

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



“GESTIÓN DE LOS NIVELES DE TENSIÓN EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE DOLORESPATA DE LA EMPRESA ELECTRO SUR ESTE EMPLEANDO SISTEMAS INTELIGENTES”

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN INGENIERIA ELECTRICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE SISTEMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

AUTORES

MARCO ANTONIO PANTI AYTE

WILBERT LICONA SEGOVIA

ASESOR

DR. NICANOR RAÚL BENITES SARAVIA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Callao, 2023

PERÚ

Document Information

Analyzed document	TESIS_UPFIEE - LICONA SEGOVIA + PANTI AYTE.docx (D173070391)
Submitted	2023-08-23 23:01:00
Submitted by	
Submitter email	wilbertlicona@gmail.com
Similarity	4%
Analysis address	fiee.posgrado.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Nacional del Callao / PLAN DE TESIS JUNIO 2023 - CANDIO CRUZATT JOSE ALBERTO.docx Document PLAN DE TESIS JUNIO 2023 - CANDIO CRUZATT JOSE ALBERTO.docx (D171830956) Submitted by: josecandio92@gmail.com Receiver: fiee.posgrado.unac@analysis.arkund.com	 2
SA	Universidad Nacional del Callao / TESIS _CASAVILCA_CCOILLO_INZUA_V1.docx Document TESIS _CASAVILCA_CCOILLO_INZUA_V1.docx (D141812142) Submitted by: cristianccoillo96@gmail.com Receiver: fiee.investigacion.unac@analysis.arkund.com	 2
W	URL: https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24812 Fetched: 2023-08-23 23:01:00	 3
SA	P.T. AGUILAR Y BRAVO DE LA CRUZ.pdf Document P.T. AGUILAR Y BRAVO DE LA CRUZ.pdf (D105761980)	 1

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

GESTIÓN DE LOS NIVELES DE TENSIÓN EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE DOLORESPATA DE LA EMPRESA ELECTRO SUR
ESTE EMPLEANDO SISTEMAS INTELIGENTES'
TESIS
PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN INGENIERIA ELECTRICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE
SISTEMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA
AUTORES MARCO ANTONIO PANTI AYTE
WILBERT LICONA SEGOVIA ASESOR DR. NICANOR RAÚL BENITES SARAVIA

75%

MATCHING BLOCK 1/8

SA

PLAN DE TESIS JUNIO 2023 - CANDIO CRUZATT JOSE ...
(D171830956)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA Callao, 2023 PERÚ INFORMACIÓN BÁSICA FACULTAD
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN UNIDAD

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE POSGRADO FIEE UNAC

TÍTULO

GESTIÓN DE LOS NIVELES DE TENSIÓN EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE DOLORESPATA DE LA EMPRESA ELECTRO SUR ESTE EMPLEANDO SISTEMAS INTELIGENTES

AUTOR

LICONA SEGOVIA WILBERT

CÓDIGO ORCID: 0009-0000-5651-7103

DNI: 23939712

PANTI AYTE MARCO ANTONIO

CÓDIGO ORCID: 0009-0000-3497-5891

DNI: 42309554

ASESOR

NICANOR RAÚL BENITES SARAVIA

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-3245-6470

DNI: 10189914

LUGAR DE EJECUCIÓN: BARRA DOLORESPATA. EMPRESA ELECTRO SUR ESTE, CUSCO, PERÚ

UNIDADES DE ANÁLISIS: CALIDAD DE SERVICIO ELÉCTRICO

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	ANALÍTICO
ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN:	CUANTITATIVO
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:	INDUCTIVO - DEDUCTIVO
TEMA OCDE:	INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO

PRESIDENTE: DR. ADAN ALMIRCAR TEJADA

SECRETARIO: DR. ABILIO BERNARDINO CUZCANO RIVAS

MIEMBRO: Mg. ROBERTO ENRIQUE SOLIS FARFAN

MIEMBRO: Mg. JOSE LUIS CURAY TRIBEÑO

ASESOR: DR. NICANOR RAÚL BENITES SARAVIA

Nº ACTA : 09

Nº DE LIBRO :01

Nº FOLIO :134

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 12 de diciembre 2023

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis a Dios, a la Virgen María, padres, familiares, quienes nos inspiraron muestras de espíritu para la conclusión de esta tesis de maestría, a nuestros padres y familiares quienes nos dieron vida, educación, apoyo, fortaleza y consejos. A nuestros compañeros de estudio y trabajo, a nuestros maestros y amigos, quienes sin su apoyo y empuje moral no hubiéramos hecho realidad esta tesis. A todos ellos les agradecemos infinitamente.

AGRADECIMIENTO

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a los profesionales, maestros de la enseñanza que compartieron sus conocimientos, al asesor Dr. NICANOR RAÚL BENITES SARAVIA, por compartir su experiencia y darnos el apoyo requerido en la solución de nuestro planteamiento y desarrollo de la tesis.

Son muchas las personas que han formado parte de nuestra vida profesional a las que les encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles en el ejercicio de nuestra profesión. Algunas están aquí con nosotros y otras en nuestros recuerdos, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de nuestras vidas. Especialmente al Dr. JUAN HERBER GRADOS GUZMAN.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN.....	9
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	10
1.2. Formulación del problema.....	11
1.2.1. Problema general	11
1.2.2. Problemas Específicos	11
1.3. Objetivos	12
1.3.1. Objetivo general.....	12
1.3.2. Objetivos específicos	12
1.4. Justificación.....	12
1.4.1. Justificación teórica	12
1.4.2. Justificación tecnológica	12
1.4.3. Justificación económica.....	12
1.4.4. Justificación social.....	13

1.4.5.	Justificación práctica.....	13
1.5.	Delimitantes de la investigación	13
1.5.1.	Delimitante tecnológica.....	13
1.5.2.	Delimitante espacial.....	13
1.5.3.	Delimitante práctica	13
II.	MARCO TEÓRICO.....	14
2.1.	Antecedentes: Internacional y nacional.....	14
2.1.1.	Antecedentes internacionales.....	14
2.1.2.	Antecedentes nacionales.....	14
2.2.	Bases teóricas.....	16
2.3.	Marco conceptual.....	17
2.4.	Definición de términos básicos.....	18
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	24
3.1.	Hipótesis	24
3.1.1.	Operacionalización de variable.....	24
IV.	METODOLOGÍA DEL PROYECTO	26
4.1.	Diseño metodológico.....	26
4.2.	Método de investigación.....	27
4.3.	Población y muestra.....	27

4.4.	Lugar de estudio.....	29
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	29
4.6.	Análisis y procesamiento de datos	30
4.7.	Aspectos éticos en investigación.....	34
V.	RESULTADOS.....	35
5.1.	Resultados descriptivos.....	35
	Análisis de gestión de los niveles de tensión en la Set Dolorespata empleando sistemas inteligentes	35
	Función y estructura del desarrollo de software MATLAB 2019B.....	36
	Simulación de la alternativa de solución.....	37
	Ingreso de datos.....	38
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	44
VII.	CONCLUSIONES	50
VIII.	RECOMENDACIONES.....	51
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
	ANEXOS	54
	Anexo 1. Matriz de consistencia	55
	Anexo 2. Topología SET Dolorespata con sistema inteligente.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Población sin acceso a servicios de energía eléctrica en América latina y el Caribe	10
Figura 2. Gráfica de tensiones del transformador TR1	28
Figura 3. Gráfica de tensiones del transformador TR1	28
Figura 4. Sistema de gestión de energía Electro Sur Este	29
Figura 5. Gráfica de tensiones del transformador TR1	30
Figura 6. Transformadores ubicados en EGEMSA.....	31
Figura 7. Gráfica de tensiones del transformador TR1	31
Figura 8. Gráfica de tensiones del transformador TR2.....	32
Figura 9. Gráfica de tensiones del transformador TR3.....	33
Figura 10. Modelo de construcción en desarrollo del MATLAB.....	37
Figura 11. Plataforma de módulo con el diagrama de situación actual.....	38
Figura 12. Carga de datos de tensión	39
Figura 13. Selección de archivo DATA.xlsx.....	39
Figura 14. Indicador de color de carga de archivo.....	40
Figura 15. Gráfica de demanda generada	40
Figura 16. Indicadores de valores fuera de rango	41
Figura 17. Menú de alimentadores	41
Figura 18. Selección de botón “Graficar”	42

Figura 19. Gráfica con valores de voltaje sin propuesta solución	42
Figura 20. Gráfica con valores de voltaje con propuesta solución y la regulación automática del conmutador	43
Figura 21. Mapa de ruta fundamental.....	44
Figura 22. Diagrama unifilar SET Dolorespata y con el control sistema inteligente	46
Figura 23. Ubicación topológica donde estará ubicado el sistema inteligente en SET Dolorespata y las 09 SED.....	47
Figura 24. Comparativa de la mejora de los niveles de voltaje con la alternativa de solución	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	25
Tabla 2. Detalle de perfil de transformador TR1	31
Tabla 3. Detalle de perfil de transformador TR2.....	33
Tabla 4. Detalle de perfil de transformador TR3.....	34

RESUMEN

Las primeras instalaciones eléctricas han iniciado su desarrollado en los grandes consumidores y productores de diferentes países, con el objetivo de cubrir un porcentaje mayor de inteligencia, a fin de poder iniciar el desarrollo de este tipo de proyectos.

Con estos desarrollos eléctricos será posible extrapolar este tipo de conceptos para cualquier consumidor sea industrial o doméstico, haciendo realidad la gestión de todas sus instalaciones gracias a la interpretación de la información de cada uno de los elementos conectados en dicha red eléctrica.

Esto significa que en una gestión eléctrica inteligente se puede cuantificar las demandas máximas de un país y en aquellos con falta de capacidad de suministro, evitaría los cortes a los usuarios en los porcentajes que la gestión pudiera optimizar, de esta manera estos sistemas permiten dar capacidad de energía donde verdaderamente va a producirse consumo y reducirla en aquellos lugares donde el sistema sabe que no va a ser necesaria la demanda.

Este trabajo de investigación aportara a la empresa de distribución de Electro Sur Este - Cusco, proyectos pilotos de los sistemas inteligentes los cuales serán integrados a su sistema de distribución de los departamentos de Cusco, Apurímac y Madre de Dios.

Palabras clave: sistema, inteligente, gestión, energía

ABSTRACT

The first electrical installations have begun their development in the great consumers and producers of different countries, with the objective of covering a greater percentage of intelligence, in order to be able to initiate the development of this type of projects.

With these electrical developments, it will be possible to extrapolate this type of concepts to any industrial or domestic consumer, making the management of all their installations a reality thanks to the interpretation of the information of each of the elements connected in said electric network.

This means that in an intelligent electrical management can be quantified the maximum demands of a country and in those with lack of capacity of supply, it would avoid the cuts to the users in the percentages that the management could optimize, in this way they allow to give capacity of energy where consumption will actually occur and reduce it in those places where the system knows that demand will not be necessary.

This research will contribute to the distribution company of Electro Sur Este - Cusco, pilot projects of intelligent systems which will be integrated into the distribution system of the departments of Cusco, Apurimac and Madre de Dios.

Keywords: system, intelligent, management, energy

RESUMO

As primeiras instalações eléctricas começaram a ser desenvolvidas em grandes consumidores e produtores de diversos países, com o objectivo de abranger uma maior percentagem de inteligência, para poder iniciar o desenvolvimento deste tipo de projectos.

Com estes desenvolvimentos eléctricos será possível extrapolar este tipo de conceitos para qualquer consumidor, seja industrial ou doméstico, tornando realidade a gestão de todas as suas instalações graças à interpretação da informação de cada um dos elementos ligados na referida rede eléctrica.

Isso significa que na gestão eléctrica inteligente podem ser quantificadas as demandas máximas de um país e naqueles com falta de capacidade de abastecimento evitariam cortes aos usuários nos percentuais que a gestão poderia otimizar, desta forma esses sistemas permitem que a capacidade seja fornecida de energia onde o consumo realmente ocorrerá e reduzi-lo naqueles locais onde o sistema sabe que a demanda não será necessária.

Este trabalho de pesquisa proporcionará à distribuidora Electro Sur Este - Cusco projetos piloto de sistemas inteligentes que serão integrados ao seu sistema de distribuição nos departamentos de Cusco, Apurímac e Madre de Dios.

Palavras-chave: sistema, inteligente, gestão, energia

INTRODUCCIÓN

La presente investigación presenta el modelo de gestión basado en una solución de sistemas inteligentes, en el documento que a continuación se expone se podrán encontrar una serie de capítulos que expresan de forma sistemática la línea temporal que se siguió para la formulación de cada apartado. En los capítulos I, II, y III, se muestran las problemáticas, objetivos e hipótesis de la investigación. En el capítulo IV, se muestra la metodología de investigación a seguir para obtener los resultados esperados. En el capítulo V, se refleja el resultado de la edición del programa elaborado en Matlab para la gestión en los niveles de las estaciones en Dolorespata de la empresa Electro Sur Este. Finalmente, en los capítulos VI, VII y VIII se muestran la discusión, conclusiones y recomendaciones referentes a lo obtenido del proceso de ejecución.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Un sistema de distribución de energía debe ser capaz de asegurar un nivel satisfactorio en cuanto a la prestación de servicios eléctricos a los usuarios finales, además debe de garantizar que la energía tenga un nivel de tensión estable, confiable y de calidad.

