



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica**

**Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica**

**Análisis de fallas en redes de distribución subterránea  
de baja tensión para optimizar la calidad del servicio  
eléctrico en la zona centro de Lima, Perú**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista

**AUTOR**

**Fernando VARGAS CHUNQUE**

**ASESOR**

**Dr. Luis Mark Rudy PONCE MARTÍNEZ**

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Vargas, F. (2026). *Análisis de fallas en redes de distribución subterránea de baja tensión para optimizar la calidad del servicio eléctrico en la zona centro de Lima, Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

### Metadatos complementarios

|                                  |                                                                                           |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Datos de autor</b>            |                                                                                           |
| Nombres y apellidos              | Fernando Vargas Chunque                                                                   |
| Tipo de documento de identidad   | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad | 60296967                                                                                  |
| URL de ORCID                     | No Aplica                                                                                 |
| <b>Datos de asesor</b>           |                                                                                           |
| Nombres y apellidos              | Luis Mark Rudy Ponce Martínez                                                             |
| Tipo de documento de identidad   | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad | 08117818                                                                                  |
| URL de ORCID                     | <a href="https://orcid.org/0000-0002-9037-6794">https://orcid.org/0000-0002-9037-6794</a> |
| <b>Datos del jurado</b>          |                                                                                           |
| <b>Presidente del jurado</b>     |                                                                                           |
| Nombres y apellidos              | Celso Ysidro Gerónimo Huaman                                                              |
| Tipo de documento                | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad | 09191500                                                                                  |
| <b>Miembro del jurado 1</b>      |                                                                                           |
| Nombres y apellidos              | Edy Alberto Roman Ccorahua                                                                |
| Tipo de documento                | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad | 06767696                                                                                  |
| <b>Miembro del jurado 2</b>      |                                                                                           |
| Nombres y apellidos              | Omar Boris Valderrama Campos                                                              |
| Tipo de documento                | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad | 17410917                                                                                  |
| <b>Datos de investigación</b>    |                                                                                           |
| Línea de investigación           | C.0.1.5 Calidad de energía                                                                |
| Grupo de investigación           | No Aplica                                                                                 |
| Agencia de financiamiento        | No Aplica                                                                                 |

|                                                        |                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ubicación geográfica de la investigación               | País: Perú<br>Departamento: Lima<br>Provincia: Lima<br>Distrito: Lima<br>Latitud: -12.0464<br>Longitud: -77.0428                                    |
| Año o rango de años en que se realizó la investigación | Enero 2024 – Diciembre 2024                                                                                                                         |
| URL de disciplinas OCDE                                | Ingeniería eléctrica, Ingeniería Electrónica<br><a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01</a> |



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA  
Teléfono 619-7000 Anexo 4226  
Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú



## ACTA DE SUSTENTACIÓN

### TESIS

#### ACTA N°13/FIEE-PPP/2026

Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 12 de marzo del 2026, como presidente de Jurado el **DR. CELSO YSIDRO GERONIMO HUAMAN**, integrado por el Miembro de Jurado el **MG. EDY ALBERTO ROMAN CCORAHUA**, el Miembro de Jurado el **MG. OMAR BORIS VALDERRAMA CAMPOS** y Miembro Asesor el **DR. LUIS MARK RUDY PONCE MARTÍNEZ**.

Después de escuchar la Sustentación Presencial de la Tesis del Bachiller **FERNANDO VARGAS CHUNQUE** con código 19190070 que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista sustentó la Tesis titulada **ANÁLISIS DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO EN LA ZONA CENTRO DE LIMA, PERÚ**.

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió otorgarle el calificativo de 16 (Suficiente).

Ciudad Universitaria, 12 de marzo del 2026

DR. CELSO YSIDRO GERONIMO HUAMAN  
Presidente Jurado

MG. EDY ALBERTO ROMAN CCORAHUA  
Miembro Jurado

MG. OMAR BORIS VALDERRAMA CAMPOS  
Miembro Jurado

DR. LUIS MARK RUDY PONCE MARTÍNEZ  
Miembro Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE  
**SAN MARCOS**  
Universidad del Perú, Decana de América

## **CERTIFICADO DE SIMILITUD**

Yo, **LUIS MARK RUDY PONCE MARTÍNEZ** en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen N°10/FIEEE-PPP/2026 de la Tesis titulada **ANÁLISIS DE FALLAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN PARA OPTIMIZAR LA CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO EN LA ZONA CENTRO DE LIMA, PERÚ**, presentado por el bachiller **FERNANDO VARGAS CHUNQUE**, para optar al título profesional de Ingeniero Electricista. CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el 13% de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título de Ingeniero Electricista.

Lima, 12 de Marzo del 2026

  
Firma del Asesor

DNI:

08117818

Nombres y apellidos del asesor:

**LUIS MARK RUDY PONCE MARTÍNEZ**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a mis padres, ya que sin su dedicación, confianza, amor y valores que hoy con orgullo represento; esto no hubiese sido posible.

Ustedes son el apoyo que necesito y seguiré necesitando para poder seguir saliendo adelante, gracias por creer y seguir creyendo en mí.

**Con cariño, Fernando**

## **AGRADECIMIENTOS**

Comenzar agradeciendo a mis padres y familiares quienes me apoyan en esta etapa de mi vida donde me estoy formando como ingeniero y también a los profesores de la facultad de ingeniería electrónica y eléctrica por haber compartido sus conocimientos que me permitieron tener una mejor visión de la hermosa carrera que estoy siguiendo.

## RESUMEN

Las fallas imprevistas en los conductores subterráneos de distribución de baja tensión ocasionan un impacto social y económico negativo puesto que el servicio eléctrico en la actualidad es muy importante y crucial para las viviendas y comercios. El presente estudio analiza los datos del periodo 2024 en el software Power BI de todas las fallas ocurridas en la Zona Centro de Lima, Perú y tiene como causa de falla común la humedad, así mismo se realizó la ubicación de fallas en 3 subestaciones más falladoras del periodo 2024 y se corrobora que la mayor cantidad de fallas imprevistas es por humedad en cable o empalme, esto acelera el deterioro del aislamiento de la cubierta del cable.

Para lo expuesto se propone equipos tecnológicos para detección y ubicación de fallas, así como también empalmes con resistencia a la humedad; la aplicación de estos equipos está orientado a reducir el tiempo de localización de fallas y garantizar el servicio eléctrico en beneficio de los usuarios de la Zona Centro de Lima, Perú.

**Palabras Clave:** redes de distribución subterránea de baja tensión, fallas, Power BI, equipos tecnológicos.

## ABSTRACT

Unforeseen failures in underground low-voltage distribution networks cause a negative social and economic impact, as electrical service is currently very important and crucial for homes and businesses. This study analyzes Power BI data for the 2024 period, using all failures in the Central Zone of Lima, Peru. The common cause of failure is humidity. Fault location was also performed in three substations with the highest incidence of failures in the 2024 period. It is confirmed that the majority of unforeseen failures are due to moisture in the cable or splices, which accelerates the deterioration of the cable sheath insulation..

To this end, technological equipment for fault detection and location, as well as moisture-resistant splices, is proposed. The application of this equipment is aimed at reducing fault location time and guaranteeing electrical service for the benefit of users in the Central Zone of Lima, Peru.

**Keywords:** low-voltage underground distribution networks, Faults, Power BI, technological equipment.

## INDICE GENERAL

|                                                                       |            |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CARATULA .....</b>                                                 | <b>i</b>   |
| <b>DEDICATORIA .....</b>                                              | <b>ii</b>  |
| <b>AGRADECIMIENTOS .....</b>                                          | <b>iii</b> |
| <b>RESUMEN .....</b>                                                  | <b>iv</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                                 | <b>v</b>   |
| <b>INDICE GENERAL .....</b>                                           | <b>vi</b>  |
| <b>LISTA DE FIGURAS .....</b>                                         | <b>x</b>   |
| <b>LISTA DE TABLAS .....</b>                                          | <b>xv</b>  |
| <b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>                                 | <b>1</b>   |
| I.1. Planteamiento Del Problema .....                                 | 1          |
| I.1.1. Problema General .....                                         | 2          |
| I.1.2. Problemas Específicos .....                                    | 2          |
| I.2. Objetivos.....                                                   | 2          |
| I.2.1. Objetivo General.....                                          | 2          |
| I.2.2. Objetivos Específicos .....                                    | 3          |
| I.3. Justificación de la Investigación .....                          | 3          |
| I.4. Limitaciones de la Investigación .....                           | 3          |
| I.4.1. Inversión Económica .....                                      | 3          |
| I.4.2. Materiales Utilizados.....                                     | 4          |
| <b>CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>                      | <b>5</b>   |
| II.1. Marco Teórico.....                                              | 5          |
| II.1.1. Cables eléctricos .....                                       | 5          |
| II.1.2. Comparación con Redes Aéreas .....                            | 7          |
| II.1.3. Fallas en Redes Subterráneas .....                            | 8          |
| II.1.4. Métodos de Localización de Fallas en Conductores Subterráneos | 10         |
| II.1.5. Calidad del Servicio Eléctrico .....                          | 12         |

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| II.1.6. Mantenimiento .....                                                | 15 |
| II.2. Antecedentes.....                                                    | 16 |
| II.2.1. Antecedentes nacionales.....                                       | 16 |
| II.2.2. Antecedentes Internacionales .....                                 | 18 |
| II.3. Bases Teóricas .....                                                 | 21 |
| II.3.1. Redes de Distribución.....                                         | 21 |
| II.3.2. Tipos de Redes de Distribución .....                               | 22 |
| II.3.3. Impacto de la calidad de suministro en la economía y sociedad .... | 22 |
| II.3.4. Código Nacional de Electricidad (Suministro 2011).....             | 23 |
| II.3.5. Ley de Concesiones Eléctricas (Decreto Ley N°25844) .....          | 25 |
| II.3.6. Indicadores de calidad.....                                        | 26 |
| II.4. Definición de términos .....                                         | 27 |
| II.4.1. Conductor Eléctrico .....                                          | 27 |
| II.4.2. Conductor Unipolar.....                                            | 27 |
| II.4.3. Conductor Tripolar .....                                           | 27 |
| II.4.4. Aislamiento .....                                                  | 27 |
| II.4.5. Cubierta Protectora.....                                           | 27 |
| II.4.6. Red Subterránea .....                                              | 28 |
| II.4.7. Red Aérea .....                                                    | 28 |
| II.4.8. Fallas Eléctricas .....                                            | 28 |
| II.4.9. Degradación de aislamiento .....                                   | 28 |
| II.4.10. Cortocircuito .....                                               | 28 |
| II.4.11. Corrosión .....                                                   | 28 |
| II.4.12. Sobrecarga .....                                                  | 28 |
| II.4.13. Empalme .....                                                     | 29 |
| II.4.14. Calidad del Servicio Eléctrico .....                              | 29 |
| II.4.15. Tensión.....                                                      | 29 |
| II.4.16. Frecuencia.....                                                   | 29 |
| II.4.17. Flicker .....                                                     | 29 |
| II.4.18. Tensiones Armónicas .....                                         | 29 |
| II.4.19. SAIDI .....                                                       | 30 |
| II.4.20. SAIFI.....                                                        | 30 |
| II.4.21. Sistema Radial .....                                              | 30 |
| II.4.22. Subestación de Distribución .....                                 | 30 |

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| II.4.23.Power BI .....                                           | 30        |
| <b>CAPÍTULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES .....</b>                 | <b>31</b> |
| III.1. Hipótesis General .....                                   | 31        |
| III.2. Hipótesis Específicas.....                                | 31        |
| III.3. Operacionalización de las Variables.....                  | 31        |
| <b>CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>                    | <b>33</b> |
| IV.1. Metodología de la Investigación .....                      | 33        |
| IV.2. Tipo de Investigación.....                                 | 33        |
| IV.3. Alcance de Investigación .....                             | 33        |
| IV.4. Diseño de la Investigación.....                            | 33        |
| IV.5. Población o Unidad de Análisis .....                       | 34        |
| IV.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información..... | 34        |
| <b>CAPÍTULO V: RESULTADOS.....</b>                               | <b>35</b> |
| V.1. Características de Sistema de Distribución .....            | 35        |
| V.1.1. Descripción de la Zona Centro de Lima.....                | 35        |
| V.1.2. Topología de la Red .....                                 | 36        |
| V.1.3. Tipos de conductores presentes en la red.....             | 40        |
| V.1.4. Tipos de Empalmes .....                                   | 42        |
| V.2. Análisis Estadístico de Fallas en la Zona Centro.....       | 44        |
| V.2.1. Fallas por mes .....                                      | 44        |
| V.2.2. Fallas por distrito .....                                 | 44        |
| V.2.3. Fallas por temporada.....                                 | 45        |
| V.2.4. Fallas por tipo .....                                     | 45        |
| V.2.5. Promedio Horas de Ubicación de Fallas.....                | 46        |
| V.2.6. Fallas por causa .....                                    | 46        |
| V.2.7. Fallas por intervalo de tiempo.....                       | 47        |
| V.2.8. Subestaciones falladoras.....                             | 47        |
| V.3. Localización de fallas en cables subterráneos actual .....  | 56        |
| V.4. Optimización del mantenimiento correctivo .....             | 66        |
| V.4.1. Equipos para localización de fallas.....                  | 66        |
| V.4.2. Componentes para reparación eléctrica .....               | 78        |
| <b>CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>                 | <b>84</b> |
| VI.1. Contrastación de Hipótesis Con Los Resultados.....         | 84        |
| VI.2. Comprobación de la Hipótesis.....                          | 84        |

|                                             |           |
|---------------------------------------------|-----------|
| VI.2.1. Hipótesis General .....             | 84        |
| VI.2.2. Hipótesis Específicas.....          | 84        |
| VI.3. Costo de inversión .....              | 85        |
| <b>CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES .....</b>     | <b>86</b> |
| <b>CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES .....</b> | <b>87</b> |
| <b>CAPÍTULO IX: BIBLIOGRAFÍA .....</b>      | <b>88</b> |
| <b>CAPÍTULO X: ANEXOS .....</b>             | <b>96</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. <b>Partes de un cable eléctrico</b> . Tomado de Electro Persa (n.d.).....         | 5  |
| Figura 2. <b>Cable Unipolar</b> . Tomado de (INDECO, 2025c) .....                           | 6  |
| Figura 3. <b>Cable Multipolar</b> . Tomado de INDECO (2025a).....                           | 7  |
| Figura 4. <b>Degradación de aislamiento</b> . Elaboración propia .....                      | 8  |
| Figura 5. <b>Falla en empalme</b> . Elaboración propia .....                                | 9  |
| Figura 6. <b>Filtración de agua</b> . Elaboración propia .....                              | 9  |
| Figura 7. <b>Sobrecarga en cable</b> . Elaboración propia .....                             | 10 |
| Figura 8. <b>Tensión de paso</b> . Elaboración propia.....                                  | 11 |
| Figura 9. <b>vLoc3-Pro</b> . Tomado de VIVAX METROTECH (2018).....                          | 12 |
| Figura 10. <b>Tensiones armónicas</b> . Tomado de Nergiza (2020).....                       | 13 |
| Figura 11. <b>Esquema Sistema Eléctrico</b> . Tomado de (Ministerio de Vivienda, 2021)..... | 22 |
| Figura 12. <b>Distancia de seguridad de tubería de agua</b> . Elaboración propia .....      | 24 |
| Figura 13. <b>Distancia de seguridad de tubería de gas</b> . Elaboración propia .....       | 25 |
| Figura 14. <b>SAIDI 2024 Pluz Energía Perú</b> . Elaboración propia .....                   | 26 |
| Figura 15. <b>SAIFI 2024 Pluz Energía Perú</b> . Elaboración Propia .....                   | 27 |
| Figura 16. <b>Humedad relativa en Lima</b> . Tomado de (Weather Atlas, 2024) .....          | 35 |
| Figura 17. <b>Sistema radial</b> . Elaboración propia.....                                  | 36 |
| Figura 18. <b>Subestación convencional superficie</b> . Elaboración propia .....            | 37 |
| Figura 19. <b>Subestación convencional subterránea</b> . Elaboración propia .....           | 37 |
| Figura 20. <b>Subestación compacta pedestal</b> . Elaboración propia.....                   | 38 |
| Figura 21. <b>Subestación compacta bóveda</b> . Elaboración propia.....                     | 38 |
| Figura 22. <b>Subestación aérea</b> . Elaboración propia .....                              | 39 |
| Figura 23. <b>Transformador de distribución ABB</b> . Elaboración propia .....              | 39 |
| Figura 24. <b>Placa de transformador de distribución ABB</b> . Elaboración propia .....     | 40 |

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 25. <b>Conductor NKY Tripolar</b> . Tomado de INDECO (n.d.).....                       | 40 |
| Figura 26. <b>Conductor NYY Unipolar</b> . Tomado de (INDECO, 2025a).....                     | 41 |
| Figura 27. <b>Conductor NA2XY Unipolar</b> . Tomado de GELCO (2025) .....                     | 42 |
| Figura 28. <b>Empalme asimétrico</b> . Elaboración propia .....                               | 42 |
| Figura 29. <b>Empalme simétrico</b> . Elaboración propia .....                                | 43 |
| Figura 30. <b>Empalme de derivación</b> . Elaboración propia .....                            | 43 |
| Figura 31. <b>Ingreso de Fallas Periodo 2024</b> . Elaboración propia.....                    | 44 |
| Figura 32. <b>Fallas por Distrito</b> . Elaboración propia.....                               | 44 |
| Figura 33. <b>Fallas por temporadas del año</b> . Elaboración propia .....                    | 45 |
| Figura 34. <b>Fallas por tipo</b> . Elaboración propia .....                                  | 45 |
| Figura 35. <b>Promedio horas de ubicación de falla</b> . Elaboración propia.....              | 46 |
| Figura 36. <b>Fallas por causa</b> . Elaboración propia.....                                  | 46 |
| Figura 37. <b>Intervalo de fallas</b> . Elaboración propia.....                               | 47 |
| Figura 38. <b>Subestaciones falladoras</b> . Elaboración propia.....                          | 47 |
| Figura 39. <b>Fallas de subestación 00338S</b> . Elaboración propia.....                      | 48 |
| Figura 40. <b>Causas de fallas de subestación 00338S</b> . Elaboración propia                 | 48 |
| Figura 41. <b>Ubicación de fallas ocurridas en la SED 00338S</b> . Elaboración<br>propia..... | 49 |
| Figura 42. <b>Detalle de fallas ocurridas en la SED 00338S</b> . Elaboración<br>propia.....   | 50 |
| Figura 43. <b>Fallas de subestación 00007S</b> . Elaboración propia.....                      | 51 |
| Figura 44. <b>Causas de fallas de subestación 00007S</b> . Elaboración propia                 | 51 |
| Figura 45. <b>Ubicación de fallas ocurridas en la SED 00007S</b> . Elaboración<br>propia..... | 52 |
| Figura 46. <b>Detalle de fallas ocurridas en la SED 00007S</b> . Elaboración<br>propia.....   | 53 |
| Figura 47. <b>Fallas de subestación 00033S</b> . Elaboración propia.....                      | 54 |
| Figura 48. <b>Causas de fallas de subestación 00033S</b> . Elaboración propia                 | 54 |
| Figura 49. <b>Ubicación de fallas ocurridas en la SED 00033S</b> . Elaboración<br>propia..... | 55 |
| Figura 50. <b>Detalle de fallas ocurridas en la SED 00033S</b> . Elaboración<br>propia.....   | 56 |
| Figura 51. <b>Flujo de localización de fallas</b> . Elaboración propia.....                   | 57 |
| Figura 52. <b>Uso de agua</b> . Elaboración propia.....                                       | 57 |

