

LISA - Lector Inalámbrico de Señales Analógicas

Premio CIER de Innovación: Ing. José Vicente Camargo Hernández

1er puesto: Categoría Digitalización

Autores

Joe Christian Horna Loayza, Gerencia Financiera – Red de Energía del Perú

jhorna@rep.com.pe

Darwin Celin Padilla Gutierrez, Gerencia de desarrollo de Negocios – Red de Energía del Perú dpadilla@rep.com.pe

John Frank Figueroa Fernández, Gerencia Administrativa – Red de Energía del Perú jfigueroa@rep.com.pe

Omar Sandoval Arizaga, Gerencia Administrativa – Red de Energía del Perú osandoval@rep.com.pe

Marcos Rodriguez De la Cruz Poblete, Tecnología y desarrollo – Universidad Nacional de Ingeniería mdelacruz@lisa-iot.pe

Empresa

ISA REP – Red de Energía del Perú

Abstract— Currently the industries and companies in the energy and mining sector face a large number of challenges in the management of the assets that are key to their business. All this to control the risk of indisposition of an important asset in the system, caused by improper maintenance. A pillar to reduce these risks is to have information on the status of these assets in a timely, fast and adequate manner. LISA's versatility allows you to measure signals from any type of sensor or local measurement (control panels), and inject it into cloud servers, allowing us to monitor assets in real time, from anywhere and on any device connected to the internet. Thanks to this design, LISA can monitor all the status signals (variables) that we need to manage our assets.

Index Terms—sensors, IoT, style, maintenance, high-voltage network

1. Introducción

En ISA REP somos la empresa de transporte de energía eléctrica de alta tensión más grande del país, y eso nos lleva a tener activos desplegados en más de 70 subestaciones, en 22 departamentos del Perú; y debido a ello -y como muchas otras empresas- invertimos mucho tiempo y recursos para contar con la información de nuestros activos, y con ella poder gestionar un adecuado mantenimiento.

Buscando una solución, para hacer mucho más rápido, confiable y eficiente este proceso, desarrollamos un intraemprendimiento llamado LISA (acrónimo de Lector Inalámbrico de Señales Analógicas). LISA es un equipo apalancado en soluciones de I-IoT a través de la tecnología inalámbrica de radiofrecuencia de redes mesh y GSM, que incorporan analítica para entregar una copia digital de los activos claves de negocio mediante la medición de variables ambientales, de entorno operativo, eléctricas y de infraestructura, de modo que les permita tomar decisiones oportunas que maximicen la vida útil de los activos y reduzcan los costos de operación y mantenimiento de estos.



Figura 1. Reciente versión de LISA para subestaciones. Fuente propia.

2. Uso en la organización

2.1. Impacto en la confiabilidad

Para mantener un óptimo nivel de confiabilidad de un sistema o de una operación, es indispensable que el mantenimiento de los activos que formen parte de este sea realizado de forma correcta y oportuna. A pesar de ello, encontramos que en la industria las

empresas cuentan con sitios de alta criticidad y sin monitoreo; si cuentan monitoreo este es manual (con un costo de movilización al sitio donde se encuentra el activo para toma de datos manual). Además, debido a que esta tarea es programada dentro de un cronograma, muchas veces no se hace de forma oportuna. Esto lleva a que mucha de la gestión sea una atención reactiva a problemas que se van presentando y por lo tanto las empresas suelen incurrir en altos costos de oportunidad por decisiones tardías o equivocadas.

Tener un equipo LISA instalado y midiendo las señales del activo cuesta menos \$1 mil. Esto, permite programar de forma adecuada los mantenimientos preventivos, logrando eficiencias en el plan de mantenimiento, reduciendo intervenciones que optimizan la confiabilidad del sistema eléctrico de potencia y eliminando los costos generados líneas arriba (\$20 mil).



Figura 2. LISA en transformadores de potencia. Fuente propia.

Las alertas tempranas no son sino lecturas de valores donde se determina si hay un gradiente o variación de valores muy altos entre unos y otros en una escala corta de tiempo. La derivada de la función de alto valor sea positivo o negativo nos indica un cambio súbito en la condición del equipo y que requiere una segunda visión, en este caso del operador para determinar si es un cambio debido a la operación del sistema o si es la manifestación de un modo de falla oculto y que se puede detectar gracias al algoritmo de LISA.



Figura 3. Valores de monóxido de carbono leído por LISA. Fuente propia.



Figura 4. Valores de temperatura de aceite leído por LISA. Fuente propia.

