



**EnelZone Viewer: Aplicativo de Visualización de Características de las Zonas de
Distribución de Energía Eléctrica para Enel Colombia**

Alejandro González Piedrahita

Informe de práctica presentado para optar al título de Ingeniero Energético

Modalidad de Práctica

Semestre de Industria o Práctica Empresarial

Seleccione tipo de orientador(es)

Javier Alejandro Jaramillo Arango, Doctor (PhD) en Sistemas Energéticos

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Energética

El Carmen de Viboral, Antioquia, Colombia

2025

Cita	González Piedrahita [1]
Referencia Estilo IEEE (2020)	[1] González Piedrahita, “EnelZone Viewer: Aplicativo de Visualización de Características de las Zonas de Distribución de Energía Eléctrica para Enel Colombia” Informe de práctica, Ingeniería Energética, Universidad de Antioquia El Carmen de Viboral, Antioquia, Colombia, 2025.



Biblioteca Seccional Oriente (El Carmen de Viboral)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.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 Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Este proyecto de grado está dedicado, en primer lugar, a mi familia, que ha sido mi pilar y fuente de fuerza constante a lo largo de este camino. Su apoyo incondicional y su amor inquebrantable han sido mi motor en los momentos más difíciles. A través de sus sacrificios, consejos y la confianza que siempre han depositado en mí, me han enseñado el verdadero significado de la perseverancia, la unidad y el amor incondicional. Cada uno de ellos ha sido esencial para que hoy pueda ver materializado este logro, y este proyecto es, en gran medida, el reflejo de su apoyo constante.

A mi yo de hace unos años, que veía este logro como un sueño lejano e inalcanzable, quiero dedicarle este trabajo como un recordatorio de que las dificultades no son obstáculos insuperables, sino oportunidades para crecer. Este proyecto es testimonio de que, con esfuerzo, determinación y fe en uno mismo, todo es posible. Aquello que en algún momento parecía una meta lejana hoy se ha convertido en un logro tangible, y este es el resultado de no rendirse nunca, por más grandes que fueran los retos.

Finalmente, a quienes siempre creyeron en mí, incluso cuando las dudas y la incertidumbre parecían ser más fuertes. Su confianza y apoyo han sido la base sobre la cual he edificado este logro, y por ello les dedico este trabajo con todo mi corazón.

Agradecimientos

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía y fortaleza durante este camino. Su presencia me ha dado sabiduría y esperanza en los momentos más desafiantes, iluminando cada paso hacia la realización de este logro.

A mi familia, que con su amor incondicional y apoyo constante ha sido mi mayor motor. Gracias por estar siempre a mi lado, brindándome su confianza y enseñándome el verdadero significado de la perseverancia y la unión. También agradezco a mis compañeros y maestros de la Universidad de Antioquia, quienes, con su conocimiento y orientación, contribuyeron a mi formación académica y profesional.

Finalmente, agradezco a Enel Colombia por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto en un entorno enriquecedor, brindándome herramientas valiosas para mi crecimiento profesional. Y a todos aquellos que creyeron en mí y me apoyaron de diversas formas, este logro también les pertenece.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN	12
II. OBJETIVOS	13
A. Objetivo general	13
B. Objetivos específicos	13
III. MARCO TEÓRICO	14
1. Calidad del servicio de distribución: Resolución CREG 015 de 2018	14
2. Integración de Datos Geográficos, Demográficos y Eléctricos	18
3. Herramientas de Visualización y Análisis de Datos: Power BI	19
4. Gestión de Bases de Datos y Consultas (Query).....	21
IV. METODOLOGÍA	22
1. Recopilación y Análisis de Información	23
1.1 Fuentes de información.....	24
1.2 Organización de los datos	25
2. Diseño y Desarrollo del Aplicativo	25
2.1 Backend.....	26
2.2 Frontend	26
3. Pruebas y Validación.....	28
4. Seguimiento y Mantenimiento	28
5. Creación de un Archivo Guía para la Actualización del Aplicativo	29
V. ANÁLISIS DE RESULTADOS	29

1. Inicio.....	30
2. Capa Geográfica.....	31
3. Capa Eléctrica	33
4. Capa Demográfica.....	34
5. Capa Administrativa.....	35
6. Capa de Indicadores	36
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
REFERENCIAS	39

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Diagrama de árbol del proyecto.....	23
Fig. 2. Inicio.....	31
Fig. 3. Diccionario de Términos.	31
Fig. 4. Capa de Geográfica.....	32
Fig. 5. Clima Típico mensual.....	32
Fig. 6. Capa Eléctrica y ejemplo de selección de un punto.	33
Fig. 7. Fallas y ejemplo de selección de un punto.	34
Fig. 8. Demografía y pop-up.....	35
Fig. 9. Capa Administrativa y pop-up.....	36
Fig. 10. Centros de servicio y Bodegas con sus pop-ups.....	36
Fig. 11. Capa INDICADORES y pop-up.....	37

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

SAIDI	System Average Interruption Duration Index
SAIFI	System Average Interruption Frequency Index
DIU	Duración de Interrupciones percibida por el Usuario en un año
FIU	Frecuencia de Interrupciones percibida por el Usuario en un año
DIUG	Duración de Interrupciones percibida por el Usuario en un año garantizada
FIUG	Frecuencia de Interrupciones percibida por el Usuario en un año garantizada
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas
IRF	Índice de Riesgo de Falla
JSON	JavaScript Object Notation
GEOJSON	JavaScript Object Notation (JSON) + Geographic
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
SIG	Sistema de Información Geográfica
MOE 1	Móvil de atención de emergencias de 1 persona
MOE 2	Móvil de atención de emergencias de 2 personas
SDL	Sistema de Distribución Local
OR	Operador de Red
GUI	Interfaz Gráfica de Usuario
PM&C	Performance Management and Control

RESUMEN

El desarrollo de este proyecto tuvo como finalidad la creación de un aplicativo para Enel Colombia, orientado a facilitar la visualización y gestión de las características geográficas, demográficas, eléctricas y administrativas de las zonas de distribución del sistema eléctrico en Bogotá y Cundinamarca. Este aplicativo centraliza información crítica, permitiendo un acceso ágil a datos clave, lo que contribuye a una mayor comprensión de las particularidades y retos de las diferentes áreas de distribución eléctrica. A través de un enfoque metodológico basado en el diseño de una herramienta interactiva, el aplicativo permite la visualización detallada de la ubicación de los eventos de fallas, lo que facilita su gestión mediante la integración con otras herramientas especializadas. La fase inicial de implementación se llevó a cabo en la Zona 8 (Zona Norte Occidente de Cundinamarca), seleccionada por su complejidad, con la intención de escalar posteriormente el aplicativo a las demás zonas del sistema de distribución.

Los resultados obtenidos durante la implementación demostraron la utilidad y pertinencia del aplicativo para optimizar el acceso a la información y apoyar la toma de decisiones informadas. Las conclusiones del proyecto evidencian la utilidad del sistema como una herramienta estratégica para la gestión de eventos de fallas, con proyecciones de expansión que buscan aportar a la gestión de fallas del sistema de distribución y mejorar la calidad del servicio.

***Palabras clave* — Gestión de fallas, Distribución eléctrica, Visualización de zonas, SAIDI, SAIFI, Calidad del servicio.**

ABSTRACT

This project aimed to develop an application for Enel Colombia aimed at facilitating the visualization and management of the geographical, demographic, electrical, and administrative characteristics of the distribution areas of the electrical system in Bogotá and Cundinamarca. This application centralizes critical information, enabling quick access to key data, thereby contributing to a better understanding of the particularities and challenges of the different electrical distribution areas. Through a methodological approach based on the design of an interactive tool, the application allows for the detailed visualization of the location of fault events, facilitating their management through integration with other specialized tools. The initial phase of implementation was carried out in Zone 8 (Northwest Zone of Cundinamarca), selected due to its complexity, to scale the application to other areas of the distribution system in the future.

The results obtained during the implementation demonstrated the utility and relevance of the application in optimizing information access and supporting informed decision-making. The project's conclusions highlight the system's usefulness as a strategic tool for fault event management, with expansion projections aimed at contributing to managing faults in the distribution system and improving service quality.

***Keywords* — Fault Management, Electrical Distribution, Zone Visualization, SAIDI, SAIFI, Service Quality.**

I. INTRODUCCIÓN

Enel Colombia, una de las principales empresas de distribución de energía eléctrica en el país, atiende a más de 3.950.000 usuarios en Bogotá y Cundinamarca [1], regiones caracterizadas por alta demanda y diversidad geográfica. Como parte de Enel Group [2], la compañía combina sostenibilidad, innovación y eficiencia para superar los retos asociados con la gestión de su red de distribución, que abarca 11 zonas operativas diferenciadas. Estas zonas permiten individualizar la gestión según las características específicas de cada región, optimizando recursos y operaciones.