Décadas atrás, la energía eléctrica era considerada como un servicio más y no tenía la importancia necesaria, pero desde el inicio del avance industrial y tecnológico empezó a tomar alto grado de jerarquía, es así que se incorporaron normas técnicas para poder controlar los niveles de calidad brindados a los usuarios finales. Es importante mencionar que la necesidad, aunque en el sector urbano es cubierta en gran medida, existen aún zonas de América Latina y El Caribe que carecen de estos servicios, por lo cual, implica una mejor gestión de los servicios que ofrecen las empresas prestadoras de servicios. [1]

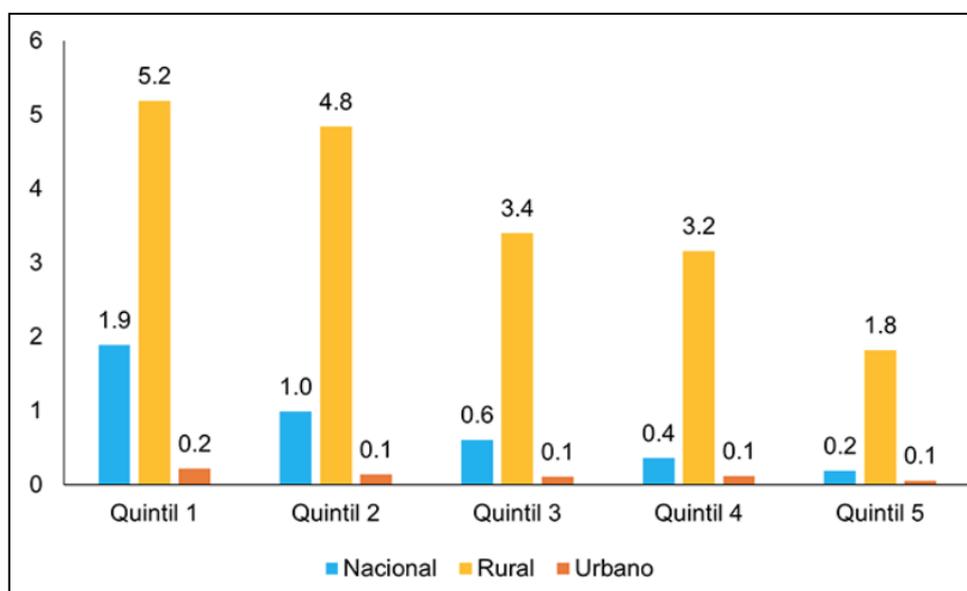


Figura 1. Población sin acceso a servicios de energía eléctrica en América latina y el Caribe

Fuente: Encuesta de CEPAL (2021) [1]

El Perú, comienza sus inicios con la ley de concesiones eléctricas (LCE) complementándolo en 1997 con la implementación de la NTCSE promulgado mediante D.S. N° 020 97-EM, desde entonces en nuestro país la energía es considerada como un producto de vital importancia y como tal debe ser de calidad, siendo así prioritario una continua supervisión, control y mejoramiento de la energía eléctrica.

Esto nos conlleva a poder evaluar, analizar los inconvenientes de caída de tensión que existen en el sistema de eléctrico de Cusco barra de DOLORESPATA de 10.5 KV de la empresa Electro Sur Este, esta manera realizar una mejor gestión utilizando sistemas inteligentes para gestionar de manera eficiente y coordinada el control de la calidad de tensión.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- **PG:** ¿Cómo la falta de un sistema inteligente afecta la calidad de tensión en la barra de MT-DOLORESPATA de la ciudad de Cusco de la empresa de Electro Sur Este?

1.2.2. Problemas Específicos

- **PE1:** ¿Cuál es la situación actual de los alimentadores urbanos de la barra de DOLORESPATA del sistema eléctrico de Cusco?
- **PE2:** ¿Cuál es la situación actual de los indicadores de calidad de tensión en los alimentadores media tensión urbanos del sistema eléctrico Dolorespata de Cusco?
- **PE3:** ¿De qué forma influenciará la mejora de la calidad de tensión en reducir las penalizaciones económicas por brindar mala calidad de tensión a los usuarios finales del sistema eléctrico Dolorespata de Cusco?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- **OG:** Elaborar un nuevo sistema de gestión inteligente para mejorar la calidad de tensión en la barra de MT- Dolorespata de la ciudad de Cusco de la empresa de Electro Sur Este

1.3.2. Objetivos específicos

- **OE1:** Elaborar un banco de datos estadísticos que coadyuven a brindar alternativas para mejorar la calidad de nivel de tensión a los usuarios finales
- **OE2:** Reducir las penalizaciones económicas por mala calidad de tensión
- **OE3:** Optimización de la capacidad operativa de los alimentadores de media tensión, de tal manera brindar una calidad de producto priorizando el nivel de tensión de acuerdo a las tolerancias establecida en las normas técnicas peruanas

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

El planteamiento formula una metodología usando los conceptos teóricos y mediciones cuantitativas de gestión e ingeniería eléctrica para brindar alternativas de solución para mejorar la calidad de tensión en la barra de compra y venta Dolorespata (DO) de la ciudad de Cusco.

1.4.2. Justificación tecnológica

Planteamiento considera tecnologías que permiten solucionar el problema de la mala calidad de tensión y cubrir el crecimiento de la demanda de energía.

1.4.3. Justificación económica

La empresa Electro Sur Este S.A. se beneficiaría al reduciría las pérdidas económicas por el pago de compensaciones de la mala calidad de tensión.

1.4.4. Justificación social

A los usuarios de la ciudad de cusco, se les brindara una adecuada calidad de tensión, de tal manera garantizar una apropiada operación de voltaje para el funcionamiento de sus cargas en horas de máximas demanda.

1.4.5. Justificación práctica

Los valores de tensión brindado como mala calidad de producto y el incremento de demanda de los alimentadores en estudio nos permitirán analizar las alternativas de solución con fines de brindar al usuario final una calidad de energía.

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Delimitante tecnológica

La presente investigación se enmarcó en el uso de software de procesamiento de datos a través de GUI (Interfaz gráfica), en el caso del desarrollo de la tesis se utilizó el programa Matlab 2019B

1.5.2. Delimitante espacial

Este estudio se realizó en la SET Dolorespata de la ciudad del cusco en el año 2019

1.5.3. Delimitante práctica

Los valores de tensión brindado como mala calidad de producto y el incremento de demanda de los alimentadores en estudio nos permitirán analizar las alternativas de solución con fines de brindar al usuario final una calidad de energía.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes: Internacional y nacional

2.1.1. Antecedentes internacionales

Salazar (2017) desarrolló un prototipo de sistema electrónico de monitoreo y control para la distribución de energía eléctrica de una zona de dos ambientes. Su trabajo abordó las necesidades existentes en ambas etapas del condominio, el dispositivo cuenta con sensores de voltaje y corriente, así como una tarjeta de recolección de datos que procesa la información requerida y un sistema de base de datos donde se recopila la información recopilada por el sistema. El acceso es fácil y lo puede realizar cualquier tipo de persona con un dispositivo final como una computadora, teléfono móvil u otro dispositivo con acceso a la red. Además, el sistema de seguimiento está equipado con una pantalla táctil TFT para mostrar información directamente desde el prototipo. [1]

2.1.2. Antecedentes nacionales

Ninantay (2019) de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, en su investigación, abordó las pérdidas de influencia eléctrica que afectan al desempeño de las empresas de suministro de eléctrica. La problemática se presentó debido a las pérdidas de influencia que se tienen debido a diversas causas que los originan, para ello se plantearon soluciones técnicas y económicamente viables que permitan su reducción. Las pérdidas de influencia pueden ser eliminadas por completo, para ello se determinó el objetivo de estimar los valores teóricos que difieren de los valores reales y que se reducen con la vigencia lo cual empeora el desempeño de las empresas de suministro porque cada añada se aceptan porcentajes menores de pérdidas de influencia. En oriente contexto se realiza la disección para el sistema eléctrico SE0032 – Barra QUENCORO - Cusco perteneciente al radio de libramiento de la filial ELECTRO SUR ESTE S.A.A, Dicha álabe hoy bolita con 7 alimentadores, que alimentan al lado sur de cusco Provincia; de las cuales una en absolutones se considera (Barra QU-05), ora que alimenta el lado campestre de Paruro. [2]

Enciso T., Huayaconza G., Linares E. y Nuñez J. (2018) de la Pontificia Universidad Católica del Perú. realizaron un diagnóstico operativo de Electro Sur Este para identificar oportunidades de mejora para lograr la eficiencia y eficacia de los procesos, en beneficio de toda la cadena de distribución y la satisfacción del consumidor. Se describió el estado actual de la organización, planes de productos, planes de procesos, planes de trabajo, controles operativos y recomendaciones de mejora. El primer capítulo describe las características organizativas y operativas, así como las características arquitectónicas, las ubicaciones del sistema y su distribución a nivel de infraestructura. Con base en esta información, se realiza un análisis integral y, con asistencia técnica, se realizan propuestas de mejoras de desempeño, reducción de costos y eficiencias con el objetivo de cumplir con las expectativas de los accionistas y del mercado local y generar utilidades adicionales. 30-50% de la inversión final. En todo ello es central una propuesta de nuevo layout de fábrica, un nuevo organigrama para ampliar áreas de inversión y proyectos, y flujos de procesos de actividad para optimizar procesos y aumentar la productividad. De igual manera, se proponen planes con estrategias proactivas para mejorar la productividad del capital humano, lo que conduce a la eficiencia y eficacia de los resultados. Por otro lado, se propone mejorar las políticas de mantenimiento preventivo para reducir los costos de remediación, resultando en un aumento de activos de 3,36 millones y una reducción de 40-50%. Finalmente, se propone explorar y explotar nuevas alternativas de energías renovables. La utilización eficiente de recursos humanos profesionales y motivados y la implementación de nuevas políticas con estrategias proactivas conducirá a mejores ganancias corporativas, satisfacción laboral, mejor calidad de servicio al cliente y menor demanda de energía. Permite el desarrollo de nuevos proyectos de energía en previsión de un aumento en

También vale la pena señalar que los efectos del calentamiento global están alterando el flujo de agua en las principales fuentes hídricas de los Andes peruanos, lo que nos motiva a considerar nuevos proyectos. En resumen, producir energía limpia reduce el riesgo de impacto ambiental. Esto debe ir de la mano de una cultura de responsabilidad ambiental que mejore los estándares y

regulaciones para el uso, producción y distribución de energía eléctrica. Las generaciones futuras tendrán acceso a servicios asequibles. [3]

Zegarra Pinto (2017) de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, en su investigación, abordó la implementación de medición centralizada de energía eléctrica con medidores inteligentes en área de la región Arequipa. Con el plan piloto de las torres de la Alameda se espera que la Empresa distribuidora SEAL. tenga importantes mejoras en el área del control de Pérdidas Técnicas, debido a que los medidores inteligentes estarán constantemente enviando datos sobre las lecturas de consumo de los clientes, alarmas sobre eventos, y el estado de la red; también se puede controlar las pérdidas no técnicas provocadas por la manipulación de los medidores, que hasta la aparición de los equipos de medición inteligente no se realizaba adecuadamente. Los medidores inteligentes ofrecen una solución efectiva a los problemas de lecturas no tomadas, o mal tomadas, debidas principalmente a la dificultad de acceso y al tiempo que estas conllevan en determinados sectores como es el caso particular de los usuarios de la zona rural. [4]

Augusto Cuyes (2022) de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en su investigación, abordó la implementación del proyecto AMI en clientes regulados es decir medición remota con medidores inteligentes. El proyecto piloto es clave, dado que su resultado nos permitirá realizar el despliegue masivo. En base a ello es que se realizaran propuestas regulatorias y normativas, operativas y comunicacionales; e ir más seguro para mayores porcentajes de despliegue. partiendo también de criterios importantes que se darán tanto en el piloto como en el despliegue masivo y que es muy importante tenerlos presente porque en ese ámbito nos moveremos, tales como: el tiempo de vida de los medidores inteligentes serán de 15 años dado la reposición que se hace a este tipo de equipos, el plazo de despliegue a 8 años a partir del año 2023 prácticamente como se ha mostrado, incluso la opción que el costo del medidor disminuya en los próximos años, plazo prudencial para llegar a la cobertura del 70%, no ir al 100% de despliegue dado el consumo de energía mensual en sistemas

eléctricos que son menores a 20 KWh/mes. [5]

2.2. Bases teóricas

Interfaz gráfica de MATLAB

GUIDE (Entorno de desarrollo de interfaz gráfica de usuario) es un entorno de programación visual disponible en MATLAB que se puede utilizar para diseñar interfaces gráficas y ejecutar programas. Esta herramienta es muy útil cuando se trabaja con programas MATLAB que requieren entrada continua de datos o interacción activa con el usuario. GUIDE facilita la creación de ventanas y cuadros de diálogo con componentes básicos como etiquetas, cuadros de texto, botones y contenedores.

