamiento. El acceso a él fue facilitado por medio de la aplicación móvil de Survey123 con la cual cada operario ingresaba con su usuario y contraseña. Además, la aplicación proporcionada acceso y diligenciamiento sin necesidad de conexión a internet; los datos se sincronizaban al disponer de una red.

Al momento de crear las preguntas se tuvo en cuenta el tipo de campo que se necesitaba: de texto, imágenes hasta de selección múltiple (**Figura 2**); campos como fecha y geolocalización se configuraron para que sean capturados en el momento de apertura del acta, evitando que el personal operativo los modifique, garantizando que las actividades se realicen en el sitio, y no de manera posterior.

Figura 2

Configuración del tipo de campo acorde a la necesidad de pregunta

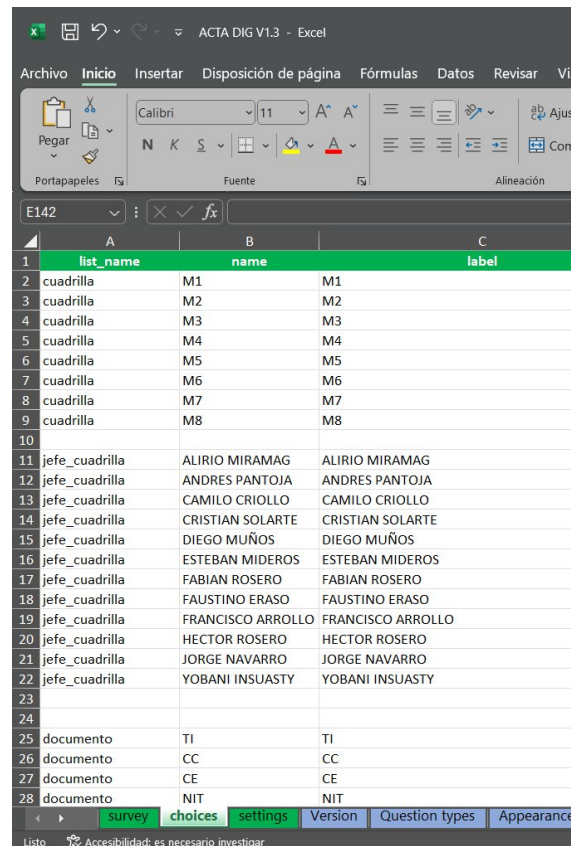
	type	name	label
begin group		info_bas	DATOS BASICOS
dateTime		fecha	FECHA:
select_one jefe_cuadrilla		j_cuadrilla	JEFE DE CUADRILLA:
select_one cuadrilla		movil	MOVIL #:
text		dir_sec	DIRECCIÓN/SECTOR:
select_one_from_file divipolpasto.csv		Barrio_Vereda	BARRIO / VEREDA:
text		Comuna_Corregimiento	COMUNA / CORREGIMIENTO:
text		lacion	LOCACION
text		nom_usuario	NOMBRE DEL USUARIO:
text		telefono	TELÉFONO:
text		solicitud	SOLICITUD PROGRAMACIÓN:
geopoint		geo	GEOREFERENCIACIÓN:
image		foto	FOTO:
end group			
begin group		tecnica	CARACTERISTICAS TECNICAS
select_one diagnostico		diagnostico	DIAGNOSTICO:
select_one grup_actividad		g_actividad	TIPO ACTIVIDAD:
select_one actividad		actividad	ACTIVIDAD:
select_one marca		marca	MARCA DE LUMINARIA:
select_one referencia		referencia	REFERENCIA:
select_one tipo_luminaria		tipo_lum	TIPO DE LUMINARIA:
select_one tecnologia		tecnologia	TIPO DE BOMBILLA
decimal		potencia_w	POTENCIA (W)
select_one sistema_control		sistema	SISTEMA DE CONTROL
select_one clase_iluminacion		c_iluminacion	CLASE DE ILUMINACIÓN

Para las opciones de desplegar se adicionaron tablas que permitieron estandarizar respuestas (**Figura 3**); para el caso de luminarias y tipo de actividades, se configuraron filtros en cascada, los

cuales se usan para crear preguntas dependientes entre sí, filtrando opciones de respuesta con base en lo que se seleccionó en una pregunta anterior.

Figura 3

Estandarización de preguntas con varias opciones de respuesta (desplegables)



	A	B	C
	list_name	name	label
2	cuadrilla	M1	M1
3	cuadrilla	M2	M2
4	cuadrilla	M3	M3
5	cuadrilla	M4	M4
6	cuadrilla	M5	M5
7	cuadrilla	M6	M6
8	cuadrilla	M7	M7
9	cuadrilla	M8	M8
10			
11	jefe_cuadrilla	ALIRIO MIRAMAG	ALIRIO MIRAMAG
12	jefe_cuadrilla	ANDRES PANTOJA	ANDRES PANTOJA
13	jefe_cuadrilla	CAMILO CRIOLLO	CAMILO CRIOLLO
14	jefe_cuadrilla	CRISTIAN SOLARTE	CRISTIAN SOLARTE
15	jefe_cuadrilla	DIEGO MUÑOS	DIEGO MUÑOS
16	jefe_cuadrilla	ESTEBAN MIDEROS	ESTEBAN MIDEROS
17	jefe_cuadrilla	FABIAN ROSERO	FABIAN ROSERO
18	jefe_cuadrilla	FAUSTINO ERASO	FAUSTINO ERASO
19	jefe_cuadrilla	FRANCISCO ARROLLO	FRANCISCO ARROLLO
20	jefe_cuadrilla	HECTOR ROSERO	HECTOR ROSERO
21	jefe_cuadrilla	JORGE NAVARRO	JORGE NAVARRO
22	jefe_cuadrilla	YOBANI INSUASTY	YOBANI INSUASTY
23			
24			
25	documento	TI	TI
26	documento	CC	CC
27	documento	CE	CE
28	documento	NIT	NIT

Navigation bar: survey, choices, settings, Version, Question types, Appearance

Para la georreferenciación y ubicación de la actividad realizada se incorporaron diferentes bases de datos espaciales, las cuales permitían a los operarios reportar el barrio, vereda o corregimiento de la luminaria a la cual se realizó la revisión; en este contexto, la información mencionada fue tomada del repositorio cartográfico de la Alcaldía Municipal de Pasto (Alcaldía Municipal de Pasto, 2023). En ciertos casos, algunos de los barrios, veredas y corregimientos presentaban sus nombres de forma similar, por lo que estas bases de datos fueron esenciales para evitar posibles errores y futuras correcciones. De igual forma, las coordenadas se cargaban automáticamente en la plataforma al realizar el registro (**Figura 4**).

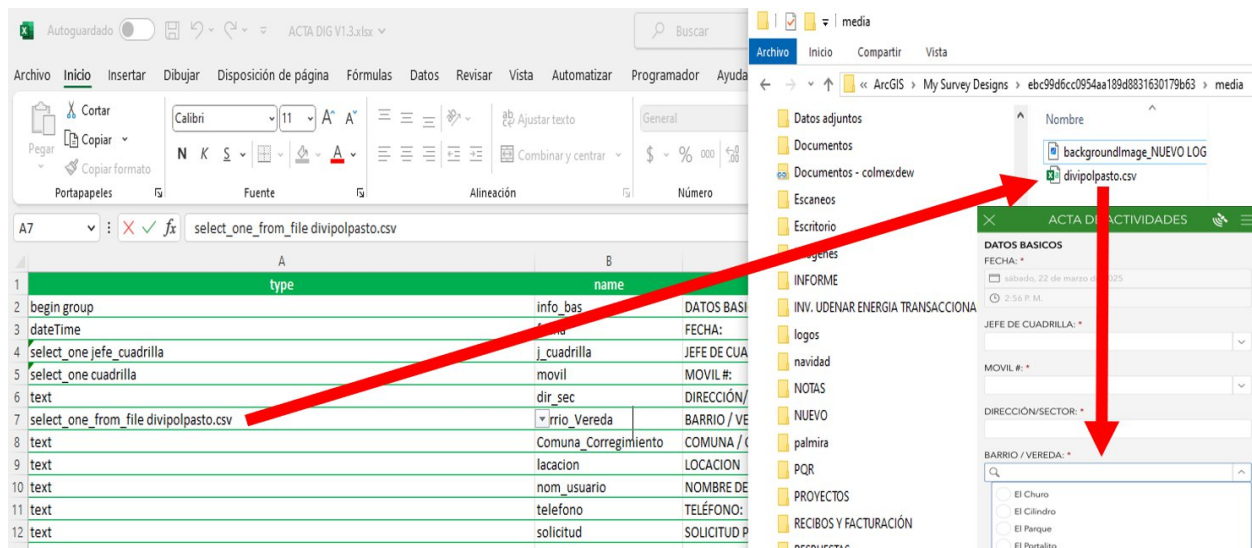
Figura 4*Georreferenciación del punto intervenido*

The screenshot shows the 'ACTA DE ACTIVIDADES' (Activity Record) form in the Survey123 mobile application. The form is displayed on a smartphone screen with a green header bar. The header bar contains a close button (X), the title 'ACTA DE ACTIVIDADES', a signal strength icon, and a menu icon (three horizontal lines). The form fields are as follows:

- NOMBRE DEL USUARIO: ***: A text input field.
- TELÉFONO:**: A text input field.
- SOLICITUD PROGRAMACIÓN:**: A text input field.
- GEOREFERENCIACIÓN: ***: A section containing:
 - A location icon and coordinates: $1^{\circ}13'N\ 77^{\circ}17'W \pm 3.8\ m$.
 - A map showing a street grid with a blue location pin. The map includes labels for 'Panamericana', 'Carrera 16', 'Carrera 17', 'Carrera 18', 'Carrera 19', 'Calle 22', and 'Calle 23'.
- FOTO: ***: A section containing a camera icon for taking a photo.

At the bottom of the screen, there is a green bar with the text '1 de 4' and a right-pointing arrow.

Survey123 permitió incorporar listados extensos de opciones sin afectar el rendimiento del formulario. Para ello, se usó la opción `select_one_from_file`, creando un archivo CSV con las opciones, como en este caso, un listado de barrios y veredas. Dado que este listado supera las 500 opciones, almacenarlo directamente en el XLSForm podría afectar su desempeño. En su lugar, se guardó el archivo CSV (por ejemplo, `divipolpasto.csv`) en la carpeta media del formulario. Luego, en la hoja “survey” del XLSForm, se usó `select_one_from_file divipolpasto.csv` para referenciarlo y cargar dinámicamente las opciones en la encuesta (**Figura 5**).

Figura 5*Incorporación de anexo con múltiple respuesta en formato CSV*

Los datos capturados por el personal se almacenaban en una base de datos geoespacial desarrollada dentro de ArcGIS; de igual forma y para garantizar la integridad y seguridad de la información, se configuró el control de acceso a la misma, por ende, solo personal autorizado tenía permisos para editar o exportar los datos.

5.3.3 Fase 3: Implementar el SIG diseñado al sistema de operaciones de la empresa SEPAL

S.A.

5.3.3.1 Configuración e integración del SIG con los sistemas operacionales de SEPAL

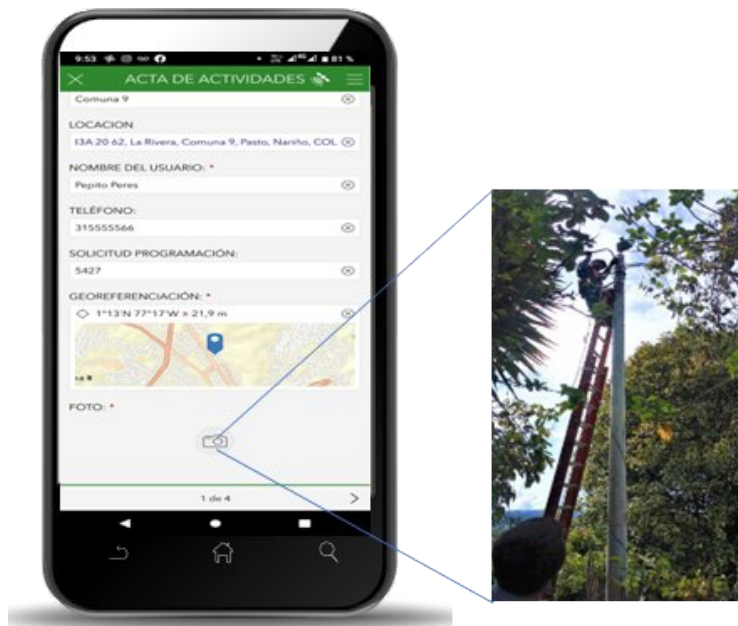
S.A.

