



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,**  
**ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ELÉCTRICA**



**“ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA  
EN MEDIA TENSIÓN DE LA SUBESTACIÓN DE ILAVE 60/22.9  
kV PARA EL AÑO – 2022”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**VICTOR PAUL PAUCAR PANIURA**  
**JHAMPIER KEVIN RIVEROS FERNANDEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



NOMBRE DEL TRABAJO

**ESTUDIO DE COORDINACION DE PROTECCION ELECTRICA EN MEDIA TENSION DE LA SUBESTACION DE ILAVE 60/22.9 kV PARA EL AÑO - 2022**

AUTOR

**VICTOR PAUL PAUCAR PANIURA JHAM  
PIER KEVIN RIVEROS FERNANDEZ**

RECuento DE PALABRAS

**10975 Words**

RECuento DE CARACTERES

**67309 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**71 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**3.8MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jan 9, 2023 8:10 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jan 9, 2023 8:11 AM GMT-5**

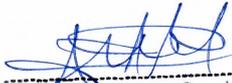
● **17% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)

  
-----  
Marcos Jose Villanueva Cornejo  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
C.I.P. 98153  
PASESOR

Resumen



## DEDICATORIA

“La motivación es el empuje del éxito; el éxito es la plenitud de la vida; la vida no sería vida si no hubiera una familia”.

Por ellos con mucho cariño y gratificación dedico este trabajo de tesis a mis amados padres Heraclides Paucar Gamarra y Josefa Paniura Quispe, quienes guiaron mi vida, me apoyan permanentemente en mis éxitos personales y luchan a cada instante por mí, enseñándome el camino derecho y justo de la vida.

A mis hermanos quienes con sus consejos y calor humano me motivan a estudiar con ahínco para terminar mi carrera profesional con satisfacción. A todos quienes me han apoyado moralmente en bienestar de mi profesión.

**Víctor Paul**



Dedico este trabajo primeramente al altísimo Dios, por haberme brindado la vida y permitirme el haber llegado hasta esta etapa tan importante de mi formación como profesional.

A mi mamita Yovana, por ser el pilar de mayor importancia y por demostrarme siempre su amor y apoyo incondicional dejando de lado nuestras diferencias de opiniones.

A mi padre Renso quien con sus sabios consejos ha sabido guiarme para terminar mi carrera profesional.

A mi tía Leonor quien han velado por mí durante este largo camino para convertirme en un profesional.

A mis abuelitos en su afán de verme profesional y feliz me dieron todo lo que pudieron.

**Jhampier Kevin**



## AGRADECIMIENTO

*Primeramente, agradezco a la universidad UNA-PUNO por haberme aceptado ser parte de ella, para poder estudiar mi profesión, así como también a los diferentes catedráticos que nos brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir hacia adelante día a día.*

*Agradezco también a mi Asesor de tesis el Ing. Marcos Jose Villanueva Cornejo por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia y poder guiarme en este trabajo de investigación.*

*Mi agradecimiento también va dirigido a los miembros del jurado, por guiar y encaminar la culminación de la presente tesis.*

*Y para finalizar, también agradezco a mis amigos que siempre estuvieron ahí para apoyarme en el transcurso de nuestra formación académica.*

***Victor Paul Paucar Paniura  
Jhampier Kevin Riveros Fernandez***



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 14**

**ABSTRACT..... 15**

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA ..... 16**

**1.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA ..... 16**

**1.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA ..... 16**

**1.4. OBJETIVO GENERAL..... 17**

**1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 17**

**1.6. HIPÓTESIS GENERAL..... 17**

**1.7. HIPÓTESIS ESPECIFICAS ..... 17**

## **CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES LOCALES ..... 18**

**2.2. ANTECEDENTES NACIONALES..... 24**

**2.3. ANTECEDENTES INTERNACIONALES ..... 26**

**2.4. RESPECTO A LA CALIDAD DE LOS SERVICIOS ELÉCTRICOS ..... 31**

**2.4.1. Interrupciones..... 31**



2.4.2. Duración de las interrupciones.....	31
2.4.3. Obligaciones del suministrador.....	31
2.4.4. Método fiscalización .....	33
<b>2.5. TIPOS DE INTERRUPCIONES.....</b>	<b>34</b>
2.5.1. Falla Monofásica.....	34
2.5.2. Fallas Bifásica Fase a Fase.....	35
2.5.3. Falla Trifásica .....	35
2.5.4. Corte Programado .....	36
2.5.5. Cortes No Programados .....	37
2.5.6. Fallas Francas.....	37
2.5.7. Indicadores .....	38
<b>2.6. UBICACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>38</b>
2.6.1. Vías de acceso .....	38
<b>2.7. COMPONENTES DEL SISTEMA.....</b>	<b>40</b>
2.7.1. Sistema de apantallamiento.....	40
2.7.2. Aisladores.....	40
2.7.3. Estructuras.....	41
2.7.4. Postes de madera:.....	41
2.7.5. Postes de hormigón armado: .....	42
2.7.6. Postes de hormigón armado vibrado: .....	42
2.7.7. Postes de hormigón armado centrifugado:.....	42
2.7.8. Postes metálicos de presilla: .....	43
2.7.9. Postes metálicos de celosía: .....	43
2.7.10. Puesta a tierra .....	44
2.7.11. Interruptor de línea.....	45



2.7.12. Seccionador de línea .....	45
2.7.13. Seccionamientos en media tensión .....	46
2.7.14. Pararrayos.....	46
2.7.15. Contador de descargas .....	47
2.7.16. Transformador de tensión .....	47
2.7.17. Transformador de corriente.....	48
2.7.18. Transformador de potencia .....	48
2.7.19. Barras .....	49
2.7.20. Accionamientos.....	49
2.7.21. Celdas de maniobras .....	50
2.7.22. Reloj GPS.....	50
2.7.23. Sistema de medición y protección .....	51
2.7.24. Sistema de comunicación.....	52
2.7.25. Reclosers reconectores .....	53
<b>2.8. PRUEBAS .....</b>	<b>53</b>
2.8.1. Prueba de aislamiento .....	53
2.8.2. Prueba de contacto .....	54
2.8.3. Prueba de sincronismo .....	55
2.8.4. Prueba tangente delta .....	55
2.8.5. Resistencia de puestas a tierra.....	56

### **CAPITULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>57</b>
<b>3.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS....</b>	<b>57</b>
<b>3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>57</b>



3.3.1. Instrumentos de medición .....	57
<b>3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....</b>	<b>58</b>
<b>3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA .....</b>	<b>58</b>
<b>3.6. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>58</b>
3.6.1. Variable Independiente .....	58
3.6.2. Variable Dependiente.....	59

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>68</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

**Área : Ingeniería eléctrica**

**Tema : Coordinación de protección**

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 12 de enero de 2023**



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	Frecuencia de Interrupciones.....	34
<b>Figura 2:</b>	Falla fase a fase .....	35
<b>Figura 3:</b>	Falla trifásica .....	36
<b>Figura 4:</b>	Cortes no programados en distribución.....	37
<b>Figura 5:</b>	Fallas francas en la línea.....	38
<b>Figura 6:</b>	Ubicación del estudio .....	39
<b>Figura 7:</b>	Ubicación de la subestación de Ilave.....	39
<b>Figura 8:</b>	Apantallamiento en la subestación de Ilave .....	40
<b>Figura 9:</b>	Aisladores en la Subestación de Ilave .....	41
<b>Figura 10:</b>	Estructuras de soporte sub estación de Ilave .....	43
<b>Figura 11:</b>	Puesta a tierra en distribución.....	44
<b>Figura 12:</b>	Interruptor de línea 60 Kv Subestación de Ilave .....	45
<b>Figura 13:</b>	Seccionador de línea 60 Kv.....	45
<b>Figura 14:</b>	Interruptores tipo caña.....	46
<b>Figura 15:</b>	Pararrayos en líneas de media tensión.....	46
<b>Figura 16:</b>	Contador de descargas 60 Kv .....	47
<b>Figura 17:</b>	Transformador de tensión 60 Kv .....	47
<b>Figura 18:</b>	Transformador de corriente en alta tensión .....	48
<b>Figura 19:</b>	Transformador de potencia.....	48
<b>Figura 20:</b>	Barras de la subestación 60 Kv .....	49
<b>Figura 21:</b>	Accionamientos mecánicos en la subestación.....	49
<b>Figura 22:</b>	Celdas de maniobra en la subestación Ilave .....	50
<b>Figura 23:</b>	Reloj GPS en la subestación Ilave.....	50
<b>Figura 24:</b>	Sistema de medición y protección en la Subestación de Ilave .....	51
<b>Figura 25:</b>	Celdas de protección de la subestación Ilave .....	52
<b>Figura 26:</b>	Reconectores o Reclosers en media tensión .....	53



<b>Figura 27:</b> Prueba de resistencia de aislamiento .....	54
<b>Figura 28:</b> Prueba de resistencia de contactos .....	54
<b>Figura 29:</b> Prueba de resistencia de contactos y aislamiento en interruptor 60 Kv .....	55
<b>Figura 30:</b> Prueba de resistencia de aislamiento .....	56
<b>Figura 31:</b> Ajuste de sobrecorriente para falla monofásica.....	60
<b>Figura 32:</b> Ajuste de sobrecorriente para falla trifásica .....	60
<b>Figura 33:</b> Diagrama unifilar de la Set Ilave .....	61
<b>Figura 34:</b> Sistema eléctrico ELPU .....	62
<b>Figura 35:</b> Ajuste par falla trifásica.....	62
<b>Figura 36:</b> Ajuste para falla monofásica .....	63
<b>Figura 37:</b> Flujo de potencia al 20% monofásica a tierra .....	63
<b>Figura 38:</b> Flujo de potencia al 20% bifásica a tierra .....	64
<b>Figura 39:</b> Flujo de potencia al 80% monofásica a tierra .....	64
<b>Figura 40:</b> Flujo de potencia al 80% monofásica a tierra .....	65
<b>Figura 41:</b> Ajuste de relé de protección Ilave para mínima frecuencia .....	65
<b>Figura 42:</b> Ajuste de relé de protección Ilave para actuación eracmf .....	66
<b>Figura 43:</b> Subestación de Ilave .....	72
<b>Figura 44:</b> Configuración transformador Ilave .....	72
<b>Figura 45:</b> Configuración transformador Pomata .....	73



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b>	Fallas Ocurridas en la Set. Ilave .....	61
-----------------	---	----



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>OSINERGMIN</b>	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
<b>DIGSILENT</b>	Programa para Análisis de Sistemas Eléctricos.
<b>NTCSE</b>	Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos
<b>NTCSER</b>	Norma Técnica de Calidad de Servicios Eléctricos Rurales
<b>ENS</b>	Energía No Suministrada.
<b>ELPU</b>	Electro Puno S.A.A.
<b>MT</b>	Media Tensión.
<b>BT</b>	Baja Tensión.
<b>SED</b>	Subestación Eléctrica de Distribución.
<b>SS.EE.</b>	Subestación Eléctrica de Transformación.
<b>KV</b>	Kilo Voltios
<b>KW</b>	Kilo Watts
<b>SEP</b>	Sistema Eléctrico de Potencia.
<b>RECLOSER</b>	Interruptor de Reconexión Automático.
<b>SER</b>	Sistema Eléctrico Rural.
<b>SEIN</b>	Sistema Eléctrico Interconectado Nacional,
<b>MD</b>	Máxima Demanda.
<b>RT</b>	Regulador de Tensión.



## RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad proponer un nuevo estudio de coordinación de protecciones según la topología del sistema en el sitio de la subestación Ilave, la cual es administrada por la licenciataria Electro Puno S.A.A. Hasta el año 2022, ubicada en la pequeña localidad de Ilave a una altura de 3.862 metros sobre el nivel del mar, se realizará un estudio, debido a que el titular del permiso debe asegurar el suministro continuo de energía eléctrica de media tensión. El propósito de esta tesis es realizar un análisis y evaluación de la protección y coordinación del sistema eléctrico de Ilave 22.9 Kv. Para aquellos cuyos estudios deben cumplir con los requisitos básicos de la tecnología de defensa de fallas, como selectividad, velocidad, sensibilidad y confiabilidad, el análisis se realiza mediante el software DigSilent Power Factory, la metodología es cuantitativo es estudio descriptivo. El estudio se enfoca en obtener información clara y objetiva sobre las bases teóricas y prácticas de la coordinación de protecciones y diseño de fallas a tierra de sistemas de subtransmisión en media tensión, normas y estándares sobre coordinación de protecciones. El aporte realizado por el estudio de coordinación de protección materia de la presente investigación demuestra que las interrupciones por descargas atmosféricas son la principal causa de fallas en el sistema y por ende se tiene un **SAIFI MT** que supera la tolerancia establecida por Osinergmin; la mayor cantidad de fallas que se producen son falla fase a tierra y los elemento crítico es el sistema de puesta a tierra de la línea .

**Palabras Clave:** Coordinación, falla, protección, software, subestación.



## ABSTRACT

The purpose of this research is to propose a new protection coordination study according to the system topology at the Ilave substation site, which is managed by the licensee Electro Puno S.A.A. Until the year 2022, located in the small town of Ilave at an altitude of 3,862 meters above sea level, a study will be carried out, because the permit holder must ensure the continuous supply of medium voltage electrical energy. The purpose of this thesis is to carry out an analysis and evaluation of the protection and coordination of the 22.9 Kv key electrical system. For those whose studies must meet the basic requirements of fault defense technology, such as selectivity, speed, sensitivity and reliability, the analysis is carried out using the DigSilent Power Factory software, the methodology is quantitative and descriptive study. The study focuses on obtaining clear and objective information on the theoretical and practical bases of protection coordination and ground fault design of medium voltage subtransmission systems, norms and standards on protection coordination. The contribution made by the study of coordination of protection matter of the present investigation shows that interruptions due to atmospheric discharges are the main cause of failures in the system and therefore there is a SAIFI MT that exceeds the tolerance established by Osinergmin; the largest amount of faults that occur are phase-to-ground fault and the critical element is the grounding system of the line.

**Keywords:** Coordination, failure, protection, software, substation



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación se justifica porque los sistemas de distribución eléctrica deben implementarse de forma segura, continua y con menores costos, lo que conduce a una coordinación eficaz de la protección del sistema eléctrico y por ende asegura calidad, menor número de fallas, lo que a su vez plantea la necesidad de reducir el número de fallas principales de la central, priorizando la continuidad del servicio eléctrico, es necesario simular un sistema de coordinación de protección actual, lo que requiere tomar los datos de fusibles, relés y valores que operan los reconectores, e ingresarlos al software de simulación DigSilent Power Factory. Y proponer soluciones correspondientes, mejorando indicadores tales como selectividad, velocidad, sensibilidad y confiabilidad del sistema eléctrico.

### 1.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

En el presente trabajo de investigación se realizará la revisión de los fundamentos teóricos para el cálculo de los indicadores de Coordinación de protección, se revisará los conceptos de probabilidad de falla en un sistema eléctrico de distribución.