Entidades

El Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN) será encargado de llevar una Consultoría Internacional que aborde el diagnóstico e implementación de Smart Grids en el país, el cual realizo contratos con empresa INDRA, cuya empresa ha evaluado los principales ámbitos de aplicación de las redes inteligentes, incluyendo la integración de la generación distribuida, la gestión de la demanda, la automatización de la distribución, la medida inteligente y el vehículo eléctrico

INDRA, una de las principales multinacionales de Tecnologías de la Información de Europa y Latinoamérica, ha diseñado para la administración peruana el plan estratégico para la implementación en el sistema eléctrico de este país de las Smart Grids (o Redes Inteligentes). Identifica las principales líneas de actuación para la implementación de Smart Grids, como los equipos inteligentes de medida, la integración de la generación distribuida, la gestión de la demanda, la automatización de la distribución y el vehículo eléctrico. Para cada una de estas líneas de actuación, se ha profundizado en sus características e identificado los

impactos en el sistema, en términos de eficiencia energética y de gestión de los activos, así como de mejora de la calidad del servicio.

Por lo que los consumidores recibirán un servicio de mejor calidad con una red con un mayor nivel de monitorización y automatización y podrán realizar una gestión más eficiente de sus consumos energéticos, Sostenibilidad y eficiencia energética.

Normativa Nacional

- Ley de concesiones eléctricas (LCE)
- Decreto supremo N° 020-97 –EM que aprueba la Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos (NTCSE).
- Resolución de consejo directivo OSINERGMIN N° 616-2008-OS/CD “Base Metodológica para la aplicación de la Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos”
- Calidad de Tensión. La Calidad de Producto suministrado al Cliente se evalúa por las transgresiones de las tolerancias a los niveles de tensión, en los puntos de entrega y el control de la Calidad de Producto se lleva a cabo en períodos mensuales, denominados “Períodos de Control”.
- Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas las etapas y en todos los niveles de tensión son de hasta el $\pm 5\%$ de las tensiones nominales en puntos de entrega urbanos.
- Texto del último párrafo según D.S. *N° 009-1999-EM, publicado el 1999. 04. 11*

2.3. Marco conceptual

La problemática del sistema actual, como las ausencias de servicio no planeadas (fallas) por incremento de carga no prevista o por desbalance de tensión en horas punta, hace necesario el desarrollo de soluciones y nuevos modelos de red automatizados en tiempo real, a continuación, se menciona situaciones originan los inconvenientes.

- Falta de renovación de las redes eléctricas antigüedad de las infraestructuras
- Modelo actual de distribución de energía centralizado (transformador de potencia principal en el alimentador Dolorespata) es de tipo radial producido por generación hidráulica, que unido a las dificultades de respuestas de continuidad de servicio hace necesaria una continua regulación entre la generación eléctrica y la demanda de carga.
- Las necesidades de integración de las nuevas energías renovables
- El incremento de la demanda por crecimiento poblacional
- La dependencia de las importaciones y la influencia que tiene la variabilidad en los precios o posibles restricciones de las mismas. La facilidad de la integración de las energías renovables (cuya generación es habitualmente local) y un consumo sostenible, razonable y controlado por parte de los usuarios puede hacer que se reduzcan esas dependencias y los costes asociados.
- La falta de una óptima planificación eléctrica en las empresas de distribución. [X]

2.4. Definición de términos básicos

A continuación, definimos algunos términos utilizados frecuentemente en el plan de tesis:

Electro Sur Este S.A.A.

Empresa concesionaria de distribución que brinda servicio de suministro eléctrico a las regiones de Cusco Apurímac, Madre de Dios, Ayacucho (Localidad Sucre) y Arequipa (Callarani)

Usuario Final

Son aquellos usuarios comprendidos dentro de la concesión de la empresa suministradora.

Sector Típico Distribución (SDT),

Es una calificación que establece el Ministerio de Energía y Minas de acuerdo a ciertas características de los sistemas eléctricos, El Osinergmin a través de la GART es la encargada de clasificar a los sistemas eléctricos de acuerdo a los SDT establecidos. [X]

Sistema Eléctrico

Un sistema de distribución de energía es un conjunto de dispositivos que suministra energía de manera segura y confiable a una cantidad específica de cargas a diferentes niveles de voltaje en diferentes áreas de alcance. Un sistema que resume diversas ubicaciones en urbano, urbano-rural, rural y SER, tipificado por OSINERGMIN.

Tolerancias Eléctricas en redes de Media tensión

Límites que establece en la norma técnica de calidad de los servicios eléctricos.

Osinergmin

Organismo regulador y fiscalizador de la energía eléctrica.

Alimentador

Red eléctrica por cual se brinda servicio eléctrico.

Media tensión (MT)

Nivel de tensión eléctrica utilizado en redes primarias de distribución

Demanda

Potencia eléctrica consumida por los usuarios

Transformador de potencia con cambiador de tomas bajo carga

Un transformador de potencia le permite convertir un sistema de voltaje a otro sin cambiar la frecuencia. El factor determinante de estos dispositivos es el factor de conversión, es decir, la relación entre los voltajes de los devanados primario y secundario, o el número de vueltas. Esto utiliza un cambiador de tomas en carga para cambiar el coeficiente de transferencia, lo que cambia el número de vueltas que se están ejecutando actualmente. Estos dispositivos permiten mantener un voltaje nominal en el bus incluso cuando el voltaje primario o secundario se desvía del valor especificado.

Las redes inteligentes o Smart Grids

Son aquellas que envían electricidad desde los proveedores a los consumidores usando una tecnología digital bidireccional para controlar las necesidades del consumidor. Esto ayuda a ahorrar energía, reducir costes e incrementar la usabilidad y transparencia. Se puede definir como la integración dinámica de los desarrollos en ingeniería eléctrica, almacenamiento energético y los avances de las tecnologías de la información y comunicación (o TIC), dentro del negocio de la energía eléctrica (generación, transmisión, distribución, almacenamiento comercialización incluyendo las energías alternativas).

Redes de distribución:

Un sistema de suministro de energía incluye todo un conjunto de medios y elementos útiles para generar, transportar y distribuir energía eléctrica. El conjunto está equipado con mecanismos de control, seguridad y protección. No sólo está equipado con un sistema de control distribuido, sino que también está gestionado por un sistema de control central que asegura el uso racional de los recursos de generación eléctrica y la calidad del servicio según la demanda de los usuarios y equilibra las posibles incidencias e interrupciones.

Compensación

Término ampliamente utilizado en economía y finanzas, así como en los negocios, y significa devolver algo que se le debe a una parte o persona, o al menos compensar esa deuda con otra cosa o valor.

Usuarios

Persona natural o jurídica que se encuentra en posesión de un predio y está en posibilidad de hacer uso legal del suministro correspondiente.

Pérdidas de energía

Las pérdidas técnicas se refieren a la energía perdida durante el transporte y distribución dentro de la red como resultado del calentamiento natural de los transformadores y conductores que transportan la electricidad desde las centrales eléctricas hasta los clientes.

Económica

Comportamiento individual cómo interactúan los individuos frente a eventos particulares y el impacto que los individuos tienen en el medio ambiente (precio, producción, riqueza, consumo, etc.). Es una ciencia social porque estudia la actividad y el comportamiento humanos y es un campo de estudio muy dinámico.

Problema Social

Temas o ejes de abordaje que causan inconvenientes y requieren una solución en aras del desarrollo de la comunidad.

Vida Útil

El período de tiempo que se espera que la empresa utilice el activo depreciable o el número de unidades de producción que se espera derivar del activo depreciable. Si la vida útil del bien objeto de embargo es inferior a la vida útil económica del bien, la vida útil corresponde al plazo de la concesión.

Equipos

es un dispositivo que realiza tareas utilizando energía eléctrica y alterándola convirtiéndola, amplificándola/reduciéndola o destruyéndola. Un ejemplo de dispositivo eléctrico es una bombilla incandescente que convierte la electricidad en luz.

Calidad Energía

Esto se refiere a la estabilidad del voltaje, la frecuencia y la continuidad del suministro de energía sin interrupciones, sobretensiones provocadas por armónicos en la red o fluctuaciones de tensión RMS suministrada al usuario.

Generación Distribuida

La generación distribuida es considerada una fuente de energía que está unida directamente a la red de distribución o a las instalaciones del usuario final.

Microrredes

Una microrred es un pequeño sistema inteligente de distribución de energía y calor, autogestionado localmente, que puede funcionar conectado o desconectado de la red pública.

Plantas de Energía Virtual

Una central eléctrica virtual es una central eléctrica distribuida (cogeneración o combinación de calor y electricidad, energía eólica, pequeña central hidroeléctrica, generador de emergencia, etc.) que está gestionada conjuntamente por una única unidad de control y puede suministrar energía en el momento máximo del grupo. cargar cuando lo necesites.

COES

Órgano técnico integrado por propietarios de centrales eléctricas, sistemas de transmisión y distribución, y usuarios libres cuyas instalaciones se interconectan,

lo que permite coordinar las operaciones y garantizar un suministro eléctrico estable. Garantizar la seguridad y calidad del suministro eléctrico y aprovechar al máximo los recursos energéticos.

SAI

Dispositivo que proporciona energía a todos los dispositivos conectados durante períodos de tiempo limitados y durante apagones, reduciendo la cantidad de energía que llega a los consumidores al filtrar los picos y caídas de voltaje. La calidad se puede mejorar. Rechazo de armónicos de la red al utilizar alimentación AC

SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

Sistema eléctrico en caso de falla, funcionamiento e indisponibilidad de componentes que afectan el sistema eléctrico. Esta puede ser interna (sistemas de protección, diseño de redes, estado de las instalaciones) o externa (medio ambiente y terceros)

SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

Sistema eléctrico en caso de falla, funcionamiento e indisponibilidad de componentes que afectan el sistema eléctrico. Esta puede ser interna (sistemas de protección, diseño de redes, estado de las instalaciones) o externa (medio ambiente y terceros).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Hipótesis general

HG: La implementación de un gestor con sistemas inteligentes mejorará y controlará coordinadamente los niveles de tensión de los alimentadores de media tensión de Dolorespata de la ciudad de Cusco

Hipótesis específicas

HE1: Con la información estadística podremos tomar decisiones para el control de los voltajes en los alimentadores de MT de la ciudad de cusco, mejorando la calidad de tensión

HE2: Con la implementación de un nuevo gestor controlaremos la calidad de tensión, utilizando sistemas inteligentes entre transformador de potencia, barra y el último punto del alimentador MT, de tal manera que garantizaremos el nivel de tensión establecidos en la normativa vigente

HE3: Con la implementación de una nueva gestión de la calidad de tensión controlaremos la capacidad operativa de los alimentadores de MT, considerando la longitud versus la demanda, de esta manera brindar buena calidad de tensión a nuevas demandas y reducir pérdidas técnicas.

3.1.1. Operacionalización de variable

Variable independiente X

Gestión de los niveles de tensión en el sistema eléctrico de Dolorespata de la empresa electro sur este empleando sistemas inteligentes

Variable dependiente Y

Calidad de tensión

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>Variable independiente</p> <p>Gestión de los niveles de tensión en el sistema eléctrico de Dolorespata de la empresa electro sur este empleando sistemas inteligentes</p>	<p>Montos variables de resarcimiento por transgresión de las tolerancias de voltaje</p>	<p>Costos de energía suministrada variables en los intervalos transgredidos de voltaje (US\$/kWh)</p> <p>Costos variables no sancionados, controlados después del periodo de evaluación de 7 días (US\$/kWh)</p> <p>Valores de voltaje Transgredidos después del periodo de evaluación de 7 días</p>
<p>Variable dependiente</p> <p>Penalizaciones económicas por incumplimientos a la normatividad fiscalizados por el Osinergmin</p>	<p>Sistema de simulación de los montos económicos por las transgresiones de voltaje del sistema eléctrico de Dolorespata</p>	<p>Entidades involucradas MINEM, OSINERGMIN y COES</p>

Fuente: Elaboración propia

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

El diseño metodológico abarcó las siguientes actividades:

- Revisión de la metodología para la ubicación de los puntos de automatización del sistema eléctrico de Dolorespata – Cusco
- Recolección de datos estadísticos de los intervalos de voltaje transgredidos durante el periodo 2014 – 2018 en barra Dolorespata
- Recolección de datos estadísticos de las caídas de voltaje en los fines de línea de media tensión considerando las mediciones de las Subestaciones de distribución que se encuentran al final de alimentador de media tensión
- Recolección de datos estadísticos sobre regulación de voltaje o compensación capacitiva en barra Dolorespata, considerando como referencia fuente de información del COES.
- Recolección de los datos de las sanciones por interrupción emitidas por OSINERGMIN (procedimiento 074). “Procedimiento para la Supervisión de la Operación de los Sistemas Eléctricos”
- Revisión de los costos económicos por el tiempo de interrupción del sistema eléctrico de Dolorespata –cusco
- Recolección de costos económicos para la implementación de un sistema de inteligente (Smart Grid).
- Recolección de metodologías actuales que evalúan el cumplimiento del proyecto de estudio.
- Comparación de la tecnología (Smart Grid) a usar con otros países.
- Comparación de las metodologías utilizadas para la modernización del sistema eléctrico de distribución Dolorespata frente a otro sistema de distribución de otro país.
- Estudio de Comparación de análisis Beneficio frente a Costo para la implementación de este sistema inteligente (Smart Grid) en el sistema eléctrico de distribución Dolorespata.