LISA no sólo permite asegurar los niveles de confiabilidad del proceso del cual los activos son parte, sino, como hemos presentado, genera optimizaciones en el presupuesto de gestión del mantenimiento de dichos activos gracias a la capacidad que tiene de dar alertas oportunas o tempranas de las condiciones de los equipos, reconocer cambios o fluctuaciones en tiempo real permite tomar acciones que mitiguen o reduzcan a cero la aparición de modos de falla ocultos.

El proyecto esta alineado a la cuarta revolución, con miras a poder procesar la información y llevarla a nuevas formas de acceso por parte de las áreas que participan en la operación y mantenimiento. Quedando claro que el Core-Bussiness es la Operación de las redes eléctricas de alta y extra alta tensión.

4ta Revolución Industrial – IoT & Mantenimiento



Figura 5. LISA en el camino hacia la cuarta revolución. Fuente propia.

2.2. Impacto en la comunicación

LISA solo es un equipo que toma lecturas y envía información a la nube, no es un actuador y no puede enviar señales de comando para maniobras en ningún equipo a los que se conecte, por lo que la seguridad de la instalación no está comprometida. El GATEWAY puede ser configurado para IP fijos o IP variables, de acuerdo con la forma como este configurado en la sala de comunicaciones o de control del lugar a instalar. El sistema conformado por el LISA y GATEWAY pueden comunicarse incluso con una distancia de separación de más de 300mts., por lo que emplearse en sistemas como plantas, patio de llaves, instalaciones es sencillo.

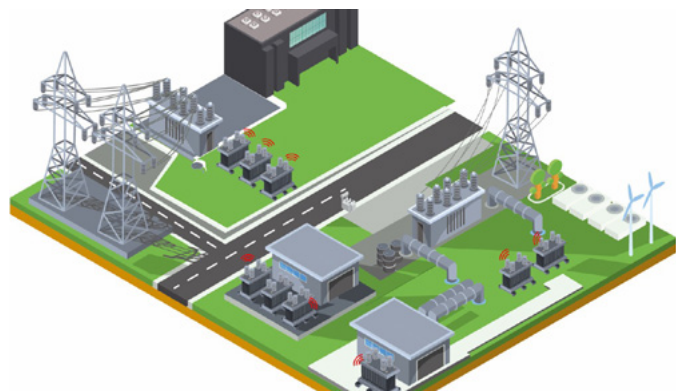


Figura 6. La comunicación inalámbrica de LISA. Fuente propia.

2.3. Impacto en la organización

Tener un proyecto de desarrollo 100% dentro de la organización cambió la forma de ver las cosas, antes se dependía mucho de los tiempos de proveedores, de tener presupuestos elevados, de poder coincidir agendas para poder validar los avances de las ideas conforme las necesidades del personal y así poder hacer una interacción que permitiera sacar proyectos con valor agregado y que cumplan los estándares y expectativas, todo esto se aceleró y se pudo cambiar la forma de como hacíamos las cosas. LISA es un ejemplo de nuestras capacidades de innovación, adaptabilidad y trabajo en red.

Es el primer ejemplo de un equipo que sale de la línea del negocio tradicional para dedicarse al desarrollo de un proyecto específico. Llevamos el concepto de metodología lean a la ejecución y se aprovechó el conocimiento de procesos aplicando metodología scrum y se formó a las personas en dichas nuevas formas de trabajo ágiles. Con ello no solo se logró crear una solución de tecnología sino crear una plataforma soportada en personas que podrían crear nuevas cosas y aplicarlas a las reales necesidades de la empresa.

3. Fases del proyecto

Para llegar a tener implementada la solución LISA, se partió con el entendimiento del problema descrito líneas arriba. A partir de ello se idearon soluciones preliminares, ajustando la idea de solución. A partir de allí se construyeron pilotos, siempre en constante cercanía con los usuarios y entregando valor en ciclos cortos, pero sobre todo iterando y aprendiendo de cada prototipo presentando. Para llegar a esta idea se empleó investigación aplicada y estadística para la

primera etapa del proyecto. La programación para el desarrollo del sistema de comunicación y almacenaje entre los sistemas que conforman la solución: Un lector y un Gateway. Durante el desarrollo de un sistema de comunicación se enfrentaron problemas como el uso de la frecuencia adecuada para llevar las señales de forma inalámbrica y con ello reducir el presupuesto de una solución que lleve la información al SCADA.



Figura 7. Integraciones a redes, fuente propia.