La práctica profesional se llevó a cabo en el área de **Performance Management and Control**, encargada de garantizar el cumplimiento de la regulación sobre calidad del servicio eléctrico, establecida por la Resolución CREG 015 de 2018 [3]. Este equipo tiene la responsabilidad de calcular y supervisar indicadores clave como SAIDI y SAIFI, fundamentales para evaluar y mejorar la calidad del servicio prestado a los usuarios. La práctica representó una oportunidad valiosa para aplicar conocimientos académicos y desarrollar habilidades prácticas, enfrentando retos reales en un entorno profesional de alta calidad y colaborando con equipos multidisciplinarios.

En esta área, uno de los principales problemas radica en la dispersión de la información relevante para el análisis y monitoreo de indicadores clave de desempeño. Los datos suelen encontrarse almacenados en múltiples fuentes, lo que dificulta la integración y centralización necesaria para realizar evaluaciones completas y precisas. Esto genera ineficiencias en el acceso, la interpretación de la información y la capacidad para identificar rápidamente áreas críticas que requieran atención. Además, la complejidad en la visualización de estos datos puede limitar su utilidad para los empleados y equipos responsables de tomar decisiones estratégicas y operativas.

En este contexto, el proyecto desarrollado tuvo como objetivo centralizar información clave sobre las 11 zonas de distribución en un aplicativo que facilite la visualización y gestión de datos geográficos, demográficos, eléctricos y administrativos. Este sistema permitiría a los equipos

operativos comprender mejor las características de cada zona, mejorando la toma de decisiones ante eventos de fallas y optimizando la asignación de recursos.

Se pretende que la herramienta integre filtros avanzados para analizar eventos y calcular indicadores, ofreciendo una visualización detallada de las fallas y su impacto. Lo que representaría un avance significativo en la modernización de los procesos operativos y establecería una base sólida para la gestión de la calidad del servicio de energía eléctrica prestado por Enel Colombia.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Desarrollar e implementar un aplicativo que integre y centralice información geográfica, demográfica, eléctrica y administrativa de las zonas del sistema de distribución de energía de Enel Colombia, ubicadas en Bogotá y Cundinamarca, con el propósito de mejorar la gestión de los eventos de fallas en la red eléctrica, facilitar el cálculo de los indicadores de calidad del servicio y ampliar el conocimiento de los empleados sobre las características y dificultades de cada zona.

B. Objetivos específicos

1. Recopilar información relevante en cuanto a características geográficas, demográficas, eléctricas y administrativas de las zonas de distribución de energía en Bogotá y Cundinamarca.
2. Diseñar e implementar una base de datos que almacene y organice la información recopilada de manera eficiente y estructurada.
3. Desarrollar una interfaz de usuario que permita a los equipos de operación y análisis acceder rápida y fácilmente a la información centralizada.
4. Integrar el aplicativo con los sistemas actuales utilizados en la gestión de la red eléctrica y en el cálculo de indicadores de calidad, asegurando la compatibilidad y la sincronización de datos.

5. Probar y validar el aplicativo en situaciones de gestión de eventos de fallas y cálculo de indicadores de calidad, realizando ajustes y mejoras según los resultados obtenidos.
6. Crear un archivo guía para la actualización del aplicativo, que detalle las fuentes de información, formatos requeridos y procedimientos para asegurar la continuidad y compatibilidad del proyecto en el futuro.

III. MARCO TEÓRICO

El desarrollo del proyecto "**EnelZone Viewer: Aplicativo de Visualización de Características de las Zonas de Distribución de Energía Eléctrica para Enel Colombia**" se fundamenta en diversas ramas y enfoques tecnológicos que permiten abordar los retos específicos de la red de distribución eléctrica de Enel Colombia en Bogotá y Cundinamarca. Entre las áreas clave destacan la regulación colombiana en cuanto a calidad del servicio de distribución de energía eléctrica (Resolución CREG 015 de 2018), la integración de datos geográficos en formatos JSON y GeoJSON, la visualización y el análisis de datos (Power BI), la gestión de bases de datos y consultas (Query) y el fortalecimiento del conocimiento organizacional.

1. Calidad del servicio de distribución: Resolución CREG 015 de 2018

La calidad del servicio eléctrico es un aspecto crítico tanto para los usuarios como para los operadores de red. Un servicio confiable y continuo no solo mejora la satisfacción del cliente, sino que también respalda el crecimiento económico y la estabilidad del sistema eléctrico [4]. Por ello, el cumplimiento de los estándares regulatorios y la implementación de herramientas para monitorear y mejorar la calidad del servicio son prioridades para Enel Colombia.

La Resolución CREG 015 de 2018 [3] establece el marco normativo para la medición de la calidad del servicio en las redes de distribución eléctrica en Colombia. Esta resolución define una serie de indicadores clave para medir la calidad del servicio, entre ellos SAIDI (Índice de Duración Promedio de Interrupción del Sistema), SAIFI (Índice de Frecuencia Promedio de Interrupción del Sistema), DIU (Duración de Interrupciones percibida por el usuario en un año) y FIU (Frecuencia

de Interrupciones percibida por el usuario en un año), los cuales son fundamentales para el análisis del desempeño de la red de distribución. Estos indicadores son esenciales para medir la duración y frecuencia de las interrupciones en el servicio, y su análisis permite identificar áreas críticas y evaluar la eficiencia de las redes de distribución [5].

En este contexto, la CREG mediante la Resolución 015 de 2018 establece las condiciones para la exclusión de eventos atípicos, que pueden afectar los resultados de los indicadores de calidad. La normativa también detalla los criterios para la exclusión de eventos atípicos, lo que permite a las empresas solicitar que ciertos eventos no se incluyan en el cálculo de los indicadores de calidad. Esto es crucial para evitar penalizaciones injustas y reflejar un desempeño más preciso de las redes. Según esta normativa, los eventos se clasifican en dos categorías principales:

- **Eventos no programados:** Aquellos que no fueron planificados por el OR (Operador de Red) y que ocurren debido a circunstancias imprevistas, como fallas técnicas o desastres naturales.
- **Eventos programados:** Son planificados por el OR con el objetivo de realizar actividades como expansiones, remodelaciones, ampliaciones, reposiciones, mejoras, mantenimientos preventivos y/o correctivos. Estos eventos deben ser comunicados con antelación a los usuarios afectados.

En la resolución también se definen los grupos de calidad, como zonas geográficas que comparten características comunes en términos de riesgo de fallas en los circuitos eléctricos, debido a factores como el clima, la topografía y la ruralidad. Estas zonas se clasifican en tres niveles de ruralidad (urbano con más de 100.000 habitantes, urbano con menos de 100.000 habitantes, y rural) y se asignan a grupos de riesgo de falla según el índice IRF, que evalúa factores como precipitaciones, altitud, y la probabilidad de tormentas eléctricas. Estos grupos permiten enfocar los esfuerzos de mejora en las áreas más vulnerables de la red de distribución. El área de Performance Management and Control de Enel Colombia recolecta la información de todos los grupos (11 zonas para el caso de Enel Colombia) sobre las interrupciones del servicio eléctrico y realiza el cálculo de los indicadores. Este proceso incluye:

- **Identificación de eventos:** Registro detallado de las interrupciones, especificando su naturaleza (programada o no programada) y su impacto en los usuarios.
- **Aplicación de filtros:** Uso de criterios definidos por la normativa para excluir eventos atípicos.
- **Cálculo matemático:** Utilización de fórmulas estándar para determinar la duración y frecuencia promedio de las interrupciones por usuario. La metodología para el cálculo matemático de los indicadores se presenta a continuación:

- **SAIDI (System Average Interruption Duration Index):** Representa la duración total en horas de los eventos que en promedio percibe cada usuario del SDL (sistema de Distribución Local) de un OR, hayan sido o no afectados por un evento, en un período anual [3]. Se calcula mediante la ecuación 1:

$$SAIDI_{j,t} = \sum_{m=1}^{12} \frac{\sum_{i=1}^n (D_{i,u,m} * NU_{i,u,m})}{UT_{j,m}} / 60 \quad (1)$$

Donde:

$SAIDI_{j,t}$: Indicador de duración promedio por usuario, de los eventos sucedidos en el SDL del OR j , durante el año t , medido en horas al año.

$D_{i,u,m}$: Duración en minutos del evento i , sucedido durante el mes m , que afectó al activo u perteneciente al SDL del OR j .

$NU_{i,u,m}$: Número de usuarios que fueron afectados por el evento i sucedido durante el mes m , conectados al activo u .

$UT_{j,m}$: Número total de usuarios conectados al SDL del OR j en el mes m .

m : Mes del año t , con enero = 1, ..., diciembre =12.

- **SAIFI (System Average Interruption Frequency Index):** El indicador SAIFI representa la cantidad total de los eventos que en promedio perciben todos los usuarios del SDL de un OR, hayan sido o no afectados por un evento, en un período anual [3]. Se calcula mediante la ecuación 2:

$$SAIFI_{j,t} = \sum_{m=1}^{12} \frac{\sum_{i=1}^n NU_{i,u,m}}{UT_{j,m}} \quad (2)$$

Donde:

$SAIFI_{j,t}$:	Indicador de frecuencia promedio por usuario, de los eventos sucedidos en el SDL del OR j , durante el año t , medido en cantidad al año.
$NU_{i,u,m}$:	Número de usuarios que fueron afectados por el evento i sucedido durante el mes m , por encontrarse conectados al activo u .
$UT_{j,t}$:	Número total de usuarios conectados al SDL del OR j en el mes m .
m :	Mes del año t , con enero = 1, ..., diciembre =12.