### 1.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Los resultados obtenidos serán aplicados ya que se brindará la información del trabajo de investigación a fin de que se tome en consideración en la operación del sistema eléctrico materia del presente estudio.

### 1.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El análisis de coordinación de protección se realiza por indicadores, por esa razón es necesario trabajar con los datos el reporte de la información necesaria en base a la información del reporte de interrupciones de Electro Puno S.A.A.



#### **1.4. OBJETIVO GENERAL**

Analizar y evaluar un nuevo estudio de coordinación de protección eléctrica acorde a la topología del sistema eléctrico de la Subestación Ilave con una proyección al 2022.

#### **1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Identificar en qué condiciones de operación se encuentra la subestación Ilave y plantear soluciones para una adecuada operación del sistema eléctrico.
- b) Optimizar la coordinación de protección de la subestación Ilave, que permita cumplir los requerimientos de: selectividad, rapidez, sensibilidad y confiabilidad con el uso de software Digsilent Power Factory.

#### **1.6. HIPÓTESIS GENERAL**

La empresa concesionaria de distribución de energía eléctrica, debe tener adecuado sistema de protección desde la subestación a las salidas del alimentador, seguido por los reclosers, los seccionadores y los indicadores de falla, de tal manera tengan monitoreado en tiempo real las fallas que se producen en el sistema

#### **1.7. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

Los principales tipos de fallas la subestación de ilave 60/22.9 kv para el año – 2022, se cree que el principal tipo de fallas son las monofásicas a tierra lo que ocasiona la interrupciones del servicio. Estas son causadas por las condiciones climáticas existentes en la zona que principalmente son descargas atmosféricas, propios del altiplano.

Los elementos críticos que se pueden demostrar en la presente investigación son los de protección específicamente el sistema de puesta a tierra.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES LOCALES

(ELMER, 2020) Demostró en su estudio que es necesario la evaluación de las puestas a tierra y los pararrayos, para determinar que las mediciones de puesta tierra se encuentra en buen estado o cumple con las medidas establecidas por la NTCSE y se puede determinar también que los pararrayos de 21KV son o no, los indicados para la línea de 22.9 KV.

(ELMER, 2020)el alimentador con mayor cantidad de fallas en sus redes, a causa de las constantes interrupciones por las descargas atmosféricas, aves y los fuertes vientos, que vienen generando malestares en los usuarios. En este trabajo de investigación que realizó un estudio y evaluación de la influencia de las fallas en sistemas de distribución, y tuvo como objetivo mejoramiento de la calidad de suministro del alimentador 8001. Se usó una metodología cuantitativa y descriptiva, que consistió en realizar un estudio de los indicadores de calidad SAIFI, SAIDI, CAIDI, modelamiento y la simulación de los eventos de falla del alimentador en estudio, según los reportes brindados por la empresa Electro Puno S.A.A. tambien recomienda Realizar el ajuste de la coordinación del recloser de acuerdo al circuito y las zonas donde se desea instalar y así poder reducir los tiempos de actuación e identificar el punto de falla.

(CCAPA, 2022)La electricidad juega un rol principal en el desarrollo y crecimiento de la economía del país, actualmente las ideas de calidad de la energía eléctrica y tambien eficiencia energética siguen siendo temas de preocupación, si bien es cierto que además de mercados competitivos, la energía. la infraestructura es importante, debemos estar muy lucidos que la calidad de energía del servicio no satisface las necesidades de las expectativas de los usuarios, considerando los diversos medios que



muestran la insatisfacción que nos invita a discutir el tema. El objetivo general de este trabajo es evaluar el desempeño del sistema de control de emisiones atmosféricas de la conexión SET de la Central Hidroeléctrica Chijisia- SET. Ananea. La metodología que se desarrolló, respecto al tema tratado fue, mediante el enfoque cuantitativo y tipo descriptivo, disponiendo es de información registrada por la empresa ccesionaria y un diagnóstico integral de parte del ejecutor del proyecto, (Hernández et al, 2014). Verificar que indicadores confiables como índices de fallas mensuales, tiempo promedio entre fallas, tiempo promedio de reparación de fallas y no disponibilidad de la línea de conexión Sandia-Ananea son muy deficientes, en comparación con la situación durante el tiempo de análisis, el diagnóstico de los principales elementos, que componen el sistema de protección contra erupciones atmosféricas, existe un alto porcentaje de condiciones deficientes de operación y pararrayos y sus correspondientes sistemas de puesta a tierra, los mismos que dejan desprotegido al sistema contra explosiones, condiciones atmosféricas y muchos componentes, por ejemplo: estructuras, truss extremos, aisladores, entre otras cosas, elementos almacenados e indicadores en condiciones de optimización y lugares de uso sistemas de protección de emisiones atmosféricas, condición crítica, estos indicadores muestran, en el caso más importante, una sanación importante. Encontrarás un indicador de usabilidad que mejora su rendimiento en un 0,10%, así como otros indicadores de fiabilidad.

(CCAPA, 2022)Del diagnóstico de la línea de transmisión de Chijisia - Ananea se concluye, que los elementos principales que componen el sistema de protección contra descargas atmosféricas se encuentran en gran porcentaje o cercanos a la totalidad, en deficientes condiciones operativas, tanto los descargadores como sus sistemas de puesta a tierra correspondientes, los mismos que dejan desprotegidos al sistema en caso de presencia de las descargas atmosféricas, así mismo el estado crítico de muchos de los



componentes como: estructuras, crucetas, aisladores, retenidas, entre otros elementos que requieren la intervención del personal de mantenimiento de manera urgente lo cual es relevante para nuestro proyecto.

(ESPILLICO , TICAHUANCA, 2021) La tesis destaca del estudio de coordinación de protecciones que los factores de los sistemas eléctricos se ven influenciados negativamente por diversas razones que afectan el normal funcionamiento del suministro eléctrico a los pobladores del área de suministro 22.9 kV del SERVICIO DE CRUCERO ANTAUTA. 9.001 habitantes operado por la licenciataria Electro Puno S.A.A. La detección debe cumplir con los requisitos básicos de las tecnologías de defensa, a saber: selectividad, velocidad, sensibilidad y confiabilidad; el análisis se realizó con el software DigSilent Power Factory, año de investigación 2019. El propósito de la investigación es obtener información clara y objetiva sobre las bases teóricas y prácticas para el diseño coordinado de barreras de protección y puesta a tierra. Cables de alimentación, códigos y normas. Asimismo, se registrarán cortes durante el período de mantenimiento 2018-2019, cuando se determine el indicador SAIFI - SAIDI para identificar fallas en el sistema causadas por: brotes atmosféricos, cortes de emergencia, viento fuerte y otros fenómenos naturales. Antauta - Diagnóstico de potencia del tramo 9001 Ajoyani muestra el estado actual de la estructura, especialmente del sistema de tierra en varios puntos de protección (reenganchador y seccionador). El análisis y evaluación realizada al alimentador 9001, se observa un sistema en deterioro y algunas simulaciones de coordinación de protección presentan una deficiente coordinación.

(ESPILLICO , TICAHUANCA, 2021) Del análisis y evaluación realizada del alimentador 9001, lo que más resalta es lo deteriorado que se encuentran, los componentes de la línea de MT como (estructuras, crucetas, sistemas de protección) y vanos largos que no cumplen DMS; prácticamente la línea existente tiene una antigüedad superando los 20



Años, se propone mejorar la troncal salida 9001 tramo Antauta-Ajoyani, enfatizando el sistema de protección que se diseñara una nueva distribución de estructuras, aumentando la sección del conductor a 95mm<sup>2</sup>, puestas a tierra, pararrayos y aisladores agregándole cable guarda.

(ESPILLICO , TICAHUANCA, 2021) Durante las evaluaciones del sistema de coordinación de protección existente del alimentador 9001, se encontró que las simulaciones de la coordinación actual muestran un funcionamiento insuficiente del sistema de coordinación. Cabe mencionar que la ocurrencia de fallas derivadas se aísla mediante seccionadores tipo CUT-OUT con una capacidad máxima de 12 A para fallas trifásicas, neutro o tierra. Una simulación de rendimiento las nuevas propuestas muestran mejoras. En simulaciones de software; la selectividad, la velocidad, la sensibilidad y la fiabilidad coincidieron como se sugiere en las tablas y figuras, p. actividades de tiempo continuo 50N y tiempo inverso 51N en trifásico como monofásico. corrientes de tierra, coordinación entre dispositivos de protección, también menciona que la conductividad del interruptor secundario Macusan R2- La dirección DERMACU también fue más deficiente cuando la escotilla del cabezal de alimentación RC-9001 operó antes que la válvula de control R2.

(LOPEZ,CRUZ, 2020)Se presenta el desarrollo del análisis que realizo de forma experimental del sector eléctrico: el distribuidor comercial, el usuario afectado por la energía reactiva, para la empresa concesionaria Electro Puno S.A.A. fue el primero en tocar y así trasladar a sus usuarios quienes analizaron el problema de los dispositivos compensadores que se instalan en las redes eléctricas para compensar y combatir la energía, según sea capacitiva o inductiva. EMPRESA ELECTRO PUNO S.A.A. en beneficio de la población y para mejorar la eficiencia eléctrica. Para ello es necesario determinar y diseñar dispositivos de compensación de energía reactiva para las



subestaciones eléctricas Puno, Ilave y Pomata y redes de distribución primaria y su optimización mediante simulación con el software NEPLAN. fue necesario cuantificar, valorizar y comparar, optimizando equipos de compensación, teniendo como fuente de datos históricos los consumos y pagos por concepto de energía reactiva de parte de la empresa Electro Puno S.A.A. En todos los horarios de consumo, considerando también proyecciones de crecimiento poblacional económico y de consumo con un horizonte de 20 años de vida útil, y finalmente optimizar el tipo, la potencia y características del equipo requerido, obteniendo un equipo económica y técnicamente óptimo.

(LOPEZ,CRUZ, 2020)Los resultados y contribuciones con la presente tesis de investigación ayudan en gran parte a la eficiencia, la capacidad, optimizar el diseño de las Redes Eléctricas y también en cuestión de costos para la Empresa distribuidora concesionaria.

(DARWIN, 2017) La presente tesis tiene como objetivo evaluar los parámetros de la estación distribuidora de energía 22.9/0.38/0.22 KV equipada con compensación de potencia y reactiva capacitiva de la empresa minera El Dorado ubicado en Ananea Puno.

(DARWIN, 2017)El trabajo en etapa metodológica comprende la evaluación de parámetros eléctricos, análisis técnico y económico de la subestación de 22,9 KV y los métodos y recursos utilizados en su construcción, esperando obtener como resultado final la regulación eléctrica. un factor que reduce los costos de electricidad, reduce las pérdidas de conductores, reduce las caídas de voltaje y aumenta la disponibilidad de energía.

(DARWIN, 2017)Se evaluó los parámetros físicos los cuales al evaluar los parámetros tales como Tensión, Potencia Activa, Potencia Reactiva, Potencia Aparente, las Potencias, Flujo de Potencia en las Líneas y Subestación y se estableció colocar un banco de condensadores en la Subestación de la Minera para compensar la Potencia Reactiva ya que se cuenta con Electrobombas, utilizando Energía Eléctrica se tendrá



ahorro en cuanto al suministro de Energía Eléctrica respecto al generador que se tenía anteriormente en la Mina.

(VILLEGAS,TICONA, 2021) En este estudio se resolvió el sistema de distribución de energía de Cabañillas-Santa Lucía entre enero y diciembre de 2019 debido a que el sistema de energía de 22,9 kV no cumplía con los estándares nacionales de la confiabilidad, ocasionando fastidio a los usuarios, ocasionando pérdidas en la economía de la empresa distribuidora de energía. Por tal motivo, el objetivo es encontrar la posición óptima del elemento de protección para aumentar su confiabilidad, para ello se propone un método de investigación cuantitativo interpretativo con un diseño experimental basado en 5 procesos, donde el primer proceso es la adquisición e ingreso de datos. del sistema eléctrico, el segundo proceso es potencial generando combinaciones de elementos de defensa, el tercer proceso evalúa la confiabilidad de cada combinación, y el cuarto proceso diseña la mejor posición considerando la confiabilidad. Criterios de selección y económicos utilizando un enfoque de toma de decisiones multicriterio y finalmente un proceso de evaluación de la coordinación de la conservación. Usando la interfaz de programación y confiabilidad del software DIGSILENT v15.1.7, estos procedimientos se aplicaron a 2 escenarios coincidentes, con y sin llamada de rescate de fusibles, respectivamente. Los resultados obtenidos muestran una mejora del 16,79% en el índice de fiabilidad de SAIFI respecto al estado actual de sus elementos de protección. Con lo cual se concluye que, con la aplicación de los 5 procesos, se logra encontrar una ubicación óptima de elementos de protección donde se mejora su confiabilidad, manteniendo un equilibrio económico y cumpliendo la operatividad técnica.

(VILLEGAS,TICONA, 2021)He determinado la mejor ubicación de los elementos que se usan en la protección como reconectores, seccionadores y también fusibles. Esta nueva ubicación tiene una mayor confiabilidad que la actual ubicación de



reconectores y fusibles del sistema de distribución de energía de 22,9 kV Cabanillas - Santa Lucía, en Entre los meses de enero y diciembre de 2019, el Índice de Confiabilidad de SAIFI se incrementó un 16,79% cuando se asumió el escenario de coordinación "sin rescate" con salvaguardas. Una vez determinada la mejor ubicación, además de reducir y reubicar fusibles, se recomienda reubicar reconectores y agregar seccionadores.

## **2.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

(COES, 2018)COES en su informe final con el título “Actualización del Estudio de Coordinación de las Protecciones del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional Año 2018” concluye lo siguiente: En los últimos 12 años el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) ha experimentado un crecimiento notable, con la consecuente aparición de fenómenos transitorios y dinámicos, en determinadas aéreas operativas se ha manifestado con un abrupto incremento de las corrientes de cortocircuito, la topología de red más anillada ha permitido cambios en los flujos de potencia, tanto en magnitud como en dirección, a través de las líneas de transmisión existentes los cuales han afectado el desempeño del sistema de protecciones no sólo de las zonas adyacentes a las nuevas instalaciones, tomando como referencia los estudios de coordinación de protecciones de los años 2004, 2006, 2010 y 2014. El COES ha cumplido con efectuar los estudios necesarios para actualizar la coordinación de los sistemas de protección de las instalaciones del Sistema, para garantizar la selectividad de estos en salvaguarda de la calidad y seguridad del sistema, tal y como lo señala la NTCOTR.