En la etapa de pruebas del hardware, se tuvo que encontrar formas simples de llevar los cables desde los sensores a los lectores, en ese aspecto se desarrollaron soluciones para poder hacer eso de forma manual con borneras y con sistema de plug; el primero era más adaptable en la mayoría de los casos y quedó como la opción general, sin embargo, se puede hacer de las dos maneras. La programación fue evolucionando a través de mejora continua, conforme encontrábamos nuevos equipos y problemas en la locación de los equipos, es decir las condiciones medio ambientales y la falta de sistemas de internet para comunicar la información en lugares remotos.

Finalmente, la seguridad de las señales llevadas de forma inalámbrica fue tema central desde el inicio del desarrollo, la programación del sistema no permite que sea vulnerable y es muy seguro, de esa manera podemos resolver el tema de la seguridad digital.

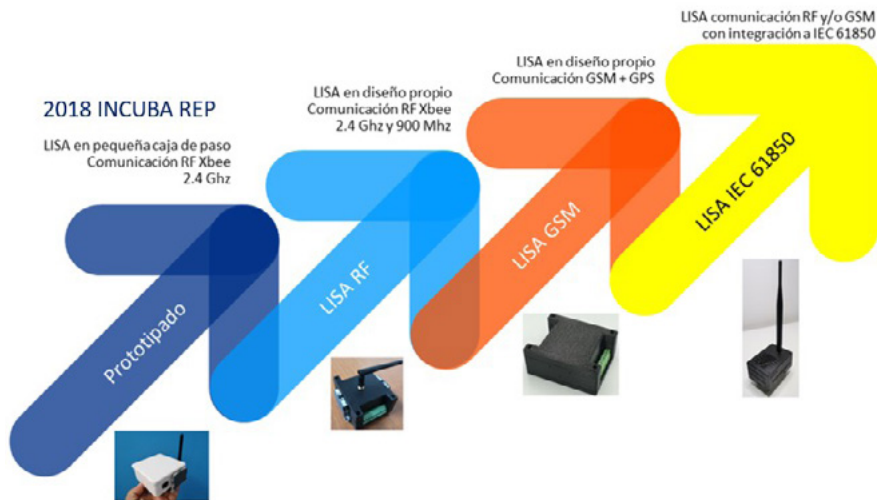


Figura 8. Un camino de aprendizaje. Fuente propia.



Figura 9. Las instalaciones de LISA en REP. Fuente propia.

3.1. Esquema y lógica de funcionamiento

Se tiene un hardware que se alimenta desde fuentes en alterna a frecuencia entre 50 y 60 hertz, lo cual va a un controlador que se encarga de activar las distintas funciones del sistema de monitoreo. En algunos casos se tiene un sistema que permite un "reseteo" para volver a poner en línea al sistema cuando ocurre una falla de comunicación desde el equipo hacia la nube.

3.2. Arquitectura de comunicación

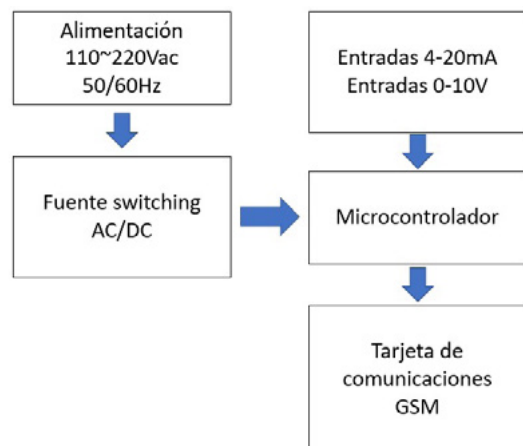


Figura 10. Esquema de operación. Fuente propia.

3.3. Entorno de innovación en la Organización

En ISA REP, la innovación es uno de los cuatro Pilares de nuestra Estrategia de Valor Sostenible al 2030 (Verde, Innovación, Articulación y Desarrollo); y por lo tanto forma parte central de nuestra estrategia corporativa. Nosotros buscamos ser referentes en la Transformación del Sector, basados en la Transformación e Innovación con propósito. En ISA REP, innovamos para reforzar los negocios core, mejorando la competitividad para soportar el crecimiento. También utilizamos la innovación para soportar el desarrollo de las nuevas unidades de negocio (Nuevos Negocios de Energía) y para desarrollar Nuevos Modelos de Negocios.