- **DIU (Duración de Interrupciones por Usuario):** El indicador DIU representa la duración total de los eventos que percibe cada usuario del SDL de un OR (Operador de Red) en un período anual [3]. Se establece mediante las ecuaciones 3 y 4:

$$DIU_{u,n,q,m} = \sum_{ma=m-11}^m DIUM_{u,n,q,ma} \quad (3)$$

$$DIUM_{u,n,q,m} = \sum_{i=1}^{IT} D_{i,u,n,q,m} \quad (4)$$

Donde:

$DIU_{u,n,q,m}$:	Duración total acumulada en horas de los eventos percibidos por el usuario u , conectado al nivel de tensión n y que pertenece al grupo de calidad q , en un periodo de doce meses que termina en el mes m de evaluación.
$DIUM_{u,n,q,m}$:	Duración en horas de todos los eventos percibidos por el usuario u , conectado al nivel de tensión n y que pertenece al grupo de calidad q , durante el mes m de evaluación.
$D_{i,u,n,q,m}$:	Duración en horas del evento i que afectó al usuario u conectado al nivel de tensión n que pertenece al grupo de calidad q durante el mes m .
IT :	Número total de eventos sucedidos en el mes m .

- **FIU (Frecuencia de Interrupciones por Usuario):** El indicador FIU representa la cantidad total de eventos que percibe cada usuario del SDL de un OR en un período anual. Se establece mediante las ecuaciones 5 y 6:

$$FIU_{u,n,q,m} = \sum_{ma=m-11}^m FIUM_{u,n,q,ma} \quad (5)$$

$$FIUM_{u,n,q,m} = \sum_{i=1}^{IT} F_{i,u,n,q,m} \quad (6)$$

Donde:

- $FIU_{u,n,q,m}$: Número total acumulado de eventos percibidos por el usuario u conectado al nivel de tensión n y que pertenece al grupo de calidad q, en un periodo de doce meses que termina en el mes m de evaluación.
- $FIUM_{u,n,q,m}$: Número total de eventos percibidos por el usuario u, conectado al nivel de tensión n y que pertenece al grupo de calidad q, durante el mes m de evaluación.
- $F_{i,u,n,q,m}$: Evento i que afectó al usuario u conectado al nivel de tensión n, que pertenece al grupo de calidad q, durante el mes m.

La regulación establece además metas de indicadores de calidad mínima anual garantizada DIUG y FIUG, los cuales permiten la aplicación del esquema de compensaciones. Un "Cliente 360" es aquel que experimenta interrupciones que superan los límites establecidos para los indicadores DIUG y FIUG, es decir, más de 360 horas de interrupciones o más de 360 eventos de interrupción al año. Estos clientes son identificados como prioritarios para recibir atención especial debido a la frecuencia y duración de los cortes de energía que experimentan. La identificación de los Clientes 360 es crucial para implementar acciones correctivas que aseguren el cumplimiento de los estándares de calidad y mejorar la satisfacción de los usuarios más afectados.

La integración de estos indicadores dentro del aplicativo "**EnelZone Viewer**" es esencial para garantizar el alineamiento con la normativa vigente y para proporcionar información precisa y actualizada sobre el desempeño de la red eléctrica. Esto permite a los operadores de la red gestionar los eventos de fallas de manera más eficiente, lo que se traduce en un mejor servicio para los clientes.

2. Integración de Datos Geográficos, Demográficos y Eléctricos

El éxito del proyecto "EnelZone Viewer" depende en gran medida de la integración eficiente de diferentes tipos de datos, entre los que se incluyen datos geográficos, demográficos y eléctricos. La utilización de JSON y GeoJSON facilita la organización y almacenamiento de

grandes cantidades de información geoespacial de manera estructurada y accesible, lo cual es fundamental para la gestión eficiente de la red de distribución eléctrica.

JSON (JavaScript Object Notation) es un formato estándar utilizado para representar datos estructurados. Este formato es ampliamente utilizado debido a su legibilidad y facilidad de integración con diferentes tecnologías [6]. Se utiliza para almacenar datos clave sobre las características eléctricas y administrativas de las zonas de distribución.

GeoJSON es una extensión de JSON diseñada específicamente para representar datos geográficos. Este formato facilita la integración de información geoespacial, como puntos, líneas y polígonos, lo que es crucial para visualizar la ubicación precisa de las zonas de distribución eléctrica. Según el uso de GeoJSON en aplicaciones de análisis espacial, permite representar de manera efectiva las áreas de servicio y las zonas críticas de la red eléctrica, lo que facilita la toma de decisiones informadas sobre la gestión de fallas y el mantenimiento de la infraestructura [7].

Además, la integración de GIS (Sistemas de Información Geográfica) dentro del aplicativo permite un análisis espacial más profundo, lo que facilita la visualización y manipulación de los datos geoespaciales [8] relacionados con la red de distribución eléctrica. Los sistemas GIS permiten superponer diferentes capas de datos geográficos y realizar análisis espaciales avanzados, lo que contribuye a la identificación rápida de zonas críticas y áreas afectadas por fallas, optimizando la respuesta operativa.

Esta integración de datos geoespaciales dentro del aplicativo permitirá a los operadores y analistas identificar rápidamente las zonas de falla en la red y gestionar de manera más eficiente las interrupciones del servicio.

3. Herramientas de Visualización y Análisis de Datos: Power BI

La visualización de datos es esencial en la gestión de la red eléctrica, ya que transforma grandes volúmenes de datos complejos en representaciones visuales comprensibles, facilitando la toma de decisiones y mejorando la eficiencia operativa. La adopción de herramientas avanzadas

como Power BI es crucial para presentar estos datos de manera clara y accesible, permitiendo a los operadores tener una visión integral y en tiempo real de las condiciones de la red.

Power BI es una herramienta de visualización de datos desarrollada por Microsoft, que destaca por su facilidad de uso, flexibilidad y capacidad para generar dashboards interactivos y personalizados. Estas representaciones visuales permiten analizar grandes cantidades de información de manera rápida y eficiente, optimizando la toma de decisiones. Una de sus principales ventajas es la capacidad de integrar múltiples fuentes de datos, lo que incluye bases de datos, servicios en la nube y datos geoespaciales. Esta integración es fundamental para las redes de distribución eléctrica, ya que permite combinar datos operativos con información geográfica y otros factores relevantes en un solo entorno visual [9].

La posibilidad de incluir información geoespacial en Power BI mejora considerablemente la visualización de los datos, ya que permite representar no solo los indicadores de calidad del servicio, sino también la localización precisa de las fallas y las áreas afectadas. Esto es particularmente valioso para los operadores, quienes pueden identificar rápidamente las zonas críticas y gestionar las interrupciones de manera más eficiente. Además, la capacidad de visualización geoespacial permite realizar análisis detallados sobre la ubicación de los problemas en la red, facilitando la asignación de recursos para la reparación y mantenimiento de forma estratégica [10].

La integración de Power BI en la gestión de redes eléctricas no solo mejora la capacidad de respuesta ante incidentes, sino que también facilita la evaluación continua del desempeño de la red y la identificación de áreas que requieren mejoras. Esto ayuda a optimizar el uso de los recursos, mejorando la eficiencia general y garantizando un servicio de mayor calidad para los usuarios finales. En resumen, Power BI se ha consolidado como una herramienta clave para la visualización y el análisis de datos operativos en tiempo real, siendo fundamental para la mejora continua de la gestión de redes eléctricas y la optimización de los servicios [10].

4. *Gestión de Bases de Datos y Consultas (Query)*

La gestión eficiente de bases de datos es fundamental para garantizar que la información esté organizada y sea accesible para los usuarios. El uso de bases de datos estructuradas permitirá almacenar de manera ordenada los datos relacionados con la red eléctrica, los usuarios y los indicadores de calidad del servicio.

Power Query es una herramienta de Microsoft que facilita la recopilación, transformación y carga de datos desde diversas fuentes hacia plataformas como Power BI, Excel y otros sistemas de análisis [11]. A través de su interfaz intuitiva, Power Query permite realizar operaciones de transformación de datos sin necesidad de escribir código complejo, lo que hace que sea accesible incluso para usuarios sin experiencia técnica avanzada.

Una de sus principales ventajas es su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos y realizar transformaciones en tiempo real, lo que lo convierte en una herramienta clave para la optimización del análisis de datos operativos. Permite integrar y limpiar datos, lo que facilita su análisis posterior y mejora la toma de decisiones. Gracias a sus funciones de filtrado, combinación y modelado de datos, Power Query es útil en contextos como el análisis de áreas de servicio y zonas críticas en redes eléctricas, permitiendo una representación más precisa y eficiente de los datos geoespaciales [12], su integración con Power BI lo convierte en una solución potente para la visualización de datos, permitiendo a los usuarios acceder a información actualizada y procesada, mejorando la capacidad de respuesta ante situaciones críticas. Con estas características, Power Query se presenta como una herramienta fundamental en aplicaciones de análisis espacial y la optimización de la gestión de redes y otros sistemas complejos.