Con el fin de lograr la implementación efectiva del SIG en SEPAL S.A., se procedió a realizar la configuración de la aplicación, integrando el sistema con la base de datos formuladas anteriormente, priorizando su compatibilidad con las actividades de mantenimiento y la gestión del alumbrado público. Se llevaron a cabo análisis de las especificaciones técnicas y operativas con el propósito de definir los parámetros de conexión entre la base de datos geoespacial y los módulos operacionales encargados del mantenimiento de luminarias.

Se estructuraron las preguntas y demás requerimientos dentro del SIG, organizándolos en los 4 grupos de información mencionados anteriormente, tales como: información básica y características de las actividades. Se ajustaron los protocolos de captura de datos y actualización de la información diligenciada para facilitar su uso en tiempo real, permitiendo que el departamento técnico y personal encargado del análisis de la información pudieran acceder a ella desde la web o dispositivos móviles mediante la aplicación, garantizando la integridad de la base de datos a lo largo del tiempo (**Figura 6**).

Figura 6

Estructuración de las preguntas en los grupos de información



Se validó el funcionamiento de las herramientas de consulta, edición y generación de reportes de Survey123, ajustando los procesos en función de los requerimientos específicos de cada área dependiente de esta información.

Actualmente SEPAL S.A. maneja aproximadamente 32.000 luminarias en toda la ciudad y demás áreas de intervención. Con el fin de generar un reporte del avance en el proceso de transición energética, se tomaron como base las respuestas de actividades realizadas de modernización y su georreferenciación, en busca de generar un shapefile que evidencie estos cambios respecto a las luminarias de sodio y metal halide.

Teniendo en cuenta la adquisición de la licencia con ArcGIS, se hizo el cargue del shapefile generado de la comparación de la transición energética, creando un panel interactivo en Dashboard, permitiendo que esta información sea accesible para la comunidad y las entidades de control. Se planificó su visualización ingresando por la página web de SEPAL S.A. (<https://www.sepal.gov.co/sinap/>), en la sección del Sistema de Información de Alumbrado Público (SINAP) (**Figura 7**).

Figura 7

Ingreso al Sistema de Información de Alumbrado Público (SINAP)



Con el fin de continuar evaluando el rendimiento de la empresa, el departamento técnico creó una tabla de equivalencias de actividades (Anexo 5), la cual asigna valores a cada actividad realizada dependiendo de su nivel de dificultad y el tiempo implementado para lograr la misma.

Los datos y análisis de equivalencia de actividades actualmente se manejan a través de hojas de cálculo en Microsoft Excel y tablas dinámicas, por lo cual se generó una tabla de cuantificación de actividades realizadas durante el año 2024. Esta tabla fue desglosada en 4 columnas esenciales para la elaboración de informes y toma de decisiones:

- **Tipo de Actividad:** indica la clasificación de actividades en los 4 grupos vistos anteriormente, proporcionando una visión general de las áreas de trabajo.
- **Actividad:** detalla las tareas específicas realizadas por cada grupo de actividades.

- **Total Actividad:** indica el número bruto de veces que se realizó cada tarea.
- **Total Equivalencia:** muestra un valor ponderado que refleja la importancia relativa de cada actividad De acuerdo con el anexo 5, permitiendo una evaluación más precisa del rendimiento real.

5.3.3.2 Capacitación del personal en el uso del SIG diseñado.

Una vez implementado el SIG, se organizó un plan de capacitación dirigido a los diferentes grupos de trabajo dentro de SEPAL S.A. Se programaron sesiones teóricas y prácticas con el objetivo de introducir a los operarios, técnicos y administrativos al uso del sistema, sus funciones y atributos. Durante las capacitaciones, se presentaron los fundamentos del SIG, la estructura de la base de datos y la forma en que la información sería gestionada diariamente.

Para el personal operativo, se realizaron tres talleres de asesoramiento:

- **Uso de Survey123 y captura de datos en campo:** con el cual fueron capacitados en el manejo de la aplicación, registro de actividades, georreferenciación y registro de materiales utilizados.
- **Buenas prácticas en la recolección de datos georreferenciados:** enfocado en la validación de coordenadas y reducción de errores en la captura de datos
- **Optimización de procesos de mantenimiento:** con el que se capacitó sobre cómo el SIG facilitaría la planificación de actividades y el seguimiento de las mismas.

Por otro lado, para el personal administrativo y de supervisión, se impartieron tres capacitaciones:

- **Análisis y consulta de datos en ArcGIS Online:** con el cual se formó al personal respecto a la visualización de la información recolectada, consulta de datos en la plataforma y la generación de informes dinámicos.
- **Gestión eficiente del mantenimiento con herramientas SIG:** con el cual se capacitó sobre la interpretación de reportes espaciales e informes dinámicos.

- **Supervisión y control de mantenimiento de luminarias a través del SIG:** en el cual se dio enfoque en el monitoreo de las actividades de mantenimiento y estrategias para mejorar la eficiencia operativa.

El plan de capacitación también incluyó sesiones de socialización del SIG con los directivos de SEPAL S.A., a los cuales se dictaron dos talleres:

- **Impacto del SIG en la optimización del servicio de alumbrado público:** con el cual se presentaron los beneficios de la implementación del SIG en la toma de decisiones estratégicas, reducción de costos y el fortalecimiento de la eficiencia operativa.
- **Uso de indicadores y reportes para la toma de decisiones:** con el cual se capacitó en la interpretación de métricas e informes generados con el fin de evaluar el rendimiento de operaciones de mantenimiento.

5.3.3.3 Ajustes y optimización del SIG diseñado.

Tras la puesta en funcionamiento del SIG, se inició un proceso de seguimiento y evaluación para identificar posibles mejoras en su desempeño. Se estableció un periodo de prueba de un mes, en el que se recopilaron observaciones y comentarios del personal involucrado en la operación del sistema. A partir de ello, se realizaron ajustes tanto en la estructura de datos en XLSForm como en la plataforma de Survey123, con el propósito de optimizar su manejo y mejorar la eficiencia en la captura y consulta de información.

Uno de los primeros aspectos evaluados fue la precisión en la georreferenciación de las luminarias y la fiabilidad de los datos almacenados. Se verificó que las coordenadas capturadas en campo correspondieran correctamente a la ubicación real de cada punto intervenido y se implementaron controles de validación para reducir posibles errores en la digitalización de la información. Asimismo, se revisaron los formularios de captura en Survey123 Collect, realizando modificaciones en los campos de entrada para facilitar el diligenciamiento y minimizar inconsistencias en los registros.

Con base en los resultados obtenidos durante esta fase de optimización, se establecieron revisiones periódicas del sistema, con el fin de realizar actualizaciones y ajustes según las

necesidades que fueran surgiendo. Este método garantizó que el SIG implementado permaneciera actualizado y en continuo desarrollo, estableciéndose como un recurso esencial para mejorar la eficiencia operativa de SEPAL S.A.

6 Resultados

6.1 Fase 1: Levantar la información correspondiente a los protocolos de mantenimiento de luminarias que apoyan la operación del alumbrado público en Pasto

6.1.1 Recopilación de información

Mediante las charlas con los operarios encargados del mantenimiento, se logró evidenciar que realizaban el registro de actividades y materiales utilizados mediante un formato análogo de Registro de actividades, reposición, mantenimiento y expansión (**Figura 8**), el cual se dividía en 6 partes:

- **Ubicación:** incluía datos básicos de la ejecución de la actividad como fecha, jefe de cuadrilla, barrio o vereda, N° de móvil, etcétera. El número de móviles existentes eran 7.
- **Identificación:** incluía datos de la luminaria a intervenir, su marca, clase de red, sistemas de control, potencia, etcétera.
- **Diagnóstico:** indicaba el motivo por el cual la luminaria estaba siendo intervenida.
- **Actividad:** indicaba el proceso a seguir para su corrección o mantenimiento.
- **Materiales empleados:** indicaba los insumos utilizados para el mantenimiento de la luminaria.
- **Diagrama unifilar:** en el cual los operarios debían realizar un croquis de la ubicación de la luminaria, sobresaltando puntos de referencia comunes. Sin embargo, el personal desperdiciaba bastante tiempo en el proceso, por lo que optaron aleatoriamente en que convertirlo en un espacio para observaciones.

Figura 8*Acta análoga de registro de actividades, reposición, mantenimiento y expansión*

		SERVICIO PÚBLICO DE ALUMBRADO DE PASTO S.A.										Código: R01-M02TR	
		Registro de actividades, reposición, mantenimiento y expansión										Versión: 01 ACTA No.	
UBICACIÓN	Fecha:	Jefe de Cuadrilla:								Movil #:			
	Dirección/Sector:	Barrio / Vereda											
	Comuna / Corregimiento	Radicado:											
	Nombre del usuario	Teléfono								Equivalencia			
	Solicitud programación												
IDENTIFICACIÓN	Tipo de luminaria	H/A	H/C	V/A	V/C	Deco	Otra	Cual:					
	Tipo de Bombilla	Na	Hg	MH	Mixta	Num Leds:	Otra	Cual:					
	Potencia (W)	70	150	175	250	Potencia:	400	1000	Otra:				
	Código de luminaria:	Circuito:		Marca de luminaria:		Referencia:							
	Clase de Iluminación	Vehicular	Peatonal	Ciclovía	Parque	Polideportivo							
	Clase de Red	Transformador Kva	Observación:		Código CEDENAR	Compartido	A.P.						
	Sistema de Control	Fotocelda	Subterránea	Con Medidor	Sin Medidor	Otra	Cual:						
	Georeferenciación	LATITUD (N)	LONGITUD (W)		ALTURA	# de punto							
	DIAGNÓSTICO	No enciende	Intermitente	Directa	Bombillo roto	Hurtada	Obsoleta						
		Destruída	Cambio	Acometida	Otro:	Cual:							
ACTIVIDAD	Instalación de luminaria	Cambio	Expansión	Reubicación	Reposición	Modernización							
	Acciones ejecutadas	Repotenciación	DE	A	Poste:	Material:	Altura:						
	Redes	Repotenciación	DE	A	Independización	Prestamos							
		Construcción	mi	Reparación	Adecuación	Apertura hueco	Hincada						
MATERIALES EMPLEADOS	MATERIALES LUMINARIAS	TIPO / CANTIDAD	CAMBIO	INSTALADO	MATERIALES REDES	CANTIDAD	OBSERVACIÓN						
	Bombillo				Postes								
	Arrancador				Porchas								
	Balasto				Yoyos								
	Condensador				Aislador Tensor								
	Fotocelda				ACSR (mts)								
	Base foto				Grapas								
	Boquilla				Varilla Anclaje								
	Hebillas				Viqueta								
	Aluminio				Arandela 4x4								
	Cobre				Ductos								
	Collarines				DPS								
	Brazo Poste				Cruceta								
	Brazo Pared				Diagonal								
	Chazos				Transformador								
	Cinta Band-it				Cortacircuitos								
	Otro				Otro:								
	DIAGRAMA UNIFILAR	Notificación del trabajo realizado											
En la presente acta me permito comunicar que la(s) solicitud(es) realizadas por Usted según el radicado No. _____, se ejecutaron de acuerdo a las reparaciones y/o instalaciones anteriormente diligenciadas en este formato las.													
Nombre del Usuario o testigo:													
Firma del Usuario o testigo:													
Teléfono:													
Observaciones:													
Diligenció: Nombre y firma jefe de cuadrilla Aprobó: Fecha y firma del líder Técnico SEPAL S.A.													