- Evaluación de los costos de operación de la implementación de este sistema inteligente (Smart Grid) del sistema eléctrico de distribución Dolorespata.
- Determinar los costos de operación derivados de las fallas del sistema eléctrico con tecnología antigua frente a la tecnología con sistema inteligente (Smart Grid) respecto a una red inteligente con una infraestructura nueva con la capacidad inherente para hacer gestión automática de los niveles de tensión en la barra del sistema eléctrico de distribución Dolorespata referido a una subestación eléctrica de distribución MT/ BT (SED) donde se requiera.

4.2. Método de investigación

El método de investigación a seguir fue el cuantitativo

4.3. Población y muestra

Se toma como muestra la información técnica, características de bienes de la SET o barra de Dolorespata conjuntamente con las informaciones de los niveles de voltaje acontecidas en el sistema eléctrico de distribución Dolorespata de la empresa de Distribución ELECTRO SUR ESTE S.A.A. durante los periodos del 2014 al 2018 del cual se desprenderá información útil para la formulación del proyecto de mejora para una proyección de 30 años, si se ejecutara el proyecto durante un año del estudio planificado. En figura 2 se muestra el diagrama unifilar de la SET Dolorespata.

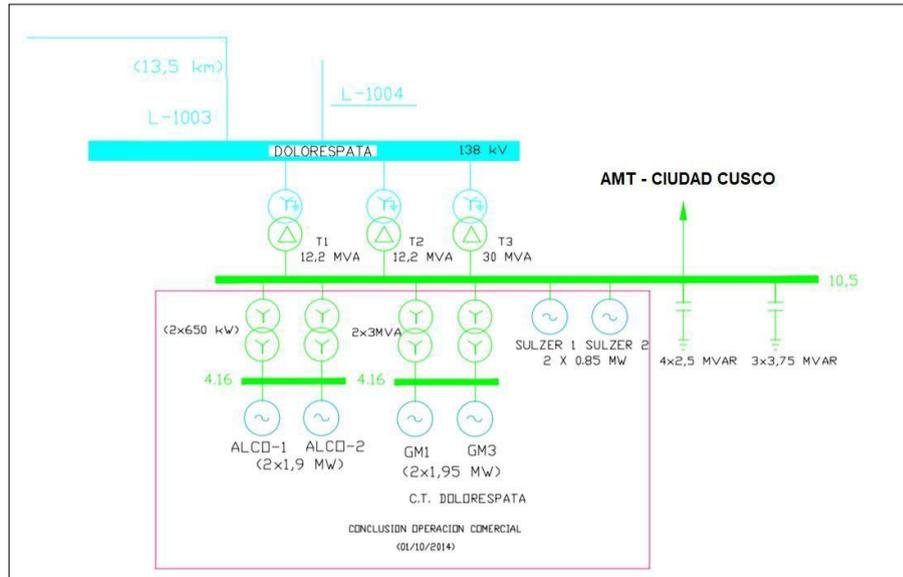


Figura 2. Gráfica de tensiones del transformador TR1

Fuente: Elaboración propia

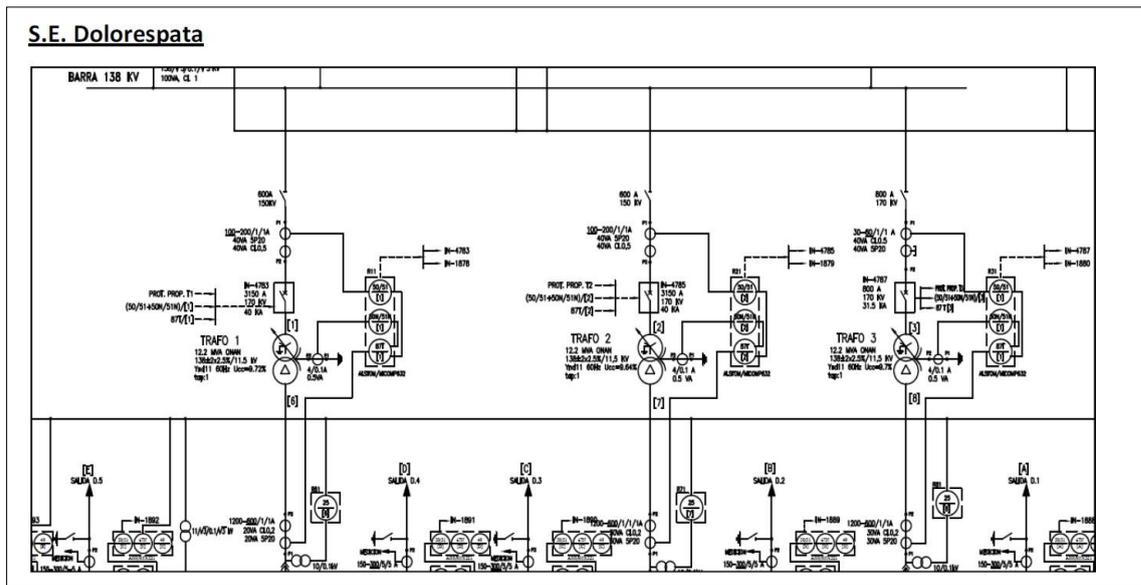


Figura 3. Gráfica de tensiones del transformador TR1

Fuente: Elaboración propia

4.4. Lugar de estudio

Empresa Electro Sur Este, Cusco, Perú

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Por la naturaleza de esta investigación la investigación se basó en la estadística de los registros de voltaje en barra con un periodo de 04 años atrás, la instrumentación utilizada fue el sistema SCADA y ION de Electro Sur Este. En Figura 4. Se muestra sistema de medición ION de Electro Sur Este de la Barra Dolorespata

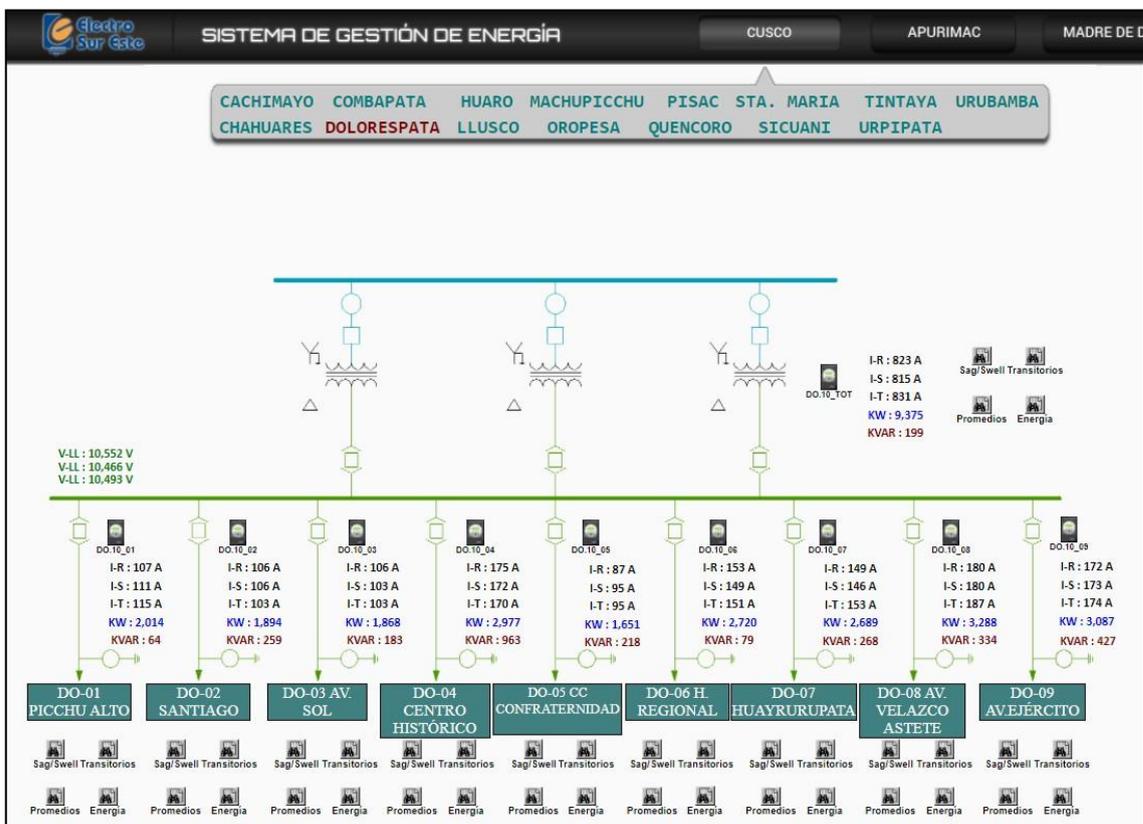


Figura 4. Sistema de gestión de energía Electro Sur Este

Fuente: Elaboración propia

Se muestra sistema de medición SCADA de Electro Sur Este de la Barra Dolorespata



Figura 5. Gráfica de tensiones del transformador TR1

Fuente: Elaboración propia

4.6. Análisis y procesamiento de datos

Por la naturaleza de esta investigación no se requirió de un plan de análisis estadísticos de datos, más si de una recolección de la información histórica que se ubicó en el sistema de medición ION, obtenidos de la base de datos de la empresa Electro Sur Este S.A.A.

De igual forma hay que señalar, que la SET de Dolorespata, es decir, zona de alta tensión (barra de llegada en 138 KV) y la zona de media tensión (barra de salida en 10.5 KV), es de propiedad de la empresa generadora EGEMSA, la cual actualmente se encuentra suministrada por 03 transformadores de potencia.

En la figura 6 se puede apreciar el diagrama unifilar del SCADA de Electro Sur Este con las características de los 03 transformadores ubicadas en las instalaciones de la empresa generadora EGEMSA

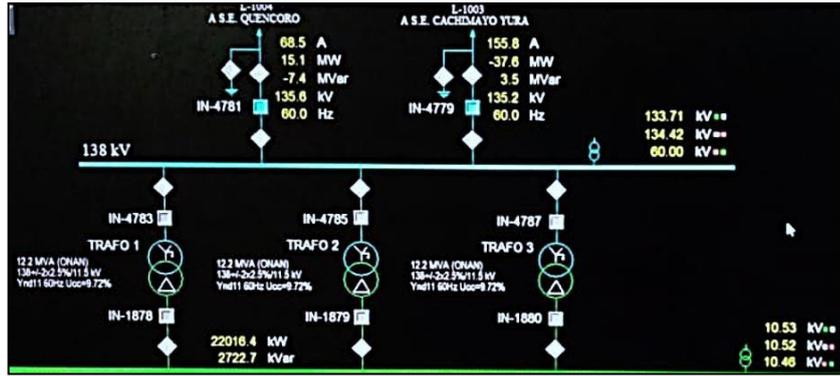


Figura 6. Transformadores ubicados en EGEMSA

Fuente: Elaboración propia

De igual forma, en las siguientes gráficas se aprecia el perfil de tensiones de la barra de 10.5 KV de SET Dolorespata, detallando el perfil de cada uno de los transformadores.