5. *Conocimiento Organizacional y Aprendizaje*

El proyecto "EnelZone Viewer" también tiene un fuerte enfoque en el conocimiento organizacional. A través de la centralización de información, los empleados de Enel Colombia podrán acceder a datos clave sobre la red eléctrica, mejorando su conocimiento sobre las

características y dificultades de las diferentes zonas del sistema de distribución. Esto contribuirá a una toma de decisiones más informada y a una gestión más eficiente de los eventos de fallas.

El aprendizaje organizacional en este contexto se refiere al proceso mediante el cual una organización, como Enel Colombia, mejora su capacidad para tomar decisiones y gestionar eficientemente sus operaciones a través de la centralización, integración y uso del conocimiento acumulado dentro de la empresa [13]. Al centralizar la información clave sobre la red eléctrica, el proyecto EnelZone Viewer facilita el acceso a datos críticos, lo que permite a los empleados adquirir un mayor entendimiento sobre las características y los desafíos específicos de las diferentes zonas del sistema de distribución. Este enfoque promueve la toma de decisiones más informada y una gestión más eficiente, contribuyendo al crecimiento del conocimiento colectivo y mejorando la respuesta ante situaciones operativas [14].

IV. METODOLOGÍA

El desarrollo del aplicativo EnelZone Viewer para la gestión de eventos de fallas en la red de distribución eléctrica de Enel Colombia se llevó a cabo mediante un enfoque estructurado, que abarcó desde la planificación inicial hasta su implementación y seguimiento. Este enfoque permitió abordar los desafíos técnicos y operativos del proyecto, asegurando la integración adecuada de datos provenientes de diversas fuentes externas e internas, como estadísticas poblacionales del DANE, mapas geográficos en formatos JSON y GeoJSON, datos de transformadores y cálculos diarios de indicadores como SAIDI y SAIFI realizados por el equipo de Performance Management and Control de Enel Colombia.

El diseño del aplicativo incluyó un backend optimizado mediante Power Query para automatizar la actualización de datos cargados, y un frontend interactivo dividido en capas temáticas que facilitan la navegación y el acceso a información clave. Tras una validación inicial en la Zona 8, el sistema fue implementado y ajustado con base en retroalimentación de los usuarios, estableciendo una base sólida para su escalabilidad y mejora continua. Este desarrollo garantiza que EnelZone Viewer cumpla con los objetivos del equipo, brindando una herramienta eficiente y

alineada con las necesidades operativas del área. En la Fig. 1 se presenta el diagrama de árbol del proyecto, donde se muestra la estructura que se implementó en el aplicativo. En cada una de las capas se presenta el mapa de Bogotá y Cundinamarca con las zonas de Enel Colombia, las cuales están compuestas por municipios y a su vez por las provincias que son un grupo de municipios o localidades (para el caso de Bogotá). Para cada municipio se presentan los datos como se muestra en el diagrama.

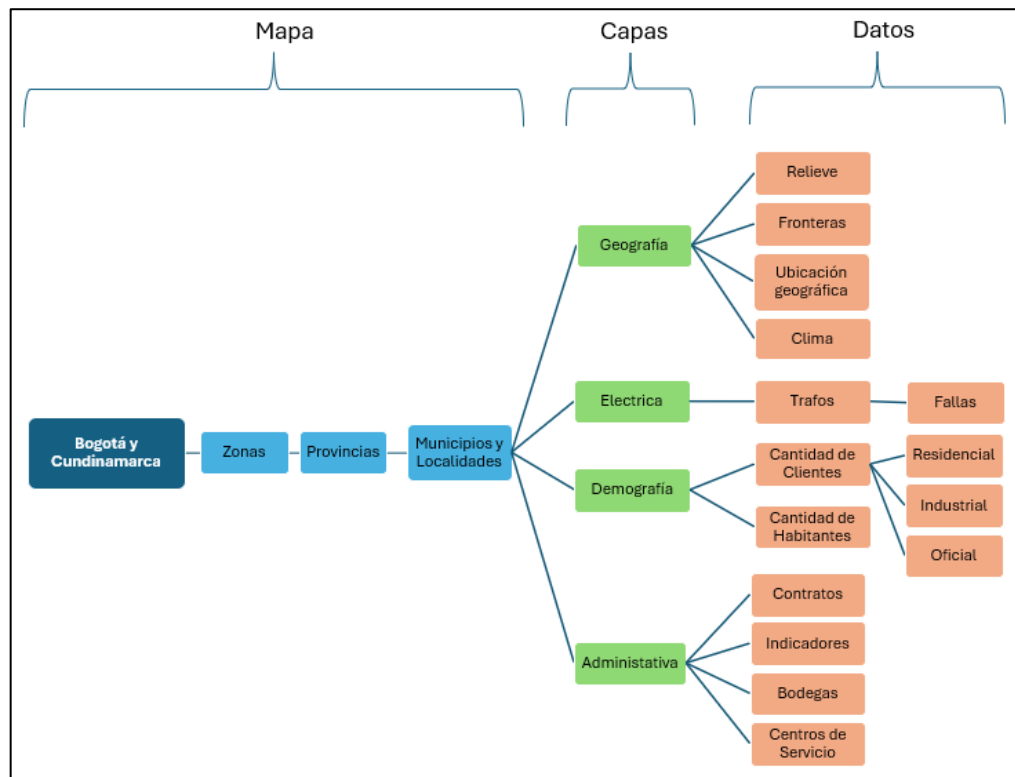


Fig. 1. Diagrama de árbol del proyecto.

A continuación, se presenta de una forma más detallada la metodología implementada.

1. Recopilación y Análisis de Información

La fase inicial consistió en la obtención y organización de toda la información necesaria para el desarrollo del aplicativo. Este proceso fue esencial para garantizar que los datos fueran precisos, actualizados y relevantes para las necesidades del área.

1.1 Fuentes de información

Se utilizaron diversas fuentes internas y externas para recopilar los datos:

- **Transformadores:** Los datos relacionados con los transformadores se obtuvieron de los formatos TC1 [1] y TC2 [15], empleados regularmente en el área para la actualización del número de clientes y transformadores. Estos formatos incluyen información detallada, como la ubicación geográfica precisa con coordenadas, el número de clientes conectados por transformador, el tipo de usuario (residencial, comercial, industrial, alumbrado público, oficial), la subestación y el circuito asociado.
- **Indicadores:** Los indicadores se calculan diariamente por el equipo de calidad Performance Management and Control siguiendo la metodología establecida en la regulación CREG 015 de 2018 [3]. Estos cálculos se realizan a partir de bases de datos internas, utilizadas constantemente por el equipo, asegurando precisión y cumplimiento normativo.
- **Demografía:** La información poblacional se obtuvo del DANE, utilizando datos del censo 2018 proyectados al 2024 [16]. Esto incluyó datos de densidad poblacional, cantidad de habitantes y el área superficial en kilómetros cuadrados de los municipios y localidades.
- **Geografía:** Los mapas se obtuvieron de fuentes web en formatos JSON y GeoJSON, que contenían información sobre fronteras municipales, relieve y otros aspectos geográficos. Se incorporaron datos históricos de clima (1991-2020) para la creación de visualizaciones del clima típico mensual. El mapa de los municipios de Cundinamarca se obtuvo de [17] y el de las localidades de Bogotá se obtuvo de [18].
- **Administrativa:** Los datos administrativos fueron proporcionados por las zonas operativas e incluyeron información sobre tipos de contratos, ubicación de bodegas y contactos clave para la exclusión de eventos. La información relacionada con los centros de servicio se obtuvo de [19].
- **Diccionario de términos:** Los términos técnicos y operativos se definieron con base en la regulación CREG 015 de 2018 [3] y con la colaboración de los miembros del área para incluir conceptos internos.

1.2 Organización de los datos

- **Generación de Archivos Estructurados para la Base de Datos del Proyecto:** Los datos que no contaban con un archivo previamente estructurado fueron tratados manualmente para generar nuevos archivos compatibles con la base de datos del proyecto. Este proceso incluyó la recopilación y organización de información sobre zonas operativas, como tipos de contratos, recursos móviles y centros de servicio. Se generaron tres archivos principales: uno exclusivo para la información de las bodegas, otro para los centros de servicio y la Matriz de Municipios, que consolidó datos clave como la cantidad de equipos MOE 1 y MOE 2 asignados a cada municipio, sus puntos de partida, el jefe de la zona, información de contacto y los tipos de contratos que se manejan. Este enfoque permitió organizar y visualizar la información de manera clara y accesible, al tiempo que tiene el potencial de optimizar la logística y distribución de recursos en las diferentes zonas operativas.
- **Estructuración y Automatización de Datos Existentes:** Los datos recopilados se organizaron y estructuraron en Power Query, utilizando herramientas avanzadas de transformación y limpieza para garantizar su compatibilidad con las funcionalidades previstas del aplicativo. Este proceso incluyó la normalización, consolidación y categorización de la información, permitiendo que los datos fueran integrados de manera eficiente en el sistema. Power Query también facilitó la automatización de tareas repetitivas, como actualizaciones y modificaciones de los datos, asegurando que estuvieran siempre listos para ser consultados y utilizados por los usuarios finales. Este enfoque no solo optimizó la interoperabilidad entre las diferentes capas del aplicativo, sino que también fortaleció la accesibilidad y precisión de la información, elementos esenciales para la gestión efectiva de eventos en la red de distribución eléctrica.