(MEDINA, 2018)El objetivo de este trabajo es evaluar la protección frente al aumento de la demanda y los impactos de BE en el sistema eléctrico Bagua-Jaén y determinar la adecuación de la protección frente a la puesta en servicio de las conexiones eléctricas. Habiendo evaluado el comportamiento de los dispositivos de protección frente a los accidentes que pueden ocurrir en los sistemas eléctricos después de la interconexión,



se pueden definir los ajustes de los dispositivos de protección bajo la nueva configuración del sistema. Además, simulación de flujo de potencia y fallas de cortocircuito en varios escenarios de análisis. B. Requerimientos máximos y respectivas contingencias para el sistema eléctrico del vehículo ensayado. Se utilizó una simulación para calcular y configurar el relé de sobre corriente. Todo esto permitió evaluar los dispositivos de protección contra posibles fallas fase a tierra en este nuevo sistema eléctrico y su efecto en el SEIN.

(ROQUE, 2018) Describir y desarrollar una metodología para optimizar el sistema de la protección y regulación del sistema de media tensión rural de 22,9 kV para mejorar la calidad del suministro de energía eléctrica en el distrito de Itzunha - Sánchez Cerro General - Moquegua, 2016. Se muestra que los sistemas eléctricos rurales se han visto afectados por interrupciones por descargas atmosféricas provocadas por diversos factores como: Distintas distancias mínimas que caracterizan densidades de rayos, alturas de catenaria de cables de protección y líneas de media tensión. Relacionado con esto, el componente se ejecutó de la siguiente manera: Sintonización mediante fusibles en el maletero para un mayor nivel de protección y mediante herramientas adicionales como el uso de software con el correspondiente programa Neplan V.5.5.5 para simulación. Línea de Media Tensión Línea Troncal Ubinas - Ichuña.

(CHANATASING, 2016) tuvo por objetivo realizar una correcta coordinación de protecciones de los alimentadores primarios a 13,8 kV de la nueva S/E Pujilí, para la Empresa Eléctrica de Cotopaxi (ELEPCO S.A.) mediante el análisis de flujos de potencia y cortocircuitos

(ZUÑIGA, DELGADO, 2016) Han optimizado el tamaño de las piezas que fallan para que el fusible elimine la falla de una sección en particular para garantizar un



suministro suficiente de energía eléctrica y minimizar el impacto en el usuario final en caso de una falla. Reconectador, abre todo el alimentador.

(SACAICO, 2015) Se refiere al hecho de que el objeto de un sistema de protección es proteger eficazmente a las personas y los equipos, reducir los efectos de las perturbaciones en las líneas y los equipos y proporcionar una cobertura ininterrumpida del sistema eléctrico. A continuación, la SEP establece el 100% de seguimiento. El ajuste de establecer un relé de protección. Su finalidad principal es trabajar en conjunto con otros dispositivos de protección presentes en el sistema eléctrico en caso de fallas o fallas en el sistema eléctrico a proteger.

### **2.3. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

(FARHAN,MOHAMMAD,MATTI, 2019)Estudios de coordinación de aislamiento basados en riesgo para protección de líneas aéreas de media tensión contra descargas inducidas por rayos sobretensiones Este artículo presenta la evaluación del desempeño de varios esquemas de protección contra rayos de líneas aéreas de media tensión.

(FARHAN,MOHAMMAD,MATTI, 2019)utilizando el método de coordinación de aislamiento basado en el riesgo. Las características de descarga disruptiva del aislamiento de la línea han sido modeladas por distribución de probabilidad normal. Las sobretensiones máximas inducidas por rayos se han evaluado utilizando el acoplamiento de Agrawal modelo. La distribución de probabilidad de las sobretensiones máximas inducidas por rayos se determina aplicando la simulación de Monte Carlo método que considera las distribuciones de probabilidad de la corriente de carrera máxima, la velocidad de carrera de retorno y la distancia entre la línea aérea y el punto de impacto. Con base en los resultados computacionales, se ha demostrado que el rayo El rendimiento de las líneas aéreas se puede mejorar reduciendo el espacio entre dos pararrayos



consecutivos a menos de 200 metros. Por otro lado, la aplicación del cable blindado en las redes de distribución es bastante limitada. Sin embargo, la combinación de alambre blindado y pararrayos se utiliza en algunas regiones con alta densidad de rayos. Así, la posibilidad de adoptarla. En este trabajo también se evalúan descargadores de sobretensiones en combinación con cable blindado para mitigar las sobretensiones inducidas. Se ha demostrado que se puede permitir un espacio mayor entre los pararrayos si se emplean en combinación con alambre blindado. En consecuencia, en este papel. De esta forma, el diseñador de la línea puede minimizar el riesgo de descarga disruptiva del aislamiento por debajo del límite tolerable y proteger la línea con menor número de pararrayos.

(ANDRUSZKIEWICZ, LORENC, STASZAK, 2022) Protección de sobreintensidad contra faltas multifásicas en redes de MT basada en criterios de secuencia negativa y cero ha demostrado que La protección adecuada del sistema de energía juega un papel crucial para garantizar la confiabilidad del suministro de electricidad, por lo que es un factor clave. Desafío para los operadores de sistemas de distribución para aumentar la efectividad de la operación de los esquemas de protección y propio equipo de protección. El objetivo principal del artículo es presentar un algoritmo de protección multicriterio que puede aumentar la eficacia de los relés de sobreintensidad de cortocircuito de las líneas eléctricas en redes de media tensión en caso de varias fallas bifásicas. La idea de mejorar el desempeño de la protección se basa en corrientes de falla simétricas análisis de componentes y específicamente en el uso de corrientes de secuencia negativa y cero como valores de criterio para protección de línea contra sobrecorriente utilizada contra tales fallas. El documento describe en detalle la solución propuesta y analiza su desempeño en base a simulaciones de redes de media tensión realizadas con DIGSILENT PowerFactory software. Se pueden observar resultados de simulación



prometedores para relés de protección contra sobrecorriente de tiempo definido utilizado en redes conectadas a tierra por reactancia, ya que la introducción del método propuesto demostró aumentar la zona de operación efectiva dos veces en comparación con las soluciones tradicionales basadas en corriente de fase. Además, en la propuesta solución, coordinación de ajustes de protección para pequeños valores de corriente de falla a tierra, que son identificados por otros relés de protección, no es necesario. La solución propuesta puede complementar los algoritmos tradicionales para cortocircuito protección ( $I \gg$ ) utilizada en los relés de protección modernos que monitorean el nivel de secuencia negativa y cero corrientes, y por lo tanto puede mejorar significativamente la efectividad de detectar varias fallas de fase a fase en la zona de protección de la línea MT considerada.

(MAHINDARA, RODRIGUEZ, PUJANTARA, 2020) Desafíos prácticos de la coordinación de protección contra sobrecorriente de tiempo definido e inverso en sistemas modernos de distribución de energía industrial y comercial demostró en su estudio Las características de un relé de sobrecorriente en coordinación de protección se determinan ajustando la función de retardo de corriente y tiempo. Esta característica se ajusta una vez, es fija y se espera que supere cualquier perturbación en el sistema, lo que aumenta el riesgo de un funcionamiento incorrecto del sistema de protección, como un disparo superpuesto o la incapacidad de limitar la exposición actual en el equipo protegido. Este documento resume diferentes esfuerzos para superar los desafíos modernos de la coordinación de protección contra sobrecorriente en sistemas de distribución industrial y comercial de baja o media tensión. Se introduce una breve introducción desde una perspectiva general y luego se describe específicamente en detalle el problema de la coordinación de equipos con un vínculo completo entre los conceptos matemáticos y los fundamentos en la práctica. Se discuten los desafíos de operación y las ideas para evitar un desempeño incorrecto, bajo operación normal. Finalmente, la



investigación propone un nuevo método de optimización basado en la combinación del algoritmo firefly y el remedio objetivo para superar tales desafíos. La optimización considera la combinación de la función de tiempo inverso (ANSI 51) y tiempo definido (ANSI 50) en el relé de sobrecorriente. El método está descrito y validado en el IEEE 242.2001 para cumplir con la regulación existente de coordinación de protección. Al evaluar los casos críticos, se espera que este estudio mejore la coordinación de protección contra sobrecorriente en diferentes escenarios de falla con coordinación compleja de curvas de tiempo-corriente.

(RAZAEI, 2021) En su estudio hizo Una revisión analítica de las técnicas de coordinación y retransmisión de protección de microrredes de última generación; En los últimos años, ha surgido una tendencia de pasar de las redes eléctricas tradicionales a las redes inteligentes modernas, la formación de microrredes (MG), que conectan unidades de generación distribuida (DG) de bajo voltaje, cargas y aparatos de almacenamiento local al sistema de distribución de voltaje medio. Esta revolución en los sistemas de distribución de energía ha prometido amplias ventajas para los clientes, incluida la confiabilidad, la calidad y la eficiencia de la energía generada. Además, también elimina la necesidad de construir largas líneas de transmisión, lo que genera un ahorro de costos y reduce las pérdidas de energía. A diferencia de los beneficios proporcionados por los MG, la protección de estas entidades es un procedimiento enormemente desconcertante debido principalmente al comportamiento dinámico de los MG, el flujo de energía bidireccional y la alta penetración de fuentes de GD con interfaz de inversor que interfiere con la operación convencional y la coordinación de los relés de protección. Este documento presenta una evaluación analítica de las técnicas de protección más avanzadas para abordar los problemas asociados con la protección de MG. Se analizan las ventajas y desventajas de cada técnica de protección, así como la selección adecuada de los relés



de protección adecuados para cada zona de protección. También se presentan recomendaciones sobre procedimientos de protección y técnicas eficaces que se emplearán para resolver los problemas de protección de la MG.

(GOPALAN,SREERAM, 2013)Una revisión de estrategias de coordinación y esquemas de protección para microrredes La generación distribuida (GD) utilizando recursos energéticos renovables tiene por objeto reducir el impacto de generación de energía a partir de combustibles fósiles en el cambio climático. Las microrredes (MG) representan un método de interconectando varias fuentes de energía renovable de voltaje permitido (BT) y cargas al sistema de distribución. Multi-microrredes (MMGs)generadores distribuidos integrados (DGs) y MGs con media tensión (MT) sistemas de distribución. El diseño del sistema de protección para MG plantea desafíos importantes debido a flujo de DG, así como niveles de corriente de falla más bajos debido al inversor conectado fuentes de DG en isla MG. Este documento revisa las estrategias de coordinación y los esquemas de protección que se han propuesto para que los MG aborden estos desafíos. Las estrategias de coordinación de protección basadas en la comunicación y clasificación por tiempo, incluido su rendimiento relativo. Las ventajas y limitaciones de los esquemas de protección de MG existentes se analizan. MG pequeños, es posible que deban ampliarse para configuraciones de MG más grandes en sistemas de potencia prácticos. También se describen direcciones futuras para la investigación en el diseño de sistemas de protección tanto para MG como para MMG. en este papel.



## **2.4. RESPECTO A LA CALIDAD DE LOS SERVICIOS ELÉCTRICOS**

### **2.4.1. Interrupciones**

(NTCSE, 2010) La Calidad de Suministro se expresa en función de la continuidad del servicio eléctrico a los Clientes, es decir, de acuerdo a las interrupciones del servicio.

6.1.1 Las cifras clave se utilizan para evaluar la calidad del suministro midiendo el número de cortes de energía, su duración y la energía resultante no suministrada. El período de control de suspensión es de seis meses naturales. 6.1.2 Se considera interrupción el corte de energía en un punto de entrega. Las interrupciones pueden ser causadas, entre otras cosas, por dispositivos que salen de las instalaciones del Proveedor u otras instalaciones que los alimentan, programados de manera oportuna a través de actividades de mantenimiento, operaciones, expansiones, etc. Para efectos del criterio, no se considerarán interrupciones totales del servicio de menos de 3 minutos de duración. Asimismo, las interrupciones relacionadas con casos de fuerza mayor no serán debidamente revisadas y certificadas por las autoridades.

### **2.4.2. Duración de las interrupciones**

(NTCSE, 2010) Número de Interrupciones por Cliente (N') - Clientes en Muy Alta y Alta Tensión: 2 Interrupciones/semestre - Clientes en Media Tensión: 4 Interrupciones/semestre; Clientes en Baja Tensión: 6 Interrupciones/semestre Duración Total Ponderada de Interrupciones por Cliente (D'); Clientes en Muy Alta y Alta Tensión: 4 horas/semestre; Clientes en Media Tensión: 7 horas/semestre, Clientes en Baja Tensión : 10 horas/semestre

### **2.4.3. Obligaciones del suministrador**

(NTCSE, 2010) Adquirir todos los equipos de medición o registro necesarios y realizar los trabajos de instalación y/o montaje que se requieran, de conformidad con el inciso a) del numeral 3.1 de la Norma. Esto consta esencialmente de equipos que permitan



medir y registrar confiablemente el Número y la Duración de las interrupciones de servicio en toda la red bajo su responsabilidad, de acuerdo a los requerimientos de la Norma.

(NTCSE, 2010) Diseñar e implementar los esquemas, procedimientos y/o mecanismos necesarios para recolectar información, evaluar indicadores y comunicar la información requerida a las autoridades. Tomar medidas de parámetros de calidad de atención en todos los puntos requeridos y en otros puntos explícitamente previstos por las autoridades.

Llevar un registro histórico de los valores medidos de cada parámetro para todos los puntos de entrega a sus Clientes, correspondientes, a por lo menos los cinco (5) últimos años

(NTCSE, 2010) Implementar y mantener actualizadas bases de datos con toda la información que se obtenga de las mediciones descritas. Estas incluyen las siguientes dos bases que deben encontrarse permanentemente actualizadas:

- a) (NTCSE, 2010) La primera debe permitir diferenciar claramente los componentes de la red que compone a la alimentación eléctrica de cada usuario, consignando por lo menos la siguiente información: - Identificación del usuario (codigo de suministro) - Alimentador de BT y ramal al que está conectado - Subestación de distribución MT/BT - Alimentador de Media Tensión - Centro de transformación Alta Tensión/Media Tension - Red de AT
- b) (NTCSE, 2010) La segunda debe contener la información referida a cada una de los cortes que ocurran en la red eléctrica bajo su responsabilidad; consignando por lo menos la siguiente información: - Fecha y hora de inicio de cada corte; -de Ubicación e identificación de parte del sistema eléctrico afectado por cada interrupción (Ej.: fase, ramal, alimentador, subestación MT/BT, alimentador MT, centro de transformación



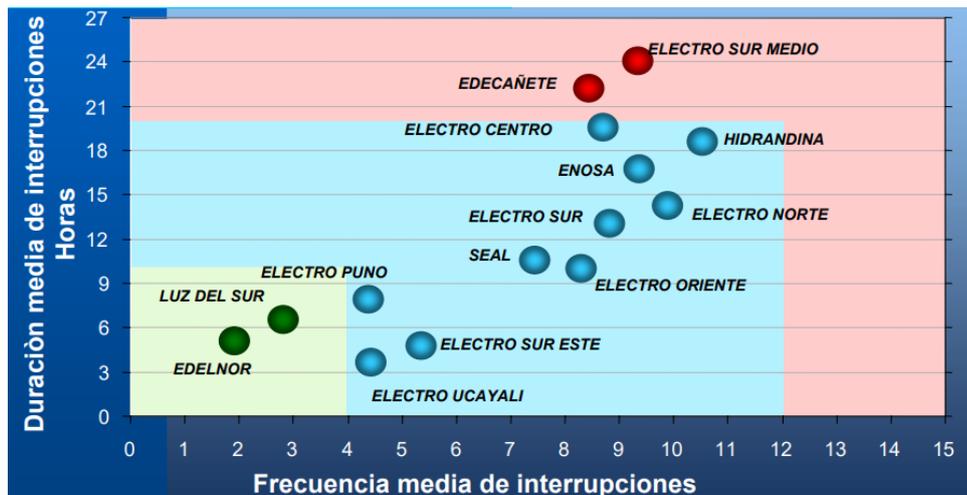
AT/MT, red de AT, etc.); - Identificación de la causa de cada interrupción; - Relación de equipos que han quedado fuera de servicio por cada interrupción, indicando su respectiva potencia nominal; - Número de Clientes afectados por cada interrupción; - Número total de Clientes del Suministrador, por tipo, de acuerdo a la información estadística más reciente disponible; - Fecha y hora de finalización de cada interrupción. La interrelación de la información de estas bases de datos, debe poder identificar claramente a todos los Clientes afectados por cada interrupción que ocurra en el sistema.