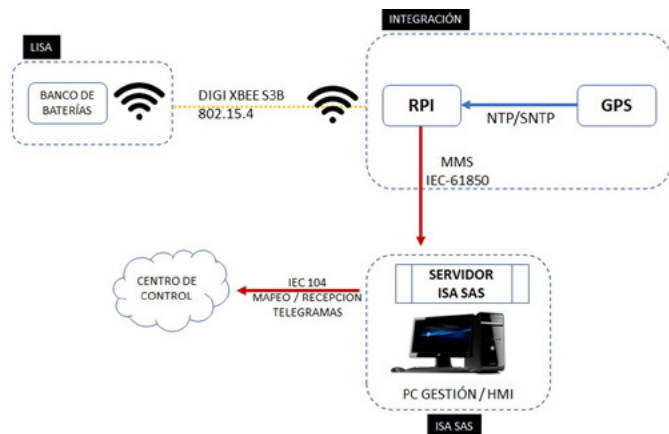


Figura 11. Comunicación de LISA con la red. Fuente propia.

En el corto plazo, la innovación apunta a lograr eficiencias en TOTEX de procesos core y soporte. En el mediano plazo, apalancados en los diversos vehículos de innovación que contempla nuestra estrategia, buscamos invertir tanto en emprendimiento como en nuevos negocios de energía eléctrica. Gracias a ello, en el largo plazo ser referentes en la transformación del sector eléctrico.

Gracias a la instalación en SE Carapongo se logró realizar nuevas instalaciones en otras subestaciones,

como Marcona, Socabaya y Yarabamba. Desde entonces ya se han logrado recolectar entre 90 a más de 100 mil datos en poco tiempo y así construir una base de datos para la toma de nuevas decisiones y mejoras en las estrategias de mantenimiento y operación.



Figura 12. Instalación de LISA en SE Carapongo. Fuente propia.



Figura 13. Instalación de LISA en SE Marcona. Fuente propia.



Figura 14. Instalación de LISA en SE Socabaya. Fuente propia.

3.4. Contribución al medio ambiente

Este proyecto contribuye en gran medida a nuestra meta corporativa de reducir las emisiones de carbono. Esto se sustenta tanto en la eliminación de traslados para la toma de datos de los activos, tanto para los LISAS instalados por nosotros, como los LISA que tienen instalados nuestros clientes. Además, a esto se suma a eliminación del uso de papel para toma de información. Este se ha estimado en un impacto anual de 01 tn de CO₂. La eliminación total de los trabajos civiles para tener acceso a los datos de los equipos debido a que es innecesario hacer cableados para información y para energía.

4. Metodologías empleadas en el proyecto

La empresa trabajo de forma transversal con equipos multidisciplinarios a fin de lograr propuestas para ser llevadas a diseño, a producto mínimo viable y otros. Las metodologías más habituales desarrolladas en el interior de la organización fueron:

- **Design Thinking.** Para lograr innovar con productos nunca antes visto en la organización nos correspondió pensar de forma nueva y distinta, para poder hacerlo con cierto criterio aplicamos metodologías nuevas y ágiles como es el "desing thinking".
- **SCRUM.** A fin de poder desarrollarnos de forma ordenada y con resultados que pudiéramos medir y plasmar en un calendario de actividades era necesaria una metodología de trabajo que permitiera escuchar a cada integrante, que cada persona fuera empoderado de un proceso y un líder que lleve

el orden del proceso con orientación a resultados, para ello empleamos el scrum.

- **Hackaton.** Mediante el aprendizaje de otros en la aceleración de esta clase de soluciones basados en conceptos de innovación realizamos hackatones con universidades, personal propio y participando en eventos con ese fin.
- **Demoday.** Finalmente los lanzamientos y kick off de estos procesos se hace en eventos conocidos como Demoday en algunas universidades, en las que participamos de forma activa. Sirve de preparación para conseguir fondos para start up.



Figura 15. LISA en UTEC Ventures - Emprendimiento. Fuente propia.



Figura 16. Presentación de Proyecto LISA por John Figueroa. Fuente propia.