2. Diseño y Desarrollo del Aplicativo

El aplicativo se desarrolló en módulos, con una arquitectura dividida en capas, cada una diseñada para cumplir con funciones específicas.

2.1 Backend

Para el tratamiento de datos, se utilizó Power BI Query, lo que permitió diseñar un proceso automatizado eficiente. Los datos, provenientes de bases internas, se cargan en el sistema, y el Query de Power BI realiza automáticamente las modificaciones y actualizaciones necesarias para mantener la información actualizada cuando se cargan nuevos archivos. Este enfoque garantiza que los datos del aplicativo reflejen los cambios de las fuentes originales, sin necesidad de intervención manual, pero con actualizaciones realizadas cada vez que se cargan nuevos archivos.

2.2 Frontend

La capa de *Frontend* del aplicativo se desarrolló para ofrecer una experiencia de usuario intuitiva y eficiente, permitiendo a los empleados de Enel Colombia acceder fácilmente a la información y tomar decisiones basadas en datos visualmente comprensibles.

- **Interfaz Gráfica de Usuario (GUI):**

Se diseñó una interfaz sencilla, accesible y visualmente clara. Se organiza de manera que los usuarios pueden navegar entre las distintas capas y funcionalidades del aplicativo de forma fluida. En el menú principal se incluyen las capas de Geográfica, Eléctrica, Demográfica, Administrativa e Indicadores, cada una con un acceso rápido y directo a los submódulos específicos, como el Diccionario, los Climas Típicos Mensuales y los Indicadores de Calidad.

- **Mapas y Visualizaciones:**

En la capa Geográfica, se integraron mapas interactivos con visualización de fronteras municipales, relieve y ubicaciones geográficas clave como bodegas, centros de servicio y transformadores. Para una mejor comprensión del clima, se incluye un mapa de calor del Clima Típico Mensual, con datos históricos (1991-2020), visualizados por mes.

La capa Eléctrica incluye un mapa interactivo que permite a los usuarios visualizar la ubicación de fallas por municipio, transformador y nivel de tensión, proporcionando información crítica sobre la red eléctrica de Enel Colombia. Además, se incorpora un botón para buscar transformadores por código y mostrar sus fallas asociadas.

La capa Demográfica presenta gráficos interactivos sobre la cantidad de habitantes y clientes de Enel Colombia, con indicadores de densidad poblacional, permitiendo analizar los datos de forma más comprensible y visual.

La capa Administrativa, por su parte, organiza y presenta información esencial sobre las zonas operativas. Esta capa incluye la ubicación de bodegas y centros de servicio, con sus respectivas direcciones y ubicaciones geográficas. Además, proporciona datos de los contratos manejados por las zonas, el jefe de cada zona y los contactos responsables de la gestión de eventos, facilitando así una interacción más eficiente para la gestión administrativa.

- **Indicadores de Calidad:**

La capa Indicadores se considera la más importante, ya que muestra los indicadores de calidad como SAIDI y SAIFI, permitiendo filtrar y visualizar la información por meses, años y causas de las fallas. Además, permite la visualización por municipios y por ende por zonas y provincias. Se incorporaron gráficos interactivos para representar visualmente los indicadores de calidad, facilitando su interpretación.

En esta capa también se puede acceder a datos adicionales como los clientes afectados, los transformadores dañados y los clientes 360 (definidos en el proyecto).

- **Interacción y Usabilidad:**

Los botones, menús y enlaces fueron diseñados para ser fácilmente accesibles y permitir una navegación ágil, sin sobrecargar de información al usuario.

La funcionalidad de búsqueda dentro de las capas y la visualización de los datos se optimizó para garantizar que los usuarios puedan encontrar rápidamente la información que necesitan sin tener que navegar por múltiples secciones.

Se implementaron funcionalidades de filtros que permiten a los usuarios personalizar la visualización de datos y concentrarse en la información relevante para cada momento.

3. Pruebas y Validación

Las pruebas se realizaron en varias etapas para garantizar la funcionalidad del aplicativo, su integración con los sistemas existentes y su adecuación a las necesidades operativas del área.

- **Pruebas iniciales en la Zona 8:** Se implementó el aplicativo en la Zona 8, que presenta una alta complejidad operativa, con el objetivo de evaluar su desempeño en un entorno real y verificar que cumpliera con los requerimientos del área.
- **Sesiones de socialización y retroalimentación:** Tras la implementación inicial, se llevaron a cabo sesiones de socialización con los miembros del área para identificar posibles errores, áreas de mejora y ajustes necesarios en el aplicativo. Estas sesiones permitieron recoger comentarios valiosos para perfeccionar la herramienta.
- **Pruebas de actualización de archivos:** Durante el proceso, también se verificó que el aplicativo fuera compatible con la actualización de archivos y bases de datos, las cuales están en constante cambio y crecimiento. Se probó la actualización de los archivos fuente para asegurar que el sistema pudiera integrar nuevas versiones sin interrupciones en su funcionamiento.
- **Implementación y pruebas finales en todas las zonas:** Con las mejoras implementadas, el aplicativo se desplegó en todas las zonas, y se realizó una nueva presentación al equipo para asegurar que la solución final cumpliera con las expectativas y estuviera lista para su uso generalizado.

4. Seguimiento y Mantenimiento

-
- **Monitoreo continuo:** Se realizó un seguimiento constante del desempeño del aplicativo para evaluar su impacto en la gestión de eventos de fallas. Este monitoreo incluyó el análisis de la carga de datos y la precisión de los indicadores, lo que permitió identificar áreas de mejora y garantizar la efectividad operativa.
 - **Mejoras continuas:** Se establecieron reuniones de retroalimentación con los usuarios para recopilar sugerencias y mejorar el sistema. Las actualizaciones periódicas incorporaron nuevas funcionalidades y optimizaciones según las necesidades del área, manteniendo el aplicativo alineado con los procesos operativos y tecnológicos en constante evolución.
 - **Mantenimiento regular:** Se llevaron a cabo revisiones periódicas para garantizar que el sistema siguiera funcionando correctamente y fuera compatible con las actualizaciones de las bases de datos y software. Esto aseguró que el aplicativo estuviera disponible y operando de adecuadamente, incluso a medida que crecían los datos y usuarios.

5. Creación de un Archivo Guía para la Actualización del Aplicativo

Se desarrolló un archivo guía detallado para la actualización del aplicativo, el cual incluye todos los vínculos exactos y fuentes de donde se extrajo la información utilizada en el sistema. Este archivo también proporciona instrucciones claras sobre los formatos requeridos para cada tipo de dato, asegurando la compatibilidad con el aplicativo y su correcta integración en futuras actualizaciones. Además, se especifica cómo deben organizarse y estructurarse los archivos fuente para facilitar su carga y actualización sin problemas. Este documento tiene la finalidad de servir como una base operativa para la continuidad del proyecto dentro de Enel Colombia, permitiendo que cualquier persona encargada de actualizar el sistema en el futuro pueda realizarlo de manera eficiente y sin interrupciones en el flujo de datos, garantizando la consistencia y precisión del aplicativo a largo plazo.

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El desarrollo del EnelZone Viewer marcó un avance significativo en la gestión de eventos relacionados con la red de distribución eléctrica de Enel Colombia, transformando procesos clave y brindando herramientas innovadoras para mejorar la eficiencia operativa y estratégica. Este

aplicativo integró datos críticos en una interfaz amigable, estructurada en múltiples capas interactivas que facilitaron el análisis y la toma de decisiones. Su impacto se hizo especialmente evidente en el equipo de Performance Management and Control, al permitir un manejo más ágil y preciso de los indicadores de calidad, como SAIDI y SAIFI, y al centralizar la información relevante para la gestión de eventos.

A continuación, se detalla el análisis de los resultados obtenidos en cada capa del aplicativo y otros elementos clave que contribuyeron al éxito del proyecto:

Es importante señalar que todas las capas del aplicativo cuentan con la funcionalidad de filtrado por zona, provincia y municipio. Además, en aquellos casos donde sea aplicable, se puede filtrar por años y meses. Al ubicar el cursor sobre cualquier punto en el mapa, se mostrará información adicional relevante, que variará según la capa, como, por ejemplo, el nombre del municipio, la cantidad de habitantes, la ubicación exacta de los transformadores, o los detalles específicos de las fallas, entre otros datos clave. Asimismo, al hacer clic sobre un municipio, se activará un *zoom* que permitirá visualizar de manera más detallada esa área, mejorando la comprensión y facilitando la consulta de información relevante. Esta funcionalidad mejora la interacción y facilita el acceso a detalles específicos según el contexto.