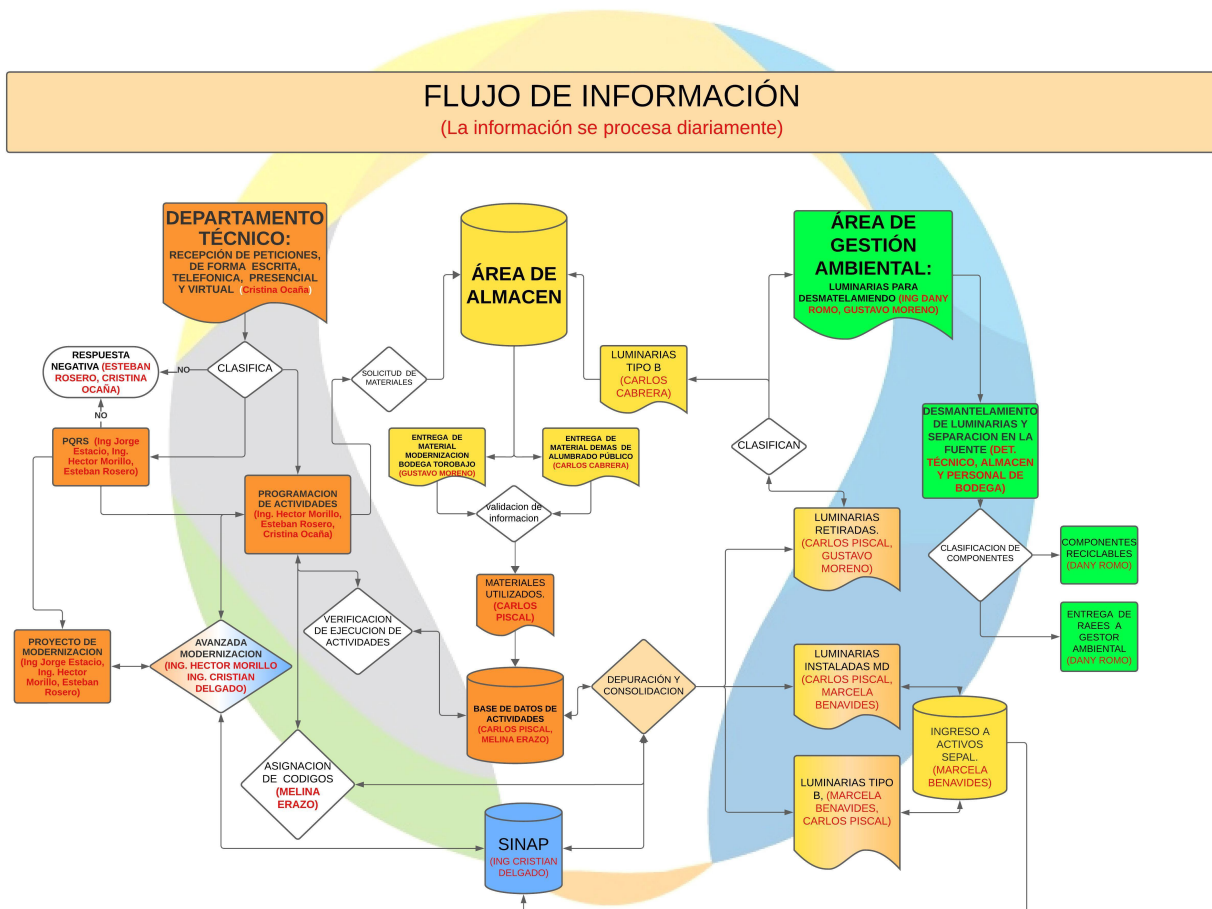
La parte final del formulario daba espacio para el diligenciamiento de datos de la persona encargada de la actividad y de quien hizo la solicitud de mantenimiento o un testigo el cual haya observado la ejecución correcta de la misma; constaba de nombre de usuario o testigo, su firma y una casilla de observaciones que el operario haya determinado como relevante para tener en cuenta en el registro.

En el caso de la georreferenciación del punto intervenido, el personal operaba con GPS con el cual obtenían las coordenadas del lugar y, posteriormente las diligenciaban en el acta análoga.

Por otro lado, también se logró rescatar que la información de operatividad era manejada y gestionada por diferentes dependencias de la empresa. En la **Figura 9** se puede observar un organigrama del flujo de esta información y las áreas dependientes de la misma.

Figura 9

Flujo de la información del mantenimiento de infraestructura de alumbrado público



De acuerdo con la anterior figura, se determina que el registro de actividades realizadas y materiales utilizados en el mantenimiento del alumbrado público involucra la coordinación entre varias áreas de trabajo; tres de ellas son las más enlazadas a estos reportes: Departamento Técnico, Área de Almacén y Área de Gestión Ambiental.

6.1.2 Clasificación de actividades en el mantenimiento de la infraestructura de alumbrado público.

SEPAL S.A. gestionaba el mantenimiento de la infraestructura de alumbrado público mediante 24 actividades las cuales se relacionan a continuación (**Tabla 1**):

Tabla 1

Actividades de mantenimiento registradas en el acta análoga

Actividades de mantenimiento de infraestructura de alumbrado público		
1. Acometida	9. Instalación	17. Reposición
2. Alumbrado navideño	10. Instalación proyectores	18. Repotenciación
3. Capacitación	11. Mantenimiento	19. Retiro
4. Codificación	12. Modernización	20. Retiro mástil
5. Corte de poste	13. Préstamo grúa	21. Retiro poste
6. Equivalencia	14. Préstamo proyectores	22. Retiro proyector
7. Hincada	15. Redireccionamiento	23. Reubicación
8. Independización	16. Reparación red	24. Visita técnica

6.1.3 Identificación de deficiencias y oportunidades de mejora en los procesos de reporte de actividades.

En el transcurso de la recolección de información, se encontraron diferentes problemáticas como:

- **Ausencia de datos:** a pesar de la cantidad de información recuperada, se determinó la falta de algunos datos como el registro de actividades fuera de las previstas anteriormente, las cuales, dentro de los requerimientos y funciones de diferentes dependencias, son de importancia operativa.

- **Uso ineficaz del tiempo:** el tiempo, la eficacia y la eficiencia son características importantes al momento de realizar los mantenimientos. Los problemas para corregir errores, la falta de claridad en la escritura y transcribir los datos para poder procesarlos, genera un retraso en el proceso del análisis de datos para la elaboración de informes de actividades de mantenimiento e inventario de materiales.
- **Error al digitar los datos:** algunos operarios pasan por alto algunos campos sin percatarse de ello; además, puede que la escritura no sea legible, generando confusión y errores al momento de transcribir. La falta de un sistema de validación automática da espacio para ingresar datos erróneos sin advertencias, incrementando el riesgo de inconsistencias.
- **Pérdida o deterioro de la información:** los formatos en físico pueden deteriorarse con el tiempo y dañarse, además de extraviarse.
- **Inseguridad en el tratamiento de los datos:** los formularios pueden tener acceso a terceros que no cuentan con autorización para la revisión de los mismos, lo cual repercute en un problema de vulneración de la información.
- **Costos e impacto ambiental:** la generación de formularios físicos influye en el aumento de costos operativos; además, del uso indiscriminado de papel genera un impacto negativo al medio ambiente.

6.2 Fase 2: Esquematizar un SIG que integre los protocolos actuales a esquemas tecnológicos, que optimicen la operación del servicio de alumbrado público

6.2.1 Desarrollo de base de datos y definición de información relevante para la gestión del alumbrado público.

La base de datos se relaciona de acuerdo con lo expuesto en los resultados obtenidos en la evaluación de actividades de mantenimiento, por ende, se definió la información necesaria y relevante en 4 grupos de la siguiente manera:

6.2.1.1 Información básica.

Corresponde a la información del personal que ejecuta la actividad o atiende la solicitud presentada por un usuario, además del lugar donde se está realizando. En la **Tabla 2** se puede observar su organización:

Tabla 2
Información básica

Clase de Información	Pregunta
Información institucional	Fecha
	Jefe de Cuadrilla
	Móvil #
Información contextual	Dirección/Sector
	Barrio / Vereda
	Comuna / Corregimiento
	Nombre del usuario
	Teléfono
	Solicitud programación
	Georreferenciación
	Foto

6.2.1.2 Características de las actividades.

Información técnica y de codificación de la luminaria intervenida, teniendo en cuenta las características técnicas de la misma, redes de distribución, y el tipo de actividad que se realiza. En la **Tabla 3** se puede observar su organización:

Tabla 3*Características de las actividades*

Clase de Información	Pregunta
Actividad para realizar	Diagnostico
	Tipo actividad
	Actividad
Características luminaria	Marca de luminaria:
	Referencia:
	Tipo de luminaria
	Tipo de bombilla
	Potencia (W)
	Sistema de control
	Clase de iluminación
Codificación	Código de luminaria:
	Código CEDENAR
Características red	Circuito:
	Transformador kva
	Tipo circuito
	Tipo red
Características apoyo	Tipo de apoyo
	Material apoyo
	Propietario apoyo
	Altura apoyo

Cabe resaltar que, de acuerdo con los datos obtenidos en la recolección de información de los protocolos sobre las actividades priorizadas en los mantenimientos, se determinó incluir 10 actividades más, ya que se vio la necesidad de desglosar algunas debido a la especificidad de los procedimientos requeridos para su ejecución. Estas actividades fueron categorizadas en 4 grupos dependiendo de su operatividad (**Tabla 4**):

Tabla 4*Categorización de actividades*

Grupo	Actividad
Luminarias y proyectores	Mantenimiento Básico
	Mantenimiento Con Redes
	Expansión
	Expansión y acometida
	Modernización
	Modernización con red
	Reubicación
	Reubicación con acometida
	Retiro de luminaria
	Retiro de luminaria con acometida
	Cambio De Luminarias
	Redireccionamiento
	Etiquetado
	Préstamo proyector
	Préstamo proyector con acometida
	Retiro de proyector
	Retiro de proyector con acometida
Postes y mástiles	Hincada
	Aplome
	Reubicación
	Corte
	Apertura De Hueco
	Transporte
	Etiquetado
	Retiro
Redes	Adecuación, cambio y mantenimiento de redes
	Acometida
Equivalencias	Desplazamiento
	Actividad fallida
	Préstamo Cuadrilla
	Alumbrado Navideño
	Marcación nocturna
	Capacitación
	Visita técnica

6.2.1.3 Insumos para realizar la actividad.

Se enlista los materiales utilizados en el proceso de mantenimiento del alumbrado público. En la **Tabla 5** se puede observar su organización:

Tabla 5

Insumos para realizar la actividad

Clase de Información	Pregunta
Materiales requeridos para realizar la actividad con luminarias	BOMBILLO SON-T PLUS 150W:
	BOMBILLO SON-T PLUS 250W:
	BOMBILLO HPI-T PLUS MH 250W:
	BOMBILLO HPI-T PLUS MH 400W:
	BOMBILLO SON-T PLUS 70W:
	ARRANC SON-T PLUS50 - 70W:
	ARRANC IMPUL. DISPRO. HPS 150-400W:
	ARRANC HPI (-T) 250-400W:
	ARRANC SON-T PLUS /MH-CDM 100 - 400W 3
	PATAS:
	ARRANC SON-T PLUS 100 - 600W 2 PATAS:
	BALASTO REACTOR NA/MH ENCAP 150W:
	BALASTO REACTOR HG/MH ENCAP 250W :
	BALASTO SODIO ENCAP 250W:
	BALASTO REACTOR NA/MH 70W:
	BOQUILLA E-40:
	BOQUILLAE 27:
	CONDENSADOR 10 MF:
	CONDENSADOR 30 MF:
	CONDENSADOR 45 MF:
	CONDENSADOR 20 MF:
	BASE PARA FOTOCELDA CON LAMINA:
	FOTOCELDA 3 PINES:
Materiales requeridos para realizar la actividad con luminarias y redes	ALAMBRE ALUMINIO NO 06 MTS:
	ALAMBRE ALUMINIO NO 08 MTS:
	CABLE DUPLEX 2X10 MTS:
	CABLE DUPLEX 2X12 MTS:
	CABLE DUPLEX 2X18 MTS:
	CONECTOR ANTIFRAUDE RED TRENZADA #:
	CHAZO PLASTICO 3/8 1" #:

Materiales requeridos para realizar la actividad con redes	CHAZO METALICO 3/8 X 2" #:
	CHAZO METALICO 3/8 X 2 1/2" #:
	CHAZO METALICO 3/8 X 3" #:
	CHAZO METALICO 5/16 #:
	HEBILLA 3/4 BAND-IT #:
	CABLE ENCAUCHETADO 3X18 MTS:
	CINTA BAND-IT 3/4 MTS:
	CONTACTOR 32 AMP 220V:
	CONTACTOR 40 AMP 220V:
	CONTACTOR 18 AMP 220V:
	CONTACTOR 60 AMP 220V:
	CONTACTOR 100 AMP 220V:
	BREAKER 15 AMP #:
	BREAKER 20 AMP #:
	BREAKER 30 AMP #:
	BREAKER 50 AMP #:
	BREAKER 60 AMP #:

6.2.1.4 Información complementaria de la actividad.

Espacio donde el técnico u operario puede digitar cualquier observación necesaria para ser evaluada o actividades no contempladas dentro de las estipuladas, con el fin de realizar la respectiva equivalencia. En él, también se digita la información personal del usuario que presento la solicitud de mantenimiento o algún testigo de las actividades realizadas. En la **Tabla 6** se puede observar su organización:

Tabla 6*Información complementaria*

Clase de Información	Pregunta
Datos adicionales que no se encuentran en el modelo de datos o complementan la información de la actividad a realizar	Observaciones:
	Nombre testigo:
Información de usuario o testigo	Teléfono testigo:
	Firma testigo:

6.2.2 Selección de herramientas tecnológicas adecuadas para la integración del SIG.

Por conocimiento previo y experiencia en el uso de tecnologías para la gestión de datos geoespaciales, se procedió a trabajar con ArcGIS, plataforma web perteneciente a la empresa Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI), la cual se compone de diferentes aplicaciones diseñadas para facilitar la recopilación, análisis, visualización y compartición de datos geoespaciales, sobresaliendo para este proyecto las siguientes:

- **Survey123:** permite la elaboración y diligenciamiento de formularios, en este caso, el formulario con los componentes necesarios a diligenciar, ya sea preguntas abiertas, cerradas, de tipo numérico, desplegables, ubicación e incluso, registro fotográfico.
- **Dashboard:** permite crear tableros virtuales con información actualizada en tiempo real. Puede estar conectada a la información de otras aplicaciones.
- **ArcGIS Online:** panel central de la plataforma que nos permite administrar toda la información almacenada y, generar aplicativos web, donde se puede integrar los mapas y dashboard, para crear portales web que pueden ser consultados por la población en general.

6.2.3 Diseño conceptual y estructural del SIG adaptado a las necesidades de SEPAL S.A.

El diseño del SIG y la implementación de la herramienta tecnológica resultó en un formulario digital georreferenciado, potenciado a través de Survey123 Connect mediante formato

XLSForm (**Figura 10**). El formulario muestra la información definida en grupos con preguntas específicas, características, opciones de respuesta desplegables y criterios de verificación; en la **Figura 11** se logra observar la vista del formulario ya publicado en ArcGIS Online listo para su diligenciamiento.

Figura 10

Hoja de cálculo de Survey123 Connect en formato XLSForm

	A	B	C	D	E	F
	type	name	label	hint	guidance_hint	appearance
1	begin group	info_bas	DATOS BASICOS			field-list
2	date	fecha	FECHA:			
3	select_one jefe_cuadrilla	j_cuadrilla	JEFE DE CUADRILLA:			autocomplete
4	select_one cuadrilla	movil	MOVIL #:			autocomplete
5	text	dir_sec	DIRECCIÓN/SECTOR:			
6	select_one_from_file divipolpasto.csv	Barrio_Vereda	BARRIO / VEREDA:			autocomplete
7	text	Comuna_Corregimiento	COMUNA / CORREGIMIENTO:			
8	text	locacion	LOCACION			
9	text	nom_usuario	NOMBRE DEL USUARIO:			
10	text	telefono	TÉLEFONO:			
11	text	solicitud	SOLICITUD PROGRAMACIÓN:			
12	geopoint	geo	GEOREFERENCIACIÓN:			
13	image	foto	FOTO:			
14	end group					
15						
16	begin group	tecnica	CARACTERÍSTICAS TECNICAS			field-list
17	select_one diagnostico	diagnostico	DIAGNOSTICO:			autocomplete
18	select_one grup_actividad	g_actividad	TIPO ACTIVIDAD:			autocomplete
19	select_one actividad	actividad	ACTIVIDAD:			autocomplete
20	select_one marca	marca	MARCA DE LUMINARIA:			autocomplete
21	select_one referencia	referencia	REFERENCIA:			autocomplete
22	select_one tipo_luminaria	tipo_lum	TIPO DE LUMINARIA:			horizontal-compact
23	select_one tecnologia	tecnologia	TIPO DE BOMBILLA			horizontal-compact
24	decimal	potencia_w	POTENCIA (W)			
25	select_one sistema_control	sistema	SISTEMA DE CONTROL			horizontal-compact
26	select_one clase_illuminacion	c_illuminacion	CLASE DE ILUMINACIÓN			autocomplete

Figura 11

Grupos de información configurados en el acta digital

The digital form configuration for 'ACTA DE ACTIVIDADES' is shown. It includes sections for 'DATOS BASICOS' and 'CARACTERÍSTICAS TECNICAS'. The form fields are configured to match the XLSForm spreadsheet, including date, dropdowns for jefe_cuadrilla, cuadrilla, direccion_sector, barrio_vereda, comuna_corregimiento, and tecnico, as well as text fields for locacion, nombre_usuario, telefono, and solicitud_programacion. The technical characteristics section includes a dropdown for diagnostico, a dropdown for tipo_actividad, a dropdown for marca, a dropdown for referencia, a dropdown for tipo_luminaria, a dropdown for tecnologia, a decimal field for potencia_w, and a dropdown for sistema_control.

El formulario resultante integra los campos definidos: texto, imágenes y de selección múltiple (**Figura 12**).

Figura 12

Integración de campos dependiendo de su requerimiento

ACTA DE ACTIVIDADES

BARRIO / VEREDA: *

COMUNA / CORREGIMIENTO: *

LOCACION

Carrera 33a 20 62, San Juan De Pasto, Pasto, Nariño, COL

NOMBRE DEL USUARIO: *

TELÉFONO:

SOLICITUD PROGRAMACIÓN:

GEOREFERENCIA

1°13'N 77°17'W ± 2.0 m

FOTO: *

41PA01

41PA02

41PA03

41PA04

RESPUESTAS DESPLEGABLES

TIPO CIRCUITO:

COMPARTIDO

EXCLUSIVO

TIPO RED:

Abierta

Trenzada

Subterránea

TIPO DE APOYO:

PARED

POSTE

MASTIL

SUELO

MATERIAL APOYO:

PROPIETARIO APOYO

ALTURA APOYO:

1 de 4

2 de 4

De igual forma, se logró configurar los filtros cascada en las respuestas y características que lo requerían (**Figura 13**).

Figura 13

Relación entre los campos “marca de luminaria” y “referencia” (filtros en cascada)

The image shows two side-by-side screenshots of the ArcGIS Survey123 interface, illustrating a cascading filter relationship between 'MARCA DE LUMINARIA' and 'REFERENCIA'.

Left Screenshot:

- ACTA DE ACTIVIDADES:** A list of activities with radio buttons: Conrote, Apertura De Hueco, Transporte, Etiquetado, Retiro.
- MARCA DE LUMINARIA:** A dropdown menu with 'ANDILUM' selected.
- REFERENCIA:** A list of references with radio buttons: ALH -O, ANDILUX, OBSOLETA, REFLECTOR.

Right Screenshot:

- ACTA DE ACTIVIDADES:** Same list of activities.
- MARCA DE LUMINARIA:** A dropdown menu with 'CELSA' selected.
- REFERENCIA:** A list of references with radio buttons: CLS-P, VENUS - V, VENUS - PC, NEPTUNO, OPION.

Both screenshots show a progress bar at the bottom indicating '2 de 4'.

La información quedó centralizada en la base de datos registrados creada por Survey123 con el propósito de tener acceso a ella en tiempo real por parte de los supervisores, en este caso, el personal indicado en el organigrama del flujo de la información del mantenimiento de luminarias (Figura 14).

Figura 14

Base de datos geoespacial generada en ArcGIS

The image shows a screenshot of the ArcGIS Survey123 interface, displaying a geospatial database view. The interface includes a map at the top showing a route with red dots, and a data table below it.

Map: Shows a route with red dots on a map. The map is powered by Esri.

Data Table:

FECHA:	JEFE DE CUADRIL...	MOVIL #:	DIRECCIÓN/SECT...	BARRIO / VEREDA:	COMUNA / CORP
24/2/2025, 11:07 a.m.	YOBANI INSUASTY	M2	Purgatorio	483	-
24/2/2025, 11:09 a.m.	CAMILO CRIOLLO	M4	Calle marron	22	Aire libre
24/2/2025, 11:09 a.m.	YOBANI INSUASTY	M2	Purgatorio	19	-
24/2/2025, 11:12 a.m.	ANDRES PANTOJA	M7	Gualmatan alto	436	-
24/2/2025, 11:13 a.m.	YOBANI INSUASTY	M2	Purgatorio	483	-

The table shows 1 de 1441 seleccionados.

Right Panel: Includes a photo upload section with a photo of a street light and a section for 'CARACTERISTICAS TECNICAS' with a 'DIAGNOSTICO' field set to 'No enciende'.

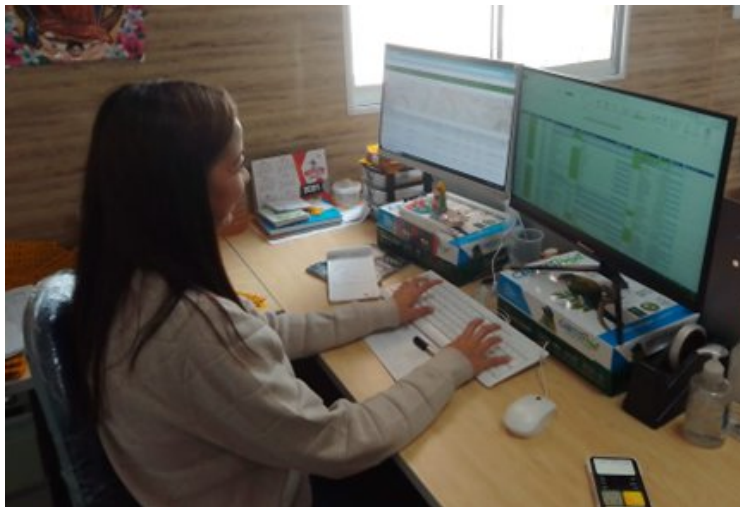
6.3 Fase 3: Implementar el SIG diseñado al sistema de operaciones de la empresa SEPAL S.A.

6.3.1 Configuración e integración del SIG con los sistemas operacionales de SEPAL S.A.

El SIG quedó integrado con la base de datos previamente diseñada, asegurando su compatibilidad con las actividades de mantenimiento y la gestión del alumbrado público. Su estructuración resultó en la conexión eficiente entre la información de la base de datos geoespacial y las áreas dependientes operativamente de la misma, garantizando así una gestión estructurada y funcional (**Figura 15**).