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 53. <b>Medición de tensión de paso.</b> Elaboración propia .....                   | 58 |
| Figura 54. <b>Apertura de zanja.</b> Elaboración propia .....                             | 58 |
| Figura 55. <b>Empalme dañado.</b> Elaboración propia .....                                | 59 |
| Figura 56. <b>Reparación en red matriz.</b> Elaboración propia .....                      | 59 |
| Figura 57. <b>Normalización de la zona.</b> Elaboración propia .....                      | 60 |
| Figura 58. <b>Uso de pinza inductiva.</b> Elaboración propia .....                        | 60 |
| Figura 59. <b>Uso de bastón para ubicación de falla.</b> Elaboración propia....           | 61 |
| Figura 60. <b>Apertura de zanja.</b> Elaboración propia .....                             | 61 |
| Figura 61. <b>Falla ubicada.</b> Elaboración propia .....                                 | 62 |
| Figura 62. <b>Cable reparado.</b> Elaboración propia .....                                | 62 |
| Figura 63. <b>Cierre de zanja.</b> Elaboración propia.....                                | 63 |
| Figura 64. <b>Uso de cable cocodrilo.</b> Elaboración propia .....                        | 63 |
| Figura 65. <b>Uso de bastón y arco.</b> Elaboración propia.....                           | 64 |
| Figura 66. <b>Ubicación de falla.</b> Elaboración propia.....                             | 64 |
| Figura 67. <b>Apertura de zanja.</b> Elaboración propia .....                             | 65 |
| Figura 68. <b>Falla ubicada.</b> Elaboración propia .....                                 | 65 |
| Figura 69. <b>Cable reparado.</b> Elaboración propia .....                                | 66 |
| Figura 70. <b>Cierra de zanja y zona con servicio.</b> Elaboración propia.....            | 66 |
| Figura 71. <b>Reflectómetro de dominio de tiempo.</b> Adaptado de INDUCOR<br>(2010) ..... | 67 |
| Figura 72. <b>Falla en cortocircuito.</b> Tomado de INDUCOR (2010).....                   | 68 |
| Figura 73. <b>Falla cable seccionado.</b> Tomado de INDUCOR (2010).....                   | 68 |
| Figura 74. <b>Empalme recto en TDR.</b> Tomado de INDUCOR (2010).....                     | 68 |
| Figura 75. <b>Empalme de derivación en TDR.</b> Tomado de INDUCOR<br>(2010) .....         | 69 |
| Figura 76. <b>Puntos relativos en una falla.</b> Tomado de INDUCOR (2010) ..              | 69 |
| Figura 77. <b>Teleflex SX-1.</b> Tomado de Megger (2025d) .....                           | 71 |
| Figura 78. <b>Detección acústica de impulsos.</b> Tomado de INDUCOR<br>(2010) .....       | 72 |
| Figura 79. <b>Diagrama generador de impulsos.</b> Tomado de INDUCOR<br>(2010) .....       | 72 |
| Figura 80. <b>EZ-THUMP de 3 kV y 4kV.</b> Tomado de Megger (2025b) .....                  | 73 |
| Figura 81. <b>DigiPHONE+2.</b> Tomado de Megger (2025a).....                              | 75 |
| Figura 82. <b>Detección de gases.</b> Tomado de Megger (2025c) .....                      | 76 |

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 83. <b>Modos de uso detector de gases.</b> Tomado de Megger (2025c).....                         | 77  |
| Figura 84. <b>Fault Sniffer 2.</b> Tomado de Megger (2025c).....                                        | 77  |
| Figura 85. <b>Empalme de resina liquida.</b> Tomado de HELLERMANNTYTON (n.d.) .....                     | 78  |
| Figura 86. <b>Empalme recto RELICON.</b> Tomado de HELLERMANNTYTON (n.d.) .....                         | 81  |
| Figura 87. <b>Empalme derivación RELICON.</b> Tomado de HELLERMANNTYTON (n.d.).....                     | 81  |
| Figura 88. <b>Empalme termocontraible.</b> Tomado de DISCAMP (n.d.) .....                               | 82  |
| Figura 89. <b>Tubo termocontraible.</b> Tomado de DISCAMP (n.d.) .....                                  | 82  |
| Figura 90. <b>Tubo termocontraible pared Gruesa.</b> Tomado de RAYCHEM (2023) .....                     | 83  |
| Figura 91. <b>Empalme termocontraible en derivación.</b> Tomado de RAYCHEM (2023) .....                 | 83  |
| Figura 92. <b>Ficha técnica Tleflex SX-1.</b> Tomado de Megger (2025d) .....                            | 99  |
| Figura 93. <b>Ficha técnica Tleflex SX-1.</b> Tomado de Megger (2025d) .....                            | 100 |
| Figura 94. <b>Ficha técnica EZ-THUMP de 3kV y 4kV.</b> Tomado de Megger (2025b) .....                   | 101 |
| Figura 95. <b>Ficha técnica EZ-THUMP de 3kV y 4kV.</b> Tomado de Megger (2025b) .....                   | 102 |
| Figura 96. <b>Ficha técnica EZ-THUMP de 3kV y 4kV.</b> Tomado de Megger (2025b) .....                   | 103 |
| Figura 97. <b>Ficha técnica EZ-THUMP de 3kV y 4kV.</b> Tomado de Megger (2025b) .....                   | 104 |
| Figura 98. <b>Ficha técnica DigiPHONE+2.</b> Tomado de Megger (2025a) ....                              | 105 |
| Figura 99. <b>Ficha técnica DigiPHONE+2.</b> Tomado de Megger (2025a) ....                              | 106 |
| Figura 100. <b>Ficha técnica DigiPHONE+2.</b> Tomado de Megger (2025a) ..                               | 107 |
| Figura 101. <b>Ficha técnica Empalme resina liquida RELICON.</b> Tomado de (HELLERMANNTYTON, n.d.)..... | 108 |
| Figura 102. <b>Ficha técnica Empalme resina liquida RELICON.</b> Tomado de (HELLERMANNTYTON (n.d.)..... | 109 |
| Figura 103. <b>Ficha técnica Empalme resina liquida RELICON.</b> Tomado de HELLERMANNTYTON (n.d.).....  | 110 |

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 104. <b>Ficha técnica Empalme resina liquida RELICON.</b> Tomado de HELLERMANNTYTON (n.d.)..... | 111 |
| Figura 105. <b>Ficha técnica Tubo Termocontráctil Pared Gruesa.</b> Tomado de RAYCHEM (2023).....      | 112 |
| Figura 106. <b>Ficha técnica Tubo Termocontráctil Pared Gruesa.</b> Tomado de RAYCHEM (2023).....      | 113 |
| Figura 107. <b>Ficha técnica Equipo Fault Sniffer 2.</b> Tomado de Megger (2025c).....                 | 114 |
| Figura 108. <b>Ficha técnica Equipo Fault Sniffer 2.</b> Tomado de Megger (2025c).....                 | 115 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. <b>Redes Subterráneas vs Redes aéreas</b> .....              | 7  |
| Tabla 2. <b>Profundidad de conductor según nivel de tensión</b> ..... | 24 |
| Tabla 3. <b>Operacionalización de Variables</b> .....                 | 31 |
| Tabla 4. <b>Distritos de Zona Centro de Lima</b> .....                | 35 |
| Tabla 5. <b>Uso y aplicación de resina líquida</b> .....              | 80 |
| Tabla 6. <b>Costos de mano de obra</b> .....                          | 85 |

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

En la actualidad garantizar la continuidad del suministro eléctrico es primordial para las empresas concesionarias, puesto que es un factor crucial para el desarrollo económico y social. Los conductores subterráneos de baja tensión fueron una solución para mejorar la calidad del servicio eléctrico, minimizar riesgos asociados a fenómenos climáticos como también el impacto visual especialmente en Lima por tener alta densidad poblacional.

Lima ha crecido en estos últimos años de forma muy desordenada que en consecuencia se han registrado interrupciones imprevistas en el fluido eléctrico debido a fallas en conductores subterráneos de baja tensión, teniendo como factores principales la antigüedad, deficiencias en los empalmes, humedad y sobrecargas en los circuitos; estas interrupciones generan pérdidas económicas para usuarios residenciales y usuarios comerciantes, además de generar un impacto social negativo por los ya mencionados.

Ante esta problemática, el presente estudio se centra en analizar las fallas en la zona centro de Lima Perú en el periodo 2024 para identificar la causa más común y así mismo así mismo proponer soluciones para optimizar la calidad de suministro como también minimizar la incidencia de interrupciones eléctricas.

### **I.1. Planteamiento Del Problema**

El uso de conductores de distribución subterráneos de baja tensión ha desempeñado un papel importante en la continuidad y confiabilidad del suministro eléctrico, especialmente en zonas urbanas, puesto que ofrecen grandes beneficios como menor exposición a factores climáticos externos, menor contaminación visual y mayor seguridad. Sin embargo, esta

infraestructura enfrenta desafíos críticos debido a la antigüedad, exposición a factores ambientales y crecimiento desordenado en la demanda.

En este último periodo anual, en la zona centro de Lima se ha registrado un aumento de fallas en este tipo de redes que ha causado ausencia del fluido eléctrico hacia usuarios residenciales, comerciales e industriales; a pesar de los esfuerzos en el mantenimiento de estas redes, las soluciones planteadas no resuelven el problema de fondo.

Las principales causas de estas interrupciones se deben a la degradación progresiva del aislamiento del conductor, humedad, puntos de empalmes deficientes, sobrecargas y cortocircuitos; esta problemática ha provocado el aumento de interrupciones del fluido eléctrico, incrementando los costos en reparaciones para la empresa concesionaria, además de generar pérdidas económicas hacia los usuarios residenciales, comerciales e industriales y también un impacto negativo en la calidad de servicio eléctrico.

Ante esta problemática, el presente estudio tiene como objetivo realizar un análisis de las fallas más recurrentes en el periodo 2024 en conductores de distribución subterránea de baja tensión en la zona centro de Lima y sugerir estrategias innovadoras que nos permitan mitigar la incidencia de interrupciones imprevistas y mejorar la calidad del servicio eléctrico.

### ***I.1.1. Problema General***

¿Cómo influye el análisis de fallas de las redes subterráneas de baja tensión en la optimización de la calidad del servicio eléctrico de la Zona Centro de Lima, Perú?

### ***I.1.2. Problemas Específicos***

1. ¿Cuáles son las principales causas de las fallas en conductores subterráneos de baja tensión?
2. ¿Cómo impactan las fallas de los conductores subterráneos de baja tensión en los indicadores SAIDI y SAIFI?
3. ¿Qué propuesta de mejora se puede implementar para reducir la incidencia de fallas en conductores subterráneos de baja tensión y optimizar la calidad de suministro eléctrico?

## **I.2. Objetivos**

### ***I.2.1. Objetivo General***

Analizar las fallas en redes subterráneas de baja tensión y proponer soluciones innovadoras para optimizar la calidad del servicio eléctrico en la zona centro de Lima, Perú.

### ***1.2.2. Objetivos Específicos***

1. Determinar cuáles son las principales causas de las fallas en redes de distribución subterránea de baja tensión.
2. Evaluar el impacto de las fallas de las redes subterráneas de baja tensión en los indicadores SAIDI y SAIFI.
3. Proponer soluciones de mejora para reducir la incidencia de fallas y optimizar la calidad de suministro eléctrico.

### ***1.3. Justificación de la Investigación***

Esta investigación se justifica en la necesidad de mejorar la confiabilidad del suministro eléctrico en la Zona Centro de Lima. Esta área se caracteriza por una alta densidad poblacional además que es directamente proporcional con la actividad comercial por lo que cualquier interrupción imprevista genera un impacto social y económico negativo.

En el ámbito teórico contribuye porque la presente investigación estudia las fallas eléctricas y la calidad del servicio eléctrico que nos permitirá identificar problemas y contrastar con otros estudios.

En el ámbito metodológico contribuye porque se analiza datos históricos de fallas en conductores subterráneos de baja tensión y su correlación con la calidad del suministro eléctrico.

### ***1.4. Limitaciones de la Investigación***

El análisis de fallas en redes de distribución subterránea de baja tensión centra su principal limitación en los distritos de la Zona Centro, conformado por 11 distritos de Lima Perú y el periodo del año 2024.

El periodo de análisis de fallas es el año 2024, teniendo como fuente de información datos de la empresa Pluz Energía Perú.

#### ***1.4.1. Inversión Económica***

El aspecto económico es importante pero esta tesis se centra en analizar las fallas y proponer equipos tecnológicos para mejorar la calidad del servicio eléctrico, por lo que la empresa concesionaria al tener en cuenta esta tesis debe escoger cuidadosamente los equipos a utilizar.

#### ***I.4.2. Materiales Utilizados***

Para el desarrollo de esta presente investigación se utilizan los siguientes recursos:

a) Equipos e instrumentos

- Laptop Lenovo con procesador Intel i5, Excel y software de análisis Power BI.

b) Materiales de recolección de datos

- Bases de datos del periodo 2024
- Croquis de reparación eléctrica

c) Fuentes documentales

- Artículos científicos relacionados el tema de investigación.
- Normativa vigente relacionada al área de estudio

## CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

### II.1. Marco Teórico

#### II.1.1. Cables eléctricos

Un cable eléctrico es un medio de transporte de la corriente eléctrica desde un punto (fuente) hacia otro punto (carga), estos cables están fabricados comúnmente de cobre y aluminio.

El cobre nos brinda una mayor conductividad con respecto al aluminio, pero respecto al precio es inversamente proporcional.

##### II.1.1.1. Partes de un cable eléctrico

Los cables eléctricos están compuestos por varios componentes que permite el transporte de la energía de forma eficiente.

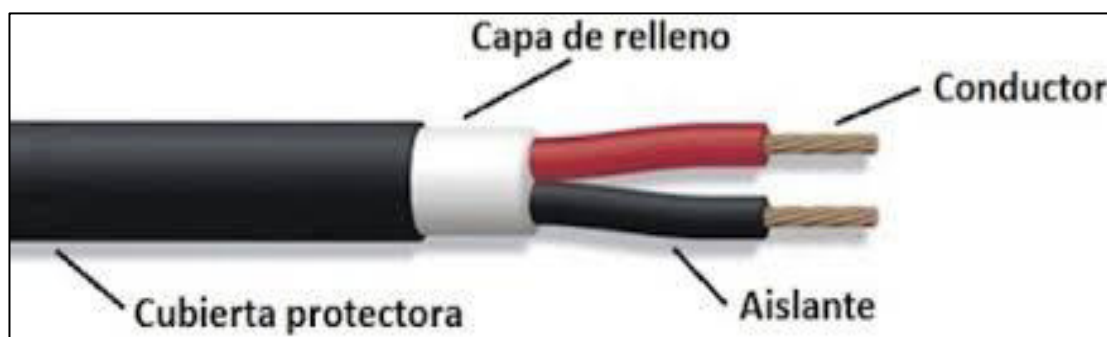


Figura 1. Partes de un cable eléctrico. Tomado de Electro Persa (n.d.).

**Conductor:** Transporta los electrones, además está formado por uno más hilos de aluminio o cobre.

**Aislamiento:** Componente que recubre al conductor, su función es evitar que la corriente eléctrica escape.

El aislamiento está hecho de diferentes materiales PVC (Policloruro de vinilo), XLPE (Polietileno reticulado) y PE (Polietileno lineal), este material es elegido según las condiciones ambientales a ser instalado el cable.

- PVC (Policloruro de vinilo): Es un material termoplástico, comúnmente usado en la mayoría de los cables de uso domiciliario e industrial; la

temperatura de funcionamiento está en el rango de 70°C a 160°C en cortocircuito y no más de 5 segundos. (Gustavo Bignami, 2024)

- XLPE (Polietileno reticulado): Es un material termoestable, además presenta mejores características térmicas y eléctricas que el PVC; funciona de forma permanente hasta temperaturas de 90°C y a 250°C en cortocircuito durante 5 segundos. (Gustavo Bignami, 2024)
- PE (Polietileno): Se caracteriza este material por tener baja resistencia al fuego en comparación al PVC. El aislamiento es duro, inflexible y rígido, además sus características se pueden modificar añadiendo diversos aditivos, Ejm: antioxidantes, estabilizadores contra radiación UV. Esto se utiliza en la producción de conductores de baja capacitancia por sus propiedades eléctricas. (TEM ELECTRONIC COMPONENTS, 2024)

Estos tipos de aislamiento se usa en la construcción de conductores de baja tensión, media tensión y alta tensión.

**Capa de relleno:** Permite que el conductor tenga una estructura uniforme y circular, además de protegerlo contra la humedad y otros factores externos.

**Cubierta protectora:** Capa que protege mecánicamente al conductor, además de factores externos Ejm: clima, humedad, abrasión, etc.

Esta cubierta se presenta en diferentes materiales como por ejem: PVC, Nylon y poliuretano.

#### ***II.1.1.2. Tipos de cables***

Unipolar: Cable que está conformado por un solo conductor.



**Figura 2. Cable Unipolar.** Tomado de (INDECO, 2025c)

Multipolar (Tripolar): Cable que está conformado por varios conductores

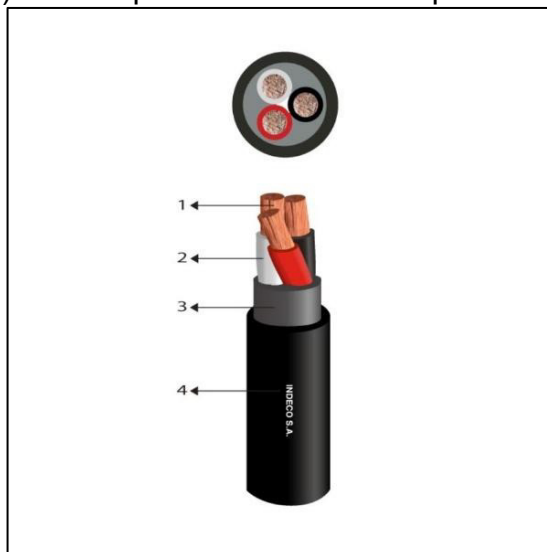


Figura 3. Cable Multipolar. Tomado de INDECO (2025a)

### II.1.2. Comparación con Redes Aéreas

Las ventajas y desventajas de los tipos de instalación de redes de distribución son las siguientes:

Tabla 1. Redes Subterráneas vs Redes aéreas

|             | REDES AÉREAS                                                                      | REDES SUBTERRANEAS                                              |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| VENTAJAS    | Costo inicial más bajo                                                            | Mas confiable                                                   |
|             | Fácil localización de fallas                                                      | Mas seguro para el ciudadano                                    |
|             | Menor tiempo de construcción                                                      | Mas estético                                                    |
|             |                                                                                   | No tienen afectación por condiciones climáticas, animales, etc. |
| DESVENTAJAS | Menor confiabilidad                                                               | Costo elevado                                                   |
|             | Menor seguridad para transeúntes                                                  | Mas complejo de instalar                                        |
|             | Mal aspecto estético                                                              | Mas complejo ubicación de fallas                                |
|             | Vulnerable a fallas e interrupciones imprevistas por estar expuesto a condiciones |                                                                 |
|             |                                                                                   |                                                                 |

---

climáticas, árboles, aves,  
accidentes, etc.

---

*Fuente.* Tomado de TURRUBIATES GUILLEN (2019)

### **II.1.3. Fallas en Redes Subterráneas**

En sistemas de distribución secundaria, específicamente en redes subterráneas de baja tensión podemos presentar anomalías que interrumpen el transporte de la corriente eléctrica de manera eficiente.

Estas anomalías o fallas se pueden manifestar de diversas formas y además ser causados por diversos factores. Las causas más comunes son las siguientes:

**Degradación del aislamiento:** El aislamiento del cable subterráneo se deteriora lentamente con el tiempo y el ingreso de la humedad acelera la rotura de cable.



**Figura 4. Degradación de aislamiento.** Elaboración propia

**Empalme:** Existen dos motivos para que un cable falle en el empalme

- Externo: El empalme está expuesto a vibraciones, humedad, durabilidad limitada del empalme, etc.
- Interno: El empalme mal realizado genera un punto caliente en consecuencia un futuro punto de falla.



**Figura 5. Falla en empalme.** Elaboración propia

**Filtración de agua o humedad:** la presencia de agua o vapor en redes subterráneas favorece la formación de una capa electrolítica sobre los conductores metálicos (cobre y aluminio). Este fenómeno acelera los procesos electroquímicos de oxidación y corrosión, degradando la integridad mecánica del cable e incrementando el riesgo de ocasionar fallas. (ZMS CABLE, 2024)



**Figura 6. Filtración de agua.** Elaboración propia

**Corrosión por sustancias químicas:** Esto ocurre cuando los cables de cobre y aluminio entran contacto con el entorno (suelo) causando la oxidación y daño en la superficie metálica. (ZMS CABLE, 2024)

**Daños por terceros:** Generalmente se debe a daños producidos por obras civiles al realizar perforaciones o excavaciones sin tener un permiso o plano de redes subterráneas existentes; conexiones clandestinas mal realizadas, también puede ser ocasionado por accidentes (transito, incendios, etc).