1. Inicio

El inicio del aplicativo constituye la primera visual que tienen los usuarios, marcando el punto de entrada al sistema y dándoles la bienvenida con un pequeño texto explicativo sobre el propósito y las funcionalidades del EnelZone Viewer. Como se presenta en la **Fig. 2**, esta sección incluye un botón que conduce al Diccionario de Términos, ilustrado en la

Fig. 3, que permite a los usuarios comprender los conceptos técnicos y operativos esenciales. Esto facilitará la comprensión a personas que no están familiarizadas con la terminología específica del área. Su ubicación estratégica en el menú principal garantizó un acceso rápido y sencillo, permitiendo a los usuarios orientarse de manera eficiente desde el comienzo.

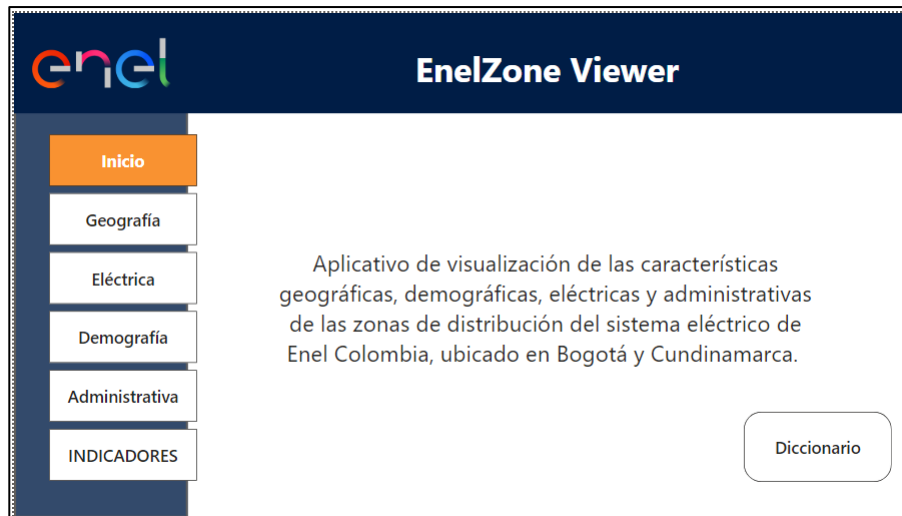


Fig. 2. Inicio



Fig. 3. Diccionario de Términos.

2. Capa Geográfica

La capa geográfica ofrece una visualización de la ubicación de los municipios y su relieve, proporcionando a los usuarios una visión general de las características de cada zona. Los mapas interactivos, como se muestra en la

Fig. 4, permiten observar las fronteras municipales y el relieve, lo que ayuda a entender mejor el entorno geográfico y sus posibles implicaciones para la gestión de la red eléctrica.

Al seleccionar el botón de Clima Típico Mensual, se presenta un mapa de calor que muestra las precipitaciones típicas de cada mes a lo largo del año (**Fig. 5**). Esta visualización histórica permite correlacionar los eventos de fallas con las variaciones estacionales en las precipitaciones, lo que es crucial para la planificación preventiva, ya que facilita la identificación de patrones climáticos que podrían afectar la operatividad del sistema eléctrico.

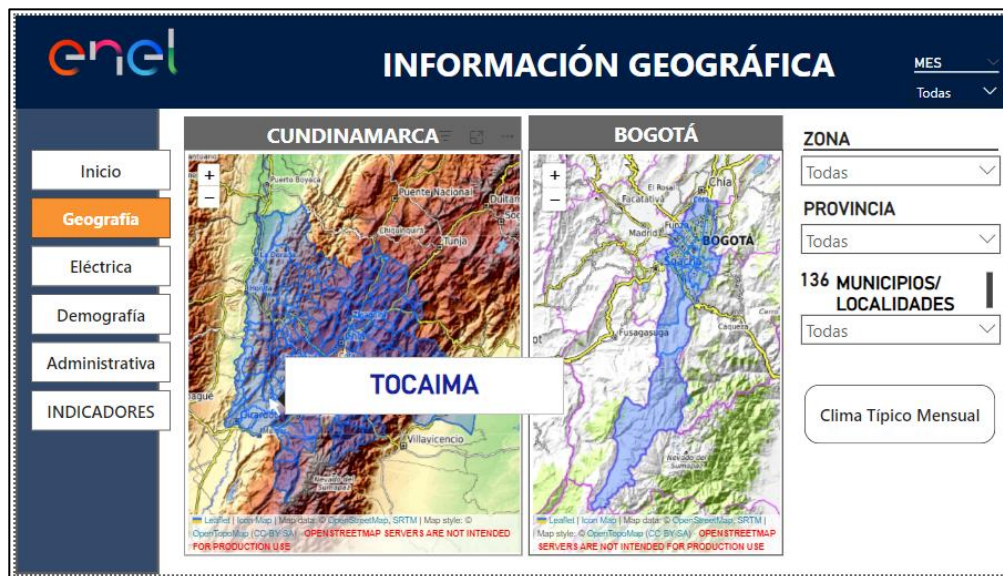


Fig. 4. Capa de Geográfica.

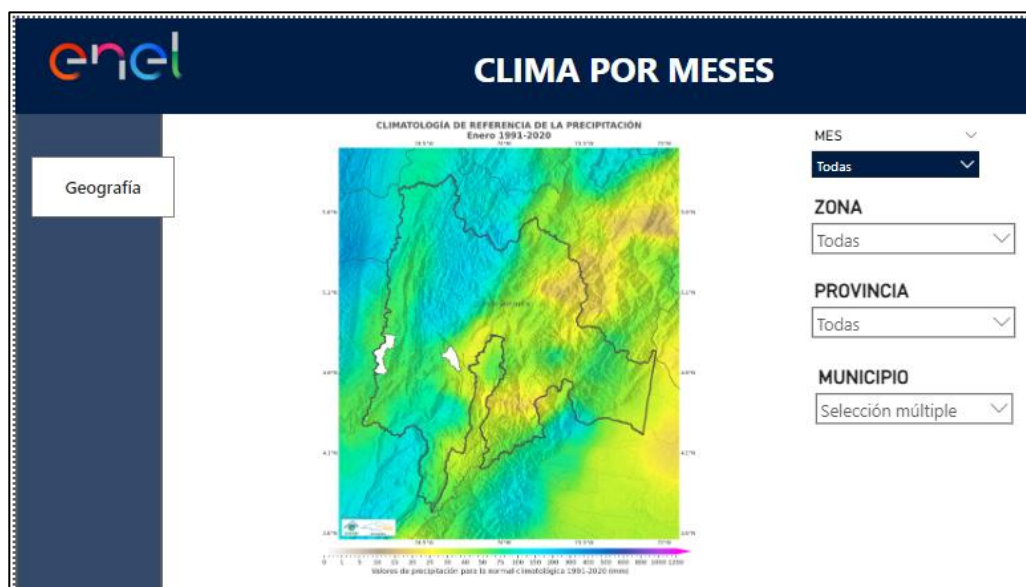


Fig. 5. Clima Típico mensual.

3. Capa Eléctrica

La capa eléctrica proporciona una visualización integral de la infraestructura de la red eléctrica, facilitando la localización de transformadores y la identificación de fallas mensuales. Esta capa permite filtrar la información por municipio, provincia, zona, nivel de tensión y tipo de falla, lo que ayuda a los usuarios a comprender mejor cómo se distribuye la infraestructura eléctrica. La información detallada sobre los transformadores se muestra en la **Fig. 6** y los eventos de fallas en la **Fig. 7**, a la que se accede mediante un botón en la capa eléctrica, es crucial para el análisis y la toma de decisiones. Los puntos amarillos que se muestran en la **Fig. 6** representan grupos de transformadores ubicados en un municipio. Al ubicar el cursor sobre uno de estos puntos, aparece un pop-up que muestra información básica del grupo de transformadores (municipio, código de transformador, propietario, usuarios y subestación). Al hacer clic sobre un punto, se revela un *zoom* detallado que permite visualizar la ubicación exacta de cada transformador dentro del municipio, facilitando una consulta más precisa y completa de la infraestructura eléctrica en esa área. Esto mismo se repite para las fallas en la Fig. 7.