#### **2.4.4. Método fiscalización**

(DAMMERT, 2005) La concesionaria registra las interrupciones y las variaciones de tensión en forma permanente. Semestralmente calcula y procede a compensar a los usuarios de acuerdo a la NTCSE y su Base Metodológica.

(DAMMERT, 2005) Además del contenido proporcionado por la NTCSE, debido al impacto de la interrupción, se implementó un procedimiento (OSINERG 074-2004-OS/CD) para el control de la interrupción, que implicó la instalación de grabadoras de visión para verificar los informes anteriores. A diferencia de la NTCSE, esta norma incluye regulación para todos los sistemas eléctricos nacionales, incluidos los sistemas aislados.

**Figura 1:** *Frecuencia de Interrupciones*



(DAMMERT, 2005)

## 2.5. TIPOS DE INTERRUPCIONES

(MERCADO, BERNARDO, 2017) Una interrupción se define como la pérdida total de tensión o corriente. Según su duración, una interrupción se clasifica como instantánea, momentánea, temporal o sostenida. El rango de duración para los tipos de interrupción es: instantánea 0,5 a 30 ciclos, momentánea 30 ciclos a 2 segundos, temporal 2 segundos a 2 minutos y sostenida mayor a 2 minutos.

(MERCADO, BERNARDO, 2017) Los cortes de energía pueden tener muchas causas diferentes, pero generalmente son el resultado de algún daño a la red eléctrica, como rayos, animales, árboles, accidentes de vehículos y condiciones climáticas destructivas (vientos fuertes, nieve intensa, hielo en las vías del tren, etc.), falla del equipo o disparo del interruptor principal. Los sistemas eléctricos deberían mitigar automáticamente muchos de estos problemas a través de medidas de protección.

### 2.5.1. Falla Monofásica

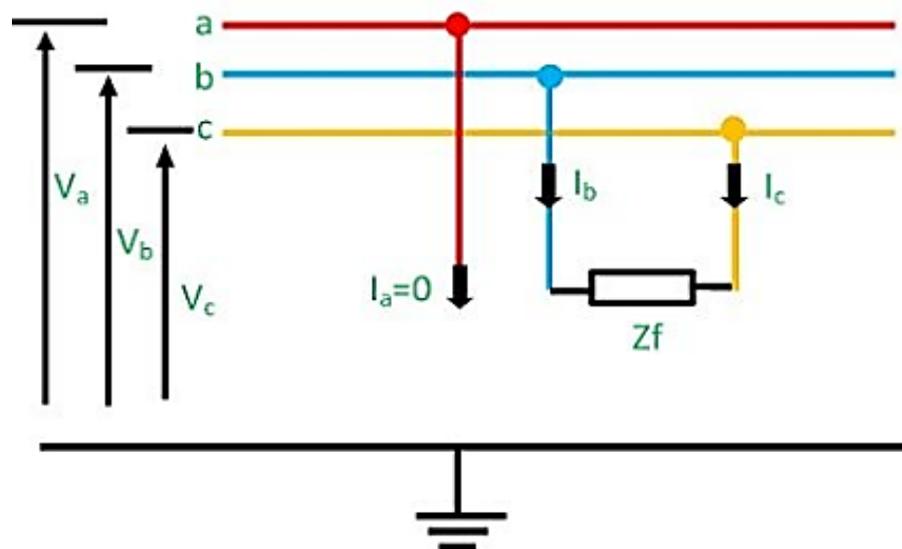
Fallas monofásicas, 72% generalmente causadas por rayos. Una falla monofásica a tierra produce una corriente de falla mayor que la corriente de falla trifásica. Sin embargo, es más común en sistemas de transmisión o distribución de media tensión,

especialmente si la falla se encuentra cerca de la subestación. La amplitud de las corrientes de falla monofásica raramente excede la de las fallas trifásicas. En los casos en que la falla no esté conectada a la red de tierra, la magnitud de una falla monofásica puede exceder la magnitud de una falla trifásica en el mismo punto.

### 2.5.2. Fallas Bifásica Fase a Fase

Una falla línea a línea o falla asimétrica ocurre cuando dos conductores están cortocircuitados. En la figura que se muestra a continuación, se muestra un sistema trifásico con una falla de línea a línea b y c. Se supone que la impedancia de falla es  $Z_f$ . La falla LL se coloca entre las líneas b y c para que la falla sea simétrica con respecto a la fase de referencia a que no tiene fallas.

**Figura 2:** *Falla fase a fase*



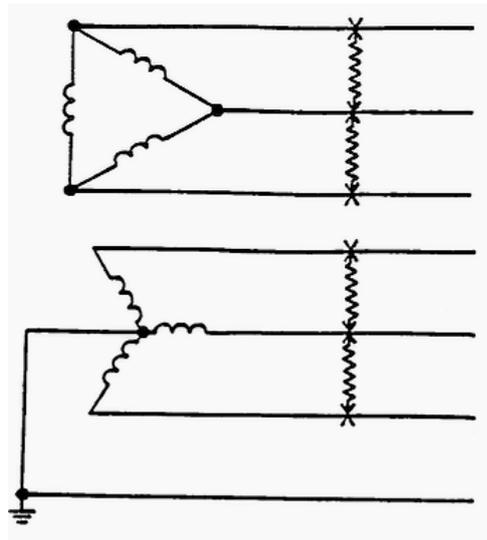
<https://illustrationprize.com/es/506-line-to-line-fault.html>

### 2.5.3. Falla Trifásica

Una falla de emperrado trifásico describe una situación en la que los tres conductores están físicamente conectados entre sí con cero resistencia entre ellos como si estuvieran emperrados. Para un sistema simétrico balanceado, la magnitud de la corriente de falla está igualmente balanceada en las tres fases. Aunque tales

perturbaciones ocurren raramente, los resultados se usan en la selección de dispositivos de protección, ya que tales perturbaciones generalmente resultan en un valor máximo de corriente de cortocircuito.

**Figura 3:** *Falla trifásica*



<https://crushtymks.com/es/energy-and-power/470-what-would-be-the-worst-type-of-three-phase-faults-and-why-it-happens.html>

#### 2.5.4. Corte Programado

Este tipo suele darse cuando es necesario realizar trabajos de mejora o mantenimiento por parte del distribuidor en algún elemento de la red de distribución. Estas actividades suelen ser programadas y se avisará con antelación a los usuarios de la zona cuando se realicen los cortes.

En este sentido, nuestras distribuidoras han colgado en su web un apartado de incidencias en directo para que puedas comprobar si alguna interrupción del suministro ha sido de esta naturaleza.

Interrupciones del suministro según lo previsto la empresa deberá haber solicitado con al menos 72 horas de antelación la aprobación de la autoridad energética competente de la administración municipal.

En este caso, solo podemos tolerar desconexiones porque las desconexiones son necesarias para mantener la red. Ciertamente, a menudo se hace en momentos en que el consumo del área es bajo.

#### **2.5.5. Cortes No Programados**

Se refiere a suspensiones del servicio por falla en la infraestructura cuya causa es la acción de un tercero, tales como daños producidos por otra empresa (Teléfonos, Constructoras, Gas, etc.), particulares, choques de vehículos contra instalaciones, paso de vehículos pesados.

**Figura 4:** *Cortes no programados en distribución*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ Electro Puno*

#### **2.5.6. Fallas Francas**

Es un tipo de falla donde no interviene la resistencia del circuito o tiene una resistencia muy mínima.

**Figura 5:** *Fallas francas en la línea*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ Electro Puno*

### **2.5.7. Indicadores**

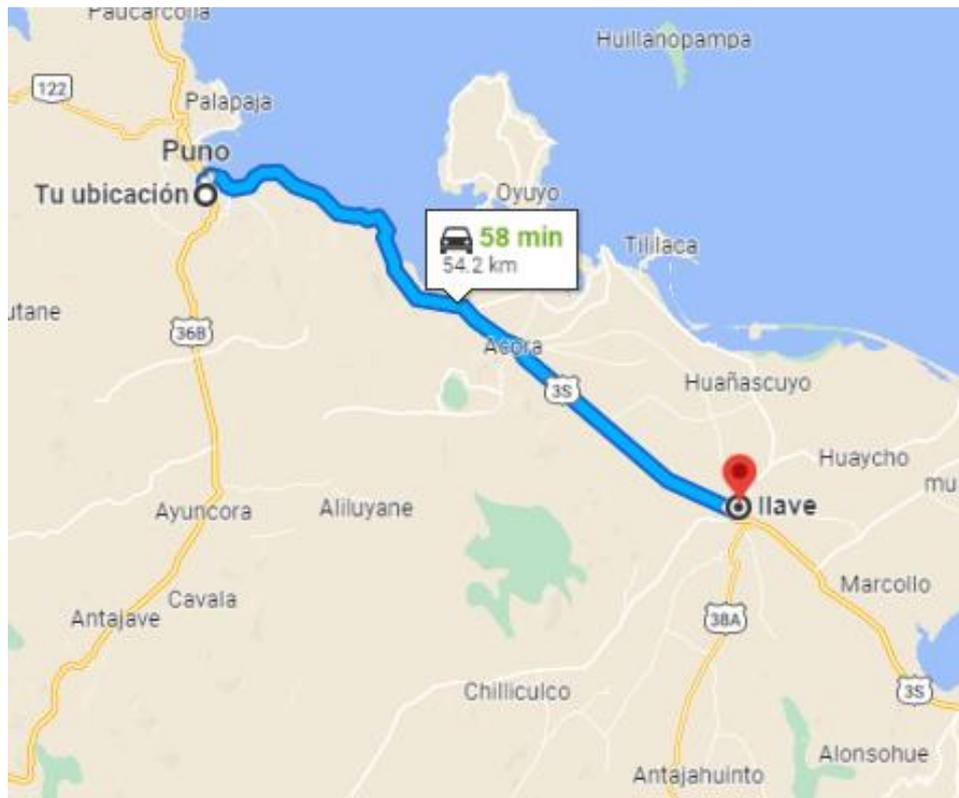
El indicador SAIFI MT es que se ah identificado en esta línea de MEDIA TENSION.

## **2.6. UBICACIÓN DEL PROYECTO**

### **2.6.1. Vías de acceso**

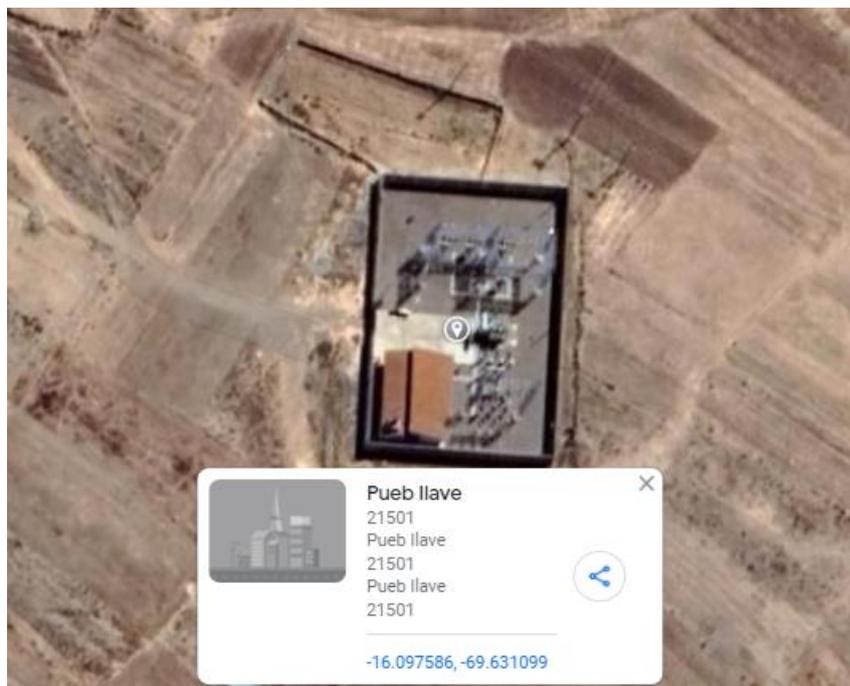
Ilave ciudad está ubicada en una zona montañosa a una altitud de 3850 metros y el área de la ciudad se inclina hacia el sureste. Su topografía es típica de una meseta con secciones planas regulares rodeadas de montañas. Se encuentra en una colina en el centro de la ciudad, prácticamente limita al sur y al este con el río Ilava, con una pequeña urbanización (San Cristóbal) en la margen derecha del río Ilava. El ensanche urbano de la ciudad por el norte y el oeste se extiende llano, hoy dedicado a la agricultura y los pastos.

**Figura 6:** *Ubicación del estudio*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ Google Maps*

**Figura 7:** *Ubicación de la subestación de Ilave*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ Google Maps*

## 2.7. COMPONENTES DEL SISTEMA

### 2.7.1. Sistema de apantallamiento

Los sistemas de protección exterior están diseñados para interceptar los rayos que caerán directamente sobre la estructura y redirigirlos sin consecuencias desde el punto de contacto al suelo. Típicamente, la retención de rayos es a través de cercas, las cuales deben estar debidamente conectadas para distribuir la electricidad recibida. Estos terminales se colocan en las esquinas de los edificios o en algunos lugares visibles.

**Figura 8:** *Apantallamiento en la subestación de Ilave*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

### 2.7.2. Aisladores

Un aislador eléctrico es un elemento cuyo propósito es separar un conductor de los cables de carga que lo sostienen. Si se utilizan conductores eléctricos, estos deben tener buenas propiedades dieléctricas, ya que su función es evitar que la corriente pase del conductor eléctrico a tierra. En la producción de aisladores eléctricos es imperativo

utilizar materiales eléctricos de alta calidad con alta resistencia mecánica, así como otras propiedades necesarias para el buen funcionamiento de los aisladores eléctricos. La forma del aislante eléctrico es un aspecto muy importante, que depende y está íntimamente relacionado con el material utilizado para crear el efecto corona.