5. Alineamiento con objetivos estratégicos

Este proyecto está alineado directamente a los objetivos estratégicos de ISA REP, y a los pilares de valor sostenible: Verde, Innovación, Desarrollo y Articulación. Apuntando a cumplir los siguientes objetivos:

- Lograr un aumento en el EBITDA (El EBITDA se calcula a partir del resultado final de explotación de la empresa, sin incorporar los elementos financieros).
- Lograr eficiencias en TOTEX de procesos core y soporte. Mediante el uso de la data se puede tomar mejores decisiones para programar los mantenimientos preventivos y planificar la operación de corto, mediano y largo plazo. Ello optimiza el gasto para mejorar con ello el TOTEX.
- Cumplir al 100% el plazo de proyectos y el nivel esperado de confiabilidad. Mediante el uso de la tecnología que permite un mantenimiento basado en condición y con los datos que permiten conocer el estado futuro mediante el machine learning y deep learning podemos usar esa información para mejorar la confiabilidad o el cálculo del mismo en el tiempo.
- Establecer alianzas para desarrollar programas sociales y ambientales. Por medio del desarrollo de soluciones inalámbricas, capaces de crear una mesh de información al mismo tiempo que puede transmitir información, no se requiere cableado o temas de uso de materiales por lo que reduce la contaminación física.

6. Lecciones aprendidas

Entre las más importantes lecciones aprendidas durante el desarrollo del proyecto podemos destacar las siguientes:

- Las buenas prácticas, aprendidas durante el proceso de aceleración en la UTEC Ventures logramos interiorizar prácticas ágiles, orientadas a las metas de una start up, reuniones efectivas, tareas con corta duración y fáciles de alcanzar para validar los prototipos que serían la base de nuestras soluciones a las necesidades del mantener y operar.
- Clientes, dimensionar las soluciones para ser adaptable a las necesidades del personal de mantenimiento y lograr versatilidad en la forma de resolver los diferentes problemas debido a la gran cantidad de configuraciones en las diferentes plantas o entornos de operación permitió posicionar la solución LISA como una de las mejores dentro y fuera de la organización.
- Producto, el crecimiento del aprendizaje basado en las reuniones con clientes permitió tener variedad de soluciones en la manera de cómo se puede comunicar y como podemos hacer la instalación, dando un valor agregado al producto desde el punto de vista de la forma de conexión con el cliente final.
- Inversión, lograr un número adecuado de iteraciones gracias al gran conocimiento de los problemas de los clientes permitió reducir considerablemente los costos en la logística y armado de equipos finales para los puntos de instalación.

- Diversidad, al lograr aprender sobre adaptación y soluciones nuevas para equipos más complejos logramos una diversificación de soluciones que fortaleció la plataforma LISA como una sólida alternativa de desarrollo para resolver otros problemas dentro o fuera de la organización, como por ejemplo la medición en tiempo real de variables de las líneas de transmisión eléctrica en 220 kV e incluso en 500 kV. Con esta nueva forma de hacer las cosas hemos logrado desarrollar nuevas competencias técnicas en el personal de mantenimiento.

mejorar la gestión del mantenimiento hacia la cuarta revolución industrial.

La nueva plataforma tecnológica, que se está creando desde la solución LISA permitió tener por primera vez información en tiempo real de variables atmosféricas y de entorno de la torre de transmisión número 535, elegida de la línea 2110 en la zona este de Lima. Como se aprecia en la imagen podemos ver la información de la corriente de fuga, la cual nunca antes se había logrado tener con una frecuencia diaria.

7. Nuevos desafíos

Con la integración de LISA en la arquitectura del Grupo ISA para el monitoreo avanzado, nacieron nuevos proyectos, como la supervisión y monitoreo desde líneas de 220 kV y 500 kV con la línea en servicio. Llevando datos durante todo el año, 24x7; generando información que se está empleando para la segunda etapa que consiste en la aplicación de la analítica e inteligencia artificial o "machine learning" para



Figura 17. LISA en líneas de 220 kV, L-2212. Fuente propia.