Figura 15

Integración del SIG a la base datos

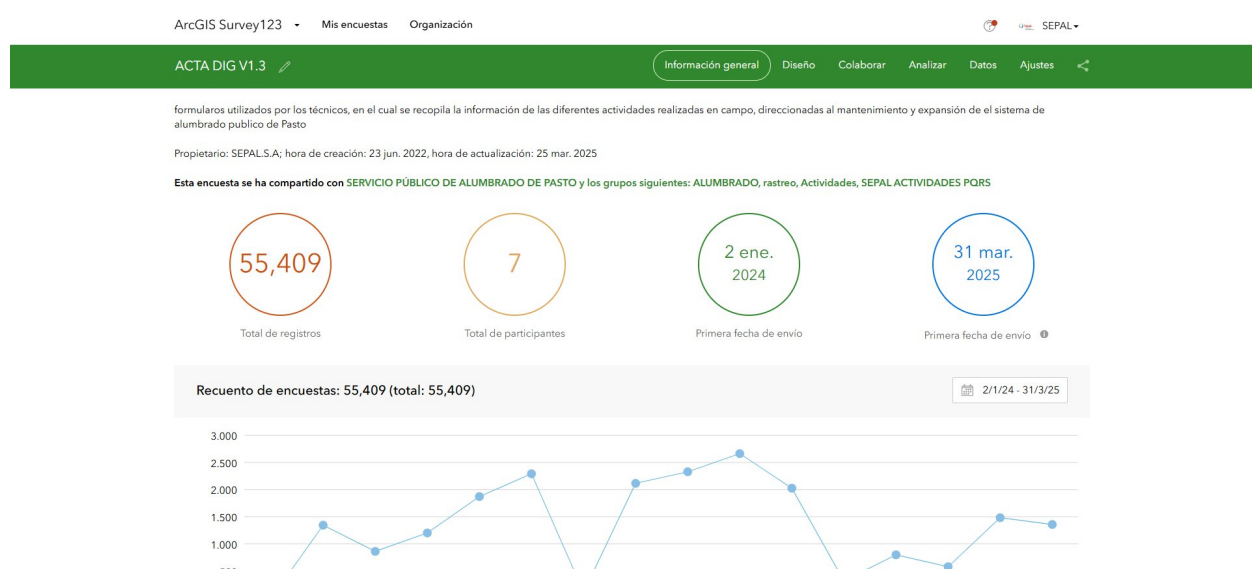


Desde la aplicación de Survey123 se logra observar la información general del formulario (**Figura 16**):

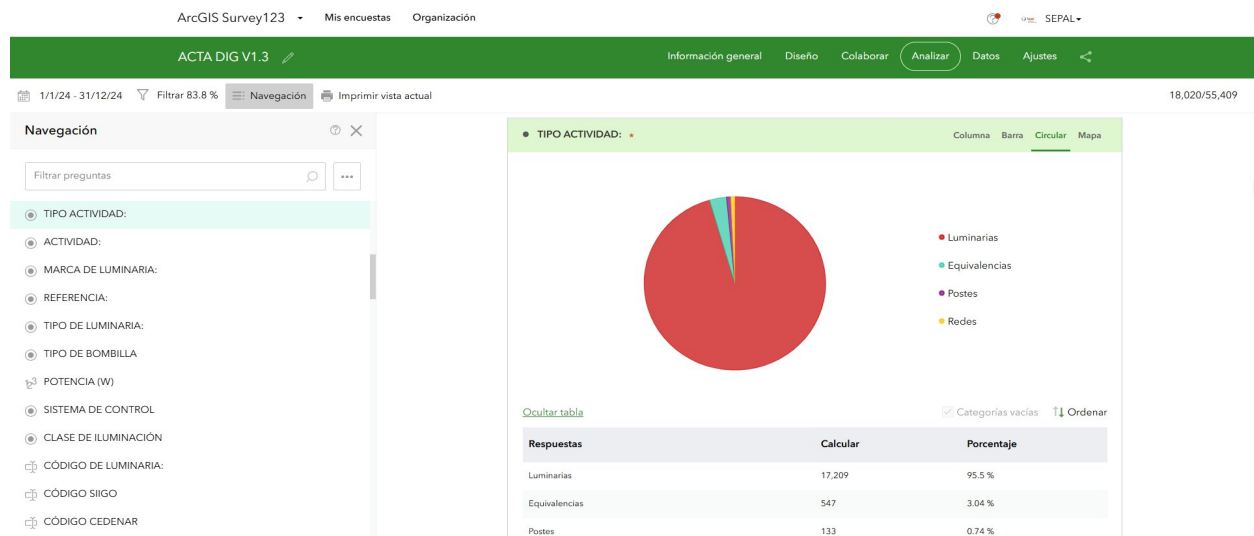
- Su fecha de creación corresponde al 23 de junio de 2022; de igual forma, el primer registro se asocia con la misma.
- Tiene un total de 7 participantes que corresponden a los 7 móviles encargados de las actividades de mantenimiento y registro de las mismas.

- Desde la creación del acta se han registrado 55.409 formularios en total, calculados hasta el 31 de marzo de 2025.

Figura 16
Información general del formulario en Survey123



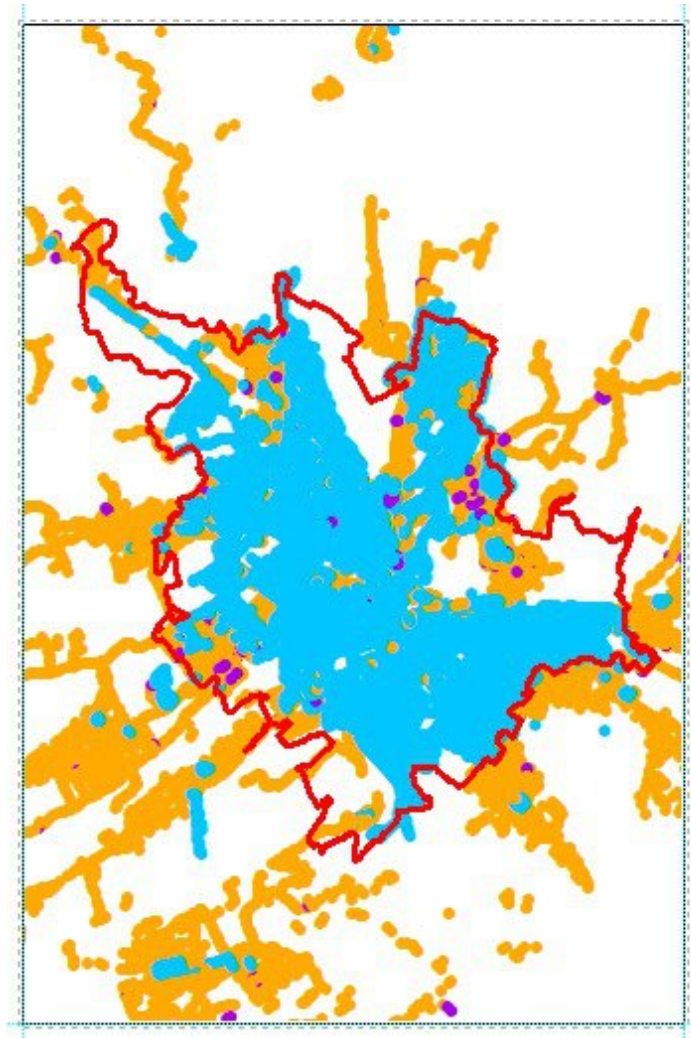
La herramienta de “Analizar” de Survey123 generó resultados en diferentes gráficas (columna, barra, circular o mapa) de cada respuesta de los grupos de información del formulario. Por ejemplo, en la **Figura 17** se evidencian los resultados del registro del tipo de actividades realizadas por los operarios durante el año 2024, generando 18.020 registros en total, indicando en la gráfica circular que las actividades de intervención a luminarias fueron las más realizadas.

Figura 17*Análisis de resultados del registro de tipo de actividades realizadas durante el año 2024*

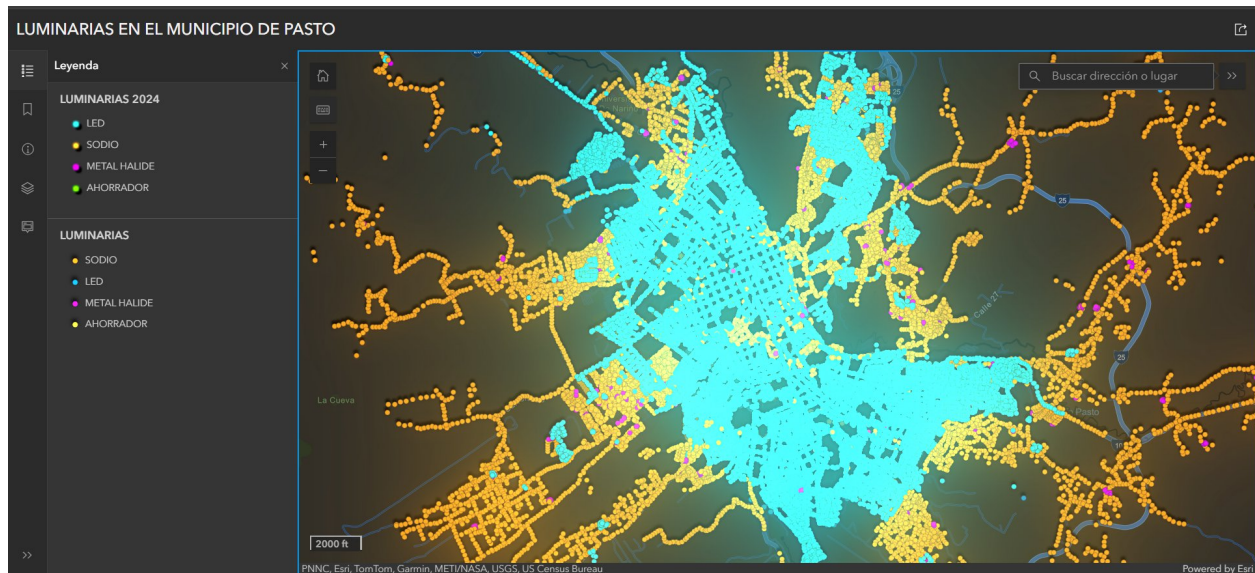
Para el caso del registro de actividades de modernización, ocurre la georreferenciación de la intervención de la luminaria, generando un shapefile que indica las luminarias que han sido parte del proceso de transición energética de sodio a tecnología LED. En la **Figura 18** se puede observar el shapefile resultante con las luminarias modernizadas en puntos de color azul, información importante para la toma de decisiones del departamento técnico; los puntos de color naranja corresponden a las luminarias de sodio y los puntos violeta a las luminarias de metal halide.

Figura 18

Shapefile del registro de actividades de modernización



La herramienta resultante del cargue del shapefile a Dashboard de ArcGIS Online publicado en la sección del SINAP se evidencia en la **Figura 19**.

Figura 19*Portal del Sistema de Información de Alumbrado Público (SINAP)*

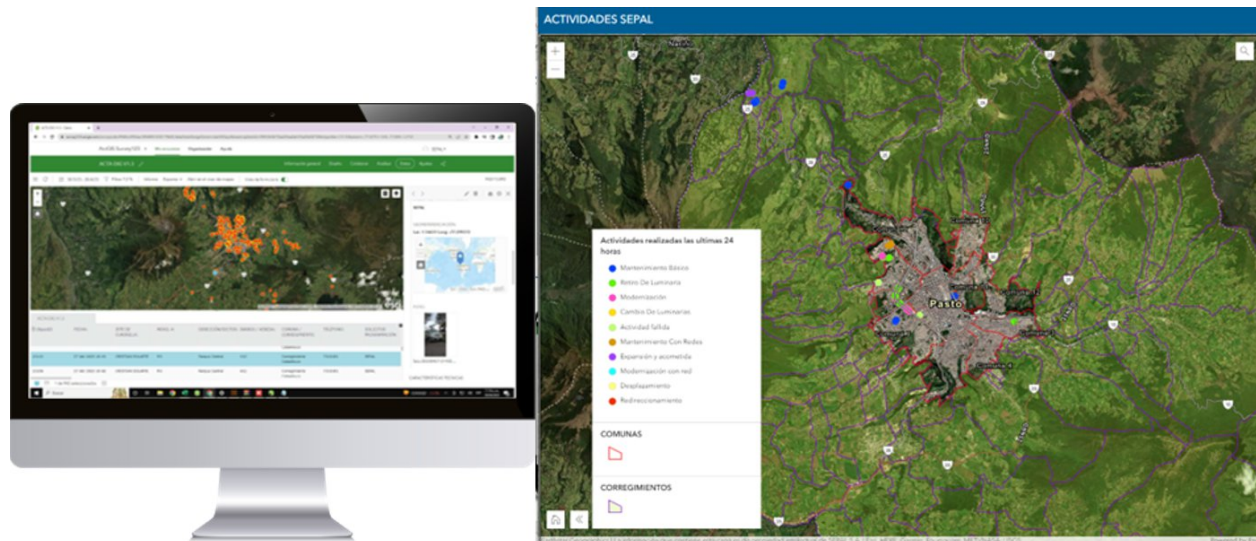
Por otra parte, en la **Tabla 7** se indica los resultados obtenidos del análisis de los datos capturados en la aplicación respecto a la cantidad de intervenciones por actividad registradas durante el año 2024 y su valor de equivalencia de acuerdo al Anexo 5.