**Figura 9:** *Aisladores en la Subestación de Ilave*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

### **2.7.3. Estructuras**

Torres de metal utilizadas en alta tensión. Como todos sabemos uno de los métodos para transporte y/o distribución de la electricidad es mediante conductores aéreos desnudos a los que se les son soportados por torres/postes, los postes más utilizados en líneas de baja, media y alta tensión

### **2.7.4. Postes de madera:**

El campo de aplicación de este tipo de ménsulas es casi exclusivamente en baja tensión, y aparentemente han sido abandonados, aunque en las líneas de media tensión se



pueden encontrar algunos tipos de postes de madera. Como ventaja podemos decir que son ligeras y económicas en comparación con las barras de hormigón y metal, lo que las hace fáciles de transportar. Como desventaja, su vida media es relativamente corta, normalmente en torno a los 10 años, y la pudrición es la principal causa de daño, especialmente en la parte inferior de las columnas, que no permite grandes luces y esfuerzos principales. y la altura es limitada.

#### **2.7.5. Postes de hormigón armado:**

Los postes de este tipo son los más utilizados en redes de bajo voltaje. La principal ventaja de este tipo de postes es que su vida útil es ilimitada y no requiere mantenimiento. Las principales desventajas son el precio en comparación con los postes de madera y los más pesados aumentan el costo de envío.

#### **2.7.6. Postes de hormigón armado vibrado:**

Para mejorar la calidad del hormigón armado, se produce este tipo de columna. Suelen tener entre 7 y 18 m de altura y tienen sección rectangular o doble T. La principal ventaja de este tipo de poste (que lo convierte en el más utilizado) es que se puede fabricar en el mismo lugar donde se implanta, ahorrando así costes de transporte.

#### **2.7.7. Postes de hormigón armado centrifugado:**

Este tipo de postes se utilizan para electrificación ferroviaria, líneas eléctricas rurales de baja y alta tensión, incluyendo líneas de 220KV, postes de alumbrado exterior (llamados alumbrado público en la antigua normativa), pudiendo combinarse también con varios postes para una ménsula. ángulo, descarga, anclaje, etc. en cuanto a... Precisamente porque su producción no se puede hacer en talleres temporales, no se utilizan en lugares de difícil acceso.

### 2.7.8. Postes metálicos de presilla:

Básicamente consta de dos partes unidas por tornillos. Cada sección consta de 4 puntales de esquina de ala idénticos conectados por clips soldados, de ahí el nombre. La cabeza o parte superior tiene 6 metros de largo y la parte inferior se puede configurar con diferentes secciones para alcanzar alturas de 10, 12, 14, 18 y 20 metros.

### 2.7.9. Postes metálicos de celosía:

Este tipo de poste en realidad se utiliza para cables de alta tensión, media a extra alta, es decir, categoría 3, 2 y 1. Su forma y tamaño dependerán de la fuerza a la que se someta, la distancia entre las barras y la tensión en el alambre.

**Figura 10:** *Estructuras de soporte sub estación de Ilave*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

### 2.7.10. Puesta a tierra

(Wikipedia) La puesta a tierra es la conexión de una superficie conductora expuesta (cuerpo metálico) a un punto que no está bajo voltaje; suele ser el terreno sobre el que se levanta el edificio, de ahí el nombre. El sistema de uno o más electrodos que proporcionan la conexión a tierra se denomina "tierra". La puesta a tierra se utiliza como medida de seguridad en las instalaciones eléctricas.

**Figura 11:***Puesta a tierra en distribución*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

### 2.7.11. Interruptor de línea

**Figura 12:** *Interruptor de línea 60 Kv Subestación de Ilave*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

### 2.7.12. Seccionador de línea

**Figura 13:** *Seccionador de línea 60 Kv*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

### 2.7.13. Seccionamientos en media tensión

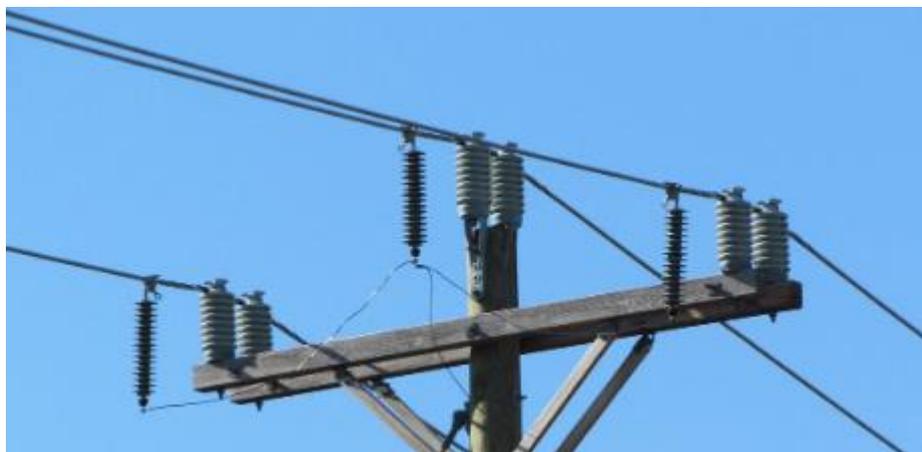
**Figura 14:** *Interruptores tipo caña*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

### 2.7.14. Pararrayos

**Figura 15:** *Pararrayos en líneas de media tensión*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

### 2.7.15. Contador de descargas

**Figura 16:** *Contador de descargas 60 Kv*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

### 2.7.16. Transformador de tensión

**Figura 17:** *Transformador de tensión 60 Kv*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ Google*

### 2.7.17. Transformador de corriente

**Figura 18:** *Transformador de corriente en alta tensión*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ Google*

### 2.7.18. Transformador de potencia

**Figura 19:** *Transformador de potencia*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

### 2.7.19. Barras

**Figura 20:** *Barras de la subestación 60 Kv*



*Fuente: elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

### 2.7.20. Accionamientos

**Figura 21:** *Accionamientos mecánicos en la subestación*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

### 2.7.21. Celdas de maniobras

**Figura 22:** *Celdas de maniobra en la subestación Ilave*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

### 2.7.22. Reloj GPS

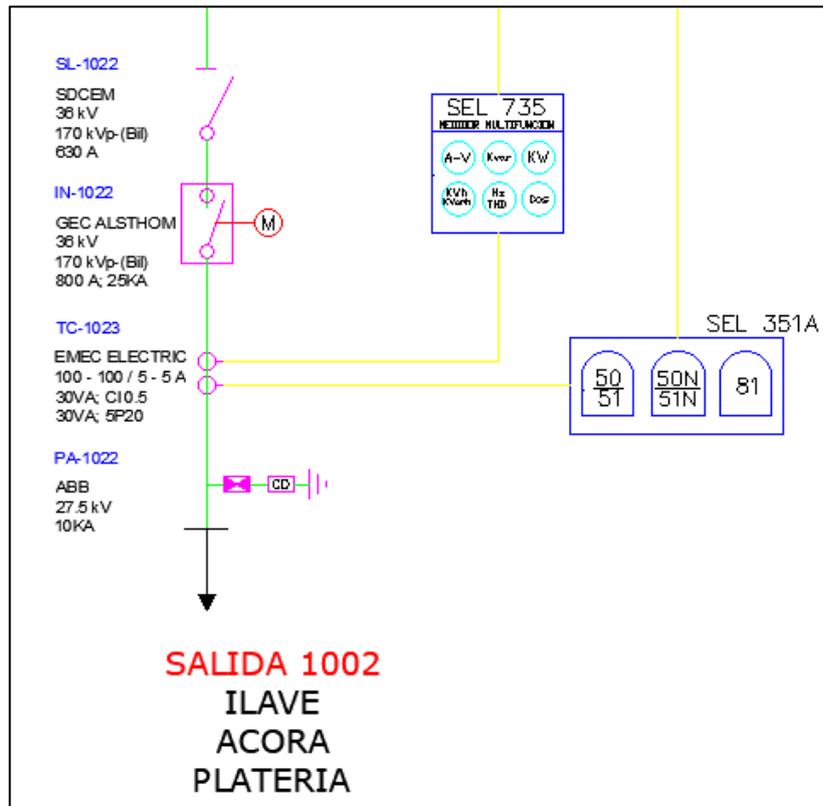
**Figura 23:** *Reloj GPS en la subestación Ilave*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

### 2.7.23. Sistema de medición y protección

**Figura 24:** Sistema de medición y protección en la Subestación de Ilave



*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

#### 2.7.24. Sistema de comunicación

**Figura 25:** *Celdas de protección de la subestación Ilave*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

### 2.7.25. Reclosers reconectores

**Figura 26:** *Reconectores o Reclosers en media tensión*



*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

## 2.8. PRUEBAS

### 2.8.1. Prueba de aislamiento

Las pruebas de aislamiento que se realizan sobre los devanados de los transformadores, se hacen con el fin de cerciorarse que el aislamiento que existe entre los circuitos de media tensión, baja tensión y el sistema de tierras; es suficiente para evitar un corto circuito dentro del mismo.

**Figura 27:** Prueba de resistencia de aislamiento

SET 10 - ILAVE		RESISTENCIA DE CONTACTOS						RESULTADOS FINAL
BARRA	FASE R		FASE S		FASE T			
SECCIONADOR 60 KV SL 1001	1	I prueba	DC 100 Amp	I prueba	DC 100 Amp	I prueba	DC 100 Amp	CONFORME
	2	I dc	100.01 Amp	I dc	99.95 Amp	I dc	100.0 Amp	
	3	R	109.93 $\mu$ ( $\Omega$ )	R	217.66 $\mu$ ( $\Omega$ )	R	525.66 $\mu$ ( $\Omega$ )	
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO								
BARRA	TENSION APLICADA 5 KVcc		FASE R	FASE S	FASE T	RESULTADOS FINAL		
1	Barra vs Masa		257G( $\Omega$ )	214 G( $\Omega$ )	163.9 G( $\Omega$ )	CONFORME		
SET 10 - ILAVE		RESISTENCIA DE CONTACTOS						RESULTADOS FINAL
BARRA	FASE R		FASE S		FASE T			
INTERRUPTOR DE 60 KV IN 1001	1	I prueba	DC 100 Amp	I prueba	DC 100 Amp	I prueba	DC 100 Amp	CONFORME
	2	I dc	100.08 Amp	I dc	100,00 Amp	I dc	100.01 Amp	
	3	R	66.39 $\mu$ ( $\Omega$ )	R	53.53 $\mu$ ( $\Omega$ )	R	66.95 $\mu$ ( $\Omega$ )	
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO								
BARRA	TENSION APLICADA 5 KVcc		FASE R	FASE S	FASE T	RESULTADOS FINAL		
1	Contac. fijo vs Contac. Movil		> 257 G ( $\Omega$ )	> 214 G ( $\Omega$ )	> 163.9 G ( $\Omega$ )	CONFORME		

*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno/ Contratista t&d tesla*

### 2.8.2. Prueba de contacto

la prueba de resistencia de contacto mide la resistencia de las conexiones eléctricas en interruptores, relés, juntas, conectores, etc, en busca de contactos pobres o corroídos, como método preventivo, o de diagnóstico y resolución de problemas.

**Figura 28:** Prueba de resistencia de contactos

01		RESISTENCIA DE CONTACTOS						RESULTADOS FINAL
BARRA	FASE R		FASE S		FASE T			
SB - 1011 SALIDA TP 1001	I prueba	DC 100 Amp	I prueba	DC 100 Amp	I prueba	DC 100 Amp	CONFORME	
	I dc	100.03 Amp	I dc	100.02 Amp	I dc	99.99 Amp		
	R	59.09 $\mu$ ( $\Omega$ )	R	03.85 $\mu$ ( $\Omega$ )	R	136.47 $\mu$ ( $\Omega$ )		
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO								
TENSION APLICADA 5 KVcc		FASE R	FASE S	FASE T	RESULTADOS FINAL			
Barra vs Masa		39.9 G( $\Omega$ )	56.7 G( $\Omega$ )	58.0 G( $\Omega$ )	CONFORME			

*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno/ Contratista t&d tesla*

### 2.8.3. Prueba de sincronismo

Las mediciones de sincronismo según la norma IEC 62271-100 son las pruebas más comunes en los interruptores de potencia. Estas pruebas se utilizan para determinar el tiempo de operación, la discrepancia de polos o el sincronismo de la resistencia de preinserción.

**Figura 29:** Prueba de resistencia de contactos y aislamiento en interruptor 60 Kv

SET 10 - ILAVE		RESISTENCIA DE CONTACTOS						
BARRA	FASE R		FASE S		FASE T		RESULTADOS FINAL	
SECCIONADOR 60 KV SL 1001	1	I prueba	DC 100 Amp	I prueba	DC 100 Amp	I prueba	DC 100 Amp	CONFORME
	2	I dc	100.01 Amp	I dc	99.95 Amp	I dc	100.0 Amp	
	3	R	109.93 $\mu$ ( $\Omega$ )	R	217.66 $\mu$ ( $\Omega$ )	R	525.66 $\mu$ ( $\Omega$ )	
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO								
BARRA	TENSION APLICADA 5 KVcc		FASE R	FASE S	FASE T	RESULTADOS FINAL		
1	Barra vs Masa		257G( $\Omega$ )	214 G( $\Omega$ )	163.9 G( $\Omega$ )	CONFORME		
SET 10 - ILAVE		RESISTENCIA DE CONTACTOS						
BARRA	FASE R		FASE S		FASE T		RESULTADOS FINAL	
INTERRUPTOR DE 60 KV IN 1001	1	I prueba	DC 100 Amp	I prueba	DC 100 Amp	I prueba	DC 100 Amp	CONFORME
	2	I dc	100.08 Amp	I dc	100.00 Amp	I dc	100.01 Amp	
	3	R	66.39 $\mu$ ( $\Omega$ )	R	53.53 $\mu$ ( $\Omega$ )	R	66.95 $\mu$ ( $\Omega$ )	
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO								
BARRA	TENSION APLICADA 5 KVcc		FASE R	FASE S	FASE T	RESULTADOS FINAL		
1	Contac. fijo vs Contac. Movil		> 257 G ( $\Omega$ )	> 214 G ( $\Omega$ )	> 163.9 G ( $\Omega$ )	CONFORME		

*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno/ Contratista t&d tesla*

### 2.8.4. Prueba tangente delta

El ensayo de tangente delta es una técnica para evaluar las pérdidas dieléctricas en el aislamiento y poder detectar oportunamente una afectación o un signo de envejecimiento en cada uno de los aislamientos o accesorios como bushings en una fase temprana.