**Sobrecarga:** Ocurre cuando la corriente que transporta el cable o conductores excede su capacidad nominal permitida, esto ocasiona daños al aislamiento del cable puesto que deteriora el tiempo de vida de los conductores, además de representar un riesgo de incendio o fogonazo.



*Figura 7. Sobrecarga en cable. Elaboración propia*

**Vandalismo:** Es el robo de cables o conductores subterráneos de distribución para posteriormente extraer el cobre y recibir una recompensa económica.

Esta actividad lo realizan profesionales de la rama de electricidad que no tienen ética.

#### **II.1.4. Métodos de Localización de Fallas en Conductores Subterráneos**

##### **II.1.4.1. Tensión de paso**

Este método se basa en la diferencia de potencial que se produce en el suelo durante la falla; cuando el valor de tensión de paso aumenta, es porque ubicamos un posible punto de falla, el equipo utilizado para realizar estas mediciones es el voltímetro o voltamperímetro.



*Figura 8. Tensión de paso. Elaboración propia*

#### **II.1.4.2.Localizador (vLoc3-Pro)**

Equipo que nos permite encontrar puntos de bajo aislamiento en cables subterráneos, utilizado para ubicar comúnmente puntos de falla; en campo es común utilizar 2 tipos de métodos para ubicar puntos de falla en los conductores, estos son los siguientes:

**Método Inductivo:** Consiste en ubicar puntos de bajo aislamiento en el cable subterráneo cuando está energizado u en servicio.

**Método Directo:** Consiste en desenergizar el circuito para ubicar el punto de bajo aislamiento que es la posible falla, pero previamente colocando una pinza en dicho circuito.

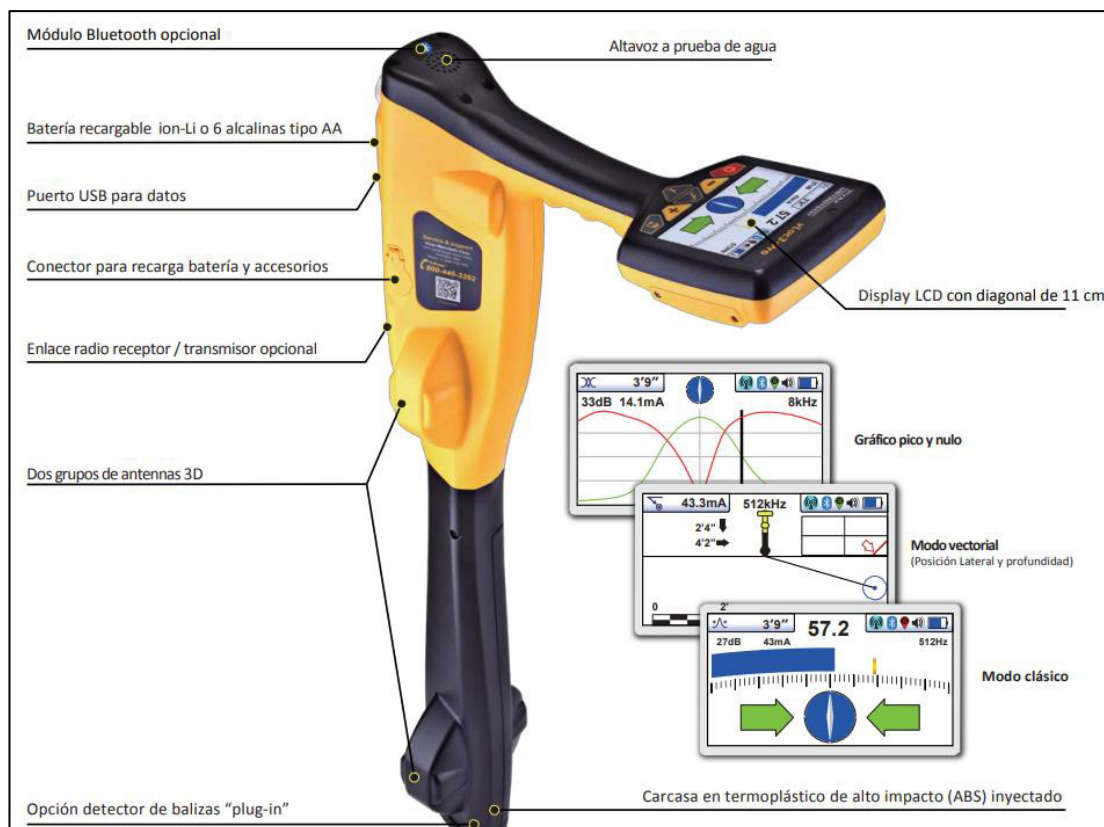


Figura 9. vLoc3-Pro. Tomado de VIVAX METROTECH (2018)

### II.1.5. Calidad del Servicio Eléctrico

La calidad del servicio eléctrico se evalúa por el incumplimiento de las tolerancias en los niveles de tensión, frecuencia y perturbaciones en los puntos de entrega y también se expresa en función de la continuidad del servicio eléctrico a los clientes.

#### II.1.5.1. Tensión

Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales en los puntos de entrega de energía son de hasta el  $\pm 5\%$  (209 – 231) V, tratándose de redes secundarias calificadas como Urbano-Rurales es de hasta el  $\pm 7.5\%$  (203.5 – 236.5) V.

Se considera que la energía es de mala calidad si es que la tensión se encuentra fuera del rango por un periodo de tiempo superior al 3% del periodo de medición.

#### II.1.5.2. Frecuencia

Se considera energía de mala Calidad:

- Si las variaciones sostenidas de frecuencia (VSF) se encuentran fuera del rango de tolerancias por un tiempo acumulado superior 3% del periodo de medición.

- Si en un periodo de medición se produce más de una variación súbita excediendo las tolerancias.
- Si en el periodo de medición se producen violaciones a los límites establecidos para la integral de variaciones diarias de frecuencia.

Las tolerancias admitidas para variaciones sobre la frecuencia nominal son las siguientes:

- Variaciones sostenidas ( $\Delta f'_k(\%)$ ):  $\pm 0.6\%$
- Variaciones súbitas (VSF):  $\pm 1$  Hz
- Variaciones Diarias:  $\pm 600$  Ciclos

### **II.1.5.3.Perturbaciones**

Solo se controla el Flícker y tensiones armónicas

#### **Flicker**

Es la impresión subjetiva de la fluctuación luminosa, este parpadeo de la iluminación se debe a fluctuaciones en la tensión de alimentación; es decir es la variación de tensión producto por cambios bruscos conectados a la red del servicio de energía eléctrica. (J. Cidrás & C. Carrillo, n.d.)

#### **Tensiones Armónicas**

Son voltajes de onda sinusoidal que tienen frecuencias que son múltiplos de la frecuencia nominal (60 Hz).

Estos fenómenos eléctricos causan problemas en los equipos electrónicos más sensibles y en consecuencia acelera el envejecimiento de los equipos e instalaciones eléctricas.

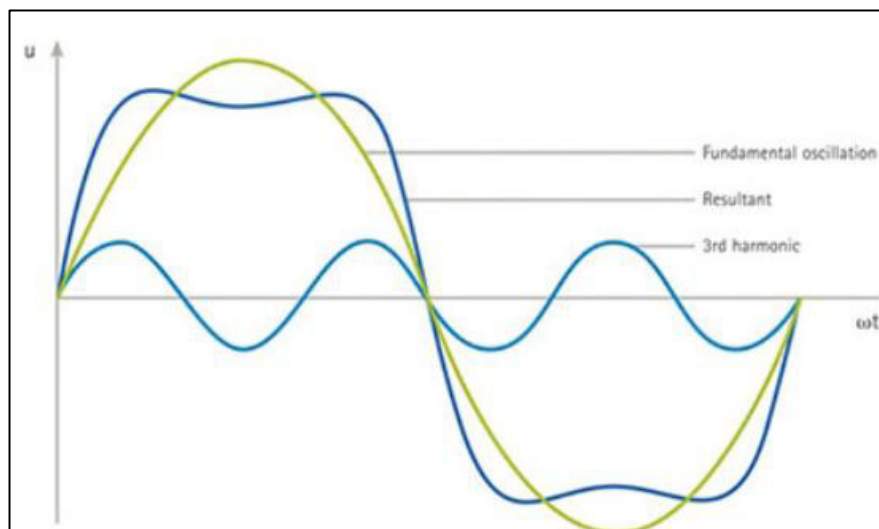


**Figura 10. Tensiones armónicas.** Tomado de Nergiza (2020)

#### **II.1.5.4.Interrupciones**

Para evaluar la calidad del servicio se tiene en cuenta indicadores que miden la cantidad de interrupciones del servicio eléctrico, duración de estas mismas y la energía no suministrada. El periodo de control de estas interrupciones es de 6 meses.

No se considera interrupciones totales de suministro si es que la duración de esta misma es menor a 3 min.

#### **Tolerancias**

Numero 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

Los suministradores u concesionarias que brindan el servicio de energía eléctrica deben compensar a sus clientes por aquellos suministros en los que se haya comprobado que la calidad de servicio no satisface los estándares fijados en la NTCSE.

#### **II.1.5.5.Obligaciones del Suministrador**

Adquirir todos los equipos de medición y registro necesarios para obtener datos del número y duración de las interrupciones de servicio eléctrico en toda la red que corresponde a su concesión.

#### **II.1.5.6.SAIDI**

Es la duración promedio en horas de las interrupciones por usuario evaluado en un periodo determinado. Desde el 2002 nuestro país tiene estadísticas oficiales de calidad de suministro comparables internacionalmente. (Álvarez Flores et al., 2009)

Se utiliza la siguiente formula:

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i \times U_i)}{U_t}$$

$U_i$  : Es el número de clientes interrumpidos durante la i-ésima interrupción, ya sea en todos los niveles de tensión o solo en niveles de tensión seleccionados.

$D_i$  : Es la i-ésima duración de la interrupción

$U_t$  : Es el número total de clientes en un periodo específico

$n$ : Es el número de interrupciones en un periodo específico

#### **II.1.5.7.SAIFI**

Es el promedio de interrupciones por usuario evaluado en un periodo determinado. (Álvarez Flores et al., 2009)

Se utiliza la siguiente formula:

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n (U_i)}{U_t}$$

$U_i$  : Es el número de clientes interrumpidos durante la i-ésima interrupción, ya sea en todos los niveles de tensión o solo en niveles de tensión seleccionados.

$U_t$  : Es el número total de clientes en un periodo específico

$n$ : Es el número de interrupciones en un periodo específico.

#### **II.1.6. Mantenimiento**

El mantenimiento se clasifica en mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo:

##### **II.1.6.1.Mantenimiento Preventivo**

Básicamente consiste en realizar inspecciones periódicamente a los equipos, conductores o maquinas, apoyándose del conocimiento y experiencia de personas calificadas (ingenieros y técnicos); pretende reducir la necesidad de realizar mantenimiento correctivo. (Toledo Martínez, 2018)

##### **II.1.6.2.Mantenimiento Predictivo**

El mantenimiento predictivo se centra en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y las condiciones operativas de una instalación o equipo. Es por eso por lo que se realiza el seguimiento de valores pre-alarma y de actuación de todos los parámetros que se consideran necesarios medir y gestionar. (Toledo Martínez, 2018)

Esto consiste en que los equipos darán un tipo de aviso antes que fallen y este mantenimiento trata de identificar los síntomas para después tomar acciones. (Toledo Martínez, 2018)

### ***II.1.6.3.Mantenimiento Correctivo***

Es aquel que se realiza cuando ocurre una falla imprevista en el equipo o instalación; esto genera costos por reparación y repuestos no presupuestados ya que implica cambio de piezas del equipo o instalación. (Toledo Martínez, 2018)

La principal función de una gestión correcta del mantenimiento reduce costos imprevistos por mantenimiento correctivo causando rentabilidad a la empresa. (Toledo Martínez, 2018)

## **II.2. Antecedentes**

### ***II.2.1. Antecedentes nacionales***

1. Según Jara y Sanchez (2024), “Evaluación y propuesta de implementación del monitoreo y localización de fallas de aislamiento en una SE para sistemas IT de BT usando equipo ISOMETER en una empresa distribuidora de energía eléctrica de Lima”, el objetivo fue evaluar y proponer la implementación de un sistema de monitoreo de fallas de aislamiento para reducir riesgos y minimizar interrupciones en el servicio eléctrico. Los autores realizaron ensayos experimentales que demostraron que la implementación de este equipo puede reducir las fallas futuras en un 0.05%, mejorando la calidad del servicio eléctrico y seguridad del personal.
2. También Flores (2022) en su investigación titulada “Instalación de señalizadores de fallas para mejorar los indicadores de confiabilidad en el alimentador A4603 de la red de distribución en media tensión en la Unidad de negocio Valle del Mantaro” tiene como objetivo determinar las estrategias y tecnologías para mejorar los indicadores de confiabilidad mediante la instalación de señalizadores de fallas. El estudio aborda la instalación de 24 señalizadores en 8 puntos estratégicos, se tuvo como resultados la disminución del 70% en el índice SAIDI gracias a la reducción del tiempo de interrupción. Se concluye que la

instalación de señalizadores de fallas mejoró con exactitud la localización de la falla y una respuesta rápida del personal de mantenimiento.

3. Respecto a ubicación tecnológica de fallas López y Medina (2022), en su investigación titulada “Diseño de dispositivo de ubicación de fallas en tiempo real mediante un sistema de comunicación para seccionadores cutout” tiene como objetivo desarrollar un dispositivo que permita la apertura de seccionadores cutout en redes de distribución. La finalidad de este dispositivo era reportar la falla en tiempo real y de esta forma reducir los tiempos de reposición del servicio y mejorar los indicadores de confiabilidad, para esto los autores diseñaron un dispositivo que estaba conformado por microcontroladores, sensores y un módulo de comunicación y los resultados demostraron que el dispositivo funciona correctamente, envía un mensaje con datos clave para determinar la ubicación y el tipo de falla, este dispositivo permite agilizar la reposición del servicio.
4. Según Vásquez (2024), en su investigación “Optimización de los indicadores SAIDI y SAIFI en el servicio eléctrico de Otuzco mediante la automatización de equipos de aislamiento usando SCADA”, tiene como objetivo optimizar los indicadores SAIDI y SAIFI en la distribución de energía eléctrica del servicio eléctrico Otuzco, gestionado por HIDRANDINA S.A., mediante la automatización de equipos de aislamiento usando SCADA. Se tuvo como resultado que la implementación del sistema SCADA en la red de distribución de Otuzco ha demostrado ser eficaz para reducir tanto la duración como la frecuencia de las interrupciones del servicio eléctrico, lo que se refleja en una disminución notable de los indicadores SAIDI y SAIFI. El análisis comparativo antes y después de la automatización muestra que la reducción de los tiempos de interrupción y la frecuencia de fallas ha mejorado la calidad del suministro

eléctrico, beneficiando directamente a los usuarios del sistema.

### ***II.2.2. Antecedentes Internacionales***

1. Bedoya (2024) realizó una investigación en Colombia titulada “Análisis de Estrategias de Detección de Fallas Incipientes para Redes de Distribución con Cables Subterráneos Basada en similitudes de Voltaje” realizaron un análisis de una estrategia para detectar fallas incipientes en redes de distribución subterránea, se concluyó que la propuesta identifica eficazmente las fallas incipientes aunque también menciona que no es 100% fiable y revela limitaciones ya que puede confundir transitorios de corta duración con fallas incipientes, adicionalmente la presencia de cargas armónicas hace que las fallas incipientes sean “completamente invisibles” para la estrategia.
2. También Bignami (2024) mediante su investigación “Análisis y detección de fallas en cables subterráneos de baja tensión” tuvo como objetivo principal analizar diversos métodos para detección y ubicación de fallas en cables subterráneos de baja tensión, el autor concluye que se debe integrar los métodos de TDR y detección acústica para mejorar la efectividad en la detección de fallas y así mismo fomentar la investigación de nuevas tecnologías.
3. En Ecuador, Chancusig (2021) en su trabajo “Determinación de procedimientos para la localización de fallas en redes eléctricas soterradas de medio voltaje utilizando el sistema Megger Centrix 2.0 de la empresa eléctrica Quito” tuvo como objetivo determinar los procesos de operación del equipo Megger Centrix 2.0 para localizar fallas en cables subterráneos de media tensión concluyó que el método TDR presenta un porcentaje de error del 6% en comparación con las mediciones en campo, se sugiere que el error se puede reducir si se toma el valor del pulso

reflejado de manera más precisa además se elaboró una guía de procedimientos para que los técnicos de la empresa Eléctrica Quito puedan localizar fallas de manera más simple.

4. Según Carrillo (2025), en su investigación “Técnica LoRaWAN para identificar fallas eléctricas y aumentar la confiabilidad en sistemas de distribución en zonas no interconectadas colombianas” el objetivo es proponer una técnica de detección de fallas eléctricas basada en comunicación electromagnética (tecnología LoRaWAN) para sistemas de distribución en zonas rurales y no interconectadas. Se tiene como resultado que la tecnología LoRaWAN es una alternativa de bajo costo y largo alcance (hasta 15 km en zonas rurales), lo que facilita su implementación en redes con topográficas complejas, además de tener tiempos de respuesta para detectar fallas de hasta 100 milisegundos lo que impacta positivamente en el SAIDI.
5. Según Gomez. et al. (2023), en su trabajo “Estudio para localización de fallas en sistemas de distribución eléctrica”, tiene como objetivo desarrollar un método para localización precisa de fallas en sistemas de distribución eléctrica, utilizando el procesamiento de señales de cortocircuito y algoritmos de optimización para reducir los tiempos de respuesta y mejorar la continuidad del servicio. Se tuvo como resultados que el uso de la transformada de Wavelet permitió una detección mucho más precisa de los fenómenos transitorios en comparación con los análisis de frecuencia convencionales y que la localización automática de fallas es una herramienta indispensable para empresas distribuidoras que buscan cumplir con la normativa de calidad.
6. Según becerra (2023), en su investigación “Estrategia de detección e identificación de fallas eléctricas para sistemas

de distribución eléctrica con generación distribuida basado en redes neuronales artificiales”, tiene como objetivo desarrollar una estrategia automatizada para la detección y clasificación de fallas eléctricas en sistemas de distribución, empleando Redes Neuronales Artificiales para mejorar la precisión en la identificación del tipo de falla y su ubicación, incluso en entornos complejos con generación distribuida. Se obtuvo como resultados que el sistema basado en redes neuronales son capaces de detectar e identificar las fallas en cada uno de los escenarios planteados como fallas trifásicas, bifásicas y monofásicas en el sistema de distribución, mediante el residuo que se obtiene entre los datos de la red neuronal y los datos reales del sistema simulado, al obtener un residuo mayor al rango propuesto se determina como falla, siendo de manera rápida la detección, mientras para la identificación de la falla se determina en la matriz de patrones cada falla, con la intervención de las redes neuronales la detección e identificación de fallas, en base a los resultados obtenidos presenta una ventaja competitiva por ser rápida y precisa.

7. Según Molina (2023), en su investigación “Metodología de mantenimiento predictivo en redes de distribución de medio voltaje por medio de técnica de estudio termográfico”, tiene como objetivo proponer una metodología de mantenimiento predictivo aplicada a redes de distribución eléctrica, utilizando la termografía infrarroja para identificar puntos calientes y anomalías térmicas en los elementos de la red, con el fin de prevenir fallas catastróficas y mejorar la confiabilidad del sistema. Se obtuvo como resultados se logró identificar de manera no invasiva puntos críticos de alta resistencia que de no haber sido detectados se habrían derivado en fallas por arco eléctrico o fusión de conductores, además se concluye que la termografía es una herramienta de diagnóstico sumamente eficiente que

reduce los costos de mantenimiento correctivo y evita interrupciones no programadas.