Transformador N°01

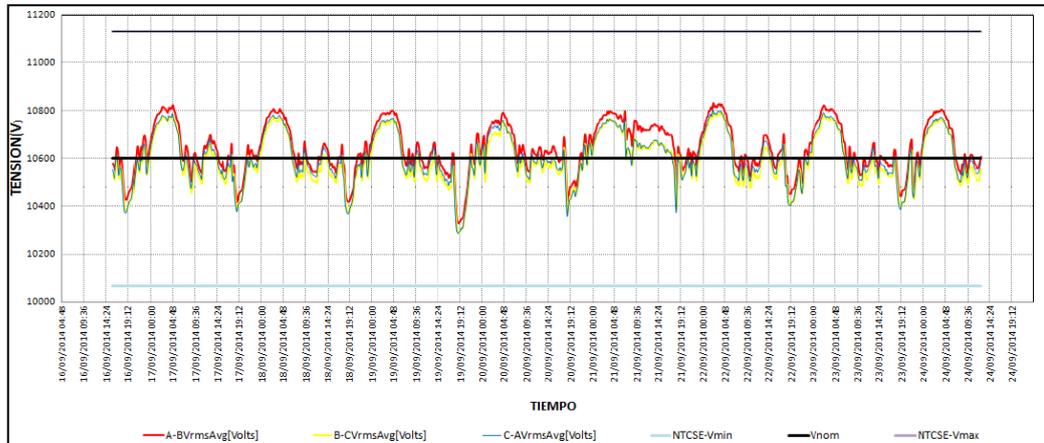


Figura 7. Gráfica de tensiones del transformador TR1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Detalle de perfil de transformador TR1

V-LÍNEA	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO
A-BVrms	10,834.0	10,330.0	10,645.0
B-CVrms	10,793.0	10,292.0	10,597.9
C-AVrms	10,802.0	10,292.0	10,608.4

Fuente: Elaboración propia

- La diferencia de potencial línea-línea se encuentra dentro de los límites de tolerancia permitidos ($\pm 5\%$) y no se observa interrupción de larga duración en el periodo de medición mostrado en la gráfica de tensión.
- El factor de potencia promedio equivalente de las cargas asociadas al transformador TR1 es 0.9794 considerando solo los intervalos de medición donde el banco de capacitores de 9.6MVAR opera de una manera adecuada y se observa un factor de potencia negativo por amplios periodos de medición lo que indica una inyección de potencia reactiva a la red de hasta 6MVAR en los registros obtenidos. Teniendo esta consideración podemos indicar que el factor de potencia de la instalación es superior a 0.957 (valor mínimo recomendado).

Transformador N°02

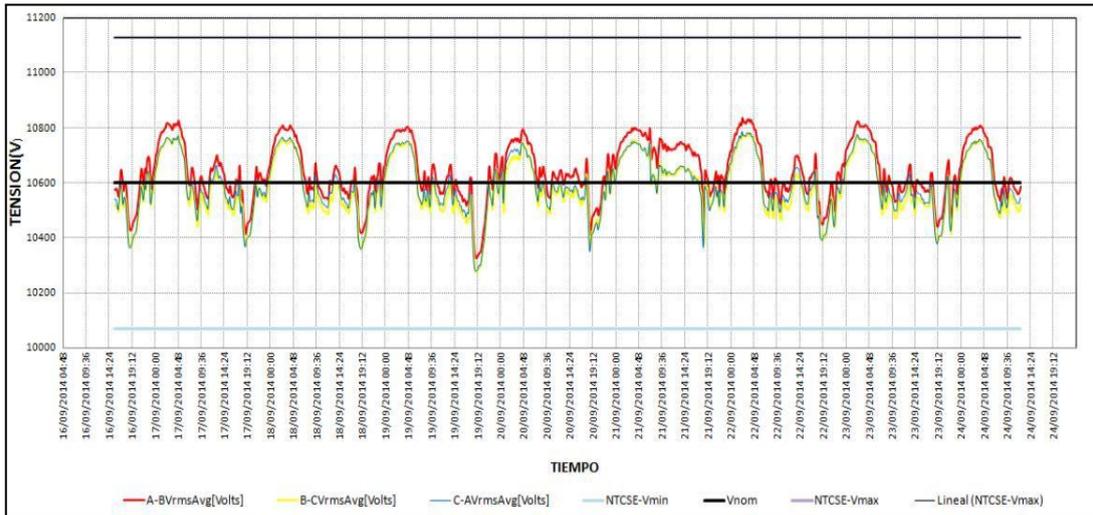


Figura 8. Gráfica de tensiones del transformador TR2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Detalle de perfil de transformador TR2

V-LÍNEA	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO
A-BVrms	10,835.0	10,329.0	10,645.1
B-CVrms	10,780.0	10,278.0	10,585.1
C-AVrms	10,789.0	10,278.0	10,595.5

Fuente: Elaboración propia

- La diferencia de potencial línea-línea se encuentra dentro de los límites de tolerancia permitidos ($\pm 5\%$) y no se observa interrupción de larga duración en el periodo de medición mostrado en la gráfica de tensión.
- El factor de potencia promedio equivalente de las cargas asociadas al transformador TR2 es: 0.989 considerando solo los intervalos de medición donde el banco de capacitores de 9.6MVAR opera de una manera adecuada y se observa un factor de potencia negativo por amplios periodos de medición lo que indica una inyección de potencia reactiva a la red de hasta 6MVAR en los registros obtenidos. Teniendo esta consideración podemos indicar que el factor de potencia de la instalación es superior a 0.957 (valor mínimo recomendado).

Transformador N°03

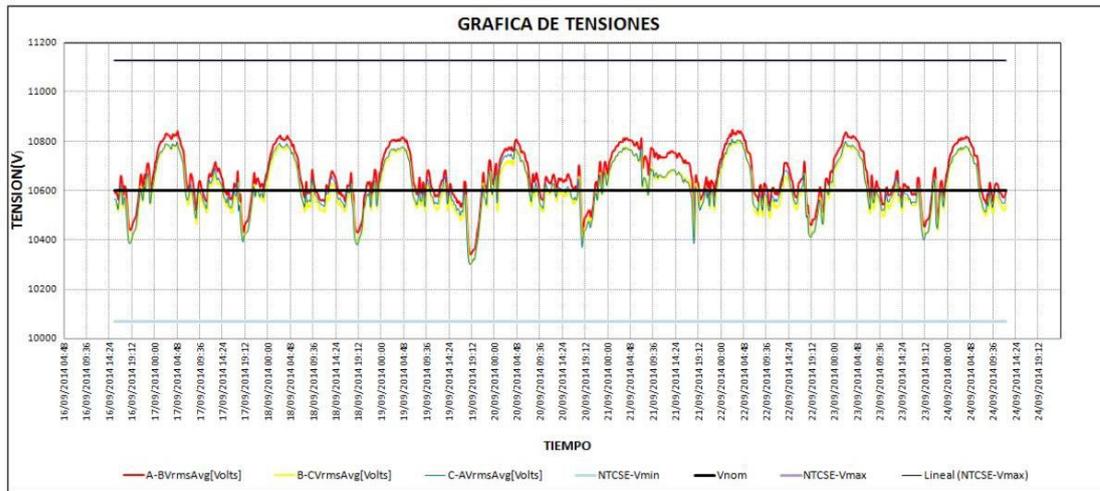


Figura 9. Gráfica de tensiones del transformador TR3
Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Detalle de perfil de transformador TR3

V-LÍNEA	MÁXIMO	MÍNIMO	PROMEDIO
A-BVrms	10,834.0	10,330.0	10,645.0
B-CVrms	10,793.0	10,292.0	10,597.9
C-AVrms	10,802.0	10,292.0	10,608.4

Fuente: Elaboración propia

- La diferencia de potencial línea-línea se encuentra dentro de los límites de tolerancia permitidos ($\pm 5\%$) y no se observa interrupción de larga duración en el periodo de medición mostrado en la gráfica de tensión.
- El factor de potencia promedio equivalente de las cargas asociadas al transformador TR3 es: 0.99 considerando solo los intervalos de medición donde el banco de capacitores de 9.6MVAR opera de una manera adecuada y se observa un factor de potencia negativo por amplios periodos de medición lo que indica una inyección de potencia reactiva a

la red de hasta 6MVA_r en los registros obtenidos. Teniendo esta consideración podemos indicar que el factor de potencia de la instalación es superior a 0.957 (valor mínimo recomendado).

4.7. Aspectos éticos en investigación

La presente investigación realizó el tratamiento de datos de la empresa Electro Sur Este en Cuzco, por lo cual solo se procesó información histórica según los registros compartidos a los investigadores.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

Análisis de gestión de los niveles de tensión en la Set Dolorespata empleando sistemas inteligentes

El informe final se desarrolló para la optimización de la calidad de los niveles de voltaje en la SET de Dolorespata, planteando automatizaciones de los equipos eléctricos mediante sistemas inteligentes de tal forma tenga un control automático de la operación entre la SET Dolorespata y cada uno de los alimentadores de media tensión (MT) de las SET Dolorespata.

Como alternativa de solución formulamos las siguientes implementaciones:

- Reemplazar los tres (03) transformadores actualmente instalados en SET Dolorespata por un (01) transformador de potencia con regulación automática de voltaje, la cual deberá tener tele comunicación al SCADA de las empresas Electro Sur Este y Egemsa.
- Implementar la tele medición o medición remota en las 09 SED's que se encuentran al final de los alimentadores de media tensión (MT) de la SET Dolorespata.
- Con la medición inteligente gestionaremos el parámetro de voltaje entre la SET Dolorespata y los 09 alimentadores de media tensión (MT) por intermedio de las SEDs que se encuentran en las colas del alimentador de MT.
- Con esta implementación realizaremos el control automático y en tiempo real de la regulación de voltaje en SET Dolorespata, de tal forma minimizar las caídas de tensión en las colas del AMT y reducir la sobre tensión en las barras de SET Dolorespata, esta automatización se realizará tomando como referencia las tolerancias establecidas en la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, es decir el $\pm 5\%$ del Valor nominal de voltaje

Por esta razón para poder implementar la alternativa de solución, la presente investigación desarrolló una herramienta computacional que permitió simular la gestión de los niveles de tensión en la SET Dolorespata empleando sistemas inteligentes, para que de esta forma permita analizar, evaluar y controlar el comportamiento de la calidad de voltaje en media tensión de la ciudad del Cusco.

Este desarrollo considera la mínima o máxima tensión presentada en intervalos de cada 15 minutos de durante un todo un día típico.

La herramienta fue desarrollada en el software Matlab 2019B, el cual hace uso de funciones y subfunciones para realizar el ingreso de datos por alimentador con la cual simular por intermedio de gráficas de perfiles la gestión de calidad de voltaje con la implementación de sistema de medición inteligente.

Función y estructura del desarrollo de software MATLAB 2019B

Estructura del código: el código está integrado por las siguientes funciones

Función Caída de tensión

- **Sub Función Barra:** Importa lecturas de tensión de registrados en la barra de 10.5KV.
- **Sub Función DO01:** Importa lecturas de tensión de registrados en el AMT DO01
- **Sub Función DO02:** Importa lecturas de tensión de registrados en el AMT DO02
- **Sub Función DO03:** Importa lecturas de tensión de registrados en el AMT DO03
- **Sub Función DO04:** Importa lecturas de tensión de registrados en el AMT DO04
- **Sub Función DO05:** Importa lecturas de tensión de registrados en el AMT DO05
- **Sub Función DO06:** Importa lecturas de tensión de registrados en el AMT DO06

- **Sub Función DO07:** Importa lecturas de tensión de registrados en el AMT DO07
- **Sub Función DO08:** Importa lecturas de tensión de registrados en el AMT DO08
- **Sub Función DO09:** Importa lecturas de tensión de registrados en el AMT DO09
- **Sub Función Gráfica 01:** Realiza una gráfica animada con los registros de tensión corregidos.
- **Sub Función Gráfica 02:** Realiza una gráfica instantánea con los registros de tensión corregidos.

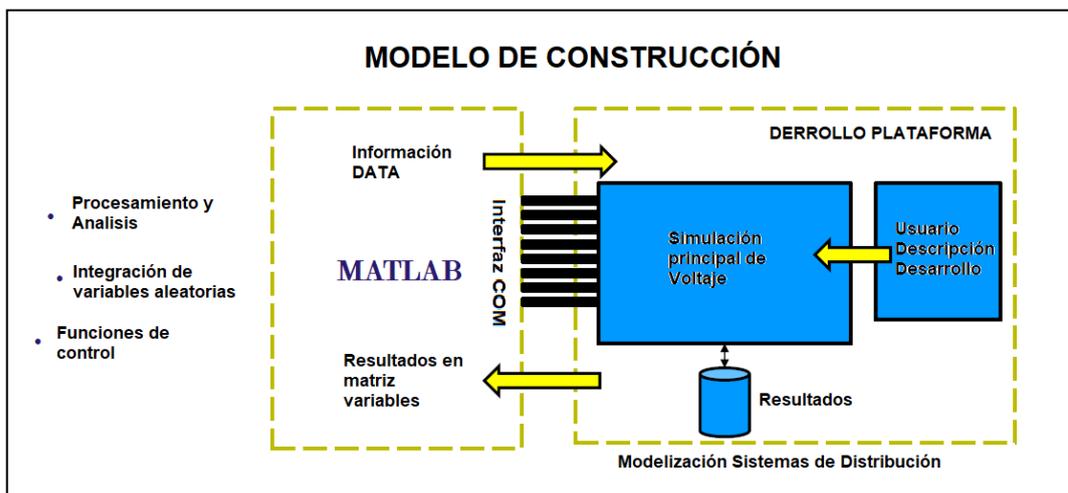


Figura 10. Modelo de construcción en desarrollo del MATLAB

Fuente: Elaboración propia

Simulación de la alternativa de solución

En el programa mostramos la interfaz tras la implementación de un nuevo gestor capaz de controlar la calidad de tensión, utilizando sistemas inteligentes entre transformador de potencia, donde podemos apreciar el diagrama unifilar de la SE Dolorespata, conjuntamente con sus 9 alimentadores de media tensión, de igual forma se puede verificar las subestaciones de distribución (SEDs) que se

encuentran en las colas o fin de línea de los alimentadores de MT. En anexos. Se muestra la imágenes completas.