**Figura 30:** Prueba de resistencia de aislamiento

PRUEBA DE PÉRDIDAS DIELECTRICAS (TANG DE DELTA)									
Card Type:	Tan Delta		V test	V meas.	I meas.	Frequency	Cp	DF	RESULTADOS
Mode:	UST-A	CHL+CH:	2500.0V	2500.0V	0.007140389A	*60.00 Hz	7.5730103 nF	0.291111%	CONFORME
Bandwidth:	5 Hz								
Averaging:	1	CHL: :	2500.0V	2502.0V	0.004303431A	60.0Hz	4.5624673nF	0.31478%	CONFORME
K	1.01	CH:	2500.0V	2500.0V	0.002840613A	60.0Hz	3.0105911F nF	0.26532%	CONFORME
Temp. Oil	15.0 °C								
Temp. Ambient	15.0 °C								
Hum. Relat.	53.00%								

*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno/ Contratista t&d tesla*

### 2.8.5. Resistencia de puestas a tierra

Idealmente, una puesta a tierra debe tener una resistencia de cero ohmios. No existe un único umbral estándar de resistencia de puesta a tierra que sea reconocido por todas las agencias. Sin embargo, la NFPA y la IEEE han recomendado un valor de resistencia de puesta a tierra de 15,0 ohmios o menos según el código nacional de electricidad.



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El Tipo de investigación que se utilizara es el método cuantitativo, porque se realizara, con la data de los registros de fallas obtenido de la Empresa Electro Puno S.A.A. para probar hipótesis, con base a datos o cifras numéricas y el análisis estadístico descriptivo, así establecer el comportamiento de la Subestación Ilave en 22.9 kV.

El estudio tiene un enfoque cuantitativo utiliza la recolección y análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis propiamente hechas, confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento de una población (Hernández, Fernández, & Baptita, 2003).

#### 3.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas y herramientas para la recolección de datos para el presente trabajo serán los siguientes:

#### 3.3. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se trabajará con los datos en base a la información del reporte de interrupciones de Electro Puno S.A.A. a fin de obtener los datos de los equipos instalados en la subestación Ilave y en los alimentadores de media tensión.

Los parámetros se analizarán por medio del software DIGSILENT 15.1.7

##### 3.3.1. Instrumentos de medición

Medidores multifuncionales que medirán los siguientes parámetros eléctricos:

- Voltímetros (V)
- Amperímetros (A)
- Watímetros (KW)



- Varímetros (KVAR)
- Cosfímetros (f.d.p.)
- Frecuencímetros (Hz)

### **3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Para el procesamiento y análisis de datos, se utilizará los siguientes paquetes informáticos según sea el caso:

- Software DIgSILENT PowerFactory versión 15.1.7
- Software Autodesk (AutoCAD 2018)
- Software DLT-CAD 2014
- Global Mapper versión 18.2
- Hoja de Cálculo de Microsoft Office Excel • Microsoft Office Word
- Otros.

### **3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA**

Sistema eléctrico alimentado en media tensión S.E. Ilave en 22,9 kV de ELECTROPUNO S.A.A.

### **3.6. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

Las variables representan un grupo de cualidades, características y propiedades observables de la unidad de análisis, Por la naturaleza correlacional de la investigación, se identificaron dos variables:

#### **3.6.1. Variable Independiente**

Esta es considerada como la causa, o la posible causa, que tiene efectos sobre otra variable, dichas causas pueden ser un hecho, una situación, un aspecto, etc.

Vi: Protección del sistema eléctrico de distribución

- Potencia Activa (KW)
- Potencia Reactiva (KVAR)
- Energía del Suministro (GW/h)



- Caída de Tensión (V)
- Corriente (A)
- Frecuencia (Hz)

### 3.6.2. Variable Dependiente

La variable dependiente viene a ser el efecto, producto o resultado causado por la acción de la variable independiente.

Vd.: Calidad del producto del servicio eléctrico de energía.

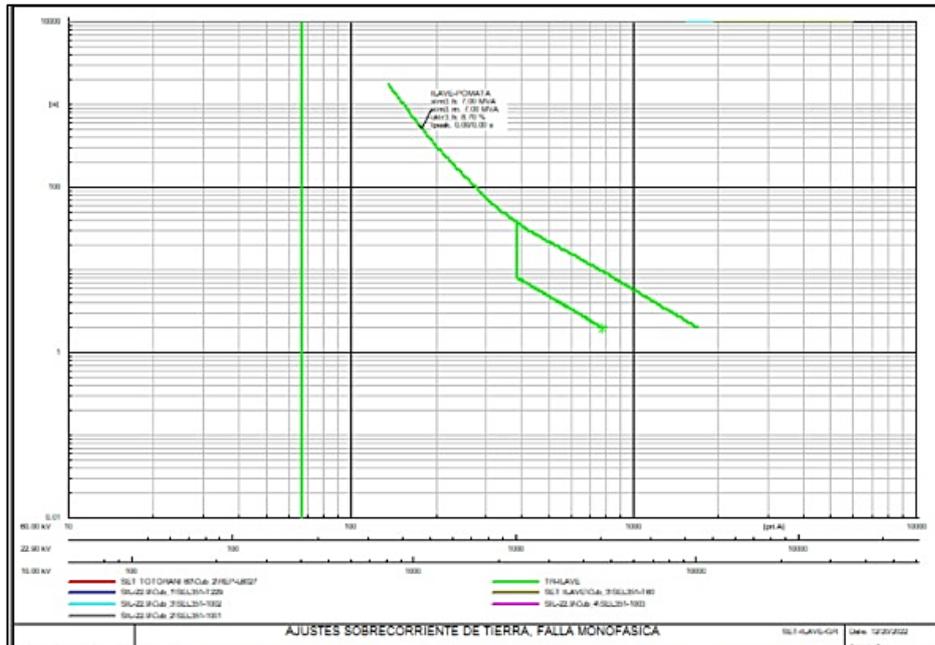
- Corriente de falla (KA, A)
- Resistencia de falla ( $\Omega$ )
- Desfase de falla (Angulo de falla)
- Sensibilidad de la corriente de ajuste (A)

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

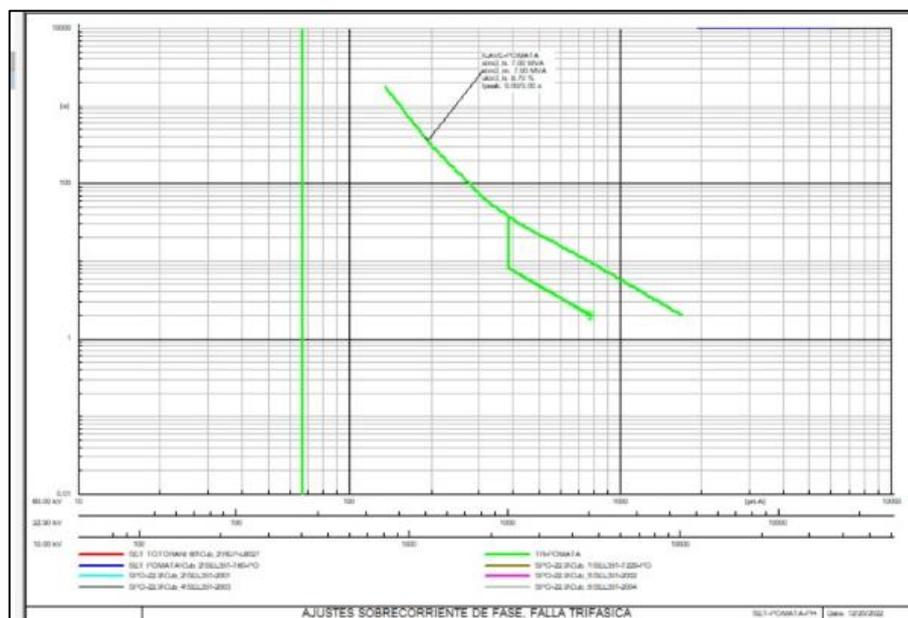
Estudio y ajuste de sobrecorriente de tierra, falla monofásica

**Figura 31:** Ajuste de sobrecorriente para falla monofásica



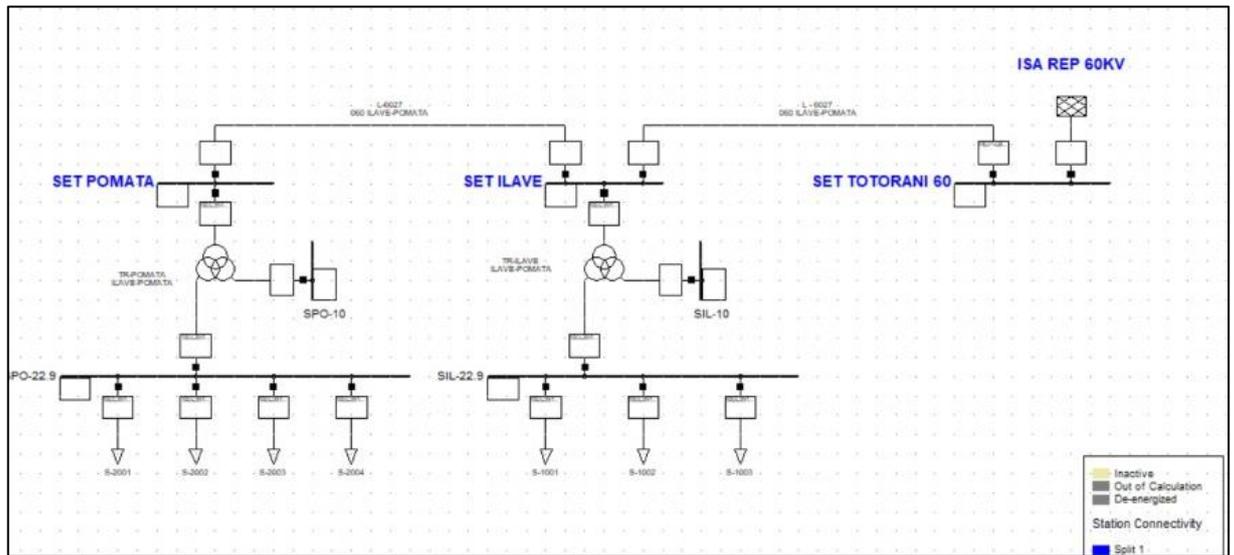
Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno

**Figura 32:** Ajuste de sobrecorriente para falla trifásica



Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno

**Figura 33:** Diagrama unifilar de la Set Ilave

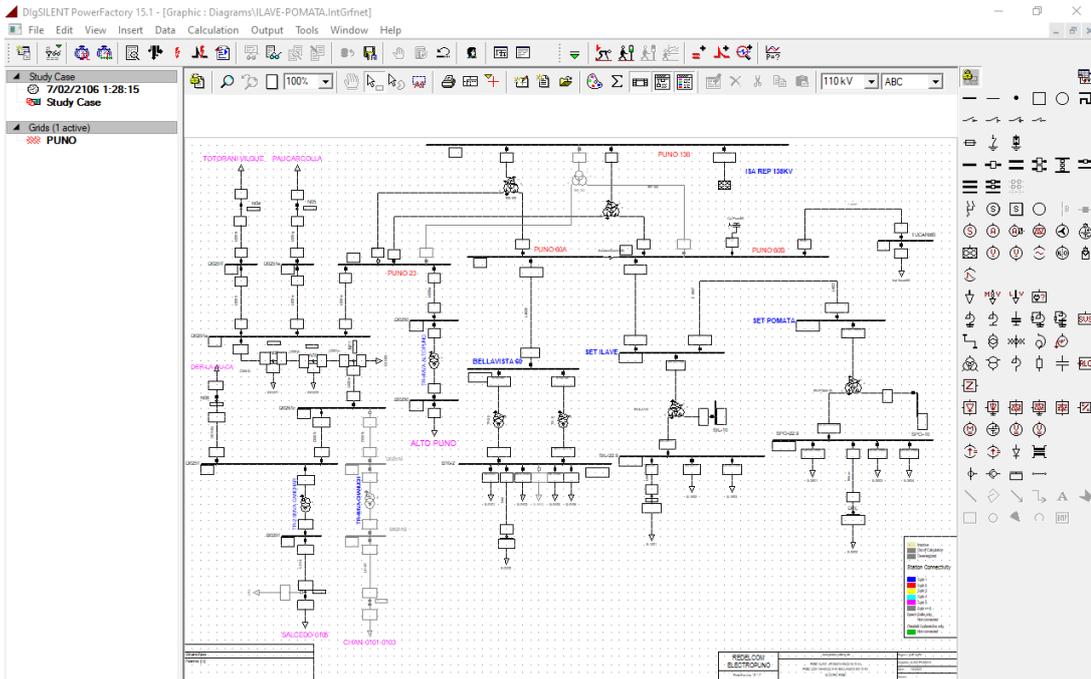


Fuente: elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno

**Tabla 1:** Fallas Ocurridas en la Set. Ilave

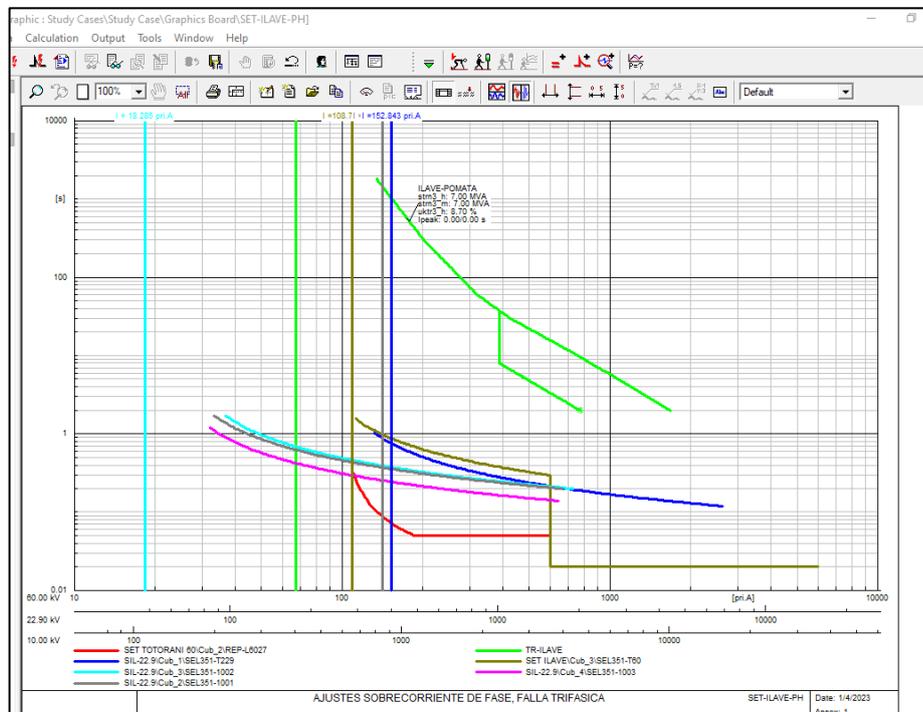
RC 07 ILAVE AFUERA DE LA SET	9 fallas
RC 33 ACORA PLATERIA	6 fallas
RC 34 ACORA PENINSULA	20 fallas
RC 35 ACORA SACUYO	6 fallas
RC 36 ILAVE ACORA	26 fallas
RC 37 ILAVE PERKA	9 fallas
RC 38 ILAVE CAMICACHI	5 fallas
RC 39 ILAVE-PILCUYO	5 fallas
RC 41 ILAVE-SANTA MARIA	3 fallas
RC 43 LOPEZ CANCORA	59 fallas
RC 44 CONDURIRI SANTA ROSA	20 fallas
RC 80 CONDURIRI	9 fallas
RC-38 ILAVE CAMICACHI	3 fallas
RC45 PISACOMA CHINGA	1 falla