## **II.3. Bases Teóricas**

### ***II.3.1. Redes de Distribución***

Redes que sirven como medio de transporte de la energía eléctrica desde las subestaciones de transformación hacia los usuarios o clientes residenciales, se dividen en:

#### **a) Subestación de Distribución**

Conjunto de instalaciones para transformar la energía eléctrica que recibe de la red de distribución primaria y posterior entrega al subsistema de distribución secundaria, instalaciones de alumbrado público, comprende un transformador y equipos de protección tanto para el lado primario y secundario, así como también edificaciones para albergarlos (subterráneas, nivel del suelo o aéreo).

#### **b) Subsistema de Distribución secundaria**

Está destinado al transporte de la energía eléctrica en baja tensión (220 V).

#### **c) Instalaciones de Alumbrado Público**

Conjunto de equipos necesarios para iluminar espacios como calles, vías públicas, etc, también tienen su equipo de protección.

#### **d) Sistema de Utilización**

Conjunto de instalaciones destinadas al transporte de la energía eléctrica hacia los usuarios finales para el uso de artefactos eléctricos.

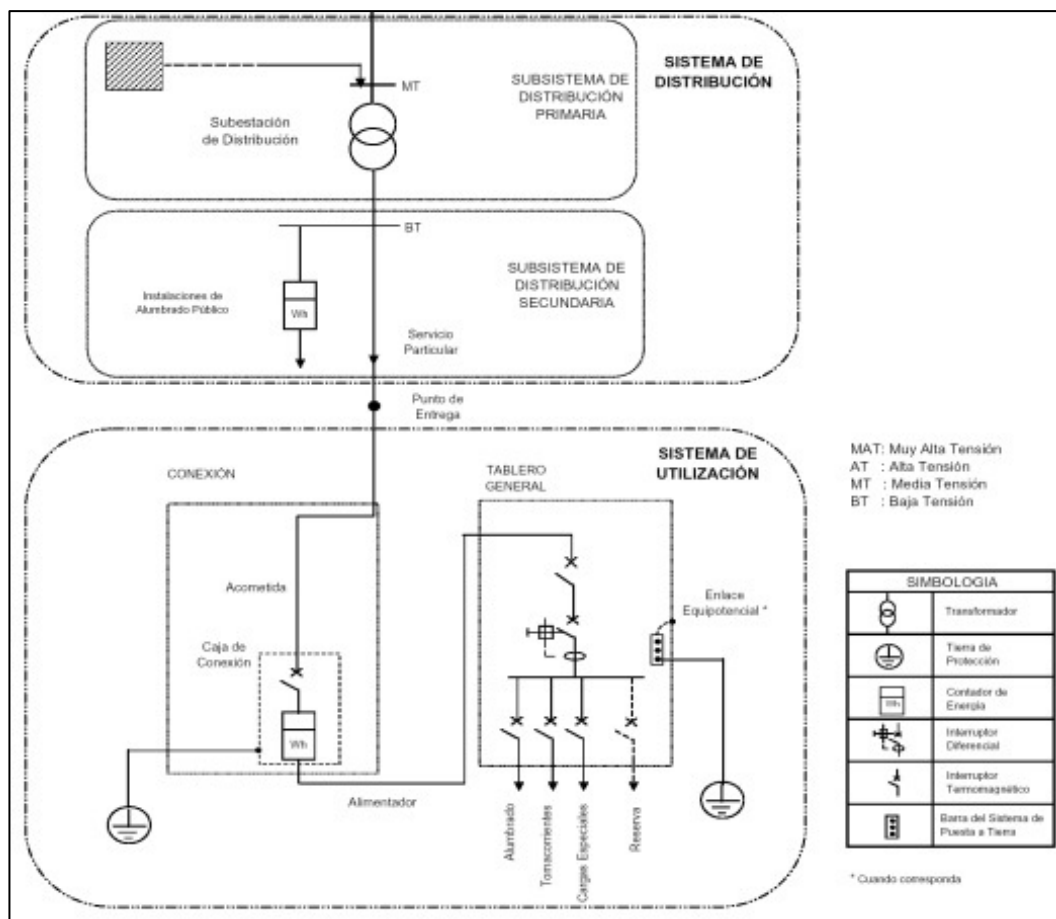


Figura 11. Esquema Sistema Eléctrico. Tomado de (Ministerio de Vivienda, 2021)

### II.3.2. Tipos de Redes de Distribución

#### a) Red de Distribución subterránea

Se inicia en un tablero de baja tensión de una subestación de distribución y su misión es llevar energía eléctrica a través de conductores soterrados hasta los usuarios finales, este tipo de instalación es muy usado en ciudades. (GORLAN, n.d.)

#### b) Red de Distribución aérea

Son redes que inician en el tablero de baja tensión (220V) de una subestación de distribución y tienen la misión de llevar energía eléctrica por medio de estructuras o postes hacia los clientes, son redes trenzadas que pueden ser independientes para servicio particular y alumbrado público o también pueden ir agrupadas.

### II.3.3. Impacto de la calidad de suministro en la economía y sociedad

Una mala calidad de servicio eléctrico produce costos económicos importantes para las empresas como por ejemplo la reducción de ingresos significativos debido a la menor producción por falta de fluido eléctrico y tener que comprar equipos de respaldo para suministrar energía en caso de una interrupción imprevista del servicio eléctrico. (BID MEJORANDO VIDAS, 2020)

También se puede presentar casos de sobretensiones o subtensiones que es un voltaje anormal que puede reducir la vida de los equipos esenciales del hogar como TV, lavadora, licuadora, microondas; teniendo como consecuencia un impacto social negativo por parte de los clientes hacia la concesionaria que brinda este servicio esencial. (BID MEJORANDO VIDAS, 2020)

#### ***II.3.4. Código Nacional de Electricidad (Suministro 2011)***

##### **SECCIÓN 1**

##### **0.17 FRECUENCIA, NIVELES DE TENSIÓN EN SISTEMAS DE CORRIENTE ALTERNA (C.A) Y REQUERIMIENTOS DE SUMINISTRO EN LOS PUNTOS DE ENTREGA**

##### **0.17C REQUERIMIENTO DE LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN**

En instalaciones de suministro eléctrico deberán disponer del sistema de protección adecuado (interruptor termomagnético), para evitar daños al ser humano, instalaciones u terceros. (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2011)

##### **0.17D TOLERANCIAS DE LA VARIACIÓN DE LA TENSIÓN EN EL PUNTO DE ENTREGA DE ENERGIA**

Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales en los puntos de entrega de energía son de hasta  $\pm 5\%$  de las tensiones nominales (209 V – 231 V) y hasta  $\pm 7.5\%$  en zonas urbano-rurales. (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2011)

##### **SECCIÓN 31**

##### **311. INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO**

311.A. La empresa concesionaria responsable de las instalaciones subterráneas deberá mantener planos de replanteo actualizados u otra forma

similar de información necesaria, para facilitar la ubicación posterior de las mismas.

### 352. INSTALACIÓN

Tabla 352-1

#### 352.D Profundidad de Instalación

Profundidad de instalación del conductor o cable de suministro – áreas no vehiculares.

**Tabla 2. Profundidad de conductor según nivel de tensión**

| TENSIÓN FASE A FASE (V) | PROFUNDIDAD DE INSTALACIÓN (mm) |
|-------------------------|---------------------------------|
| 0 a 600                 | 600                             |
| 601 a 50 000            | 1000                            |
| 50 001 a 250 00         | 1500                            |

*Fuente.* Tomado de (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2011)

### 353. SEPARACIONES DELIBERADAS – IGUALES O MAYORES QUE 300 mm DE LAS ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS U OTROS

353.A.1 La separación horizontal y vertical de los conductores directamente enterrados hacia redes de distribución de agua no será menor a 30cm a fin de permitirse el acceso a cada instalación, así como su mantenimiento sin dañarse las redes aledañas. (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2011)

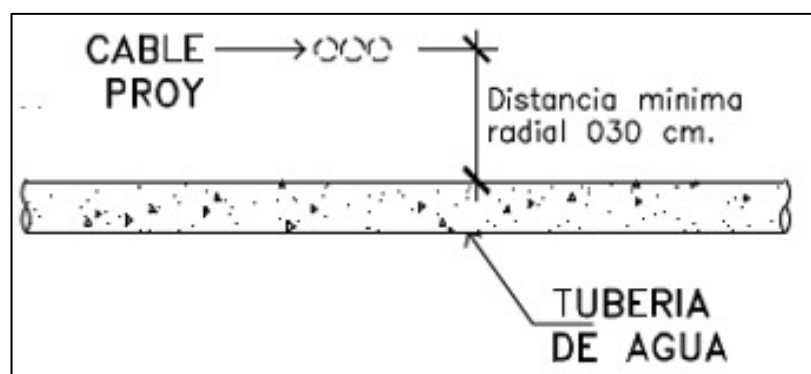


**Figura 12. Distancia de seguridad de tubería de agua.** Elaboración propia

353.A.2 En caso de tuberías de gas, la distancia radial será lo más lejano posible y con un mínimo de 50cm de la superficie externa de la tubería o tanque. (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2011)

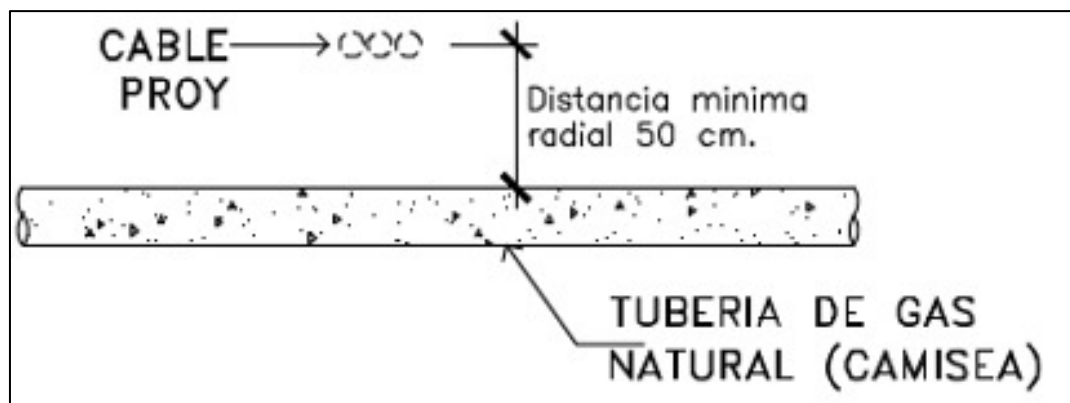


Figura 13. Distancia de seguridad de tubería de gas. Elaboración propia

### II.3.5. Ley de Concesiones Eléctricas (Decreto Ley N°25844)

**Artículo 86:** Si el cliente sufre un corte de energía total o parcialmente por un tiempo mayor a 4 horas, el concesionario está obligado a compensar a los clientes afectados el costo de la energía y potencia no suministrada en las condiciones que establece el reglamento, excepto en los casos que esta falta de energía eléctrica es por falla o responsabilidad del propio usuario. (OSINERGMIN, 1992)

En caso de ser un corte planificado por falta de energía a nivel de generación, se realizarán compensaciones de forma similar a lo previsto según lo estipulado en el artículo 57° de ley de concesiones eléctricas. (OSINERGMIN, 1992)

**Artículo 87:** Los Concesionarios dentro de las 48 horas de producido el imprevisto, podrán modificar las condiciones del suministro por causa de fuerza mayor como por ejm: desastres naturales, fallas en el sistema eléctrico, etc; pero tienen la obligación de informar a los usuarios y al organismo fiscalizador. (OSINERGMIN, 1992)

**Artículo 90:** Los concesionarios podrán efectuar el corte inmediato del servicio, sin necesidad de aviso previo al usuario ni intervención de las autoridades competentes, en los siguientes casos:

Según la Ley de Concesiones Eléctricas en el Artículo 90, los concesionarios tienen la potestad de realizar el corte del servicio eléctrico sin previo aviso al usuario en los siguientes casos:

- a) Cuando estén pendientes de pago facturaciones y/o cuotas, debidamente notificadas, de dos o más meses derivados de la

prestación del Servicio Público de Electricidad, con los respectivos intereses y moras.

- b) Cuando se consuma energía eléctrica sin contar con la previa autorización de la empresa o cuando se vulnere las condiciones del suministro.
- c) Cuando se ponga en peligro la seguridad de las personas o las propiedades por desperfecto de las instalaciones involucradas; estando ellas bajo administración de la empresa, o sean instalaciones internas de propiedad del usuario. (OSINERGMIN, 1992)

La concesionaria debe enviar las notificaciones de cobranza para los usuarios que están con el suministro cortado en la misma fecha que para los usuarios activos, quedando facultados a cobrar un cargo mínimo mensual; además la concesionaria se encarga de fijar los importes por concepto de corte o reposición del servicio eléctrico de acuerdo con lo que establece el reglamento. (OSINERGMIN, 1992)

### **II.3.6. Indicadores de calidad**

Los indicadores de calidad son los siguientes:

- a) SAIDI

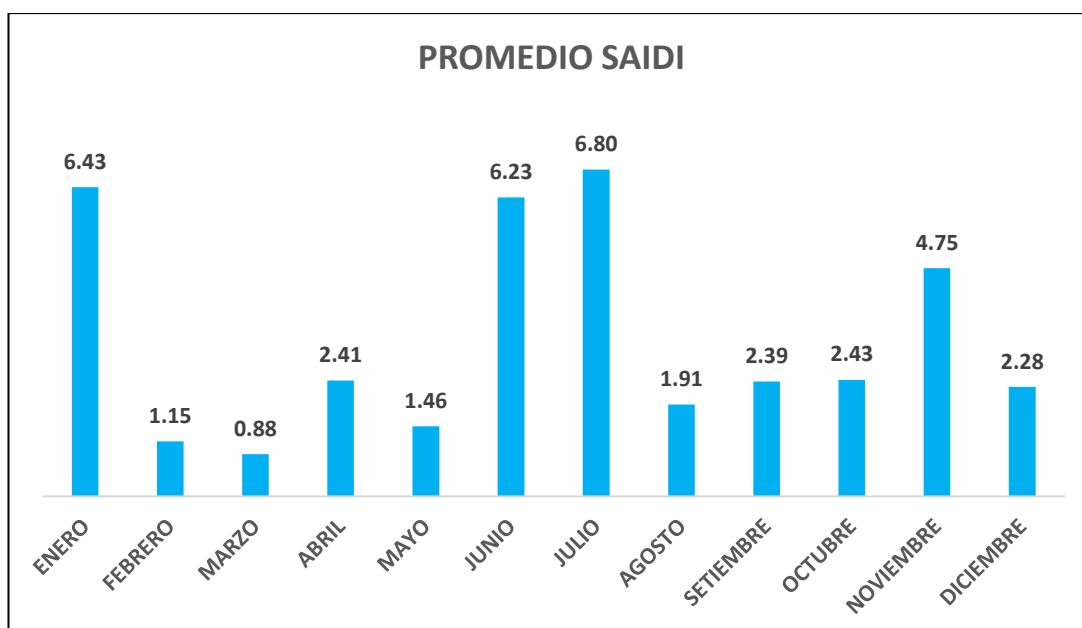


Figura 14. **SAIDI 2024 Pluz Energía Perú.** Elaboración propia

- b) SAIFI

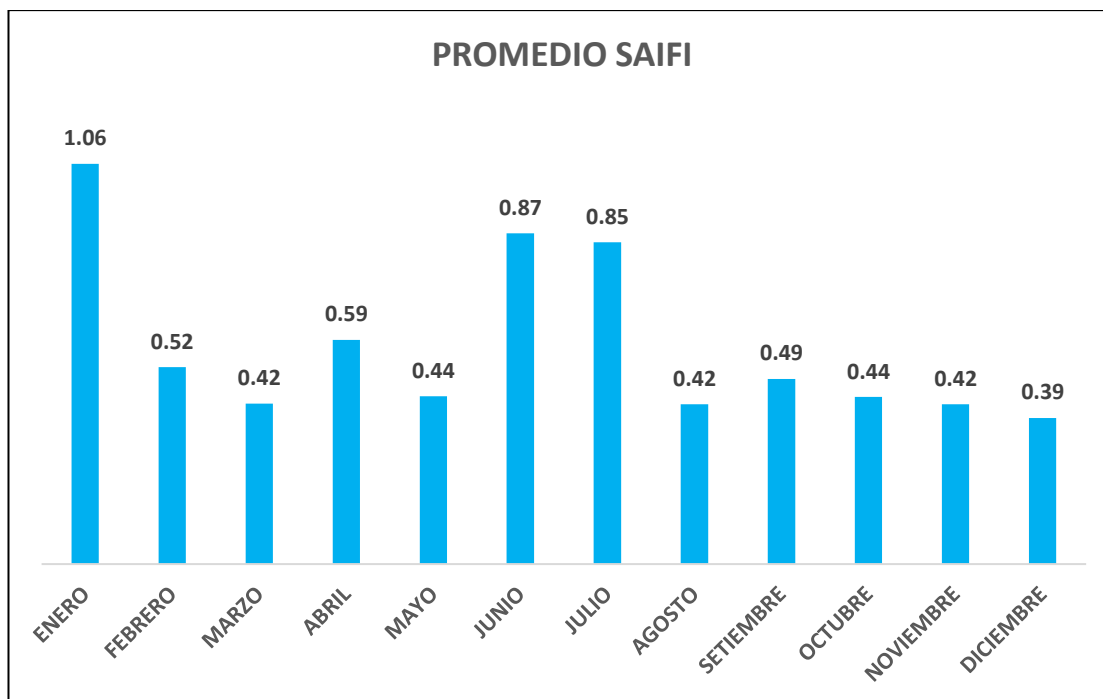


Figura 15. SAIFI 2024 Pluz Energía Perú. Elaboración Propia

## II.4. Definición de términos

### II.4.1. Conductor Eléctrico

Los conductores eléctricos permiten el paso de la corriente eléctrica a través de ellos con facilidad. Esto se debe a la estructura atómica que permite el movimiento de electrones. Los materiales más usados en conductores eléctricos es el oro y aluminio. (CORPELIMA, 2023)

### II.4.2. Conductor Unipolar

Cable que está conformado por un solo conductor.

### II.4.3. Conductor Tripolar

Cable que está conformado por tres conductores aislados.

### II.4.4. Aislamiento

Capa que rodea al conductor y lo protege del exterior. Existen varios tipos de aislamiento, los más comunes en redes de distribución son PVC (policloruro de vinilo) que tiene una temperatura máxima de operación de 70 °C y el XLPE (Polietileno Reticulado) con una temperatura máxima de servicio de 90 °C. Cuando mayor sea la temperatura de servicio que tiene un aislamiento, mayor será la corriente que puede transportar. (TOP CABLE, 2023)

### II.4.5. Cubierta Protectora

Capa que protege mecánicamente al conductor, así como también de factores externos como humedad, vibraciones, etc.

#### **II.4.6. Red Subterránea**

Conductores enterrados que permiten el transporte de energía eléctrica hacia los usuarios finales, están instalados a una profundidad mínima de 60 cm, tiene como punto de partida el tablero de baja tensión ubicado en una subestación de distribución y punto de llegada suministros residenciales y comerciales.

#### **II.4.7. Red Aérea**

Conductores que están instalados en el exterior y viajan por estructuras (postes de apoyo, alumbrado público o mixtos) que permiten la facilidad del transporte de energía eléctrica; son cables trenzados que puede ser solo de servicio particular que alimenta predios o en grupo con el alumbrado público.

#### **II.4.8. Fallas Eléctricas**

Las fallas eléctricas son aquellas interrupciones imprevistas del servicio eléctrico que puede producir pérdida económica a industrias, centros comerciales y malestar social a viviendas. (ENEL, 2023)

#### **II.4.9. Degradación de aislamiento**

Cuando el material que compone el cable subterráneo se encuentra deteriorado, esto sucede por envejecimiento del aislamiento, instalación incorrecta o daños mecánicos y tiene como consecuencia una futura falla. (Gustavo Bignami, 2024)

#### **II.4.10. Cortocircuito**

Este tipo de falla ocurre cuando se daña el aislamiento entre dos o tres conductores ocasionando que la corriente eléctrica ya no viaje por el cable principal que está conectado a una carga, si no que viajara de un cable a otro de manera que provocara un cortocircuito y arco eléctrico.