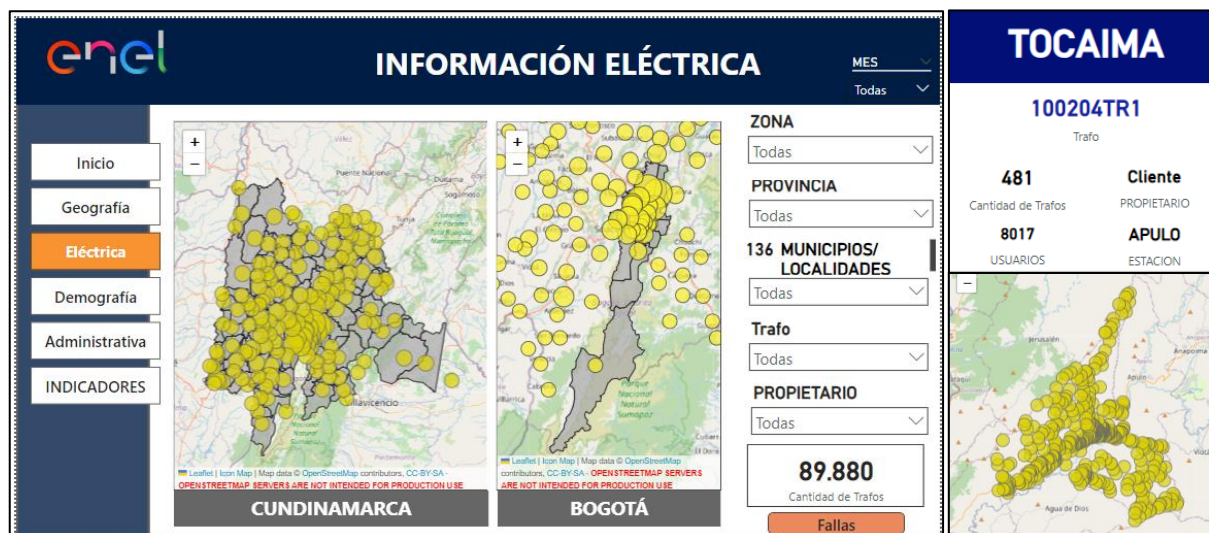


Fig. 6. Capa Eléctrica y ejemplo de selección de un punto.

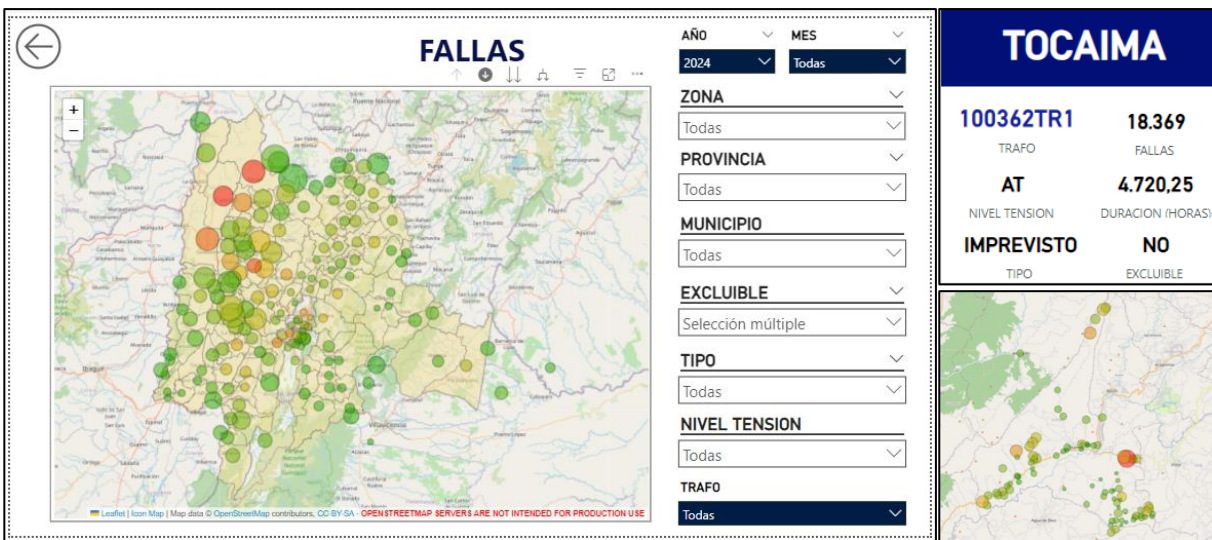


Fig. 7. Fallas y ejemplo de selección de un punto.

4. Capa Demográfica

En la capa demográfica mostrada en la Fig. 8, al posicionar el cursor sobre un municipio, se despliega un pop-up que incluye información relevante como el tamaño de la población, el número de usuarios y la fuente de donde se obtuvo la información. Estos datos pueden ser seleccionados para activar un *zoom* que facilite su identificación precisa. Además, se presentan indicadores adicionales como la densidad poblacional y la densidad de usuarios, permitiendo un análisis más completo de las características demográficas y de consumo.

Esta capa también incluye información general sobre Bogotá y Cundinamarca, ofreciendo un panorama integral de las áreas operativas. Asimismo, incorpora un filtro de Estrato-Sector que clasifica a los usuarios por tipo: residencial, industrial, oficial, comercial o alumbrado público, complementando los filtros de zonas, provincias y municipios para un análisis más detallado y adaptado a las necesidades del usuario.

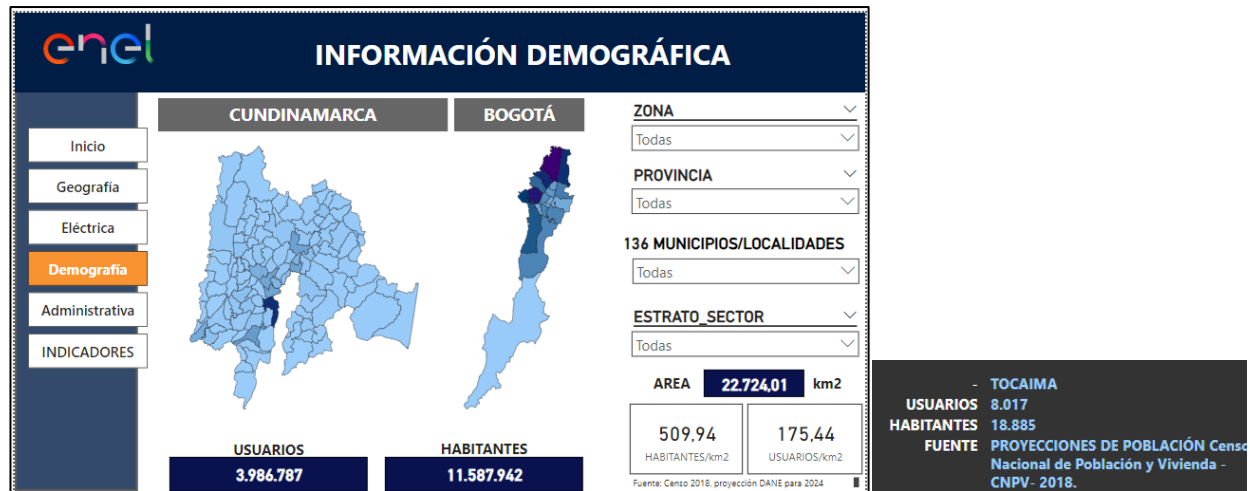


Fig. 8. Demografía y pop-up.

5. Capa Administrativa

La capa administrativa, mostrada en la Fig. 9, proporciona información detallada sobre las zonas operativas, los contratos y el contacto para gestionar exclusiones, además de incluir los filtros de zonas, provincias y municipios mencionados en las otras capas.

Al posicionar el cursor sobre un municipio, aparece un *pop-up* que despliega esta información, facilitando el acceso a datos relevantes para la operación y gestión administrativa. Los detalles ofrecidos en esta capa son clave para optimizar la asignación de recursos y mejorar la coordinación entre las diferentes áreas operativas.

Además, la capa incluye tres botones principales diseñados para facilitar el acceso a información estratégica. El primer botón dirige directamente a la capa de indicadores, proporcionando un acceso rápido a los análisis de calidad y desempeño. Los otros dos botones presentan mapas interactivos específicos mostrados en la

Fig. 10: El primero muestra la ubicación de las bodegas donde al posicionar el cursor sobre una bodega, se despliega un *pop-up* con la cantidad de móviles MOE 1 y MOE 2 que salen de dicha bodega. El segundo botón despliega los centros de servicio y al hacer clic sobre un centro de servicio, se muestra un *pop-up* con el municipio y la dirección correspondiente.



Fig. 9. Capa Administrativa y pop-up.

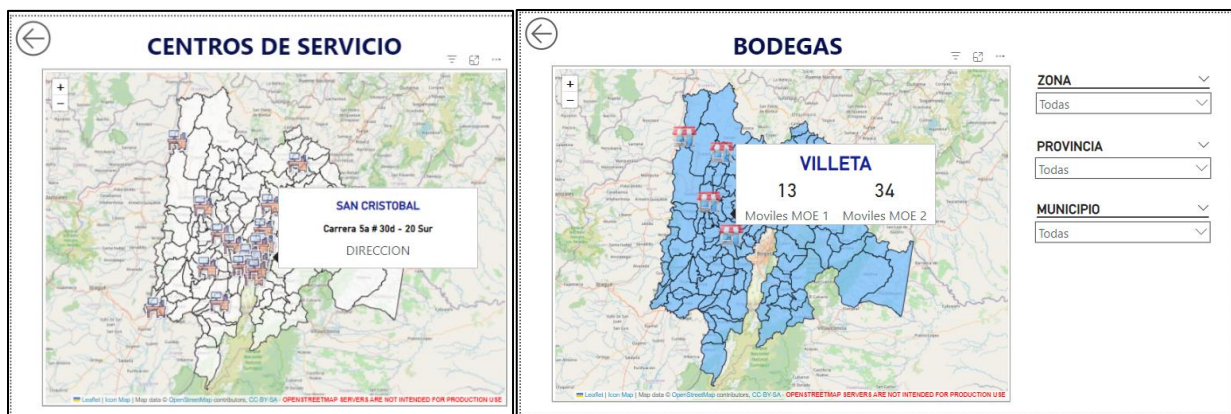


Fig. 10. Centros de servicio y Bodegas con sus pop-ups.