En figura 11 se muestra la plataforma con la situación actual de la SET dolorespata, es decir los 3 transformadores en barra de 138KV a 10.5 KV, conjuntamente con los 9 alimentadores

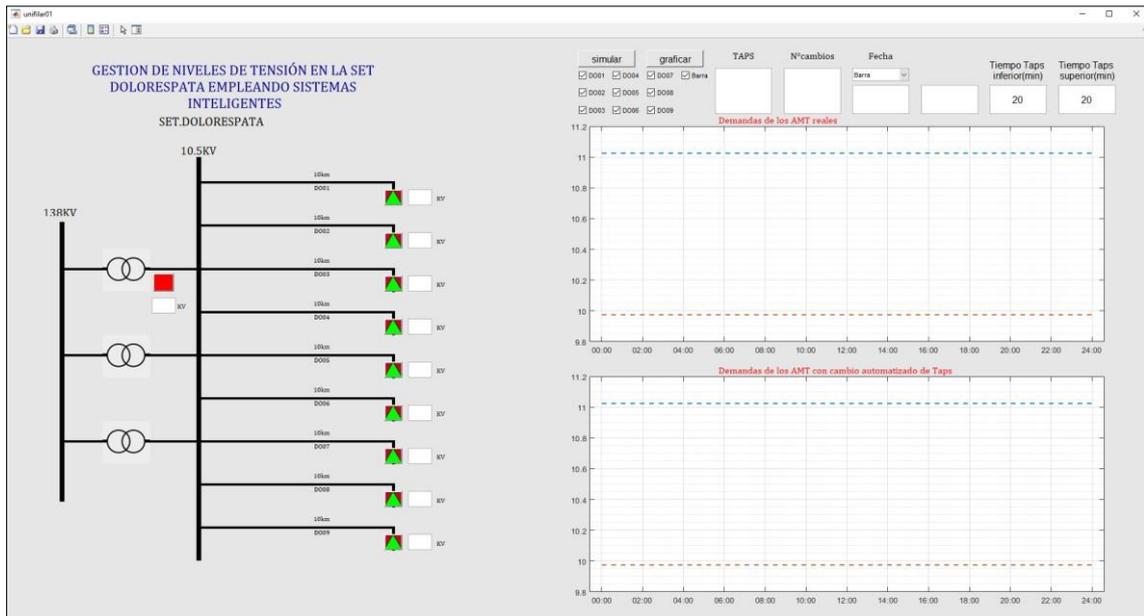


Figura 11. Plataforma de módulo con el diagrama de situación actual

Fuente: Elaboración propia

Ingreso de datos

Los datos que de entrada corresponden a los registros de tensión en la barra de 10.5kv y los niveles de tensión en la última subestación de distribución de los 9 alimentadores.

Seleccione con el clic derecho los símbolos con forma de subestación de cada uno de los alimentadores de media tensión para cargar los datos de tensión (repita lo mismo con todos los alimentadores).

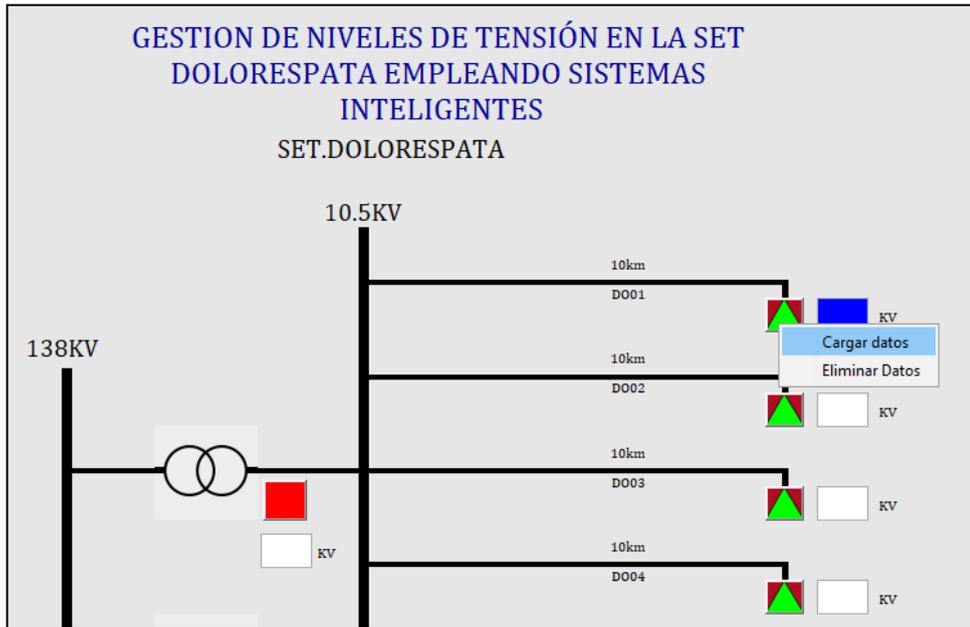


Figura 12. Carga de datos de tensión

Fuente: Elaboración propia

Seleccione el archivo DATA.xlsx (Base de datos perfil de tensión). Este archivo DATA contiene los 9 alimentadores, seleccione este mismo archivo cuando cargue los datos para los alimentadores restantes.

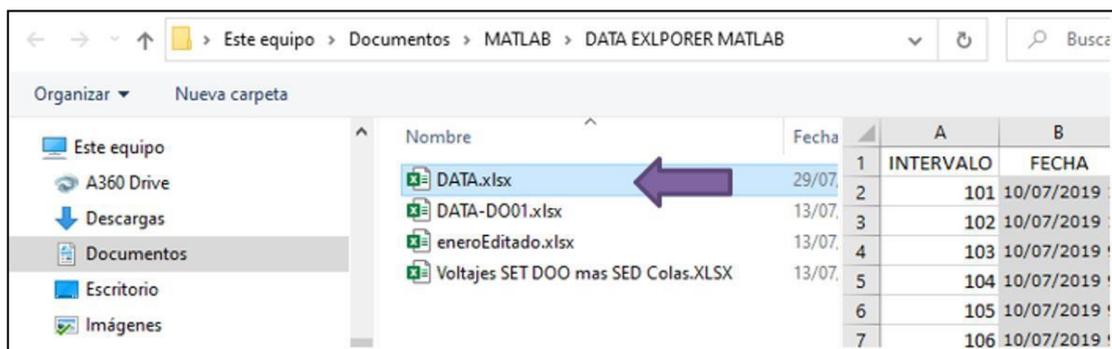


Figura 13. Selección de archivo DATA.xlsx

Fuente: Elaboración propia

Cuando cargue un archivo, este cambiará de color y se mostrará la gráfica según dicho color, esto indicará que se cargó la información sin inconvenientes.

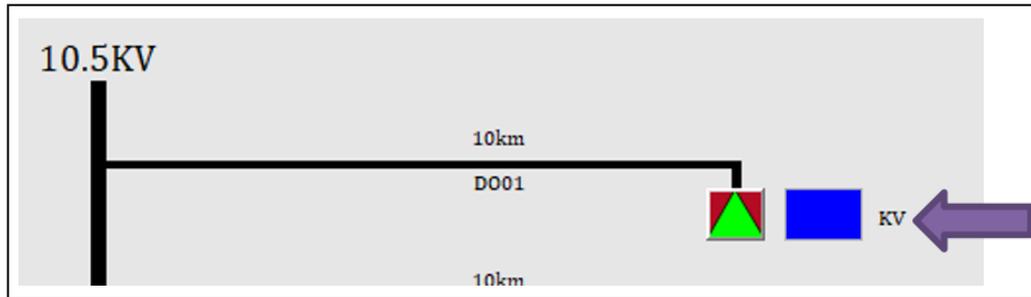


Figura 14. Indicador de color de carga de archivo

Fuente: Elaboración propia

Asu vez, el programa muestra con líneas punteadas los márgenes de tensión ($\pm 5\%$), como se aprecia en la Figura 15, las líneas azul y roja que hacen referencia a los valores establecidos en la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

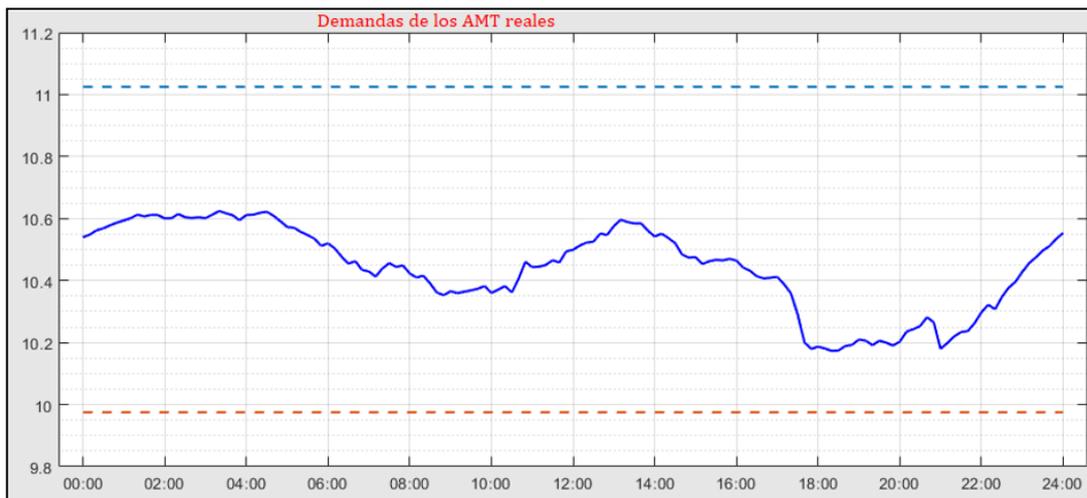


Figura 15. Gráfica de demanda generada

Fuente: Elaboración propia

Si un registro de medición sale de estos límites este se mostrará mediante una señalización de color morado (círculos).

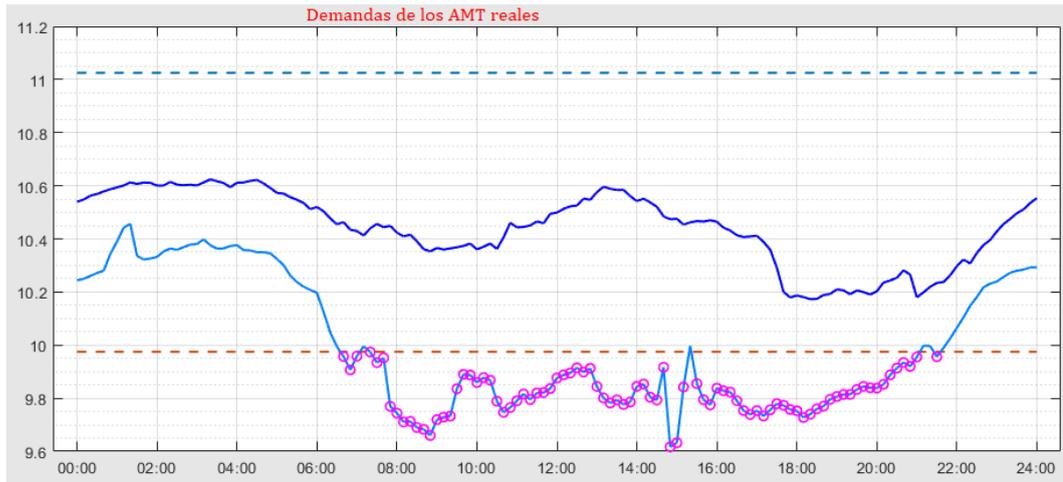


Figura 16. Indicadores de valores fuera de rango

Fuente: Elaboración propia

Interactuamos con las gráficas al seleccionar los campos para de cada Alimentador; Por ejemplo, en la gráfica que se muestra seleccionamos 3 casillas para mostrar sus perfiles de tensión. (AMT: DO01, DO02 y DO03)



Figura 17. Menú de alimentadores

Fuente: Elaboración propia

Seleccionamos botón “simular” para visualizar la gráfica animada de automatización de cambio de taps, la cual realiza un balance de parámetros de voltaje entre la barra de 10.5 KV y las 09 SEDs que se encuentra en las colas del AMT.

Ahora Seleccionamos el botón “graficar” para visualizar la gráfica instantánea de automatización de cambio de taps, entre la barra de 10.5 KV y las 09 SEDs que se encuentra en las colas del AMT.



Figura 18. Selección de botón “Graficar”

Fuente: Elaboración propia

Con la información ingresada, empezamos a graficar los perfiles de tensión de la barra 10.5 KV y los 09 alimentadores de MT en sin propuesta de solución; donde se aprecia que más de 02 alimentadores están fuera de las tolerancias $\pm 5\%$ del valor de voltaje, establecidos en la Norma Técnica de calidad de los servicios Eléctricos (NTCSE).