#### **II.4.11. Corrosión**

La corrosión es un proceso químico que ocurre cuando el alma metálica (cobre o aluminio) del conductor reacciona con su entorno, generalmente se debe a la exposición a la humedad o sustancias químicas agresivas, esto acelera el deterioro del metal del conductor generando un futuro punto de falla. (SOLUX, 2023)

#### **II.4.12. Sobrecarga**

Se llama sobrecarga en conductor eléctrico cuando la corriente que transporta el cable en un instante de tiempo es superior a la corriente nominal para la que fue fabricado, generando aumento de temperatura y futura falla.

#### **II.4.13. Empalme**

Se llama empalme cuando realizas la unión de dos conductores eléctricos por medio de un conector, esto se realiza para extender la longitud del cable o para una derivación. Existen 3 tipos de empalmes asimétrico, simétrico y derivación.

#### **II.4.14. Calidad del Servicio Eléctrico**

Se define como el conjunto de características que se debe cumplir en la interacción del suministrador (concesionaria) y el usuario final, de acuerdo con la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE) los aspectos que la componen son calidad técnica, calidad comercial y calidad de alumbrado público. (OSINERGMIN, 2004)

#### **II.4.15. Tensión**

Es el valor del voltaje eficaz estandarizado que identifica a un sistema eléctrico y que sirve como base para especificar sus requisitos de operación y aislamiento, En sistemas trifásicos este valor se refiere a voltaje fase a fase y se mide con un voltímetro. Para baja tensión es menor a 1000 V. (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2011)

#### **II.4.16. Frecuencia**

Se define como el número de ciclos por segundo de una onda sinusoidal de corriente alterna y se mide en hercios (Hz) en Perú la frecuencia es de 60 Hz. (FLUKE, 2024)

#### **II.4.17. Flicker**

Se define como la variación de onda de voltaje y esto ocurre cuando entran en servicio equipos de potencia alta (motores) o instalaciones defectuosas, se observa cuando ocurre una variación rápida o intermitente de la intensidad de brillo en una luminaria y produce cierta molestia en la vista de los seres humanos. (Pila Pila & Zambrano Reasco, 2010)

#### **II.4.18. Tensiones Armónicas**

Son perturbaciones de la onda de voltaje causadas por cargas no lineales (variadores de velocidad, microondas, equipos electrónicos) conectadas al sistema eléctrico, puedes provocar problemas en el funcionamiento del equipo

y reducción de la vida útil de los componentes eléctricos. (Salmerón Revuelta et al., 2016)

#### **II.4.19. SAIDI**

Es el tiempo de duración de la interrupción, esto está relacionado con la ubicación de la falla y de los recursos que se dispone para su reposición del servicio eléctrico. (OSINERGMIN, 2011)

#### **II.4.20. SAIFI**

Es la frecuencia de ocurrencia de interrupciones imprevistas en las instalaciones eléctricas de los sistemas eléctricos a consecuencia de las fallas en los componentes que pueden ser propias (diseño de redes, sistemas de protección, etc.) y externas (medio ambiente o terceros). (OSINERGMIN, 2011)

#### **II.4.21. Sistema Radial**

Se llama así porque este tipo de distribución se alimenta desde uno solo de sus extremos de una subestación, La ventaja de esta topología radica en que es el método más económico y simple pero su principal inconveniente es que no garantiza un servicio eléctrico continuo porque al tener una fuente de alimentación, si esta falla, los suministros aguas abajo quedarían sin servicio eléctrico también.

#### **II.4.22. Subestación de Distribución**

Conjunto de equipos de protección, control y maniobra que permiten la transformación de la tensión a 220 V para su distribución mediante redes aéreas o subterráneas, existen 3 tipos de subestaciones de distribución, subestación convencional, compacta y aérea. (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2011)

#### **II.4.23. Power BI**

Es una plataforma de análisis empresarial de Microsoft que ayuda a convertir grandes cantidades de datos en información entendible mediante gráficos, tablas, etc. Además de ofrecer herramientas y servicios para conectarse y compartir con la organización. (Microsoft, 2025)

## CAPÍTULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES

### III.1. Hipótesis General

Plan de mantenimiento basado en las causas de las fallas en redes subterráneas de baja tensión mejora la calidad de suministro en la Zona Centro de Lima, Perú.

### III.2. Hipótesis Específicas

1. La humedad es la causa principal para la ocurrencia de fallas en redes de distribución subterránea de baja tensión.
2. Las fallas en las redes de distribución subterránea de baja tensión impactan directa y significativamente en el aumento de los índices SAIDI y SAIFI.
3. Una propuesta de mejora basada en mantenimiento correctivo con tecnologías de localización rápida reducirá la duración de las interrupciones SAIDI y optimizará el servicio eléctrico.

### III.3. Operacionalización de las Variables

*Tabla 3. Operacionalización de Variables*

| Variable                                                                                       | Dimensiones        | Indicadores                    | Nivel de Medición |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------|
| <b>Independiente</b>                                                                           | Causas de Fallas   | Cantidad de Fallas             | Ordinal           |
| Plan de mantenimiento basado en las causas de las fallas en redes subterráneas de baja tensión | Duración de fallas | Promedio de duración de fallas | Ordinal           |

|                       | Localización de Fallas       | Tiempos de ubicación Fallas                           | Ordinal |
|-----------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------|---------|
| <b>Dependiente</b>    | Duración de interrupciones   | SAIDI                                                 | Ordinal |
| calidad de suministro | Frecuencia de interrupciones | SAIFI                                                 | Ordinal |
|                       | Parámetros de Energía        | Voltaje<br>Frecuencia<br>Flicker<br>Tensión Armónicos | Ordinal |

*Fuente.* Elaboración propia

## **CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **IV.1. Metodología de la Investigación**

Según (Hernández et al., 2014) “El Enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamientos y probar teorías”.

Acorde a lo mencionado por el autor, nuestra investigación es cuantitativa porque a través de la recolección y análisis de datos obtenidos obtendremos resultados positivos.

### **IV.2. Tipo de Investigación**

Según (Hernández et al., 2014) “La investigación aplicada tiene como propósito fundamental resolver problemas”.

Acorde a lo mencionado por el autor nuestra investigación es aplicada, puesto que mediante el análisis de los datos obtenidos se busca resolver el problema sugiriendo estrategias innovadoras para mejorar la calidad de servicio eléctrico.

### **IV.3. Alcance de Investigación**

Según (Hernández et al., 2014) “El estudio de alcance correlacional tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto específico”, también menciona que “El estudio explicativo está dirigido a responder las causas de los eventos y fenómenos físicos y sociales”.

Acorde a lo mencionado por el autor nuestra investigación es explicativa – correlacional puesto que pretende demostrar la causa de las constantes fallas en el sistema de distribución subterráneo de baja tensión en el periodo 2024 además de describir la relación con la calidad del servicio eléctrico.

### **IV.4. Diseño de la Investigación**

Se establece como Descriptivo - Correlacional, se realizará un análisis por periodo de un año 2024 de las fallas ocurridas en la red de distribución subterránea de baja tensión en la Zona Centro de Lima Metropolitana para determinar las causas más comunes de estas fallas, además se realizará propuestas tecnológicas para mitigar los problemas y reducir los tiempos de atención en la reposición del servicio eléctrico.

#### **IV.5. Población o Unidad de Análisis**

El espacio de investigación comprende la Zona Centro de Lima que comprende los siguientes distritos (Lima Cercado, Breña, Jesús María, San Isidro, San Miguel, Magdalena del Mar, Pueblo Libre, San Borja, Miraflores, La Victoria, Rímac), que está bajo la concesión de Pluz Energía (Antiguo Enel Distribución).

#### **IV.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información**

- Estudio de las normativas, artículos (CNE, NTCSE, LEY DE CONCESIONES ELECTRICAS N° 25844) respecto al tema de investigación específico.
- Revisión de repositorios bibliográficos nacionales e internacionales respecto al tema de investigación específico.

## CAPÍTULO V: RESULTADOS

### V.1. Características de Sistema de Distribución

#### V.1.1. Descripción de la Zona Centro de Lima

Tabla 4. Distritos de Zona Centro de Lima

| ZONA CENTRO       |              |
|-------------------|--------------|
| DISTRITOS         |              |
| LIMA CERCADO      | PUEBLO LIBRE |
| BREÑA             | SAN BORJA    |
| JESUS MARÍA       | MIRAFLORES   |
| SAN ISIDRO        | LA VICTORIA  |
| SAN MIGUEL        | RIMAC        |
| MAGDALENA DEL MAR |              |

Fuente. Tomado de LIMA METROPOLITANA (n.d)

En el siguiente grafico se muestra la humedad relativa en Lima.

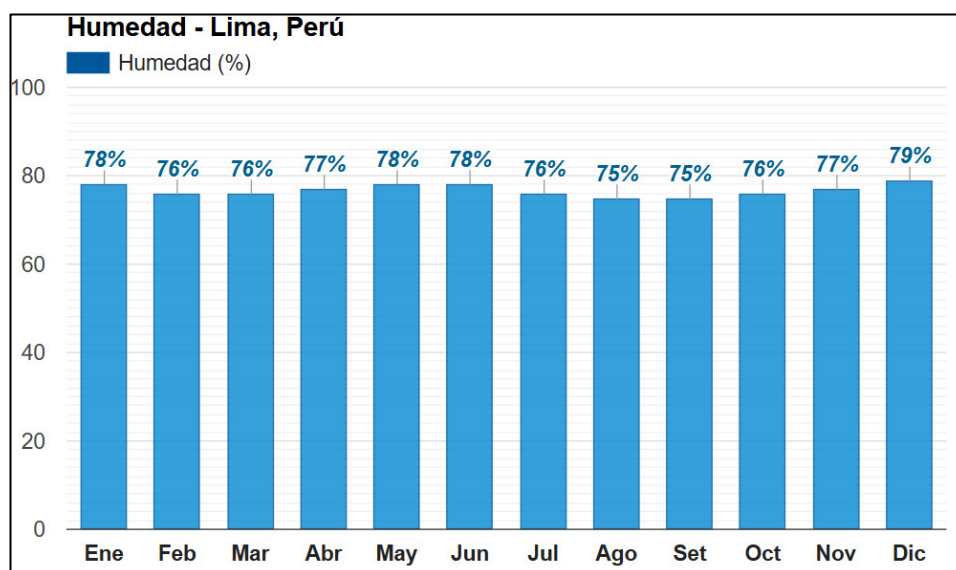


Figura 16. Humedad relativa en Lima. Tomado de (Weather Atlas, 2024)

Lima está influenciado por la corriente fría de Humboldt y el fenómeno de el Niño, esto genera que la humedad relativa del aire supere el 70% durante todo el año, este clima tiene un impacto negativo en las infraestructuras de la Lima. (PROYEC INMOBILIARIA, 2023)

La humedad se filtra por las grietas, fisuras y acelera el deterioro de tuberías, cables generando fugas, cortocircuitos y riesgos de incendio. (PROYEC INMOBILIARIA, 2023)

### **V.1.2. Topología de la Red**

#### **V.1.2.1. Sistema Radial**

Se considera sistema radial cuando el circuito es alimentado por una sola fuente (Subestación de distribución).

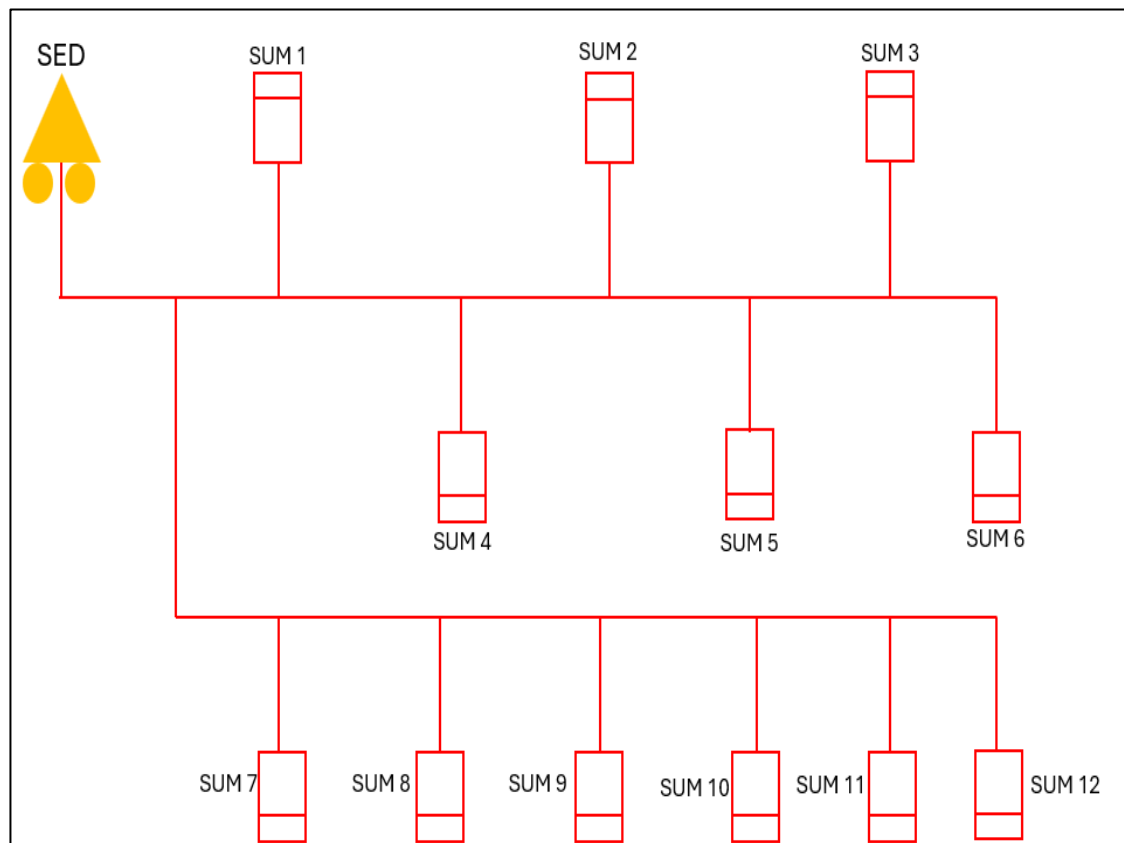


**Figura 17. Sistema radial.** Elaboración propia

#### **V.1.2.2. Tipos de subestaciones de distribución**

##### **Subestación convencional**

Es la subestación que está instalado en un cuarto apropiado en la que se ha previsto pasadizos y espacios de trabajo. (Rojas Bravo, n.d.)

Por la ubicación pueden ser de 2 tipos:

- a) Superficie



*Figura 18. Subestación convencional superficie. Elaboración propia*

b) Subterránea



*Figura 19. Subestación convencional subterránea. Elaboración propia*

### Subestación compacta

Existen 2 tipos:

a) Pedestal

Cuando la subestación está a la intemperie o sobre el suelo.

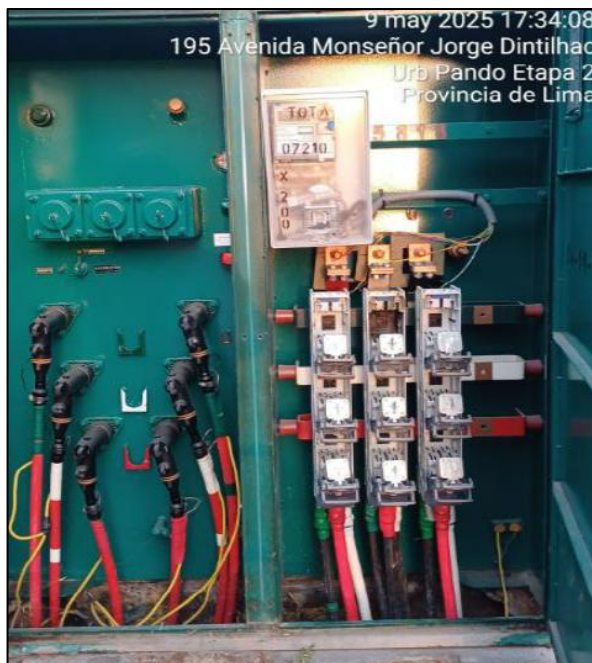


*Figura 20. Subestación compacta pedestal. Elaboración propia*

b) Bóveda

Cuando la subestación está instalada bajo la superficie.



*Figura 21. Subestación compacta bóveda. Elaboración propia*

### Subestación aérea

Es la subestación cuyo equipamiento está a la intemperie, generalmente soportada por 1 o 2 postes de concreto llamándose monoposte (SAM) o biposte (SAB) respectivamente.



*Figura 22. Subestación aérea.* Elaboración propia

### V.1.2.3. Configuración de la red

La configuración que tenemos en la red del sistema de distribución de baja tensión en Lima, Perú es Delta, llamado también neutro aislado o neutro flotante.



*Figura 23. Transformador de distribución ABB.* Elaboración propia

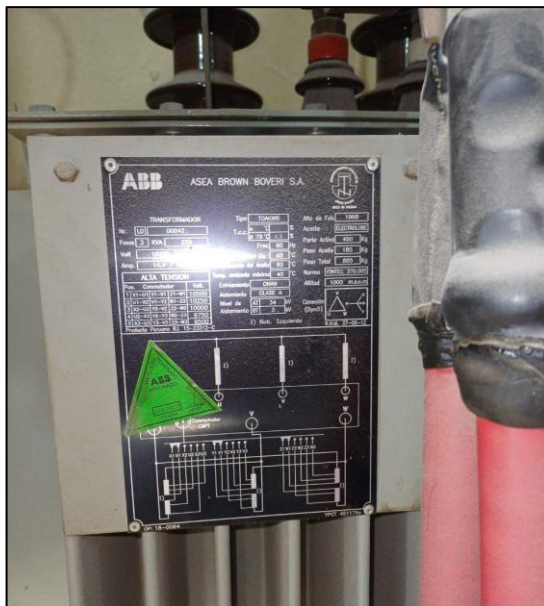


**Figura 24. Placa de transformador de distribución ABB.** Elaboración propia

#### Ventajas

- Continuidad del servicio durante la primera falla a tierra

#### **V.1.3. Tipos de conductores presentes en la red**

##### **V.1.3.1. Conductor NKY – Tripolar**

Es un conductor de cobre electrolítico, tiene aislamiento de papel impregnado en aceite además de tener una chaqueta interior de plomo que protege al papel de la humedad del ambiente y vibraciones. (INDECO, n.d.)

Tiene protección exterior con una cubierta de PVC (policloruro de vinilo) que proporciona resistencia a las grasas, ácidos, abrasión y no propaga la llama; Su uso es en redes eléctricas de distribución en baja tensión, calibres desde los 6mm<sup>2</sup> hasta los 300 mm<sup>2</sup>; actualmente ya no está disponible en el Perú.(INDECO, n.d.)



**Figura 25. Conductor NKY Tripolar.** Tomado de INDECO (n.d.)

### **V.1.3.2. Conductor NYY – Unipolar**

Conductor de cobre electrolítico que se utiliza en la distribución de energía en baja tensión; tiene aislamiento de PVC (policloruro de vinilo) que es esencial para prevenir cortocircuitos y proteger contra descargas eléctricas, además de ser resistente a la humedad, químicos y abrasión. (PROMELSA, 2024)

La cubierta exterior también está hecha de PVC (policloruro de vinilo) para proteger al cable de daños mecánicos, ambientales y no propaga la llama, además su uso es en industrias, comercio, residenciales, redes eléctricas, alumbrado público, etc. (PROMELSA, 2024)

El calibre varía desde 1.5mm<sup>2</sup> hasta 630mm<sup>2</sup>.