6. Capa de Indicadores

En la capa de indicadores, mostrada en la Fig. 11, se agregaron filtros avanzados de año, mes y causa, además de los filtros por zona, provincia y municipio, ya mencionados en las otras capas. Estos filtros permiten a los usuarios realizar un análisis más preciso y segmentado de los indicadores, adaptándose a las necesidades específicas de la operación.

El *pop-up* en esta capa presenta los indicadores regulatorios, como el de visión cliente, que se actualiza según la opción seleccionada (Imprevisto, Excluíble y Trabajos Programados). Al

posicionar el cursor sobre un municipio, el *pop-up* muestra los indicadores clave como SAIDI, SAIFI, el número de clientes 360, compensados DIU y DIU, así como la cantidad de transformadores afectados, todo ello con los filtros previamente aplicados. Esta funcionalidad proporciona una visualización detallada de los aspectos más relevantes para la toma de decisiones.

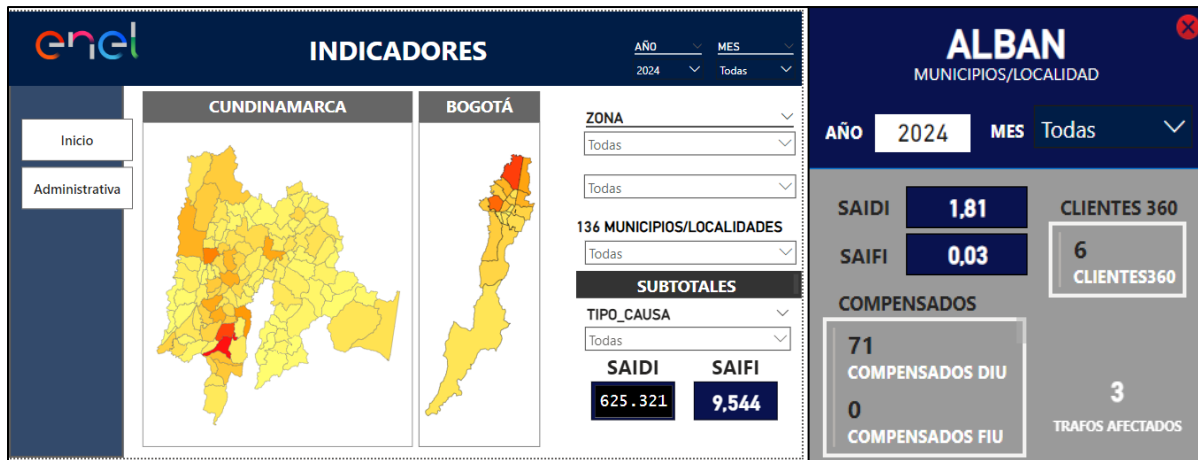


Fig. 11. Capa INDICADORES y pop-up.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo del EnelZone Viewer tiene el potencial de optimizar la gestión de eventos en la red de distribución eléctrica al proporcionar un acceso rápido y sencillo a información clave. Esto facilitaría la toma de decisiones informadas y mejoraría la planificación operativa, al ofrecer visibilidad sobre aspectos geográficos, eléctricos, demográficos y administrativos. La capa eléctrica, por ejemplo, brinda una visualización detallada de los transformadores y las fallas, permitiendo una localización más eficiente de estos componentes y promoviendo mejoras en la respuesta ante incidentes. Aunque se espera que el impacto de esta funcionalidad sea mayor en el futuro, tal y como se presenta, su implementación ya establecería una base para comprender cómo se distribuye la infraestructura y cómo se relaciona con los eventos de fallas.

Por otro lado, la capa de indicadores se perfila como una de las más importantes del proyecto, ya que permite un análisis detallado de métricas clave como SAIDI y SAIFI. Aunque el

sistema no realice exclusiones automáticas, sí centralizará datos dispersos, mejorando el análisis y la planificación operativa. Gracias a los filtros avanzados, podría ser posible identificar áreas críticas y enfocar los esfuerzos en las zonas con mayor impacto, lo que contribuiría a la mejora continua del servicio. La integración de las diversas capas de datos convierte al EnelZone Viewer en una herramienta integral para los equipos operativos, optimizando la visualización y análisis de la información. Además, los filtros y *pop-ups* mejoran la accesibilidad y facilitan la planificación al permitir un análisis detallado según zona, provincia y municipio.

Finalmente, la interfaz intuitiva y la inclusión de funcionalidades como el Diccionario de Términos facilitan que los usuarios se familiaricen con la herramienta y comprendan la terminología técnica. Esto resulta especialmente relevante para los empleados que no están completamente habituados a la terminología, mejorando la experiencia de uso. En general, el EnelZone Viewer se proyecta como una herramienta poderosa para la gestión y análisis de la red de distribución eléctrica, ofreciendo beneficios tanto operativos como estratégicos y estableciendo una base sólida para futuras mejoras en la gestión de eventos y el mantenimiento preventivo.

Se espera que dentro del área de PM&C se continúe con el desarrollo del EnelZone Viewer, implementando mejoras y asegurando la actualización constante de las bases de datos que alimentan el aplicativo, lo que permitirá mantener su relevancia y efectividad a largo plazo. Además, se espera que el archivo guía creado para la actualización del aplicativo sea una herramienta clave para cumplir con este objetivo, facilitando el mantenimiento y la evolución del proyecto en el futuro.

REFERENCIAS

- [1] Equipo Performance Management and Control Enel Colombia, “Formato TC1”, Bogotá D.C., 2024.
- [2] ENEL, “Energía eléctrica | Enel Colombia”. Consultado: el 13 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.enel.com.co/es/conoce-enel/enel-distribucion.html>
- [3] CREG, “Resolución 15 de 2018 CREG”. Consultado: el 12 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0015_2018.htm
- [4] M. Weiss *et al.*, “Impacto de la regulación en la calidad del servicio de distribución de la energía eléctrica en América Latina y el Caribe”, nov. 2021, doi: 10.18235/0003762.
- [5] Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG, “Indicadores de Calidad de la Atención al Usuario del Servicio Público Domiciliario de Energía Eléctrica”, pp. 195–218, nov. 2010.
- [6] D. Crockford, “The application/json Media Type for JavaScript Object Notation (JSON)”, *Internet Engineering Task Force (IETF)*, jul. 2006, doi: 10.17487/RFC4627.
- [7] ESRI, “GeoJSON—Ayuda de ArcGIS Online”. Consultado: el 24 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://doc.arcgis.com/es/arcgis-online/reference/geojson.htm>
- [8] Beatriz E. Marín, Clayder Cuero, y Luz Andrea Londoño, “Desarrollo de una aplicación web para la integración y edición de mapas en formato geojson”, en *La investigación formativa*, Tercera., Santiago de Cali, 2020, pp. 291–294. Consultado: el 24 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: www.uniajc.edu.co
- [9] Microsoft Learn, “¿Qué es Power BI?” Consultado: el 24 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/es-es/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>
- [10] Road to Data, “Ventajas de Power BI para la toma de decisiones”. Consultado: el 24 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3Crqxnx>
- [11] Microsoft Learn, “¿Qué es Power Query? - Power Query”. Consultado: el 24 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/es-es/power-query/power-query-what-is-power-query>

-
- [12] Geoinnova, “La información geográfica en las redes de distribución de energía eléctrica”. Consultado: el 24 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://goo.su/O4hYo>
- [13] D. M. Jerónimo-Jiménez, L. Hernández-Triano, R. M. Martínez-Jiménez, D. M. Jerónimo-Jiménez, L. Hernández-Triano, y R. M. Martínez-Jiménez, “Aprendizaje Organizacional: Factor Individual y Producción Científica en una Universidad”, *Investigación administrativa*, vol. 51, núm. 129, pp. 1–21, ene. 2022, doi: 10.35426/IAV51N129.03.
- [14] Jose Luis Arias, “TI para centralizar información y la tomar de decisiones”, icorp. Consultado: el 24 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://icorp.com.mx/blog/ti-para-centralizar-informacion-y-tomar-decisiones/>
- [15] Equipo Performance Management and Control Enel Colombia, “Formato TC2”, Bogotá D.C., 2024.
- [16] DANE, “DANE - Proyecciones de población - Bogotá”. Consultado: el 23 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/4gbKZ8t>
- [17] Infraestructura de datos espaciales de Bogotá - IDECA, “Municipios Cundinamarca 2017 — LabUrbano Bogotá”. Consultado: el 23 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/4jmSwnL>
- [18] Infraestructura de datos espaciales de Bogotá - IDECA, “Polígonos Localidades — LabUrbano Bogotá”. Consultado: el 23 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3WAdIN9>
- [19] Enel Colombia, “Centros de servicio | Enel Colombia”. Consultado: el 23 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3Wv78rc>