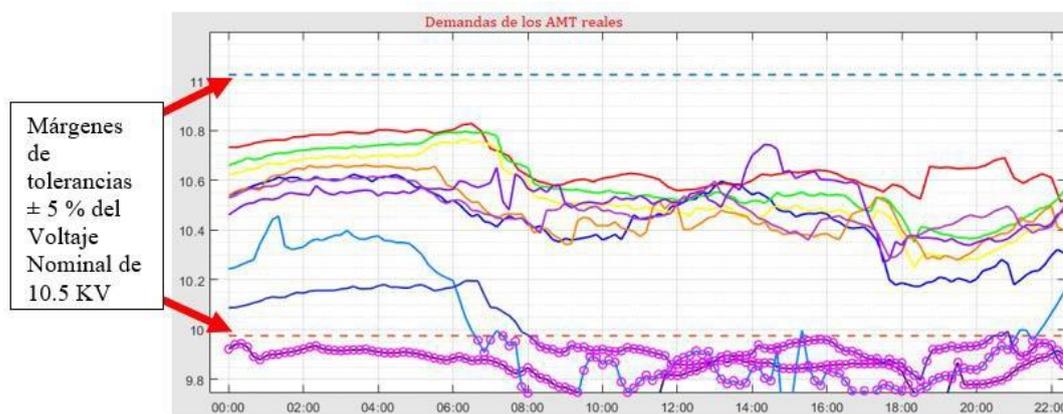


Figura 19. Gráfica con valores de voltaje sin propuesta solución

Fuente: Elaboración propia

Ahora, empezamos a graficar los perfiles de tensión de la barra 10.5 KV y los 09 alimentadores de MT, simulando con la alternativa de solución; donde se aprecia una línea negra punteada la cual sube o baja de escalón en cada intervalo de tiempo; esto quiere decir que el conmutador del transformador (Taps) está regulado el nivel de voltaje en la barra de 10.5 KV; la cual es realizado tomando como referencia los valores de voltaje de las colas del AMT. De igual forma este valor se muestra en el simulador, en el campo de "TAPS" (indica la posición) y el campo de "N° cambios" (número de cambios realizados durante el día).

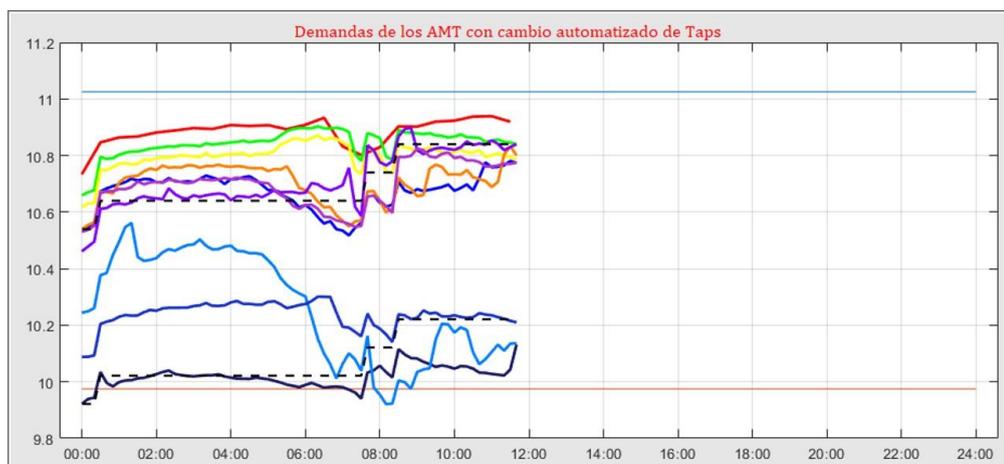


Figura 20. Gráfica con valores de voltaje con propuesta solución y la regulación automática del conmutador

Fuente: Elaboración propia

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con la Implementación del gestor con sistema inteligentes, demostramos que se mejora y controla de forma coordinada los niveles de tensión en las redes de media tensión de la barra de 10.5 KV de la SET DOLORESPATA de la ciudad de Cusco.

La alternativa de solución deberá ser gestionada por sistema de tele medición remota, de acuerdo con el siguiente mapa de ruta fundamental para este tipo de tecnología.

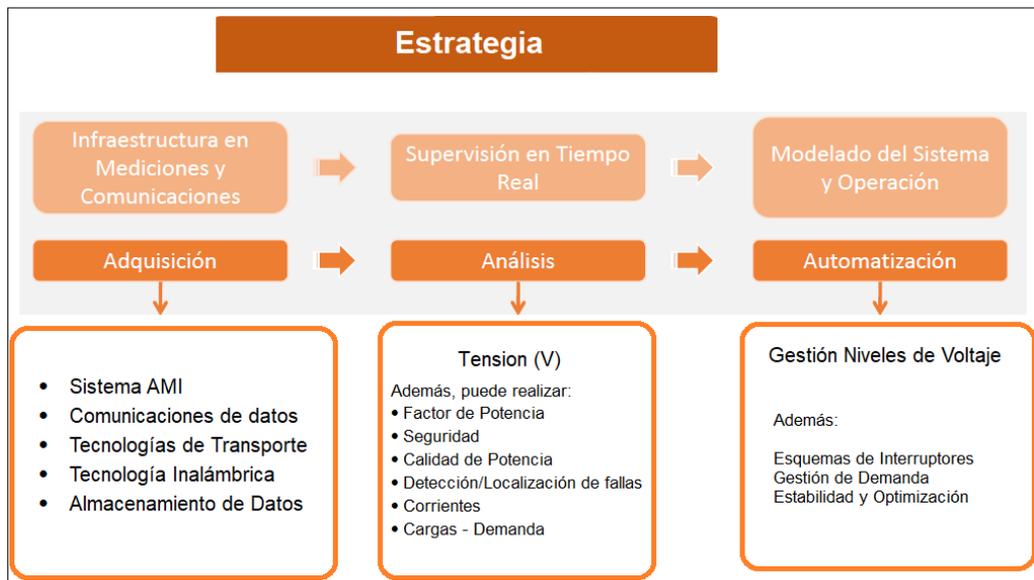


Figura 21. Mapa de ruta fundamental

Fuente: Elaboración propia

Además, la infraestructura física será determinada por 10 medidores inteligentes, los cuales deberá ser considerados como se propone:

- 01 medidor inteligente instalado en la barra de salida de 10.5 KV.
- 09 medidores inteligentes en las subestaciones de distribución que se encuentran en las colas de los 09 alimentadores de 10.5 KV

- módulo de comunicación por red telefónica, para gestionar información de los 10 medidores. Instalados en SET Dolorespata y en cada una de las colas de los alimentadores de media tensión, es decir en las 09 subestaciones de distribución eléctrica que son de tipo barbotante (en poste).
- Servidor para concentración de datos, concentrador de información del nivel voltaje de SET y colar y el integrador que será utilizado el servidor y el gestor de Electro Sur Este.
- El gestor de base de datos, desarrollado en programa MATLAB, para que realice el balance del parámetro de voltaje, la cual será obtenida de los 10 medidores, que deberá se integrado con el programa o gestor de Electro Sur Este que ya tiene funcionando en los 09 Alimentadores de media tensión de la SET Dolorespata.
- Comunicación entre transformador de potencia y el gestor, de tal manera ordene la regulación del conmutador de forma automática cuando supera los márgenes de tolerancias $\pm 5\%$ del valor nominal de 10.5 KV.

Se muestra el diagrama unifilar de la SET Dolorespata y las 09 SED que se encuentran en las colas de los alimentadores de media tensión, donde esquematizamos donde se encontrara el concentrador de información, los medidores, el sistema de comunicación, el sistema auxiliar de donde se alimentara el sistema inteligente, los controles y servidor; de esta manera mejorar la calidad de voltaje con sistema inteligente.

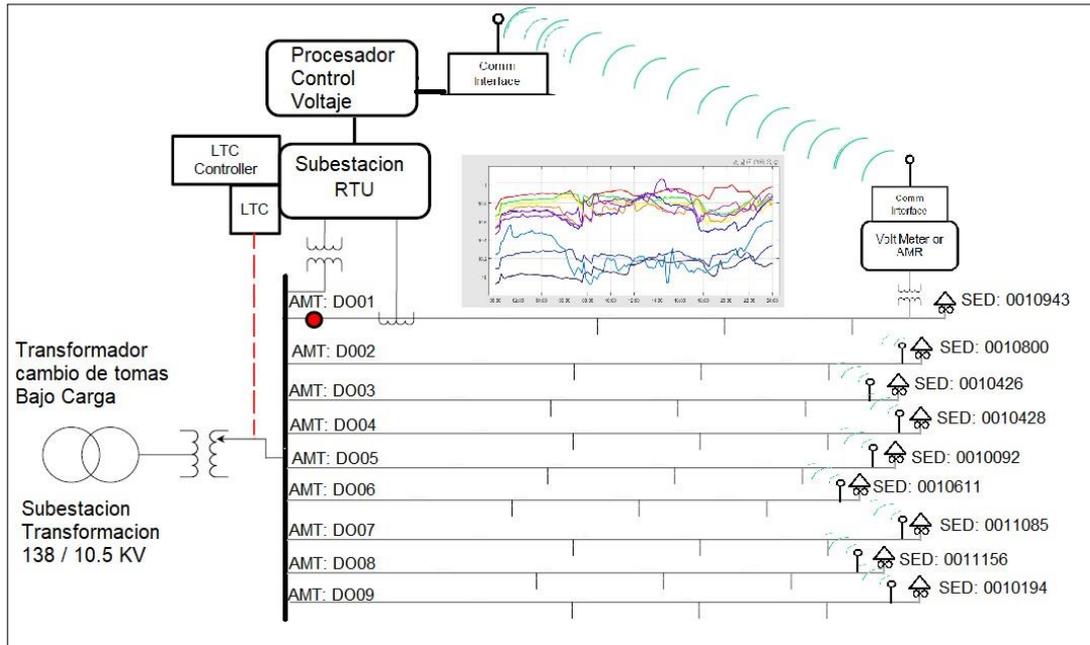


Figura 22. Diagrama unifilar SET Dolorespata y con el control sistema inteligente

Fuente: Elaboración propia

También se muestra la topología de la ubicación actual de la SET Dolorespata y las 09 SED que se encuentran en colas de los alimentadores en media tensión (MT) donde realizaremos el control y centralización de los valores de voltaje, para poder controlar, coordinar mediante la telemedición y sistema inteligente la regulación de voltaje.

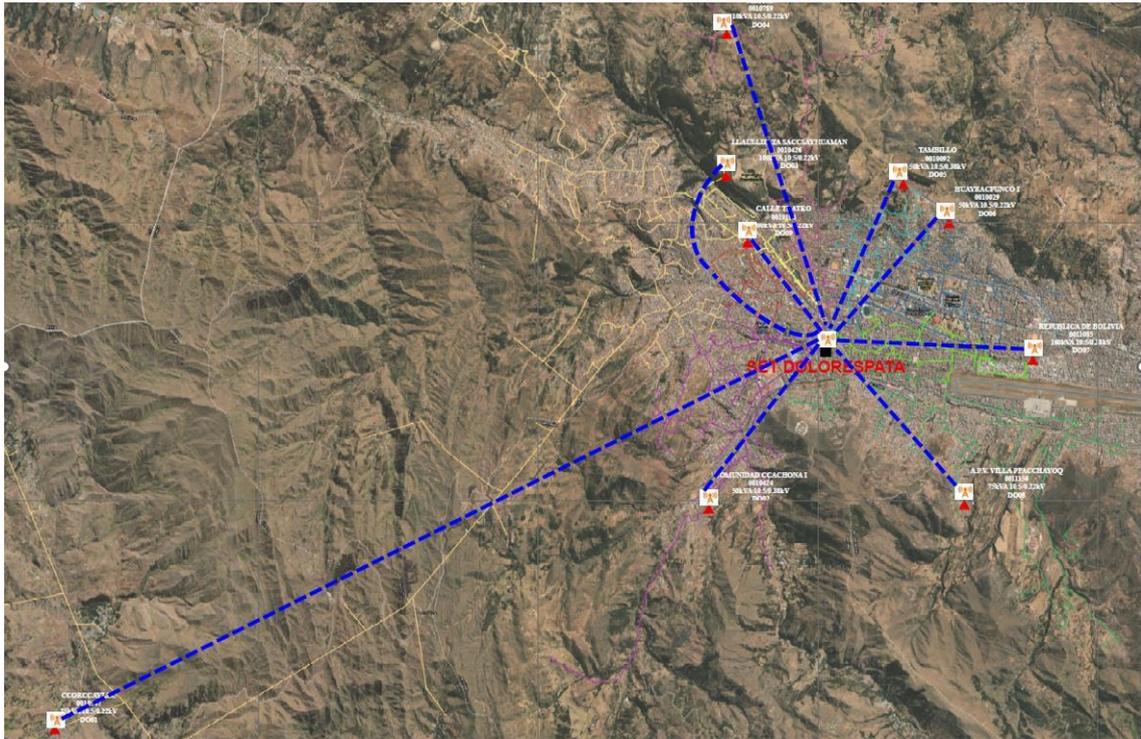


Figura 23. Ubicación topológica donde estará ubicado el sistema inteligente en SET Dolorespata y las 09 SED

Fuente: Elaboración propia

Ahora, con el desarrollo en el MATLAB que es la propuesta de la alternativa de solución, contrastaremos los niveles de voltaje con que opera la SET Dolorespata sin alternativa solución frente a las mejorar con el gestor con sistemas de medición inteligente. Donde se puede apreciar que, con la propuesta de tesis, existe optimización en el nivel de voltaje de forma automática, inteligente y coordinada.