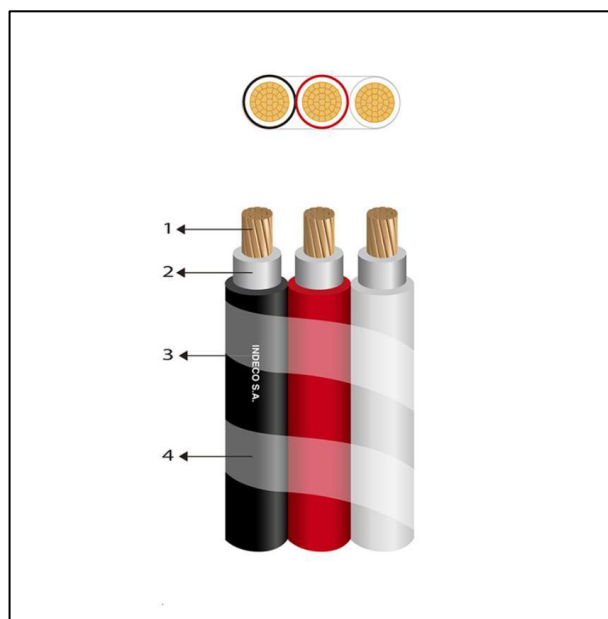


*Figura 26. Conductor NYY Unipolar. Tomado de (INDECO, 2025a)*

### **V.1.3.3. Conductor NA2XY – Unipolar**

Es un conductor de aluminio que tiene aislamiento XLPE (polietileno reticulado) protegiendo al cable de la humedad, productos químicos y altas temperaturas. (INDECO, 2019)

Tiene una cubierta externa de PVC (policloruro de vinilo) que es resistente a la abrasión, radiación solar y no propaga la llama. Su uso es para instalaciones fijas, redes eléctricas de baja tensión; dentro de ductos, aire o directamente enterrado. (INDECO, 2019)

Temperatura de operación

- Operación normal: 90 °C
- Sobrecarga: 130 °C

- Cortocircuito: 250 °C

Calibres desde 16mm<sup>2</sup> hasta 500mm<sup>2</sup>.

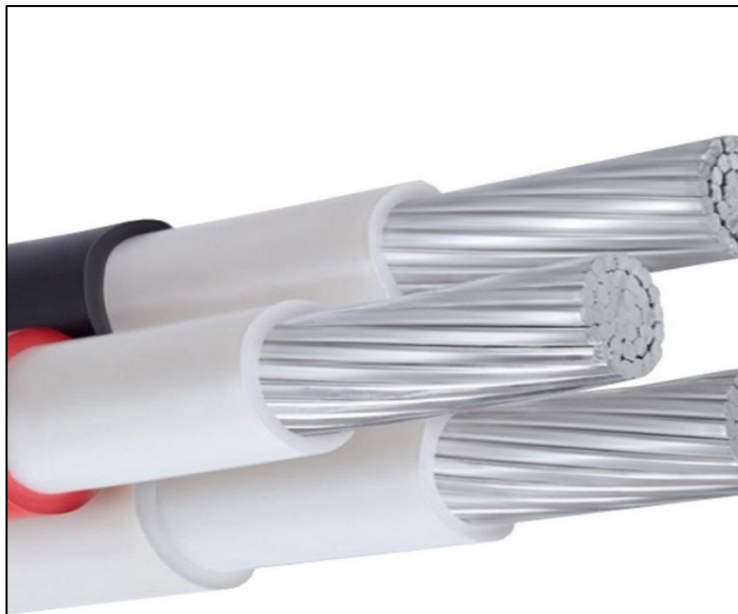


*Figura 27. Conductor NA2XY Unipolar. Tomado de GELCO (2025)*

#### ***V.1.4. Tipos de Empalmes***

##### ***V.1.4.1. Empalme asimétrico***

Se presenta cuando se realiza un empalme entre un conductor tripolar (NKY) y un unipolar (NYY o NA2XY).



*Figura 28. Empalme asimétrico. Elaboración propia*

#### ***V.1.4.2. Empalme simétrico***

Se presenta cuando se realiza un empalme entre conductores unipolares (NYY o NA2XY).



*Figura 29. Empalme simétrico. Elaboración propia*

#### ***V.1.4.3. Empalme de derivación***

Se presenta cuando se quiere derivar energía eléctrica hacia otro circuito o alimentar un suministro.



*Figura 30. Empalme de derivación. Elaboración propia*

## V.2. Análisis Estadístico de Fallas en la Zona Centro

El análisis del histórico de fallas comprende desde enero 2024 hasta diciembre 2024 (1 año).

### V.2.1. Fallas por mes

En la gráfica mostramos el ingreso de fallas por cada mes en el periodo de 2024.

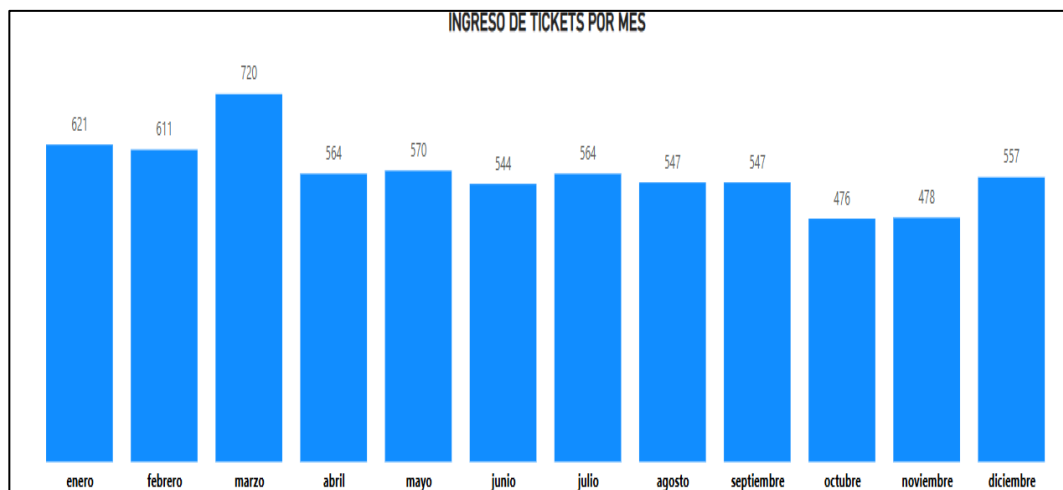


Figura 31. Ingreso de Fallas Periodo 2024. Elaboración propia

### V.2.2. Fallas por distrito

En la gráfica mostramos el total de fallas generadas en cada distrito de la zona centro que corresponde a la concesión de Pluz Energía de Lima Perú del año 2024.

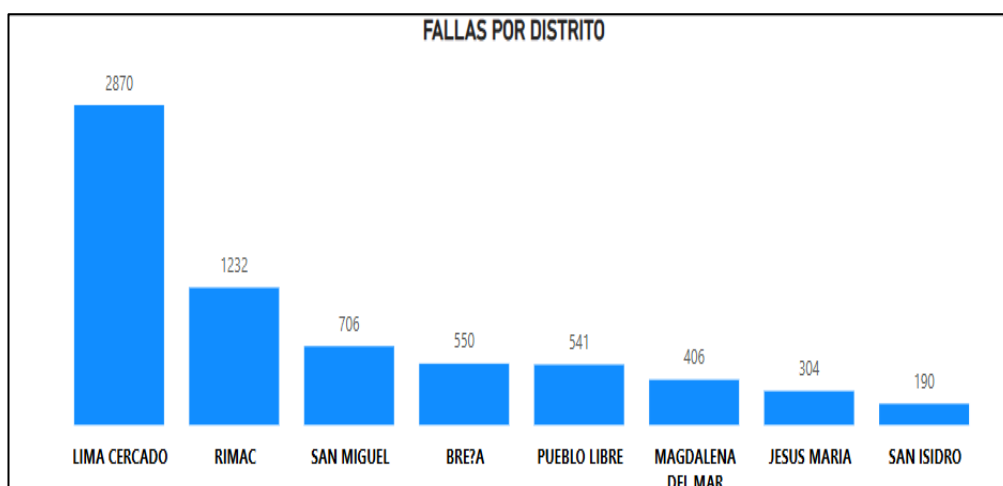


Figura 32. Fallas por Distrito. Elaboración propia

La grafica muestra que en el periodo de enero 2024 a diciembre 2024 se reportado 2870 Fallas en el distrito de Cercado de Lima.

### V.2.3. **Fallas por temporada**

En la gráfica mostramos el total de fallas generadas en las temporadas del año que corresponde a la concesión de Pluz Energía de 2024.

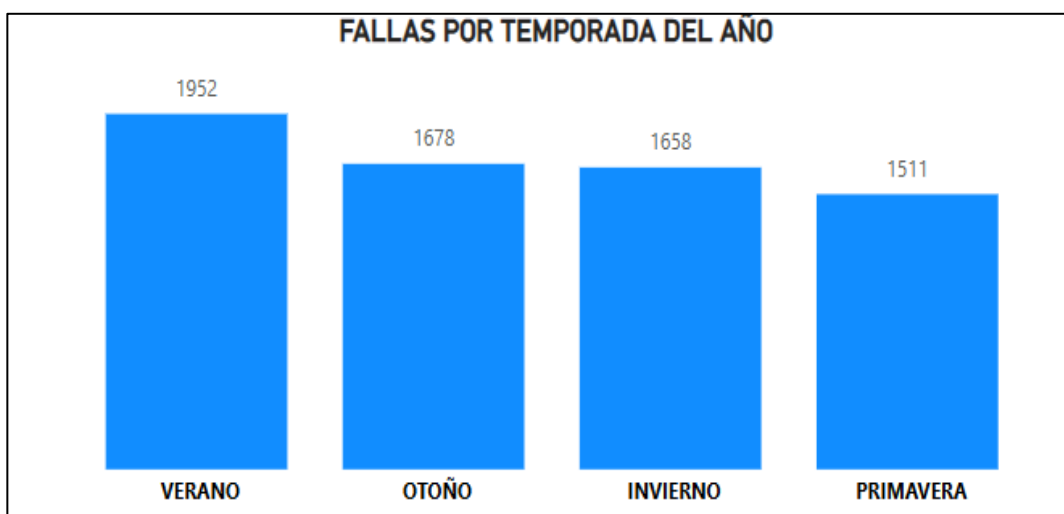


Figura 33. **Fallas por temporadas del año.** Elaboración propia

He de considerar que las temporadas del año es:

- Verano: enero, febrero, marzo.
- Otoño: abril, mayo, junio.
- Invierno: julio, agosto, setiembre.
- Primavera: octubre, noviembre, diciembre.

La gráfica muestra que en el año 2024 se generaron 1952 fallas en la temporada o estación de verano.

### V.2.4. **Fallas por tipo**

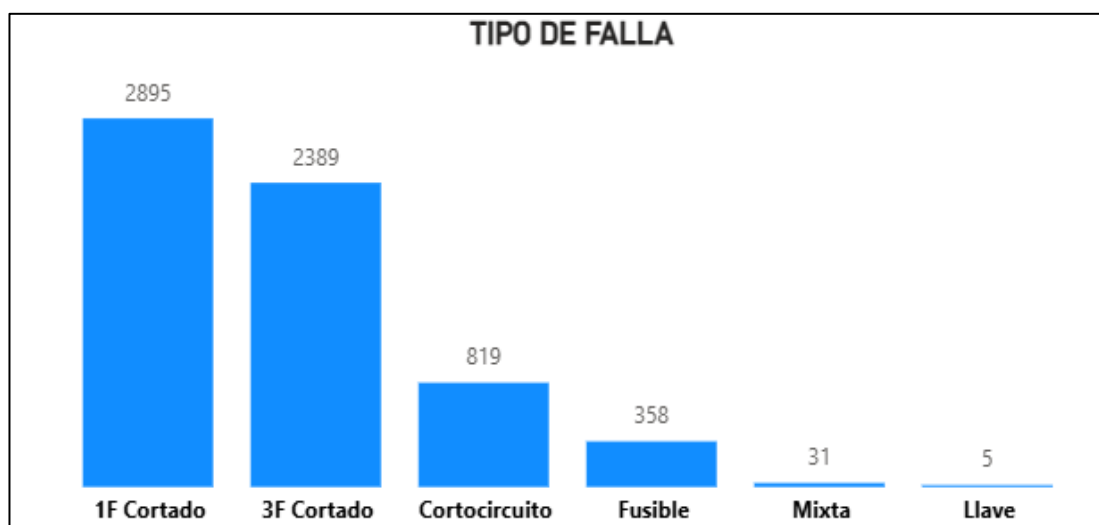


Figura 34. **Fallas por tipo.** Elaboración propia

La grafica muestra que la mayor cantidad de tipo de falla que se ha reportado en el año 2024 es por 1 Fase cortada.

#### V.2.5. Promedio Horas de Ubicación de Fallas.

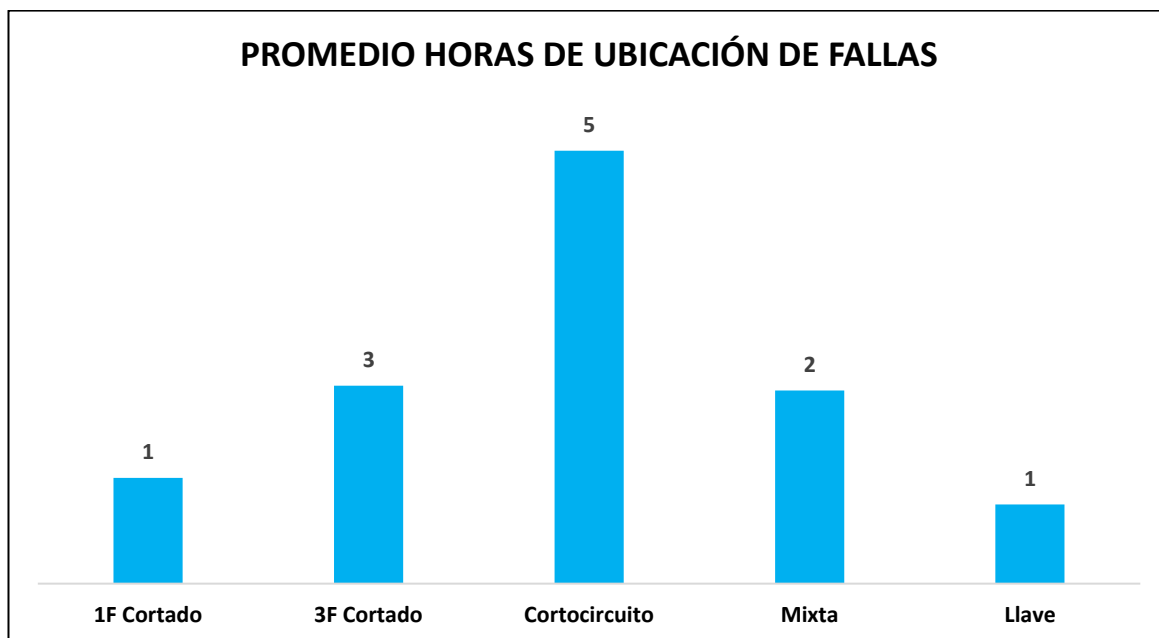


Figura 35. Promedio horas de ubicación de falla. Elaboración propia

#### V.2.6. Fallas por causa

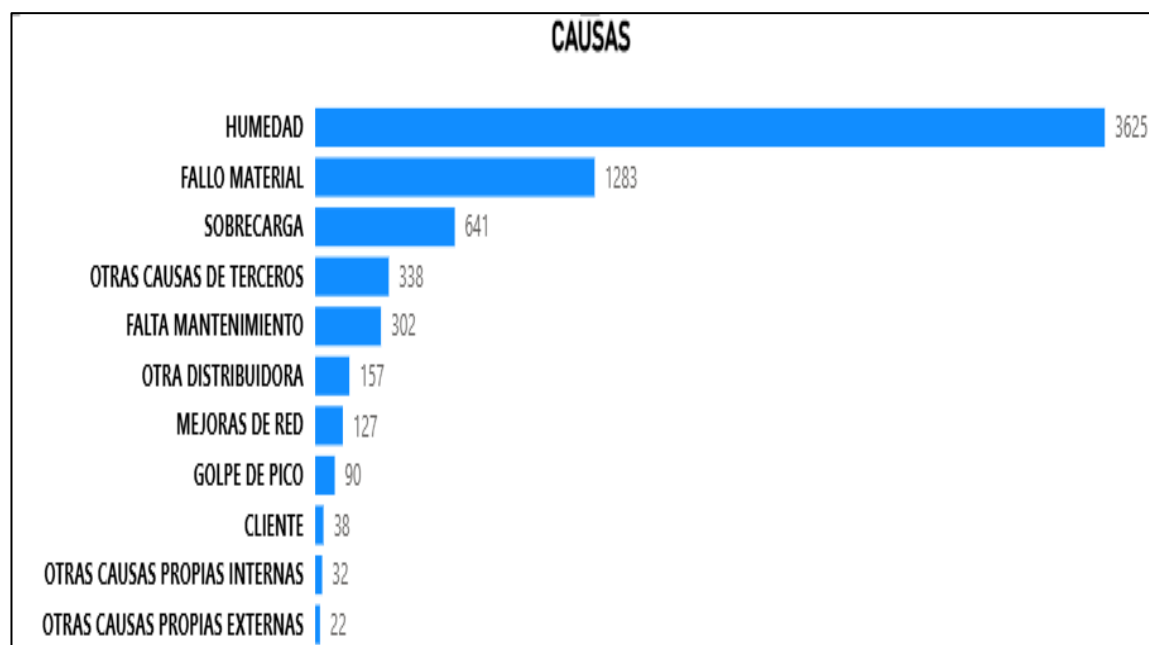


Figura 36. Fallas por causa. Elaboración propia

La gráfica muestra que la mayor cantidad de fallas en el periodo 2024 tiene como causa la humedad.

### V.2.7. **Fallas por intervalo de tiempo**

En el grafico mostramos el intervalo en el cual es reparado una falla imprevista.

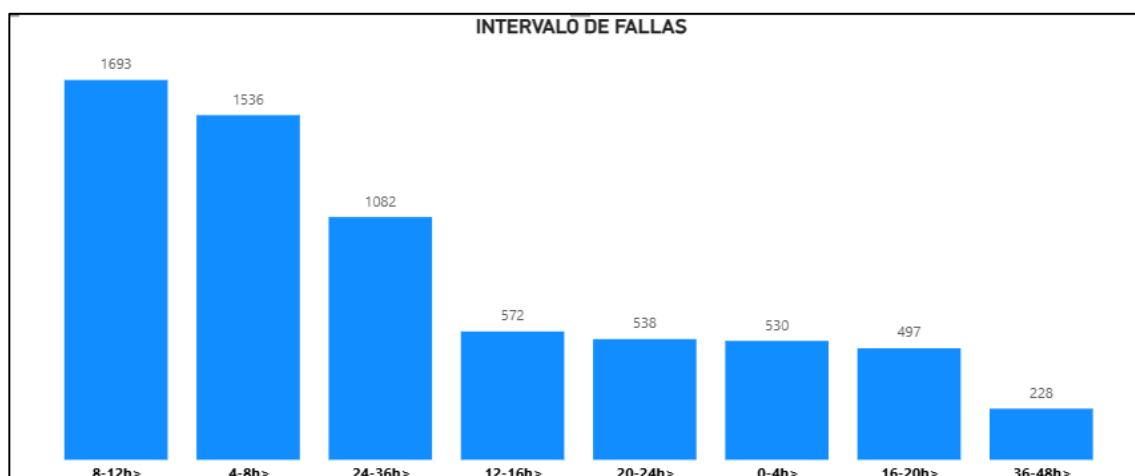


Figura 37. **Intervalo de fallas.** Elaboración propia

En el grafico se muestra que tenemos tiempo de demora prolongados para poder reparar una falla imprevista en red de distribución.

### V.2.8. **Subestaciones falladoras**

En el grafico mostraremos las subestaciones que han tenido más fallas en red de distribución subterránea.