**Figura 34:** Sistema eléctrico ELPU



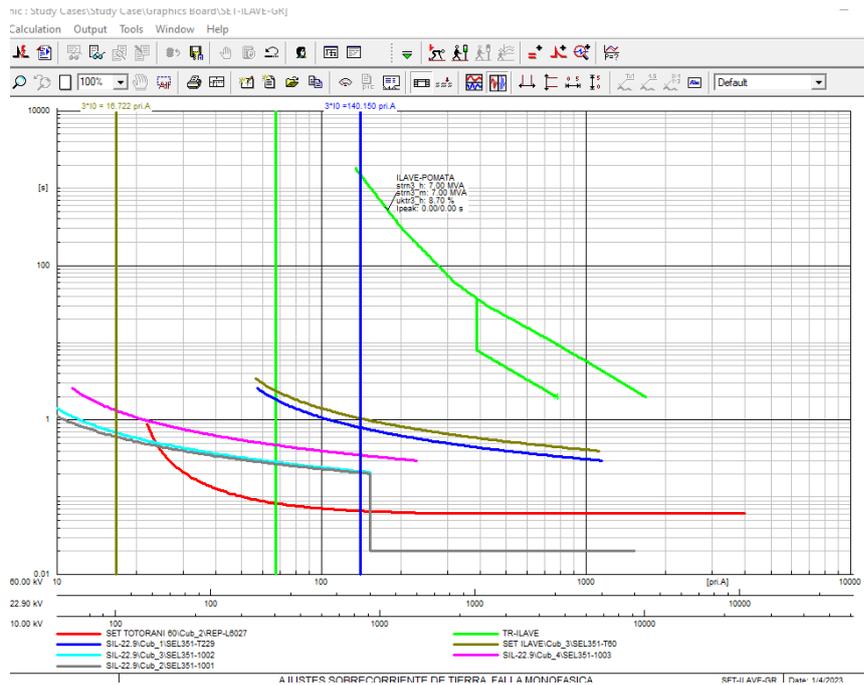
*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

**Figura 35:** Ajuste par falla trifásica



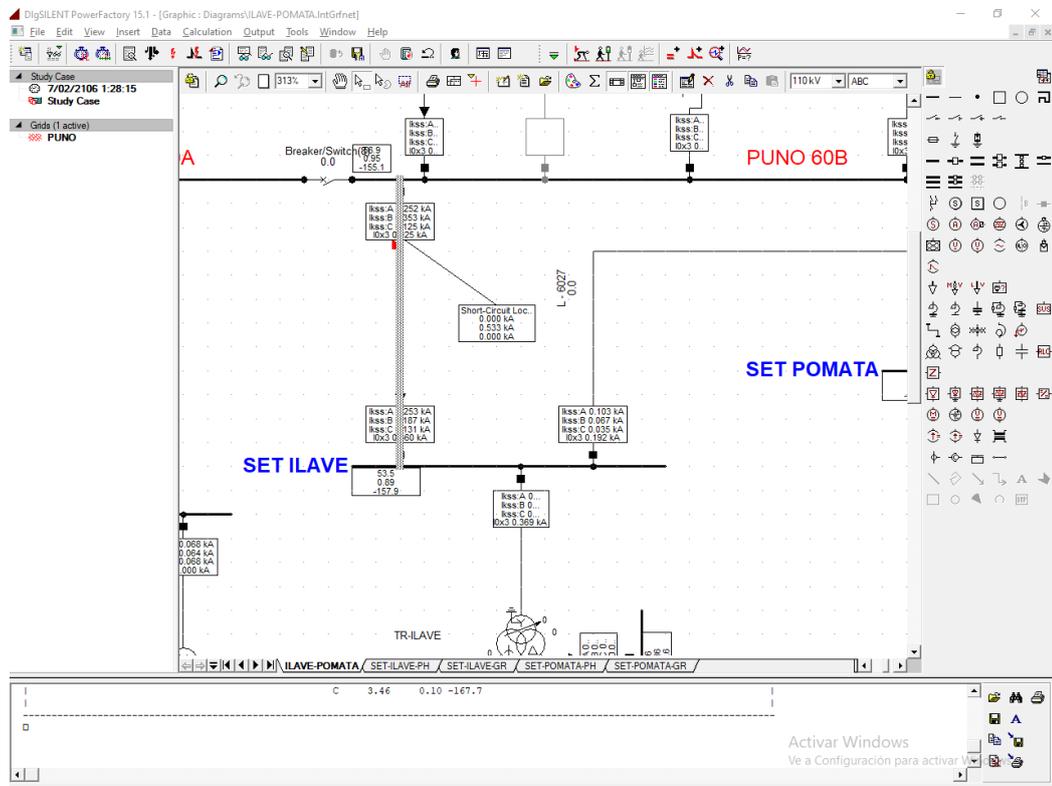
*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

**Figura 36:** Ajuste para falla monofásica



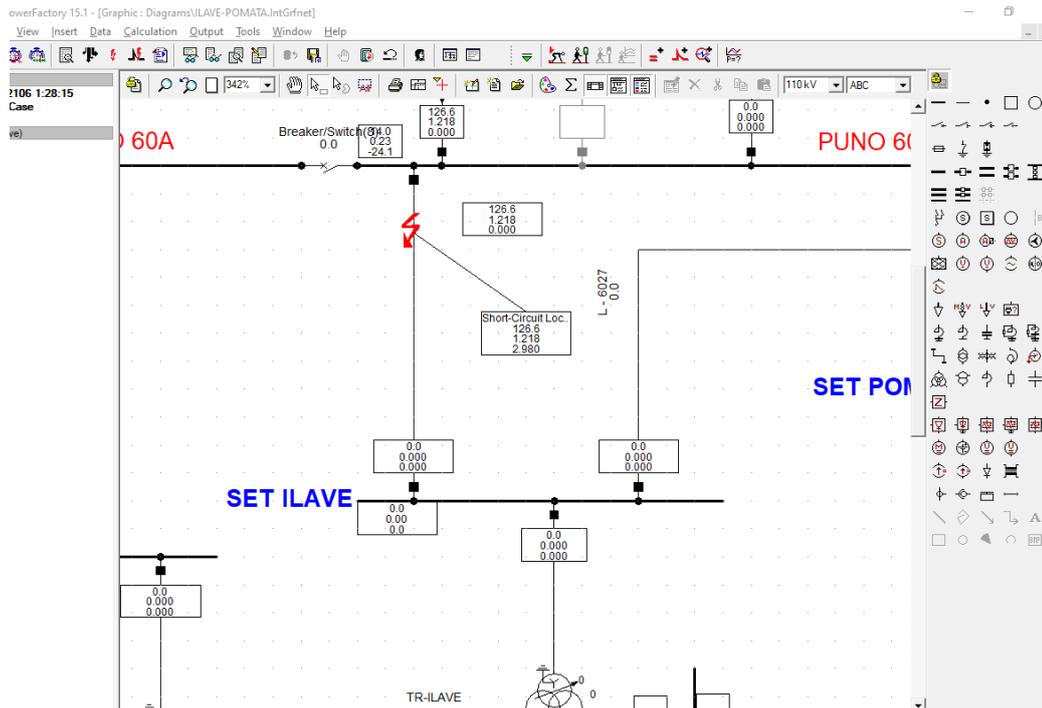
Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno

**Figura 37:** Flujo de potencia al 20% monofásica a tierra



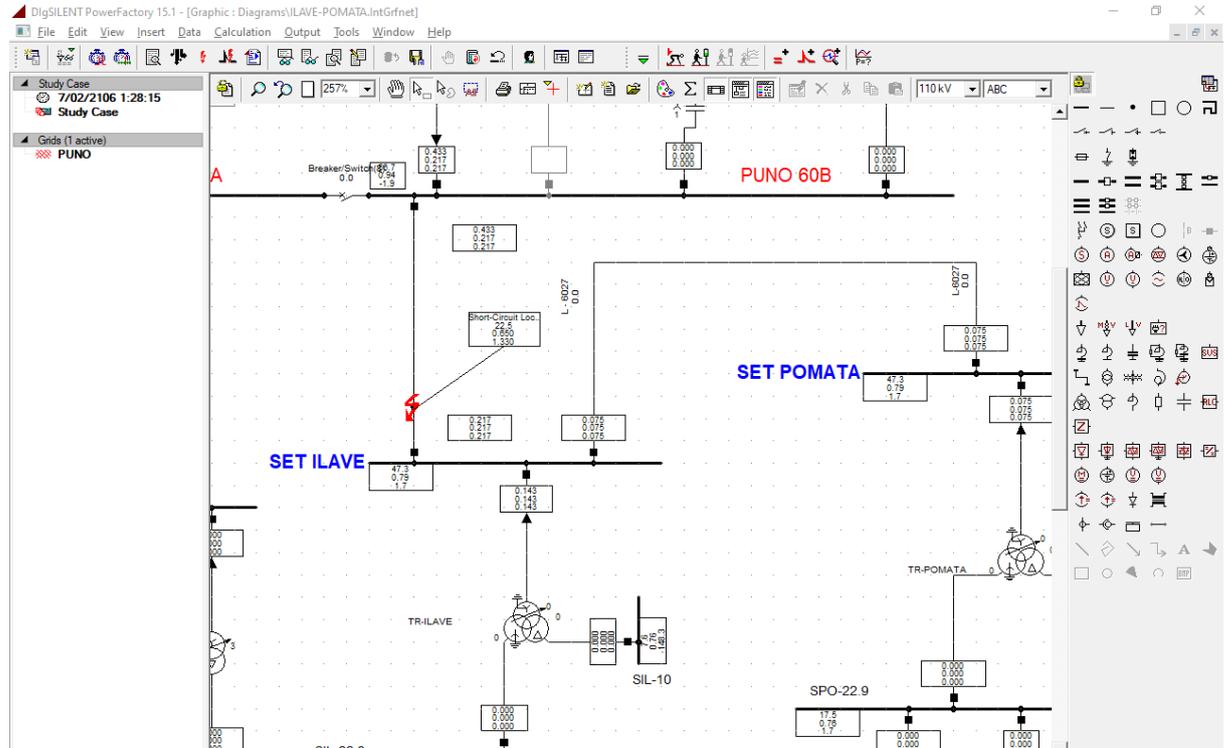
Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno

**Figura 38:** Flujo de potencia al 20% bifásica a tierra



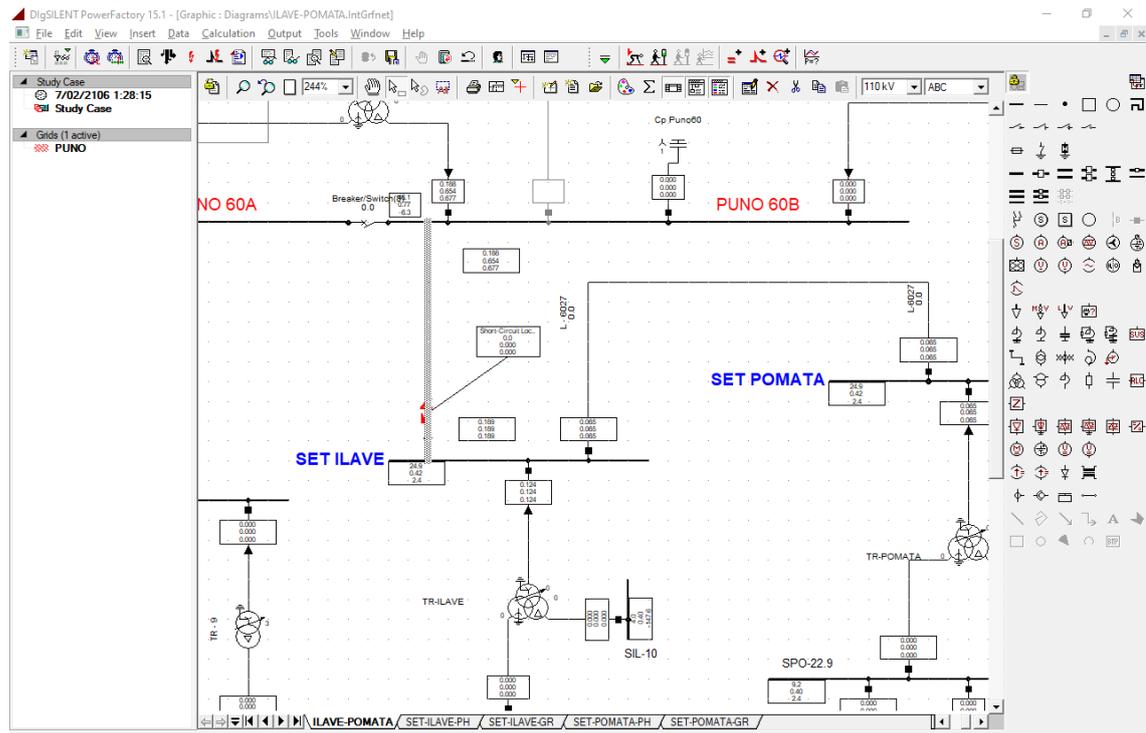
*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

**Figura 39:** Flujo de potencia al 80% monofásica a tierra



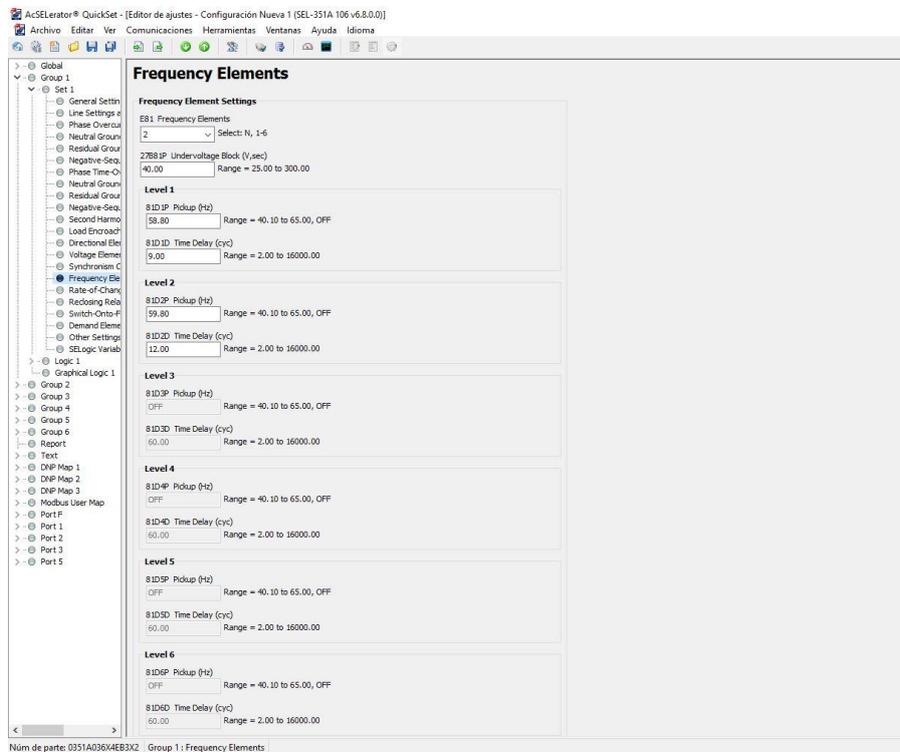
*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*