Tabla 7*Cuantificación de actividades realizadas durante el año 2024*

Tipo Actividad	Actividad	Total Actividad	Total Equivalencia
Equivalencias	Actividad Fallida	264	264
	Alumbrado Navideño	676	15163
	Capacitación	106	1052
	Desplazamiento	240	1184
	Marcación Nocturna	3	38
	Préstamo Cuadrilla	724	11029
	Visita Técnica	101	617
Luminarias	Cambio De Luminarias	1314	1337
	Etiquetado	142	142
	Expansión	809	822
	Expansión Y Acometida	737	1474
	Mantenimiento Básico	14170	14214
	Mantenimiento Con Redes	1422	2887
	Modernización	13472	13472
	Modernización Con Red	181	362
	Préstamo Proyector	91	91
	Préstamo Proyector Con Acometida	42	84
	Redireccionamiento	163	163
	Repotenciación	1	1
	Retiro De Luminaria	15434	15434
	Retiro De Luminaria Con Acometida	1	2
	Retiro De Proyector	70	74
	Retiro De Proyector Con Acometida	3	14
	Reubicación	99	198
	Reubicación Con Acometida	66	204
Postes	Apertura De Hueco	31	93
	Aplome	16	48
	Hincada	199	1791
	Retiro	61	549
	Reubicación Poste	106	1272
	Transporte	57	171
Redes	Acometida	80	207
	Adecuación Cambio Y Mantenimiento De Redes	505	6043
Total General		51386	90496

Finalmente, el SIG quedó plenamente operativo y alineado con las estrategias de gestión del alumbrado público, facilitando el seguimiento y control de las actividades de mantenimiento en el municipio (**Figura 20**).

Figura 20
SIG operativo



6.3.2 Capacitación del personal en el uso del SIG diseñado.

Se logró capacitar efectivamente al personal de la empresa en el uso del SIG, afianzando que los operarios, técnicos y administrativos adquieran las habilidades requeridas para el manejo de la aplicación y la información del sistema de manera eficiente (**Figura 21**, **Figura 22** y **Figura 23**). Gracias a estas sesiones tanto teóricas como prácticas, entendieron la estructura de la base de datos y su categorización, además de la importancia de hacer el registro de forma precisa.

Figura 21

Fotografías de los talleres y jornadas de capacitación impartidas al personal operativo

**Figura 22**

Fotografías de los talleres y jornadas de capacitación impartidas al personal administrativo y de supervisión



Figura 23

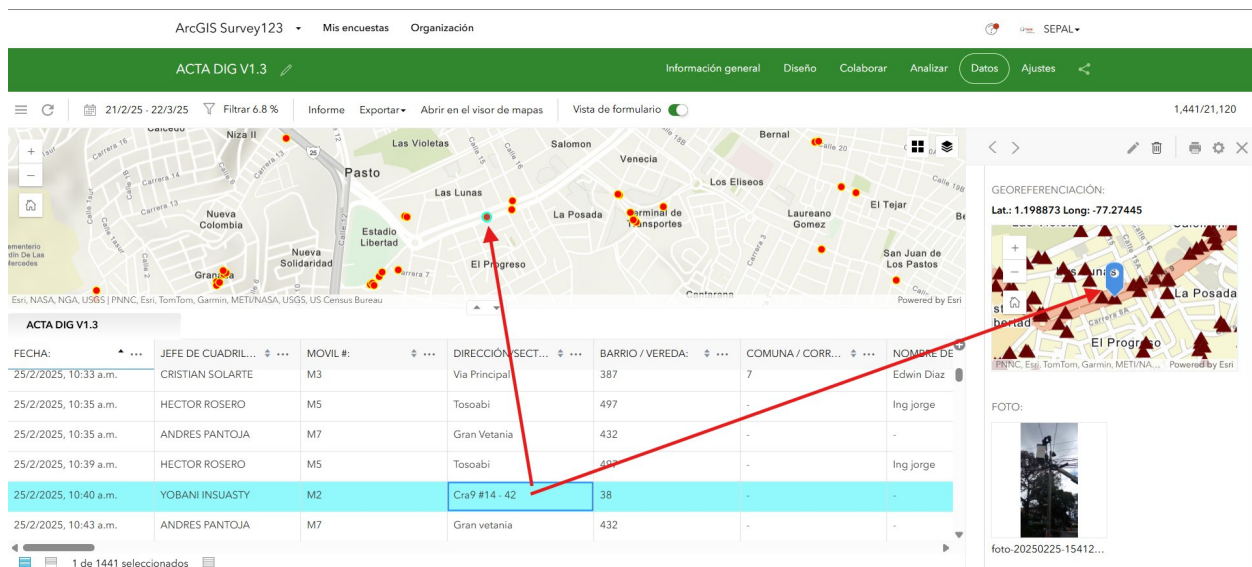
Fotografías de los talleres y jornadas de capacitación impartidas a directivos de la empresa SEPAL S.A.

**6.3.3 Ajustes y optimización del SIG diseñado.**

El resultado de este ítem se centra en la optimización y consolidación del SIG como una herramienta sólida y fiable para la gestión de las actividades del mantenimiento de la infraestructura del alumbrado público en SEPAL S.A. La recopilación de observaciones por parte del personal fue satisfactoria (**Figura 24**), permitiendo, al transcurrir el periodo de prueba, la recolección de la evaluación del sistema permitió la identificación de características a mejorar en la captura y registro de datos tanto en Survey Collect como en la plataforma Survey123.

Figura 24*Recopilación de observaciones y comentarios del personal operativo*

La precisión en la georreferenciación fue uno de los logros más significativos en el seguimiento, ya que se consiguió que las coordenadas de campo coincidieran con su ubicación real (**Figura 25**). De igual forma, los controles de validación implementados contribuyeron a la reducción de errores en la digitalización y registro, mejorando la calidad de la información almacenada.

Figura 25*Verificación de coordenadas con la ubicación real del punto intervenido*

7 Discusión

El análisis de la recolección de datos permitió esclarecer que el registro de las actividades y materiales usados está estrechamente ligado y coordinado entre dependencias, en particular el área de Departamento Técnico, el área de Almacén y el área de Gestión Ambiental.

El Área de Almacén es la encargada de llevar el registro e inventario de la infraestructura de alumbrado público y otros insumos necesarios para ejecutar actividades, asegurando la disponibilidad de los mismos para atender diferentes solicitudes. Almacén gestiona los activos fijos de la empresa mediante el Sistema Integrado de Información Gerencial Operativo (SIIGO), con el fin de garantizar la transparencia en la administración de los bienes y el cumplimiento de la normatividad fiscal vigente. Al adquirir luminarias, balastos, fotoceldas y demás materiales, estos componentes son registrados en SIIGO con su respectivo código, descripción, cantidad entre otras características. Conforme se haga uso de algún material o insumo, esta área registra su salida, sea para orden de trabajo o su disposición final.

Paralelamente, el Departamento Técnico es el área encargada de recibir y gestionar las preguntas, quejas, reclamos y solicitudes de los usuarios del servicio, lo que permite a la empresa la identificación de fallas en luminarias, la programación de visitas técnicas y la coordinación con los operarios para la ejecución de las actividades de mantenimiento. Por otro lado, cuando una luminaria u otro componente de la misma deja de ser funcional y es dado de baja, el Área de Gestión Ambiental se encarga de asegurar su disposición final de acuerdo con la normatividad ambiental vigente.

Todos estos procesos implican llevar un control muy estricto sobre el uso y aplicación de estos activos, lo cual permite el control eficiente de los mismos, además de optimizar los procesos internos entre dependencias, garantizando la regulación legal técnica y ambiental. Una óptima gestión de reparaciones de fallas impacta directamente con la calidad del servicio contribuyendo a la toma de decisiones acertadas y a mejorar en la distribución de recursos, asegurando la continuidad del mismo.

La información recolectada del diligenciamiento del acta análoga no solo contribuía al análisis de actividades realizadas en la infraestructura de alumbrado público, si no también, a evaluar el progreso de SEPAL S.A. en cuanto a la gestión del alumbrado público. Los operarios se

encargaban de registrar de manera manual, por lo tanto, el progreso de la empresa se calculaba por el número de actividades realizadas por cada móvil por día.

La creación de la base de datos resultó ser un proceso fundamental, debido a que permitió definir una estructura que integra tanto información operativa como espacial, lo que facilita el almacenamiento y análisis de los datos capturados en campo.

La plataforma de ArcGIS de ESRI fue seleccionada debido a su capacidad para integrar y gestionar datos geoespaciales de manera eficiente, aprovechando las herramientas especializadas de ArcGIS Online, Dashboard y Survey123. Además, permite no solo el levantamiento de información mediante formularios personalizables en Survey123, sino también su análisis y visualización en tiempo real a través de Dashboard. Esto brinda una mayor capacidad de toma de decisiones basada en datos geográficos, optimizando la planificación y ejecución de las actividades de alumbrado público.

Adicionalmente, se optó por la adquisición del smartphone ruggedizado ARMOR X5 para el manejo de la aplicación y la captura de datos. Este dispositivo contaba con características militares, resistencia a golpes, agua y polvo, ideal para trabajo en campo; permitía a los técnicos diligenciar los formularios bajo cualquier condición atmosférica, equipado con receptor de geolocalización satelital incluido, que permite conectarse con las constelaciones de satélites GPS y GLONAS, lo que lo diferencia de los Smartphone convencionales, los cuales son dependientes de la señal del operador de red y disponibilidad datos (Anexo 1 y 2).

La estructuración del requirió una formulación precisa respecto a la formulación de las preguntas y su tipología. Para ello, fue fundamental establecer los grupos de información que respondan a las necesidades de la empresa, asegurando que los datos recolectados sean pertinentes y de fácil interpretación. Este desglose permitió una mejor clasificación y control de las tareas, facilitando la asignación de recursos y la optimización del tiempo de trabajo, logrando una evaluación más rigurosa del desempeño operativo y al fortalecimiento de la toma de decisiones dentro del sistema de gestión del alumbrado público.

Esto fue necesario ya que, la lista de posibles respuestas era extensa y se requería ver sólo las relevantes, como se puede ver en la figura 9, donde el campo “marca de luminaria” está vinculado al campo “referencia”, limitando la visualización. En los anexos 1 y 2 se puede observar las marcas de luminarias tanto de tecnología LED como de sodio y metal halide, utilizadas para el

alumbrado público con sus referencias correspondientes. La estructura propuesta permitió optimizar el flujo de información y mejorar la calidad de los datos almacenados.

En definitiva, la centralización de la información recolectada optimizó el acceso en tiempo real para supervisores, permitiendo mejoras en el monitoreo y la toma de decisiones en el mantenimiento de la infraestructura del alumbrado público; esto fortaleció la gestión operativa, garantizando un flujo de la información de manera eficiente y precisa.

El proceso de implementación permitió la integración de información geoespacial y operativa en una sola plataforma. El registro de actividades dentro del SIG forma un componente clave para el control y seguimiento el alumbrado público. La recopilación de datos estructurada garantizó el monitoreo de cada intervención, el personal encargado de la misma y los materiales utilizados, mejorando la precisión de la información y facilitando su consulta en tiempo real.

De acuerdo con los resultados obtenidos de la georreferenciación de actividades de modernización, el análisis de los datos recolectados en Survey123 permitió calcular que, se han realizado actividades de modernización a más de 17.000 luminarias en el área urbana, marcando un cambio significativo en la infraestructura de alumbrado público.

En base a los resultados obtenidos en la cuantificación de actividades realizadas durante el año 2024, la diferencia entre el número total de actividades realizadas (51.386) y el total de equivalencias (90.496) demuestra que la implementación de la tabla de equivalencias ha permitido una cuantificación más precisa del trabajo realizado.