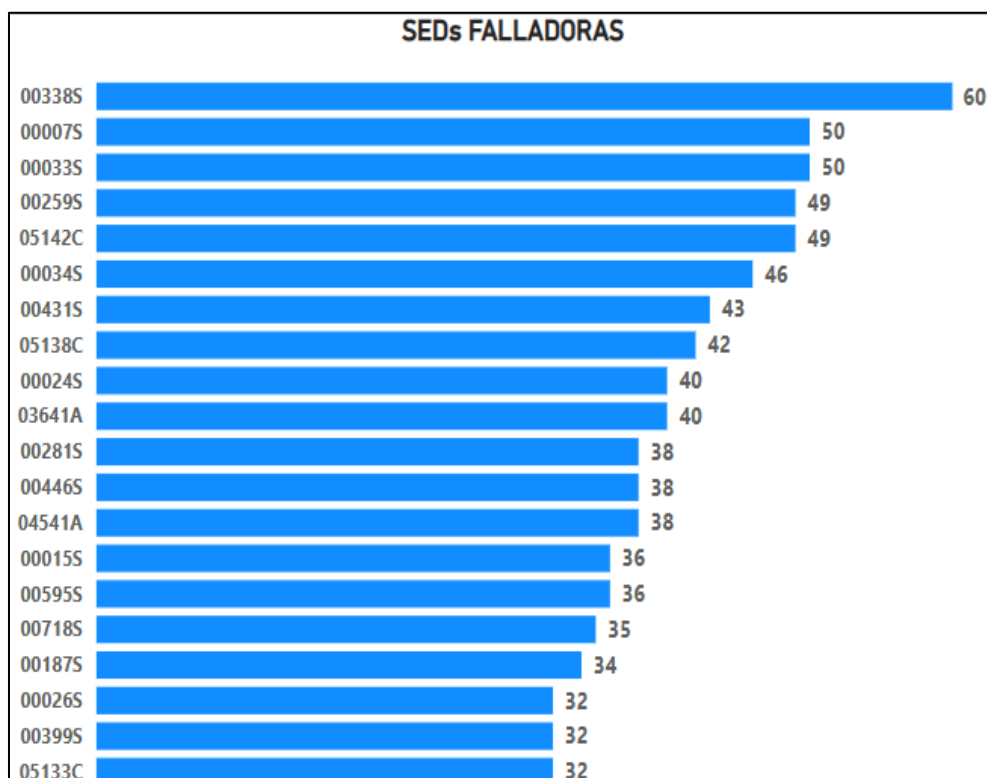


Figura 38. **Subestaciones falladoras.** Elaboración propia

Como podemos observar tenemos subestaciones con muchas fallas en el periodo 2024. Ha continuación mostraremos el detalle de 3 subestaciones más falladoras.

### **SED 00338S**

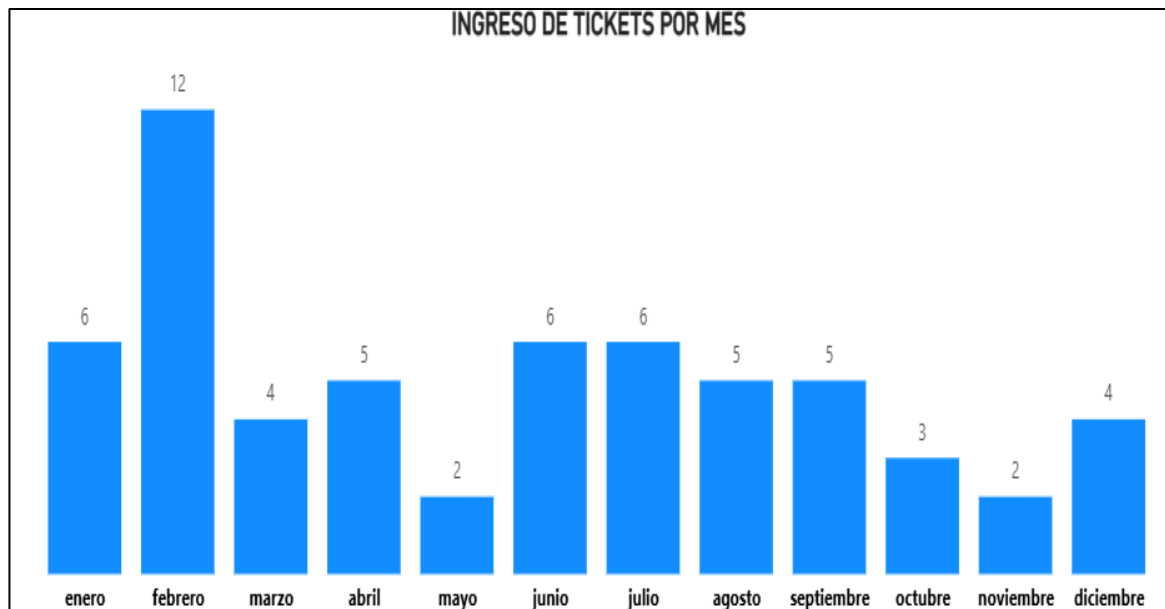


**Figura 39. Fallas de subestación 00338S.** Elaboración propia

Como se observa en la Figura 39

La Subestación convencional presenta 60 fallas a lo largo del periodo 2024 teniendo como principal causa:

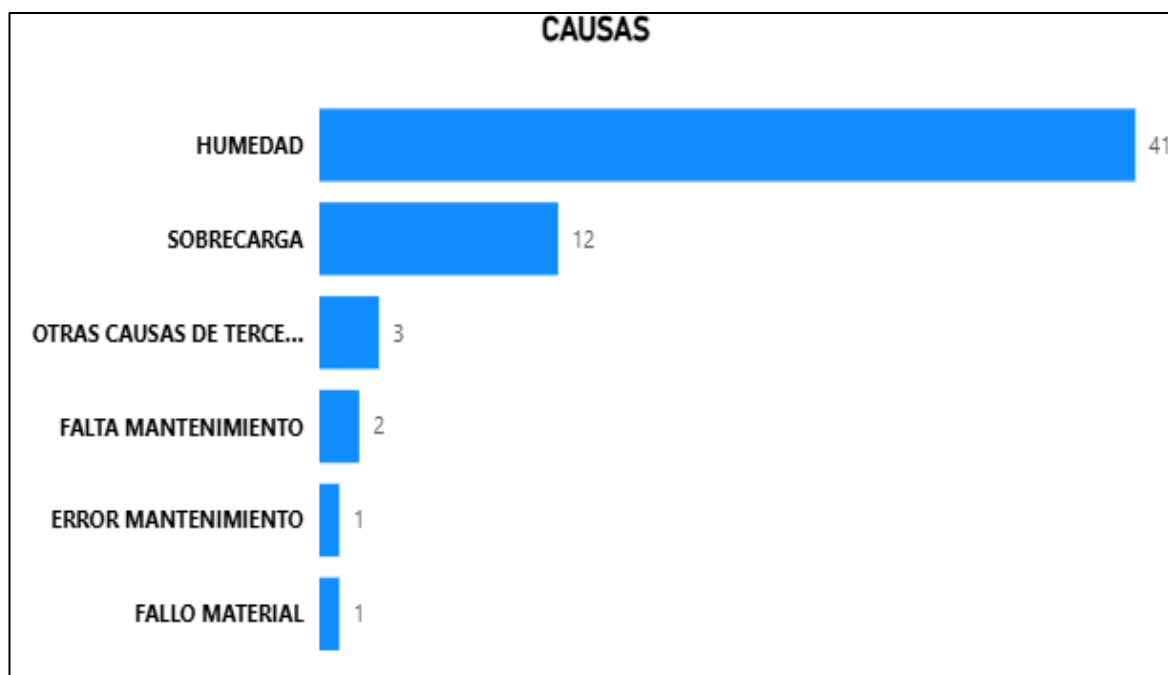


**Figura 40. Causas de fallas de subestación 00338S.** Elaboración propia

La humedad es la principal causante de las fallas ocurridas en la subestación, esta humedad se presenta en el cable o el empalme de derivación ocasionando ausencia del servicio eléctrico en calles y avenidas en la zona centro de lima Perú.

Ahora se muestra la ubicación de fallas por llave de la SED 00338S

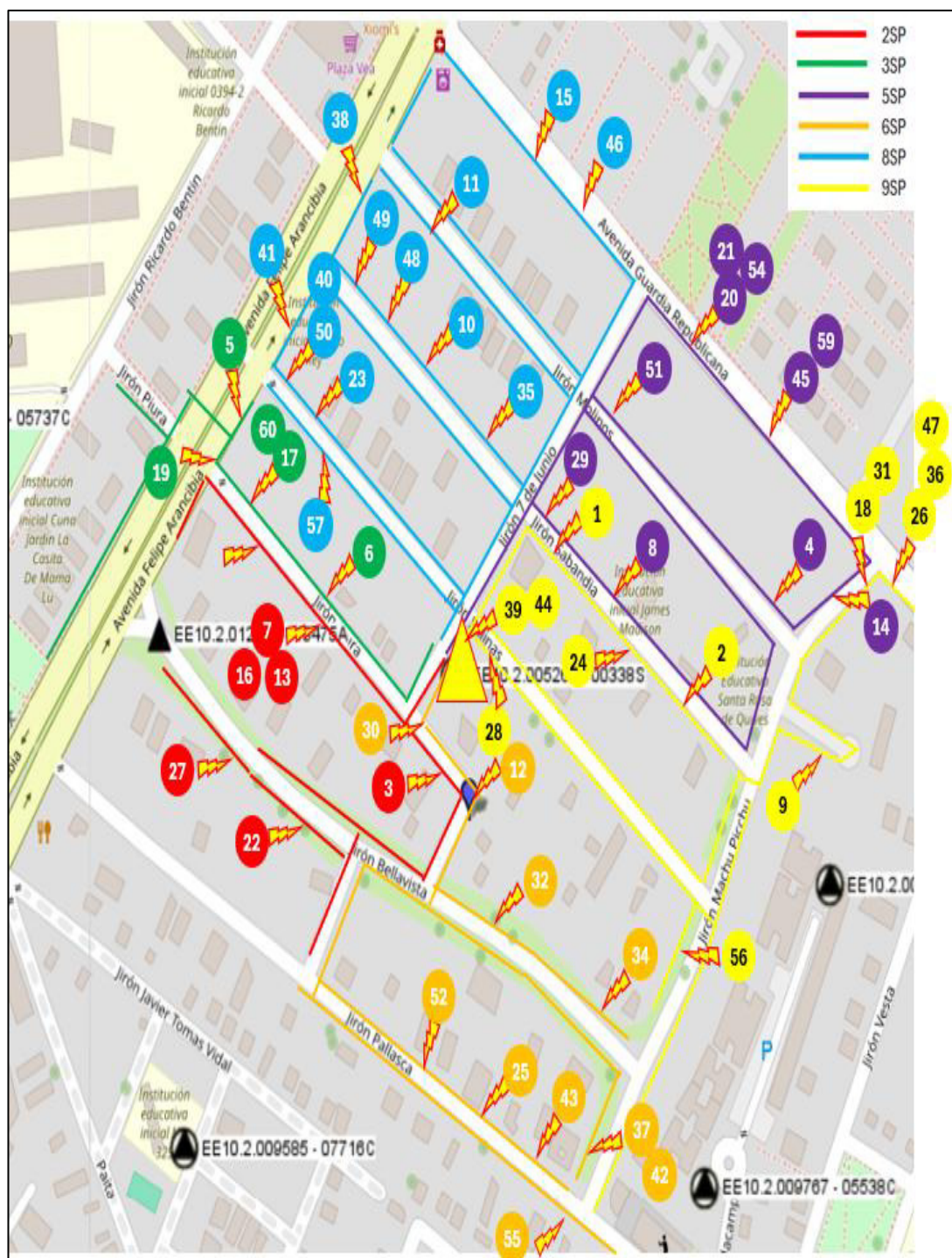


**Figura 41. Ubicación de fallas ocurridas en la SED 00338S.** Elaboración propia

Así mismo mostramos el detalle de cada falla enumerada correlativamente.

|    |                                         |            |    |                                                |            |    |                                         |            |    |                                                |            |
|----|-----------------------------------------|------------|----|------------------------------------------------|------------|----|-----------------------------------------|------------|----|------------------------------------------------|------------|
| 1  | DF20248931651<br>ENVEJECIMIENTO         | 1/01/2024  | 20 | DF202481006798<br>ENVEJECIMIENTO               | 15/03/2024 | 39 | DF202481132412<br>SOBRECARGA            | 22/07/2024 | 58 | DF202481275258<br>FUSIBLE                      | 12/12/2024 |
| 2  | DF20248933061<br>HUMEDAD                | 3/01/2024  | 21 | DF202481018167<br>ENVEJECIMIENTO               | 30/03/2024 | 40 | DF202481134363<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN | 24/07/2024 | 59 | DF202481286997<br>ENVEJECIMIENTO<br>DERIVACIÓN | 25/12/2024 |
| 3  | DF20248936082<br>ENVEJECIMIENTO         | 6/01/2024  | 22 | DF202481021171<br>HUMEDAD                      | 3/04/2024  | 41 | DF202481142007<br>SOBRECARGA            | 1/08/2024  | 60 | DF202581292860<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN        | 31/12/2024 |
| 4  | DF20248946689<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN  | 17/01/2024 | 23 | DF202481027701<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN        | 10/04/2024 | 42 | DF202481147051<br>SOBRECARGA            | 6/08/2024  |    |                                                |            |
| 5  | DF20248954930<br>TERCEROS<br>DERIVACIÓN | 25/01/2024 | 24 | DF202481036260<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN        | 21/04/2024 | 43 | DF202481147715<br>ENVEJECIMIENTO        | 7/08/2024  |    |                                                |            |
| 6  | DF20248959571<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN  | 30/01/2024 | 25 | DF202481038319<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN        | 23/04/2024 | 44 | DF202481169847<br>SOBRECARGA            | 27/08/2024 |    |                                                |            |
| 7  | DF20248961003<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN  | 1/02/2024  | 26 | DF202481041887<br>HUMEDAD                      | 27/04/2024 | 45 | DF202481171608<br>SOBRECARGA            | 29/08/2024 |    |                                                |            |
| 8  | DF20248975833<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN  | 15/02/2024 | 27 | DF202481059428<br>ENVEJECIMIENTO<br>DERIVACIÓN | 15/05/2024 | 46 | DF202481175674<br>HUMEDAD               | 2/09/2024  |    |                                                |            |
| 9  | DF20248977520<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN  | 17/02/2024 | 28 | DF202481063426<br>HUMEDAD                      | 19/05/2024 | 47 | DF202481183588<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN | 9/09/2024  |    |                                                |            |
| 10 | DF20248978440<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN  | 18/02/2024 | 29 | DF202481093160<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN        | 16/06/2024 | 48 | DF202481199096<br>HUMEDAD               | 23/09/2024 |    |                                                |            |
| 11 | DF20248982124<br>HUMEDAD                | 21/02/2024 | 30 | DF202481096927<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN        | 20/06/2024 | 49 | DF202481199783<br>HUMEDAD               | 24/09/2024 |    |                                                |            |
| 12 | DF20248984606<br>SOBRECARGA             | 23/02/2024 | 31 | DF202481099615<br>TERCEROS                     | 22/06/2024 | 50 | DF202481200730<br>HUMEDAD               | 25/09/2024 |    |                                                |            |
| 13 | DF20248984781<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN  | 23/02/2024 | 32 | DF202481106920<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN        | 29/06/2024 | 51 | DF202481217788<br>HUMEDAD               | 12/10/2024 |    |                                                |            |
| 14 | DF20248985978<br>ENVEJECIMIENTO         | 25/02/2024 | 33 | DF202481107321<br>RELACIONADO ANTERIOR         | 29/06/2024 | 52 | DF202481222939<br>ENVEJECIMIENTO        | 18/10/2024 |    |                                                |            |
| 15 | DF20248988141<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN  | 27/02/2024 | 34 | DF202481107466<br>TERCEROS<br>DERIVACIÓN       | 29/06/2024 | 53 | DF202481226527<br>HUMEDAD               | 22/10/2024 |    |                                                |            |
| 16 | DF20248988315<br>TERCEROS               | 27/02/2024 | 35 | DF202481109572<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN        | 2/07/2024  | 54 | DF202481240825<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN | 6/11/2024  |    |                                                |            |
| 17 | DF20248989317<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN  | 28/02/2024 | 36 | DF202481112222<br>ENVEJECIMIENTO               | 4/07/2024  | 55 | DF202481244005<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN | 9/11/2024  |    |                                                |            |
| 18 | DF20248990025<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN  | 29/02/2024 | 37 | DF202481114647<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN        | 6/07/2024  | 56 | DF202481267003<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN | 4/12/2024  |    |                                                |            |
| 19 | DF20248991952<br>TERCEROS               | 1/03/2024  | 38 | DF202481124667<br>HUMEDAD                      | 15/07/2024 | 57 | DF202481270155<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN | 7/12/2024  |    |                                                |            |

Figura 42. Detalle de fallas ocurridas en la SED 00338S. Elaboración propia

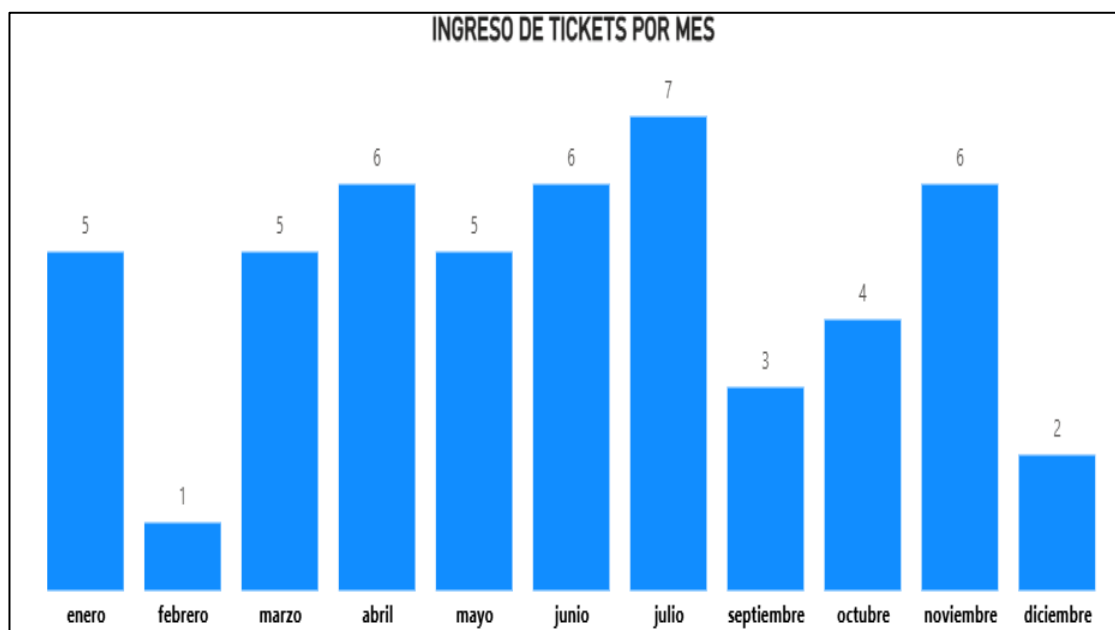
**SED 00007S**

**Figura 43. Fallas de subestación 00007S.** Elaboración propia

Como se observa en la Figura 43.

La Subestación convencional presenta 50 fallas a lo largo del periodo 2024 teniendo como principal causa la humedad:

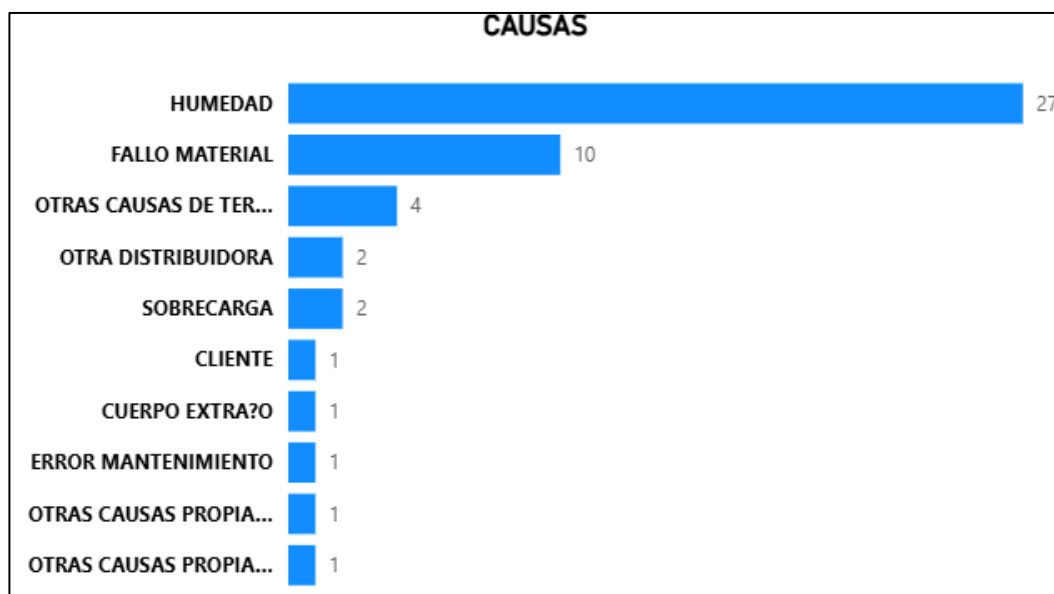


**Figura 44. Causas de fallas de subestación 00007S.** Elaboración propia

La humedad es la principal causante de las fallas ocurridas en la subestación, esta humedad se presenta en el cable o el empalme de derivación ocasionando ausencia del servicio eléctrico en calles y avenidas en la zona centro de lima Perú.