Figura 40: Flujo de potencia al 80% monofásica a tierra



Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno

Figura 41: Ajuste de relé de protección llave para mínima frecuencia



Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno

**Figura 42:** Ajuste de relé de protección llave para actuación eracmf

The screenshot displays the AcSElerator QuickSet software interface for configuring protection relays. The main window is titled "Rate-of-Change-of-Frequency Elements". On the left, a tree view shows the configuration hierarchy: Global > Group 1 > Set 1 > Rate-of-Change-of-Frequency Elements. The main configuration area is titled "Rate-of-Change-of-Frequency Element Settings" and contains the following parameters:

- E81R Rate-of-Change-of-Frequency Elements:** 2 (Select: N, 1-4)
- 81R1P Pickup (Hz/s):** OFF (Range = 0.10 to 15.00, OFF)
- 81R1TRND Trend:** DEC (Select: INC, DEC, ABS)
- 81R1PU Timer Pickup (seconds):** 0.15 (Range = 0.10 to 60.00)
- 81R1DO Timer Dropout (seconds):** 0.00 (Range = 0.00 to 60.00)
- 81R2P Pickup (Hz/s):** 1.10 (Range = 0.10 to 15.00, OFF)
- 81R2TRND Trend:** DEC (Select: INC, DEC, ABS)
- 81R2PU Timer Pickup (seconds):** 0.20 (Range = 0.10 to 60.00)
- 81R2DO Timer Dropout (seconds):** 0.00 (Range = 0.00 to 60.00)
- 81R3P Pickup (Hz/s):** OFF (Range = 0.10 to 15.00, OFF)
- 81R3TRND Trend:** ABS (Select: INC, DEC, ABS)
- 81R3PU Timer Pickup (seconds):** 1.00 (Range = 0.10 to 60.00)
- 81R3DO Timer Dropout (seconds):** 0.00 (Range = 0.00 to 60.00)
- 81R4P Pickup (Hz/s):** OFF (Range = 0.10 to 15.00, OFF)
- 81R4TRND Trend:** ABS (Select: INC, DEC, ABS)
- 81R4PU Timer Pickup (seconds):** 1.00 (Range = 0.10 to 60.00)
- 81R4DO Timer Dropout (seconds):** 0.00 (Range = 0.00 to 60.00)

The status bar at the bottom shows: "Núm de parte: 0351A036X4EB3X2 Group 1 : Rate-of-Change-of-Frequency Elements". Below the status bar, there are checkboxes for TXD and RXD, and a status indicator "Abrir: Conectado" with IP address "172.16.10.42" and port "23". The terminal type is set to "Terminal = Telnet" and the file transfer method is "Transferencia de archivos = YModem".

*Elaborado por el equipo de trabajo/ ElectroPuno*



## V. CONCLUSIONES

Se ha realizado el diagnóstico de la situación existente en la subestación anual ILAVE 60/22.9 kV - 2022, se encontró que la principal causa de falla del sistema fue la interrupción provocada por la descarga atmosférica, por lo que fue el SAIFI de MT el que superó. Osinergmin especificó tolerancia, también se encontraron varios defectos. Los más destacados son: la subestación no cuenta con un sistema de protección perfecto, la línea primaria monofásica es muy ancha y la línea primaria trifásica está desequilibrada, y el alimentador ELPU de estructura topológica en Digsilent no está actualizado y finalmente la falta de mantenimiento.

Se ha distinguido los principales tipos de fallas LA SUBESTACION DE ILAVE 60/22.9 kV PARA EL AÑO – 2022, tenemos que el principal tipo de fallas son las fases a tierra lo que ocasiona la interrupción del servicio. Estas son causadas por las condiciones climáticas existentes en la zona que principalmente son descargas atmosféricas, fuertes lluvias y fuertes vientos condiciones propias de la zona.

Se ha distinguido los elementos críticos de la Línea de La subestación de Ilave 60/22.9 kV PARA EL AÑO – 2022. Los elementos críticos encontrados en la presente investigación son los elementos de protección específicamente el sistema de puesta a tierra.



## IV. RECOMENDACIONES

Se recomienda que los concesionarios de distribución cuenten con sistemas de protección adecuados desde las subestaciones hasta las salidas de los alimentadores, luego disyuntores, seccionadores e indicadores de fallas para el monitoreo.

Con respecto al diagnóstico realizado LA SUBESTACION DE ILAVE 60/22.9 kV PARA EL AÑO – 2022 Dadas las deficiencias identificadas en este estudio y las nuevas ampliaciones realizadas por la Dirección General de Electrificación Rural (DGE/MEM) del Ministerio de Energía y Minas, se debe realizar un mantenimiento preventivo todos los años, ya no existe un  $1\emptyset$  red. lo que no equilibra la potencia del sistema a la salida de esta subestación. La inestabilidad se produce en la línea eléctrica principal.

Para reducir el número de cortes, es necesario implementar un sistema de protección que prevenga fallas temporales y evite que las mismas fallas se conviertan en fallas visibles debido a fusibles quemados y/o mala coordinación de protección. Para que estas 2 ideas funcionen, el centro de control de EPLU debe monitorear el alimentador en todo momento.



## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRUSZKIEWICZ, LORENC, STASZAK. (2022). Protección de sobreintensidad contra faltas multifásicas en redes de MT basada en criterios de secuencia negativa y cero. *ELECTRICAL POWER AND ENERGY SYSTEMS*.
- CCAPA, J. (2022). EVALUACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE SISTEMA CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICA EN LA INTERCONEXIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA CHIJSIA - SET. ANANEA EN LA LINEA DE TRANSMISION DE 22.9 KV.
- CHANATASING. (2016). Coordinación de protecciones de los alimentadores primarios a 13,8 kV de la s/e Pujilí para la empresa eléctrica provincial Cotopaxi.
- COES. (2018). Actualización del Estudio de Coordinación de las Protecciones del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional Año 2018.
- DAMMERT, A. (2005). SUPERVISIÓN DE LA CALIDAD SUPERVISIÓN DE LA CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO EN EL PERU.
- DARWIN, T. C. (2017). EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN EN 22.9/0.38/0.22 KV CON COMPENSACIÓN REACTIVA CAPACITIVA PARA COMPAÑÍA MINERA EL DORADO ANANEA – PUNO.
- ELMER, C. O. (2020). INFLUENCIA DE LAS FALLAS DE DISTRIBUCIÓN SOBRE LA CALIDAD DE SUMINISTRO DEL ALIMENTADOR 8001 EN 22.9 KV – SERVICIO ELÉCTRICO AZÁNGARO, ELPU.
- ESPILLICO, TICAHUANCA. (2021). ANÁLISIS DE LA COORDINACIÓN DE PROTECCIÓN DEL SERVICIO ELECTRICO CRUCERO – ANTAUTA, EN 22.9 KV DEL ALIMENTADOR 9001.



- FARHAN,MOHAMMAD,MATTI. (2019). Estudios de coordinación de aislamiento basados en riesgo para protección de líneas aéreas de media tensión contra descargas inducidas por rayos sobretensiones.
- GOPALAN,SREERAM. (2013). A review of coordination strategies and protection schemes for microgrids. *SCIENCEDIRECT*.
- LOPEZ,CRUZ. (2020). DETERMINACIÓN DE EQUIPOS PARA COMPENSACIÓN REACTIVA EN MEDIA TENSIÓN 22.9 KV PARA LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE TRANSFORMACIÓN PUNO ILAVE Y POMATA, UTILIZANDO SOFTWARE PARA SIMULACIÓN Y PROYECCIÓN A FUTURO.
- MAHINDARA,RODRIGUEZ,PUJANTARA. (2020). Practical Challenges of Inverse and Definite-Time Overcurrent Protection Coordination in Modern Industrial and Commercial Power Distribution System. *IEEE*.
- MEDINA. (2018). Evaluación de las protecciones ante el incremento de la demanda en el sistema eléctrico Bagua – Jaén y las repercusiones al SEIN.
- MERCADO, BERNARDO. (2017). Calidad de la energía eléctrica bajo la perspectiva de los sistemas de puesta a tierra. *CIENCIA E INGENIERIA*.
- NTCSE. (2010). NORMA TÉCNICA DE CALIDAD DE LOS SERVICIOS ELECTRICOS.
- RAZAEI. (2021). An Analytical Review on State-of-the-Art Microgrid Protective Relaying and Coordination Techniques. *IEEE*.
- ROQUE. (2018). PROTECCION Y COORDINACION DEL SISTEMA ELECTRICO RURAL DE MEDIA TENSION EN 22,9, PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL SERVICIO ELECTRICO DE ENERGIA ELECTRICA DEL DISTRITO



DE ICHUÑA- PROVINCIA GENERAL SANCHEZ CERRO- REGION  
MOQUEGUA, AÑO 2016.

SACAICO. (2015). Estudio de coordinación de protecciones de la subestación Quimpac  
nueva 60kv.

VILLEGAS,TICONA. (2021). MEJORAMIENTO DE LA CONFIABILIDAD  
MEDIANTE LA UBICACIÓN OPTIMA DE LOS ELEMENTOS DE  
PROTECCIÓN DE LÍNEA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN  
EN 22.9KV CABANILLAS - SANTA LUCIA.

ZUÑIGA, DELGADO. (2016). Estudio de la coordinación de protección en los radiales  
pa-01 y pa-02 del subsistema eléctrico de Paucartambo.

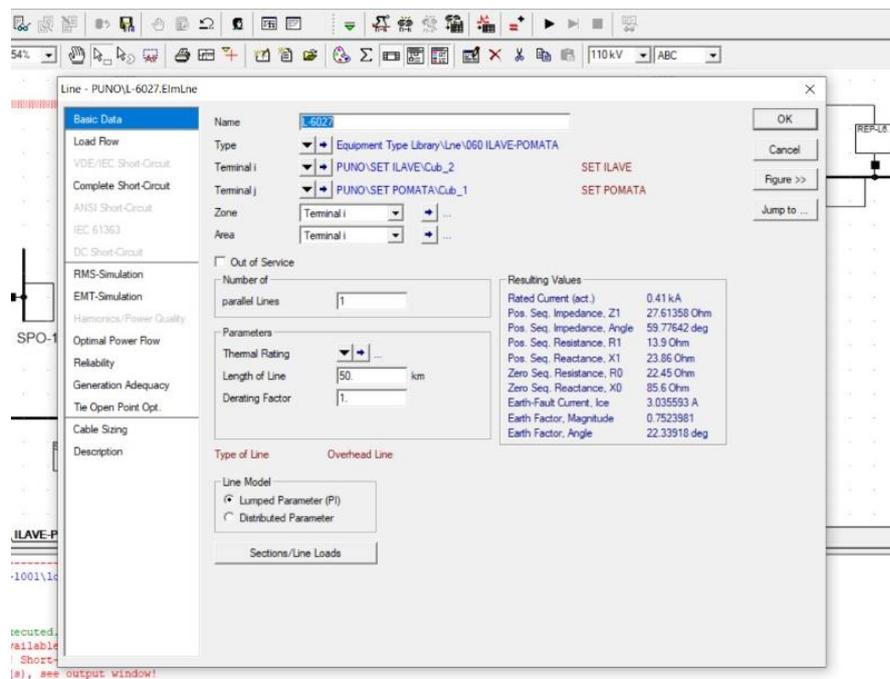
## ANEXOS

**Figura 43:** *Subestación de Ilave*



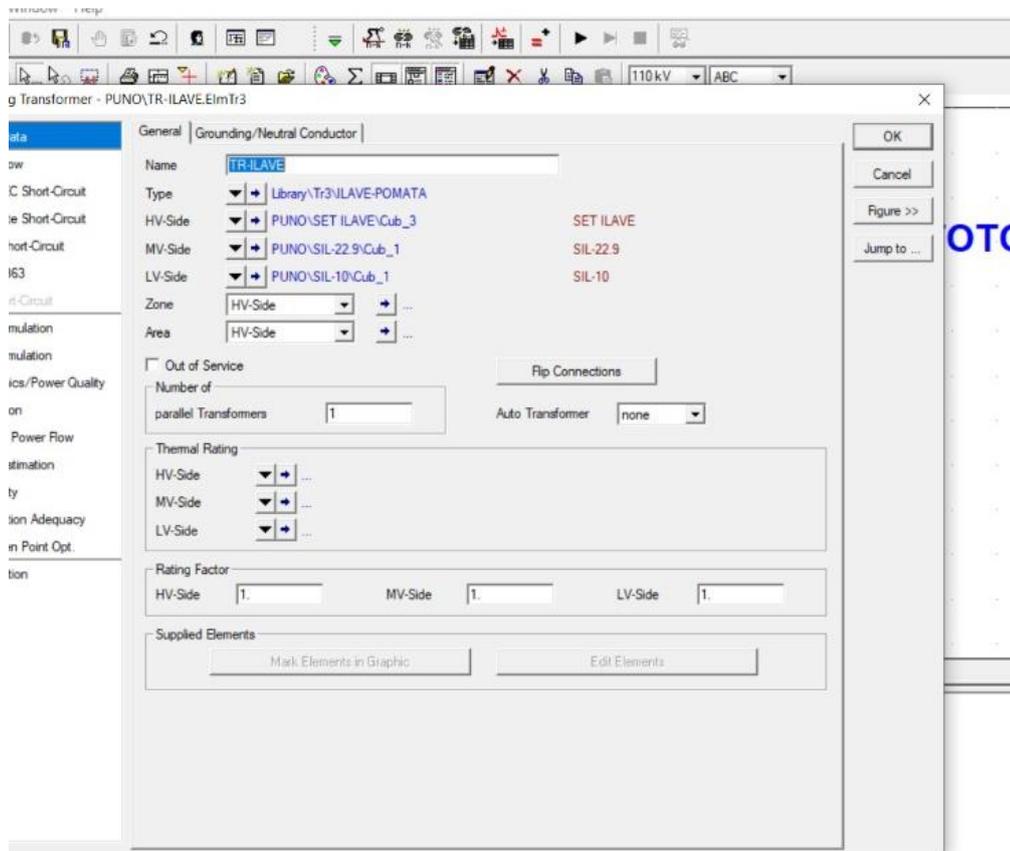
*Elaborado por el equipo de trabajo*

**Figura 44:** *Configuración transformador Ilave*



*Elaborado por el equipo de trabajo*

**Figura 45:** Configuración transformador Pomata



*Elaborado por el equipo de trabajo*