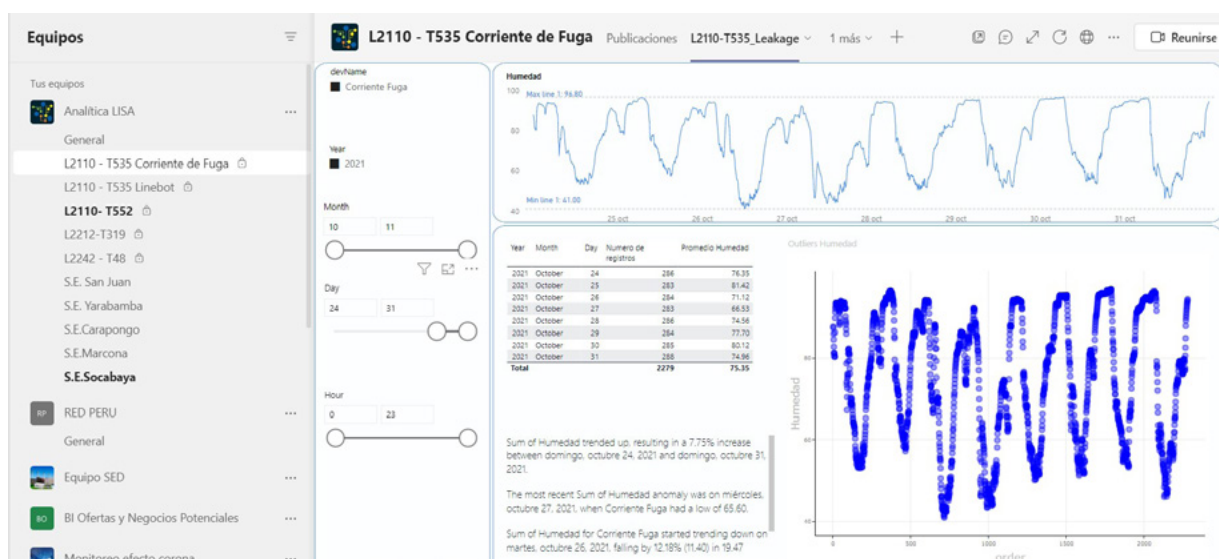


Figura 18. Mediciones obtenidas desde LISA en las líneas de transmisión. Fuente propia.

Por medio de la plataforma podemos obtener imágenes en tiempo real de los elementos de las torres, las cadenas e incluso audio de las líneas y detección del efecto corona. Este tema ha sido fundamental para mejorar la frecuencia de mantenimiento por limpieza de aislamiento debido a la presencia de salinidad por cercanía al mar y por el efecto de la humedad por ser líneas costeras (menos de 10 km de distancia al mar).

Con el soporte de la plataforma LISA se tienen ya operando equipos de sensores en líneas, donde tenemos problemas de aislamiento, corriente de fuga, efectos de efluvios, invasiones a las zonas restringidas,

podemos medir sin necesidad de instalar una estación meteorológica (cuyo costo es extremadamente alto, por equipos y energía) para medir la calidad del viento, radiación solar, humedad relativa, temperatura y con ello entender mejor el entorno bajo el cual nuestras redes operan y poder hacer mapas de oportunidades de energías renovables en el país. Las expectativas en la plataforma son bastante altas, dado que no hay muchas cosas que no podamos implementar.

Esa es la gran diferencia entre quien tiene la tecnología y los programas versus quien solo se queda a nivel usuario y no desarrolla estos proyectos de corto, mediano y largo plazo en la organización.



Figura 19. Fotos de aisladores de la línea 2212 desde LISA. Fuente propia.



Figura 20. Fotos de LISA con sensores para cadenas instalado en la torre 319, L-2212. Fuente propia.

References

- [1] O. S. de la Inversión en Energía y Minería, “Osinergmin,” tech. rep., 2021.
- [2] R. D. Palmer, Maintenance Planning and Scheduling Handbook. 2006.
- [3] G. d. r. Comité ISO/TC 262, ISO 31000:2018(es) Gestión del riesgo — Directrices, Gestión de activos — Sistemas de gestión — Requisitos, 2018.
- [4] G. d. A. Comité del Proyecto ISO/PC 251, ISO 55001:2014(es) Gestión de activos — Sistemas de gestión — Requisitos, 2014.
- [5] C. de Operación Económica del Sistema, “Coes,” tech. rep., 2021.
- [6] V. de Gialdino, “Estrategias de investigación cualitativa,” 2006.
- [7] I. Mitiche, M. D. Jenkins, P. Boreham, A. Nesbitt, and G. Morison, “An expert system for emi data classification based on complex bispectrum representation and deep learning methods,” Expert Systems with Applications, vol. 171, p. 114568, 2021.
- [8] Subha Seethalakshmi, R. Karthigaivel, N. Vengadachalam, and S. Selvakumaran, “Application of machine learning and big data in doubly fed induction generator based stability analysis of multi machine system using substantial transformative optimization algorithm,” Microprocessors and Microsystems, vol. 73, p. 102971, 2020.
- [9] Z. W. Sahin Wu, “Online monitoring and early warning of subsynchronous oscillation using levenberg–marquardt and backpropagation algorithm combined with sensitivity analysis and principal component analysis,” Mathematical Problems in Engineering, 2021
- [10] Z. J. Z. Fei Mei; Yi Pan; Kedong, “On-line hybrid fault diagnosis method for high voltage circuit breaker,” IOS Press, 2017.