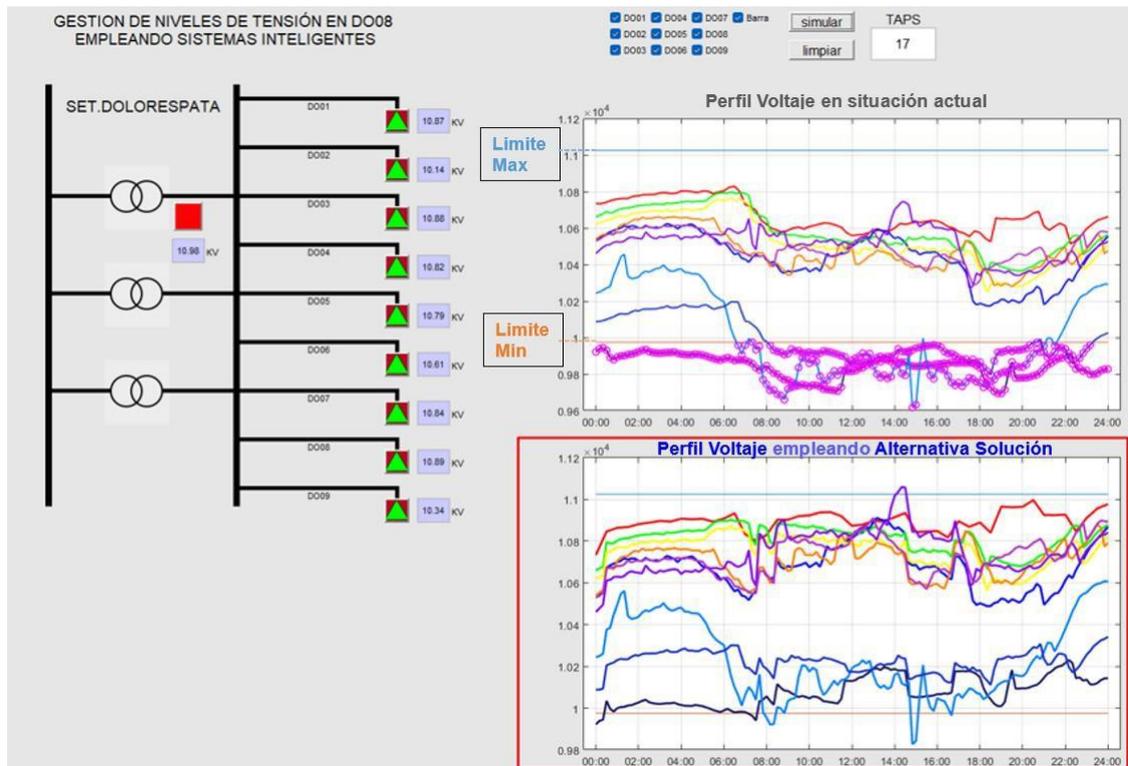


Figura 24. Comparativa de la mejora de los niveles de voltaje con la alternativa de solución

Fuente: Elaboración propia

Simulando en el MATLAB, la alternativa de solución; se aprecia una línea negra punteada la cual sube o baja de escalón en cada intervalo de tiempo; esto quiere decir que el conmutador del transformador (Taps) está regulado el nivel de voltaje en la barra de 10.5 KV; la cual es realizado tomando como referencia los valores de voltaje de las colas del AMT. De igual forma este valor se muestra en el simulador, en el campo de “TAPS” (indica la posición).

El planteamiento de la solución demuestra que optimiza la gestión de los niveles de tensión de manera coordinada, empleando los sistemas de inteligentes coordinadamente entre el transformador de potencia y el punto final red,

considerando la demanda o las longitudes de la red eléctrica, evitando las caídas de tensión en las colas del alimentador de MT, sobretensiones en las barras y reducir los desbalances de tensión.

VII. CONCLUSIONES

- Se concluye que la gestión energética de valores de empresas prestadora de servicio por medio de sistemas inteligentes representa una mejora del manejo de los procesos que suceden de forma simultánea, permitiendo elaborar reportes fiables y en menor tiempo.
- El uso de sistemas inteligentes ayuda a reducir costos de seguimiento de actividades que, de forma física se ejecutan en las empresas prestadoras de servicios eléctricos
- Con la solución presentada existe optimización en el nivel de voltaje de forma automática, inteligente y coordinada.

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda extrapolar la investigación para ser aplicada para dispositivos móviles debido a la practicidad que estos representan, si bien, los sistemas inteligentes presentados en la investigación ejecutada representan grandes bondades para el seguimiento de las estaciones eléctricas y la capacidad de ejecución de estos sistemas requieren un gran procesamiento de datos, es recomendable realizar un enlace por medio de dispositivos de uso común para tareas específicas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. CEPAL (2021). La paradoja de la recuperación en América Latina y el Caribe. Crecimiento con persistentes problemas estructurales: desigualdad, pobreza, poca inversión y baja productividad. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47043-la-paradoja-la-recuperacion-america-latina-caribe-crecimiento-persistentes>. Consulta: 15 de diciembre del 2022
- [2]. P. N. J. Pablo, «Sistema electrónico de monitoreo y control para la distribución de energía eléctrica en los hogares», 1 de febrero de 2017. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24812>
- [3]. “¿Quiénes somos? | Electro sur Este,” Electro Sur Este. <https://www.else.com.pe/else/nosotros/qui%C3%A9nes-somos/#:~:text=Electro%20Sur%20Este%20S.A.A.,Cayarani%20en%20Ia%20regi%C3%B3n%20Arequipa>.
- [4]. Villacres, F, & Inga, E. (2019). Planeación y dimensionamiento de redes eléctricas de distribución soterrada mediante un método metaheurístico. *Ingeniería y Ciencia*, 15(30), 141-166. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.15.30.7>
- [5]. D. L. A. J. Carlos, «Influencia de la tarifa, el pago de compensaciones y el tipo de empresa sobre la calidad del suministro eléctrico por interrupciones en el sistema de distribución de media tensión urbano», 9 de agosto de 2018. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20500.12404/12439>
- [6]. Guerra Véliz, Y., Aguilar García, A., & Leyva Haza, J. (2020). Aprendizagem da estatística descritiva no Ensino Fundamental II com dados do consumo da energia. artículo, Universidad Nacional del Centro de Perú, junin, huancayo.
- [7]. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación Sexta Edición (Vol. sexta)*. Mexico: McGRAW-HILL.

- [8]. INEI. (2021 de 10 de 10). INEI. Obtenido de INEI: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/electricity-and-water/>
- [9]. Juárez Cervantes , J. D. (1995). Sistemas de distribución de energía eléctrica (Primera ed.). México: Sans Serif Editores,.
- [10]. Ladeuth , Y. M., López, D. D., & Socarrás , C. A. (febrero de 2021). Diagnóstico del consumo de energía eléctrica en la planificación de un sistema de gestión y norma técnica de calidad ISO 50001:2011. (U. o. Guajira, Ed.) ISSN 0716-8756, ISSN-e 0718-0764, Vol. 32, Nº. 1 (Febrero), 2021, págs. 101-112(ISSN 0716-8756, ISSN-e 0718-0764, Vol. 32, Nº. 1 (Febrero), 2021, págs. 101-112).
- [11]. Martínez Casares, F., Vázquez Martínez, S., & Matea Rosa, M. (2021). El coste de la electricidad para las empresas españolas. banco de espala, ISSN 0210-3737, Nº. 1, 2021(ISSN 0210-3737, Nº. 1, 2021).
- [12]. Rodríguez-Ponce, Y., Guardia-Puebla, Y., Camps-Michelena, M., Taramona Ruiz, L. A., & Sánchez Garcia, E. (2020). Consumo de energía eléctrica y fuel oil en una empresa de productos cárnicos en Cuba. Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo (UNAT), Huancavelica, Huancavelica.
- [13]. Sampieri, R. H., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (s.f.). Metodología de la Investigación (6ta edición ed., Vol. 6ta edición). Mexico, Mexico, Mexico: Mc Graw Hill.
- [14]. Tejada Cabanillas, A. A. (2020). Prospectiva de la demanda energética nacional del 2017 al 2040. tesis doctoral, Universidad Nacional del Callao, lima, lima.
- [15]. Vaca Serrano , J. M., & Kido Cruz, A. (2021). Estrategia de eficiencia en el consumo de energía eléctrica y mitigación en la estructura productiva de México. ISSN 0186-1042, Vol. 66, Nº. 2, 2021(ISSN 0186-1042, Vol. 66, Nº. 2, 2021).

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

TITULO: "GESTIÓN DE LOS NIVELES DE TENSIÓN EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE DOLORESPATA DE LA EMPRESA ELECTRO SUR ESTE EMPLEANDO SISTEMAS INTELIGENTES"				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOS
General	General	Hipótesis General:	Variable Y : CALIDAD DE TENSION	General:
¿Cómo la falta de un sistema inteligente afecta la calidad de tensión en la barra de MT- DOLORESPATA de la ciudad de Cusco de la empresa de Electro Sur Este?	Elaborar un nuevo sistema de gestión inteligente para mejorar la calidad de tensión en la barra de MT- DOLORESPATA de la ciudad de Cusco de la empresa de Electro Sur Este	Con la implementación de un gestor con sistema inteligentes mejoraremos y controlaremos coordinadamente los niveles de tensión de los alimentadores de media tensión de DOLORESPATA de la ciudad de Cusco	VARIABLE X;	Método científico de investigación.
Específicos	Específico	Hipótesis Específica N°1.	"GESTIÓN DE LOS NIVELES DE TENSIÓN EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE DOLORESPATA DE LA EMPRESA ELECTRO SUR ESTE EMPLEANDO SISTEMAS INTELIGENTES"	Por la naturaleza de la investigación, según la tendencia es del tipo cuantitativa, según la orientación es de aplicación tecnológica y según su análisis y alcance de resultados es de evaluación.
¿Cuál es la situación actual de los alimentadores urbanos de la barra de DOLORESPATA del sistema eléctrico de Cusco	a)Elaborar un banco de datos actual de los alimentadores urbanos de la barra de DOLORESPATA del sistema eléctrico de Cusco	Con la información estadística podremos tomar decisiones para el control de los voltajes en los alimentadores de MT de la ciudad de cusco, mejorando la calidad de tensión,		Específico:
		Hipótesis Específica N°2.		Se aplicará el método analítico, inductivo y deductivo para su posterior aplicación y utilidad.
¿Cuál es la situación actual de los indicadores de calidad de tensión en los alimentadores media tensión urbanos del sistema eléctrico Dolorespata de Cusco?	b)¿Elaborar un cuadro de la situación actual de los indicadores de calidad de tensión en los alimentadores de media tensión urbanos del sistema eléctrico Cusco?	Con la implementación de un nuevo gestor controlaremos la calidad de tensión, utilizando sistemas inteligentes entre transformador de potencia, barra y el último punto del alimentador MT, de tal manera que garantizaremos el nivel de tensión establecidos en la normativa vigente.	Variable Calidad Tensión:	Investigación teórica.
		Hipótesis Específica N°3.	Deficiencia del nivel de voltaje del sector típico urbano, subsanaciones a usuarios con mala calidad de tensión.	Con la investigación realizada se implementará una nueva gestión para controlar la calidad de tensión en el sistema de distribución de MT, de esta forma brindar una mejor calidad de servicio a los usuarios finales, reduciendo las pérdidas económicas de la empresa electro Sur Este S.A.A
¿De qué forma influenciara la mejora de la calidad de tensión en reducir las penalizaciones económicas por brindar mala calidad de tensión a los usuarios finales del sistema eléctrico Dolorespata de Cusco?	c) Optimización de la capacidad operativa de los alimentadores de media tensión, de tal manera brindar una calidad de producto priorizando el nivel de tensión de acuerdo a las tolerancias establecida en las normas técnicas peruanas	Con la implementación de una nueva gestión de la calidad de tensión controlaremos la capacidad operativa de los alimentadores de MT, considerando la longitud versus la demanda, de esta manera brindar buena calidad de tensión a nuevas demandas y reducir pérdidas técnicas		

Anexo 2. Topología SET Dolorespata con sistema inteligente