En cuanto al mantenimiento de luminarias, conforma la mayor carga laboral con más de 16.000 intervenciones, lo cual evidencia la demanda permanente de conservación y reparación de la infraestructura de alumbrado público en la ciudad. De la misma manera, las actividades de modernización y retiro de luminarias que suman 28.906 intervenciones, manifiestan la dedicación en la transición energética y la optimización del servicio. Por otro lado, las intervenciones en postes y redes, a pesar de ser menores en cantidad, reflejan su importancia en la estabilidad y expansión del servicio.

Las actividades de alumbrado navideño, préstamos de cuadrillas y desplazamientos representan un dato considerable, lo que implica en destacar la necesidad de asignar recursos adecuados, sin afectar las actividades prioritarias. Finalmente, respecto a la cantidad de actividades fallidas, aunque demuestren una debilidad, puede tomarse como una oportunidad para mejorar la planificación de las mismas y la eficiencia del servicio.

Esta metodología no solo contabiliza la cantidad de tareas ejecutadas, sino que también toma en cuenta el esfuerzo, los recursos y el tiempo invertido en cada una, proporcionando una visión más realista y estructurada del trabajo de los técnicos.

De acuerdo con lo anterior, la columna del total de equivalencias por actividad es fundamental, ya que permite ir más allá del conteo simple de actividades que anteriormente se realizaba, y contribuye a identificar el impacto real de cada una. Al comparar la columna “Total Actividad” con la columna “Total Equivalencia”, se logra observar cómo algunas actividades, aunque realizadas en menor cantidad, tienen un impacto significativamente mayor en el rendimiento general de la empresa. Esto se debe a que a cada actividad se le da un valor de importancia diferente. Esta herramienta ha permitido a los administradores de la información, hacer un uso más organizado de la misma, ya que resume información clave, filtra y segmenta datos e identifica tendencias.

A través de la capacitación del personal y la adecuación del sistema a las necesidades específicas de la empresa, se logró mejorar la trazabilidad de las actividades. El personal operativo logró familiarizarse con la aplicación, adquiriendo aptitudes para la correcta captura de datos y materiales utilizados, georreferenciación de luminarias y registro de actividades específicas, además de diferenciar los grupos de información, preguntas y posibles respuestas. También adquirieron habilidades en el manejo de ARMOR X5, permitiéndoles una captura de datos más eficiente y precisa.

Los talleres de capacitación dirigidos al personal administrativo y de supervisión, facilitaron el acceso, análisis y gestión de la información por los mismos de manera eficiente. También adquirieron las habilidades de generar informes dinámicos, realizar consultas espaciales y manejar las herramientas de análisis, facilitando la identificación de patrones.

Los directivos comprendieron las ventajas y el impacto positivo en la optimización de procesos y la toma de decisiones estratégicas. Además, adquirieron las habilidades para realizar la supervisión del SIG y gestionar su mejora continua, lo que aportó a su validación e integración en las operaciones de la empresa como una herramienta clave.

El SIG quedó configurado como un recurso dinámico y en constante actualización y evolución, teniendo en cuenta lo fluctuante de los procesos de modernización y registro de materiales utilizados; esto asegura su funcionalidad y uso a largo plazo, contribuyendo a la potenciación de actividades y operatividad de la empresa.

8 Conclusiones

Se determinó que el registro de actividades realizadas y materiales utilizados en el mantenimiento del alumbrado público involucra la coordinación entre varias áreas de trabajo; tres de ellas son las más enlazadas a estos reportes: Departamento Técnico, Área de Almacén y Área de Gestión Ambiental.

Con base a los anteriores hallazgos, se determinó la necesidad de la creación y diseño de un SIG que permita hacer el reporte de actividades de mantenimiento con mayor eficiencia y respuesta oportuna, incorporando tecnologías que optimicen la recolección, visualización y análisis de datos.

A diferencia del procedimiento de registro anterior de actividades, el cual requería un tiempo estimado de 20 a 30 minutos para la recopilación de datos de forma escrita, además de la posterior digitalización de cada acta, su organización y validación, la aplicación SIG permitió el registro y almacenamiento de datos de forma inmediata y en línea, reduciendo el tiempo de procesamiento de 5 a 10 minutos, disminuyendo los errores de anotaciones y agilizando la gestión de operaciones.

La implementación del SIG permitió una mejora significativa en la organización y el registro de actividades del mantenimiento de la infraestructura del alumbrado público en Pasto; con él, se logró disminuir los errores en la captura de datos recolección de información, facilitando una respuesta más eficiente a las necesidades de mantenimiento.

La estructuración del SIG permitió, además de mejorar el progreso en la ejecución de actividades, la evaluación de la eficiencia en la gestión de las mismas facilitando la identificación de falencias y oportunidades de mejora para posteriores procedimientos.

La incorporación del SIG permitió también, la creación de resultados e informes claros y dinámicos, promoviendo la transparencia y acceso a la información para la comunidad y entidades reguladoras del servicio.

La ejecución del SIG contribuyó a mejorar la georreferenciación de puntos intervenidos, teniendo en cuenta que, anteriormente, mediante el acta análoga la información recolectada no era precisa causando una inconsistencia en los resultados generales.

En síntesis, la implementación de este SIG y el acta virtual fue un aspecto clave para el proyecto de modernización, ya que facilitó la actualización en tiempo real del Sistema de

Información del Alumbrado Público (SINAP). Gracias a esto, la gestión de datos se realizó de manera más eficiente, permitiendo un seguimiento preciso del avance del proyecto.

Con base en los resultados obtenidos durante esta fase de optimización, se establecieron revisiones periódicas del sistema, con el fin de realizar actualizaciones y ajustes según las necesidades que fueran surgiendo. Este método garantizó que el SIG implementado permaneciera actualizado y en continuo desarrollo, estableciéndose como un recurso esencial para mejorar la eficiencia operativa de SEPAL S.A.

El desarrollo de este SIG reafirma la importancia y trascendencia de estas herramientas como apoyo fundamental para la toma de decisiones tanto operativas como de planificación, ya que demuestra no sólo la optimización de las actividades de mantenimiento, sino también cómo el aprovechamiento adecuado de estas tecnologías puede convertir y reformar los procesos análogos o tradicionales a sistemas más eficientes y organizados.

9 Recomendaciones

Se recomienda continuar con el desarrollo de este SIG, incorporando nuevas funciones haciendo un máximo aprovechamiento de las licencias de ArcGIS adquiridas, esto con el fin de lograr una máxima optimización en la prestación del servicio de alumbrado público.

Se recomienda continuar con el plan de capacitaciones al personal operativo, teniendo en cuenta que el SIG se encuentra en constantes actualizaciones, lo cual puede repercutir en inconsistencias en el diligenciamiento del acta digital.

Se sugiere evaluar la posibilidad de ampliar el alcance del SIG integrando requerimientos adicionales que permitan calcular el consumo energético de las luminarias y la detección de fallas en tiempo real. Esto contribuirá a la potenciación de las actividades de mantenimiento, garantizando un servicio más eficiente.

La calidad de los datos es clave para la toma de decisiones acertadas, por lo que se sugiere implementar mecanismos de verificación y depuración de información de manera frecuente.

La implementación de un sistema de alertas y notificaciones en tiempo real permitiría mejorar la respuesta ante incidencias en la infraestructura de alumbrado público. La emisión de notificaciones automáticas sobre fallas detectadas o actividades pendientes de mantenimiento facilitaría una gestión más ágil y reduciría los tiempos de respuesta ante problemas en la infraestructura.

Referencias

- Alcaldía Municipal de Pasto. (2023). *Mapas de Pasto*. Obtenido de <https://www.pasto.gov.co/index.php/nuestro-municipio/mapas>
- Bartzokas, A., Photis, Y., Tsagkis, P., & Panagiotopoulos, G. (2021). *Microscale walkability indicators for fifty-nine European central urban areas: An open-access tabular dataset and a geospatial web-based platform*. Obtenido de Data in Brief: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340921003322>
- Bayona, E. (2020). *Diseño de una solución web y móvil para la identificación, registro y monitoreo de eventos en la red de ciclorrutas en la ciudad de Bogotá*. Obtenido de Universidad Militar Nueva Granada: <https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/0e7e467a-e2ed-44c0-88c7-fd8710c5bbcf/content>
- Brito, D., & Chango, R. (2016). *Zonificación lumínica mediante un software de información geográfica, aplicando al alumbrado público vial de la zona norte de la ciudad de Quito*. Obtenido de Repositorio Digital Institucional de la Escuela Politécnica Nacional: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16775>
- Buitrago, G., & Escobar, D. (2017). *Sistema de Información para el reporte de incidentes para empresas de servicios públicos (Manizales Activa)*. Obtenido de Universidad de Manizales: https://ridum.umanizales.edu.co/bitstream/handle/20.500.12746/3049/Manizales_Activa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Castro, H., & Ortega, C. (2017). *Diseño e implementación de un Sistema de Información Geográfica en la web, para el mantenimiento y control del alumbrado público (SIGAP), definido en la zona urbana del municipio de Jamundí*. Obtenido de Biblioteca digital de la Universidad del Valle: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/00bf4d93-b868-400b-85c9-6ac4a64a767d/content>
- Castro, J., & Ruiz, L. (2011). *Diseño de un sistema de información geográfica como herramienta para la planificación del sistema de tránsito y transporte en las comunas 1 y 2 de San Juan de Pasto*. Obtenido de <https://sired.udenar.edu.co/3444/1/85290.pdf>
- Chuquizuta, C. (2021). *Diseño e implementación de un virso cartográfico para los componentes catastrales de mobiliario urbano aplicando sistema de información geográfica en la asociación Rosa Luz I Etapa: Distrito Puente Piedra*. Obtenido de Universidad Nacional Federico Villarreal - Vicerrectorado de Investigación: <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/5144>
- Condori, P., & Ccahua, M. (2024). *Implementación de una infraestructura de datos espaciales para el mejoramiento de la calidad de suministro en las redes eléctricas de media tensión del alimentador QU05-CUSCO-2020*. Obtenido de Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco: https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/9196/253T20240621_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Corrales, R. (2022). *Implementación de herramientas digitales en la gestión del inventario de puentes y pasos de alcantarilla de la red vial cantonal de la municipalidad de Curridabat*. Obtenido de Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela de Ingeniería en Construcción: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/13935>
- Feng, X., & Murray, A. (2017). *Spatial Analytics for Enhancing Street Light Coverage of Public*

- [illegible]

- mantenimiento de las redes de alcantarillado de aguas residuales de la Universidad Militar Nueva Granada - Sede Campus Cajicá*. Obtenido de Universidad Militar Nueva Granada: <https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/a532ab40-f458-45a9-bd9e-dac64f8ca7f1/content>
- Sabogal, Z., & Rincon, A. (2017). *Administración de datos generados por un catastro de redes por medio de herramientas SIG*. Obtenido de Universidad de Manizales: https://ridum.umanizales.edu.co/bitstream/handle/20.500.12746/3240/Sabogal_Catalina_Rincon_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Saigua, K. (2023). *Mejora de la seguridad vial mediante la implementación de una plataforma tecnológica de monitoreo de siniestros de tránsito en el cantón Riobamba, periodo 2022*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/19511/1/20T01743.pdf>
- Sánchez, N., Comas, R., & García, M. (2019). *Sistema Inteligente de Información Geográfica para las empresas eléctricas cubanas*. Obtenido de Ingeniare. Revista chilena de ingeniería: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052019000200197
- Silva, Y. (2017). *Gestión de mantenimiento de alumbrado público utilizando sistemas de información geográficos*. Obtenido de Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa: <http://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1670/silvacala.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Solorzano, C. (2017). *Evaluación del programa de mantenimiento preventivo de alumbrado público del Cantón Cuenca de la Empresa Regional CENTRO SUR C.A.* Obtenido de Universidad de Cuenca: <https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e46511b1-76e6-41f4-ae35-f8c9fdd2aaab/content>
- Usuga, N. (2017). *ECOCAMPUS EAFIT - Sistema de información geográfica*. Obtenido de Universidad EAFIT: <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/7e4166a1-eaea-4f2f-9c4d-1d77f408d7ef/content>
- Vázquez, M., Cobos, M., López, F., Ruiz, A., Cuadros, F., & Vizcaino, A. (2011). *Sistemas de gestión basado en SIG para la mejora de la eficiencia energética en las instalaciones de alumbrado público*. Obtenido de Comunicaciones presentadas al XV Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos: http://dspace.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/1455/CIIP11_1266_1272.pdf?sequence=1

Anexos

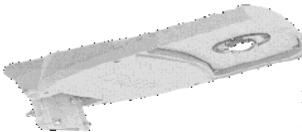
Anexo 1. Marcas y referencias de luminarias LED utilizadas por SEPAL S.A.



Sepal S.A.

Servicio Público
de Alumbrado de Pasto

Marca	Referencia	Potencia W	NUMERO DE LEDS	img
scheder	TECEO-1	71 Y 90	32 Y 40 LED	
scheder	TECEO-2	139 Y 163	72 Y 64 LED	
scheder	AMPERA MIDI	70	64 LED	
scheder	VOLTANA 1	40-50	8 LED	
scheder	VOLTANA 2	70	16 LED	
scheder	VOLTANA 3	100	24 LED	
scheder	VOLTANA 4	150	32 led	

Marca	Referencia	Potencia W	NUMERO DE LEDS	img
scheder	VOLTANA 5	250	64	
scheder	HAPILED	71	32 LED	
scheder	BRIKA	42	24 LED	
scheder	ADVENTO	71		
scheder	INDU FLOOD	63		
CELSA	COSMOLED PRO	230 Y 200	64 LED	
CELSA	DELTALED	60	1	
CELSA	DELTALED	92	2	
CELSA	DELTALED	192	4	

Marca	Referencia	Potencia W	NUMERO DE LEDS	img
CELSA	SEPIALED	60	1	
CELSA	Farol Cartagena LED II	74		
CELSA	LIRA LED	70	16	
ROY ALPHA	RALED II	110	48	
ROY ALPHA	RALED III	182	80	
ECOLITE	ECO-SL-03	60		
GDS	SLCS	39		
GDS	SLCS	56		
GDS	S1M	95		

Marca	Referencia	Potencia W	NUMERO DE LEDS	img
GDS	MaXimo M	84.4		
GDS	MaXimo L	157		
LEXMANA	RL006	50		

Anexo 2. Marcas y referencias de luminarias de sodio y metal halide utilizadas por SEPAL S.A.



Sepal S.A.

Servicio Público
de Alumbrado de Pasto

Marca	Referencia	Potencia W	img
ANDILUM	ALH -O	70, 150 W NA (sodio)	
ANDILUM	Andilux	70, W NA (sodio)	
ANDILUM	REFLECTOR	400	
ANDILUM	OBSOLETA	125	
ANDILUM		70	
ANDILUM		250	
ANDILUX	cerrada	70, W NA (sodio)	
CELSA	CLS-P	70	
CELSA	Venus - V	70	
CELSA	Venus - PC	70	

Marca	Referencia	Potencia W	img
CELSA	NEPTUNO	70	
CELSA	ORION	150-250	
CELSA	SOLARIS	70	
CELSA	cls cerrada	70, WNA (sodio)	
CELSA	cls abierta	70, W NA (sodio)	
CELSA	VENUS	150W	
CELSA	ZEUS	70W	
CELSA	FAROL	70	
ELECTRO CONTROL		70 NA (sodio)	
SCHREDER	ópalo I	70 W NA (sodio)	
SCHREDER	ópalo II	150 W NA (sodio)	

Marca	Referencia	Potencia W	img
SCHREDER	NANO 1	70	
SCHREDER	ONYX-1	70	
SCHREDER		70	
ROY ALPHA	PE	70	
ROY ALPHA	RRA	400 W MH (metal halide)	
ROY ALPHA	calima I	70-150	
ROY ALPHA	calima II	250, 150 W NA (sodio)	
ROY ALPHA	calima III	400-600	
ROY ALPHA	ANDES -SE	150 W NA (sodio)	
ROY ALPHA	PE-VP	70 W NA (sodio)	
ROY ALPHA	PE-PC	70 W NA (sodio)	

Marca	Referencia	Potencia W	img
ROY ALPHA		150 , 250 W NA (sodio)	
ROY ALPHA	calima I	70 W NA (sodio)	
ROY ALPHA	AMAZONAS	70W	
ROY ALPHA		150	
ROY ALPHA		70	
ROY APLHA		70	
ROY APLHA		150	
ROY ALPHA	AMAZONAS	70	
ROY ALPHA	PE-C		
ROY ALPHA	MINI PC	70	
ROY ALPHA	CJK	125	

Marca	Referencia	Potencia W	img
ROY ALPHA	RCG	250 W NA (sodio)	
ROY ALPHA	PE-C	70	

Anexo 3. Presentación de smatphone ruggedizado ARMOR X5



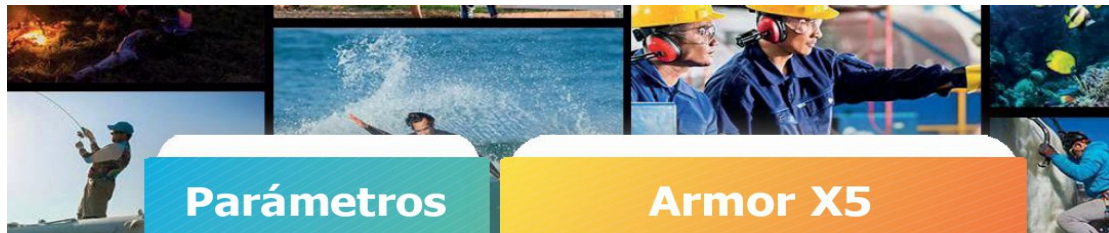
ARMOR X5
THE SUPER-BUDGET
4G RUGGED SMARTPHONE

Grado de Protección IP68/IP69K

El Armor X5 es un smartphone robusto y mejorado que está construido para resistir duras condiciones, cumple con el estándar militar para polvo, golpes, agua, humedad, radiación solar y temperaturas extremas. Dispositivo contra el rigor de su sitio de trabajo pero que también cumple con las necesidades de su teléfono inteligente empresarial.

IP68/IP69K Protection Grade 	MT6762 Octa-core Processor 	Customized Button 
Underwater Mode 	Face Unlock 	5000mAh Large Battery 

Anexo 4. Ficha técnica del smartphone ruggedizado ARMOR X5



Parámetros	Armor X5
OS	✓ Android 11
Procesador	✓ MediaTek MT6762V/WD Octa (8)Core, 1.8 Ghz
Memoria RAM/ ROM	✓ RAM 3 GB /FLASH 32 GB
Memoria SD	✓ Soporta MicroSD hasta 256 GB
WWAN	✓ 2G GSM: (B2/3/5/8) 3G WCDMA: (B1/2/4/5/8) 4G LTE-FDD: (B1/2/3/4/5/7/8/12/17/19/20/28A/28B) Soporta VoLTE
WLAN	✓ 802.11 a / ac / b / g / n 2.4G/5G
Bluetooth	✓ Bluetooth 5.0
GPS	✓ GPS, GLONASS
Caídas /Sellado	✓ Soporta caídas desde 1.2m, Sellado IP68/IP69K MIL-STD-810G Soporta Inmersión durante 30 minutos en 1.5 mts de agua.
Display Resolución	✓ 5.5 Pulgadas HD 1440 x 720px Soporta Modo Guante
NFC	✓ NFC / Google Pay
Temperatura de Operación	✓ -10 °C a 50 °C
Cámara	✓ Cámara Trasera: 13MP + 2MP Cámara Frontal: 5MP
Dimensiones L x W x H (mm)	✓ 13,85 x 77,5 x 158
Peso	✓ 235 gramos
Batería	✓ 5000mAh Carga Rápida: 10W
Botón Personalizable	✓ PPT, Linterna, Abrir aplicación, Grabación, Captura depantalla, SOS
SIM CARD	✓ Nano SIM + Nano SIM/TF
Sensores	✓ Sensor de aceleración, Sensor P, Sensor L Brújula electrónica
Puerto	✓ USB 2.0, Micro USB
Cellbroadcast	✓ Si Aplica
En la caja	✓ Armor x 1, Adaptador de cargador x 1, Cable USB x 1, película protectora de vidrio templado x 1, Aguja SIM x 1, Manual de múltiple idiomas x 1, Tarjeta de garantía x 1.

Anexo 5. Tabla de equivalencias de actividades

Grupo	id	Actividad	Equivalencia	Descripción
Luminarias y proyectores	1	Mantenimiento Básico	1	Cambio de componentes internos de la luminaria.
	2	Mantenimiento Con Redes	2	Cambio de componentes internos de la luminaria y adecuación, reemplazo o instalación de en acometida.
	3	Expansión	1	Instalación de una luminaria donde no existía nada.
	4	Expansión y acometida	2	Instalación de una luminaria donde no existía nada con acometida superior a 6 metros.
	5	Modernización	1	Instalación de luminaria por cambio de tecnología de sodio o MH a LED.
	6	Modernización con red	2	Instalación de luminaria por cambio de tecnología de sodio o MH a LED y requiere instalación de acometida superior a 6 metros.
	7	Reubicación	2	Cambio de ubicación de luminarias.
	8	Reubicación con acometida	3	Reubicación de una luminaria de un punto a otro con acometida.
	9	Retiro de luminaria	1	Retiro de luminarias por avería, obsoleta, modernización o ser innecesaria.
	10	Retiro de luminaria con acometida	2	Retiro de luminarias por avería, obsoleta, modernización o ser innecesaria.
	11	Cambio De Luminarias	1	Instalación de luminaria en reemplazo de una luminaria averiada.
	12	Redireccionamiento	1	Redireccionar la luminaria para garantizar una buena iluminación.

	13	Etiquetado	1	Pegado de etiqueta en luminaria.
	14	Préstamo proyector	1	Préstamo de proyector para eventos, previo a una solicitud de la comunidad o institución.
	15	Préstamo proyector con acometida	2	Préstamo de proyector que requiere acometida para eventos, previo a una solicitud de la comunidad o institución.
	16	Retiro de proyector	1	Retiro de proyector, utilizado para eventos de la comunidad.
	17	Retiro de proyector con acometida	2	Retiro de proyector con acometida superior a los 6 metros, utilizado para eventos de la comunidad.
Postes y mástiles	18	Hincada	9	Instalación de poste incluye transporte, apertura de hueco e hincada.
	19	Aplome	3	Estabilización de poste.
	20	Reubicación	12	Incluye retiro de poste a través de excavación o corte, transporte, apertura de hueco e hincada.
	21	Corte	3	Corte de poste.
	22	Apertura De Hueco	3	Apertura de hueco.
	23	Transporte	3	Transporte de poste.
	24	Etiquetado	1	Pintar o pegar código de poste según recomendaciones.
	25	Retiro	9	Retiro de poste incluye transporte, tapado de hueco o corte.
Redes	26	Adecuación, cambio y mantenimiento de redes	1	La equivalencia se calcula según el tiempo dedicado (1 actividad equivale a 20 minutos).
	27	Acometida	2	Instalación de acometida.
Equivalencias	28	Desplazamiento	6	Desplazamiento a lugares lejanos para realizar mantenimiento de luminarias.

29	Actividad fallida	1	Actividad que no se pudo realizar por diferentes factores. Debe estar soportada con registro fotográfico.
30	Préstamo Cuadrilla	1	Actividades de apoyo a la administración del Municipio de Pasto, la equivalencia se calcula según el tiempo dedicado (1 actividad equivale a 20 minutos).
31	Alumbrado Navideño	1	Según el tiempo dedicado (1 actividad equivale a 20 minutos).
32	Marcación nocturna	1	Recorrido nocturno para identificación de luminarias apagadas, según el tiempo dedicado (1 actividad equivale a 20 minutos).
33	Capacitación	1	Capacitación brindada por SEPAL S.A., direccionada a mejorar el servicio y actividades; se calculan según el tiempo dedicado (1 actividad equivale a 20 minutos).
34	Visita técnica	1	Según el tiempo dedicado (1 actividad equivale a 20 minutos).