Así mismo mostramos el detalle de cada falla enumerada correlativamente.

|    |                |            |    |                      |            |    |                |            |
|----|----------------|------------|----|----------------------|------------|----|----------------|------------|
| 1  | DF20248937612  | 8/01/2024  | 18 | DF202481047091       | 3/05/2024  | 35 | DF202481181793 | 7/09/2024  |
| 2  | DF20248948203  | 18/01/2024 | 19 | DF202481063726       | 20/05/2024 | 36 | DF202481202061 | 26/09/2024 |
| 3  | DF20248956173  | 27/01/2024 | 20 | DF202481072749       | 28/05/2024 | 37 | DF202481203026 | 27/09/2024 |
| 4  | DF20248956243  | 27/01/2024 | 21 | DF202481075393       | 30/05/2024 | 38 | DF202481207601 | 2/10/2024  |
| 5  | DF20248959871  | 31/01/2024 | 22 | DF202481088009       | 11/06/2024 | 39 | DF202481224741 | 20/10/2024 |
| 6  | DF20248972277  | 12/02/2024 | 23 | DF202481091360       | 14/06/2024 | 40 | DF202481226623 | 22/10/2024 |
| 7  | DF20248993556  | 3/03/2024  | 24 | DF202481095744       | 19/06/2024 | 41 | DF202481233336 | 29/10/2024 |
| 8  | DF20248998789  | 8/03/2024  | 25 | DF202481096118       | 19/06/2024 | 42 | DF202481240870 | 6/11/2024  |
| 9  | DF202481000568 | 9/03/2024  | 26 | DF202481103208       | 26/06/2024 | 43 | DF202481242066 | 7/11/2024  |
| 10 | DF202481003034 | 12/03/2024 | 27 | DF202481105016       | 27/06/2024 | 44 | DF202481245873 | 12/11/2024 |
| 11 | DF202481019431 | 1/04/2024  | 28 | DF202481109611       | 2/07/2024  | 45 | DF202481246666 | 12/11/2024 |
| 12 | DF202481021578 | 3/04/2024  | 29 | DF202481112411       | 4/07/2024  | 46 | DF202481251353 | 18/11/2024 |
| 13 | DF202481022300 | 4/04/2024  | 30 | DF202481118075       | 9/07/2024  | 47 | DF202481253237 | 20/11/2024 |
| 14 | DF202481028332 | 11/04/2024 | 31 | DF202481130032       | 20/07/2024 | 48 | DF202481271036 | 8/12/2024  |
| 15 | DF202481029664 | 12/04/2024 | 32 | DF202481132070       | 22/07/2024 | 49 | DF202481290661 | 30/12/2024 |
| 16 | DF202481039706 | 25/04/2024 | 33 | DF202481134076       | 24/07/2024 | 50 | DF202581302600 | 31/12/2024 |
| 17 | DF202481046058 | 2/05/2024  |    | DF202481135265       | 25/07/2024 |    |                |            |
|    |                |            |    | RELACIONADO ANTERIOR |            |    |                |            |

Figura 46. Detalle de fallas ocurridas en la SED 00007S. Elaboración propia

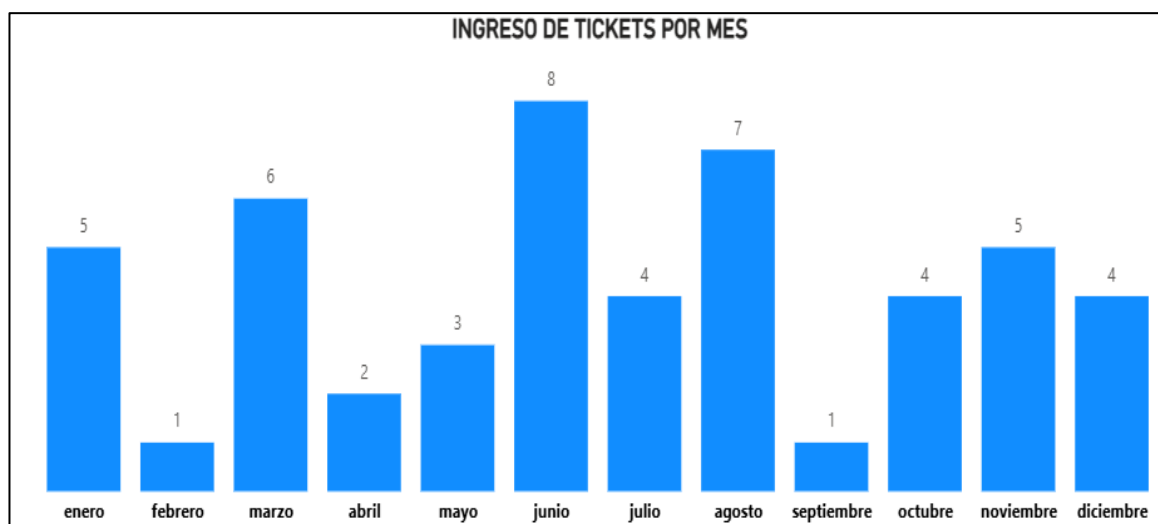
**SED 00033S**

**Figura 47. Fallas de subestación 00033S.** Elaboración propia

Como se observa en la Figura 47.

La Subestación convencional presenta 50 fallas a lo largo del periodo 2024 teniendo como principal causa la humedad:

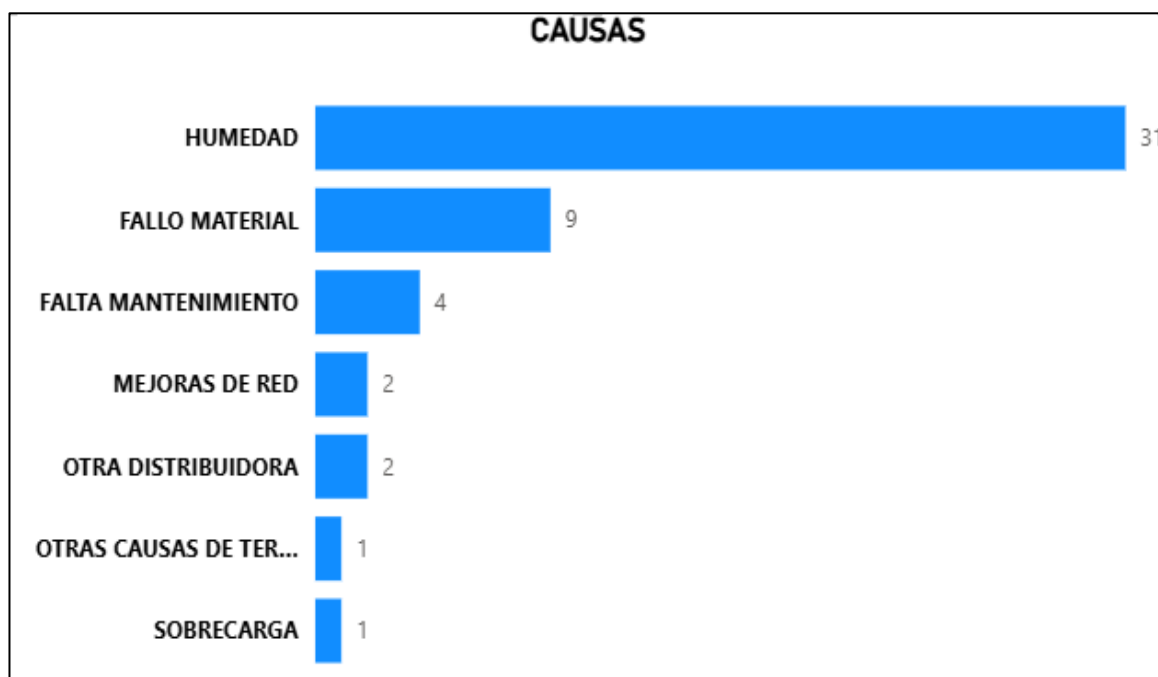


**Figura 48. Causas de fallas de subestación 00033S.** Elaboración propia

La humedad es la principal causante de las fallas ocurridas en la subestación, esta humedad se presenta en el cable o el empalme de derivación ocasionando ausencia del servicio eléctrico en calles y avenidas en la zona centro de lima Perú.

Ahora se muestra la ubicación de fallas por llave de la SED 00033S.

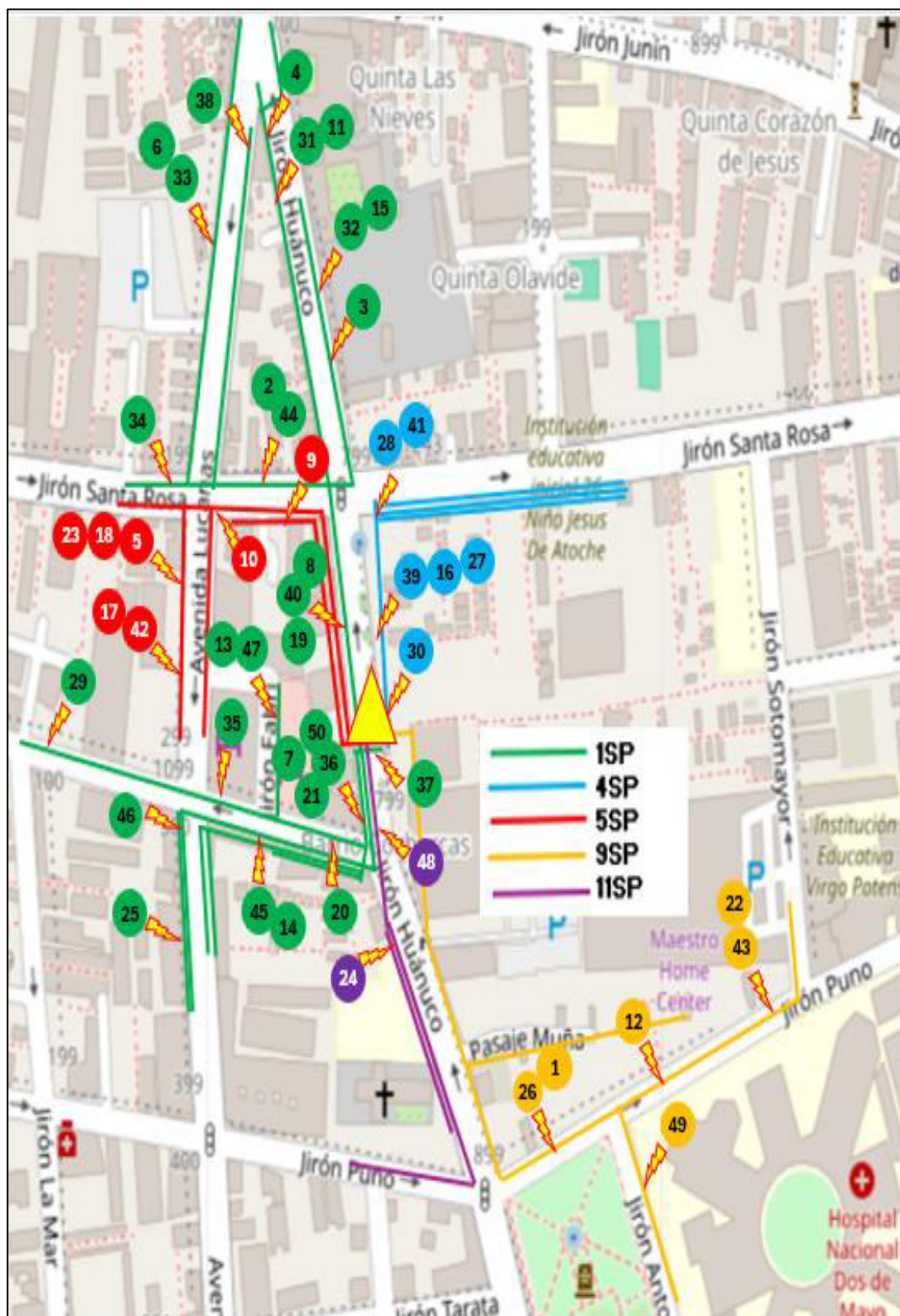


Figura 49. Ubicación de fallas ocurridas en la SED 00033S. Elaboración propia

Así mismo mostramos el detalle de cada falla enumerada correlativamente.

|                                                        |                                                               |                                                                |                                                        |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1. DF20248934196 4/01/2024<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN    | 13. DF202481019251 1/04/2024<br>ENVEJECIMIENTO<br>DERIVACIÓN  | 26. DF202481110114 2/07/2024<br>ENVEJECIMIENTO<br>DERIVACIÓN   | 38. DF202481209669 4/10/2024<br>EMPALME 1SP            |
| 2. DF20248949651 20/01/2024<br>TERCEROS                | 14. DF202481025094 8/04/2024<br>ENVEJECIMIENTO<br>DERIVACIÓN  | 27. DF202481113256 5/07/2024<br>TERCEROS                       | 39. DF202481216444 11/10/2024<br>HUMEDAD               |
| 3. DF20248951178 22/01/2024<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN   | 15. DF202481047363 3/05/2024<br>HUMEDAD                       | 28. DF202481115507 6/07/2024<br>ENVEJECIMIENTO                 | 40. DF202481217033 11/10/2024<br>TERCEROS              |
| 4. DF20248953806 24/01/2024<br>HUMEDAD                 | 16. DF202481063800 20/05/2024<br>TERCEROS                     | 29. DF202481117425 9/07/2024<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN          | 41. DF202481248416 14/11/2024<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN |
| 5. DF20248956953 28/01/2024<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN   | 17. DF202481068699 24/05/2024<br>ENVEJECIMIENTO<br>DERIVACIÓN | 30. DF202481141803 1/08/2024<br>EMPALME                        | 42. DF202481254392 21/11/2024<br>CABLE CORTADO         |
| 6. DF20248974243 14/02/2024<br>ENVEJECIMIENTO          | 18. DF202481087875 11/06/2024<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN        | 31. DF202481145030 4/08/2024<br>CABLE SECCIONADO<br>DERIVACIÓN | 43. DF202481257876 24/11/2024<br>CABLE CORTADO         |
| 7. DF202481006768 15/03/2024<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN  | 19. DF202481096492 20/06/2024<br>SOBRECARGA                   | 32. DF202481146774 6/08/2024<br>ENVEJECIMIENTO<br>DERIVACIÓN   | 44. DF202481259130 26/11/2024<br>HUMEDAD               |
| 8. DF202481007606 17/03/2024<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN  | 20. DF202481097083 20/06/2024<br>TERCEROS                     | 33. DF202481156346 15/08/2024<br>ENVEJECIMIENTO                | 45. DF202481263162 29/11/2024<br>ENVEJECIMIENTO        |
| 9. DF202481008636 18/03/2024<br>ENVEJECIMIENTO         | 21. DF202481101353 24/06/2024<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN        | 34. DF202481162744 21/08/2024<br>ENVEJECIMIENTO<br>DERIVACIÓN  | 46. DF202481266087 3/12/2024<br>HUMEDAD                |
| 10. DF202481008316 18/03/2024<br>ENVEJECIMIENTO        | 22. DF202481103158 26/06/2024<br>ENVEJECIMIENTO<br>DERIVACIÓN | 35. DF202481169773 27/08/2024<br>TERCEROS                      | 47. DF202481275496 13/12/2024<br>ENVEJECIMIENTO        |
| 11. DF202481011114 21/03/2024<br>ENVEJECIMIENTO        | 23. DF202481104697 27/06/2024<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN        | 36. DF202481172934 30/08/2024<br>HUMEDAD                       | 48. DF202481289103 27/12/2024<br>ENVEJECIMIENTO        |
| 12. DF202481017843 29/03/2024<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN | 24. DF202481105281 27/06/2024<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN        | 37. DF202481188777 14/09/2024<br>ENVEJECIMIENTO                | 49. DF202481291822 31/12/2024<br>ENVEJECIMIENTO 9SP    |
|                                                        | 25. DF202481107586 30/06/2024<br>TERCEROS<br>DERIVACIÓN       |                                                                | 50. DF202581294538 3/01/2025<br>HUMEDAD<br>DERIVACIÓN  |

Figura 50. Detalle de fallas ocurridas en la SED 00033S. Elaboración propia

### V.3. Localización de fallas en cables subterráneos actual

La localización de fallas es una actividad que consiste en la ubicación del punto de falla en cable de distribución subterráneo, para esto se requiere la experiencia del técnico en campo junto con el método a usar.

## Procedimiento general

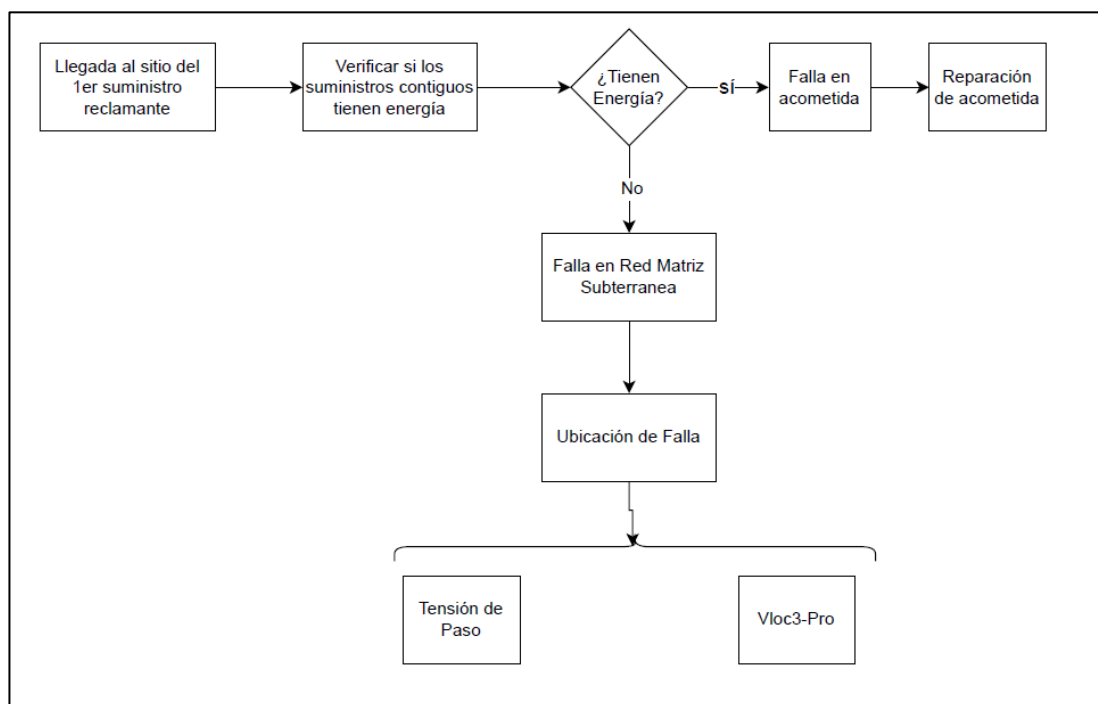


**Figura 51. Flujo de localización de fallas.** Elaboración propia

### 1er Método: Tensión de Paso

El método consiste en medir tensión de paso con un voltímetro en una distancia acotada donde se presume que está ubicada la falla.

Echar agua en el suelo.



**Figura 52. Uso de agua.** Elaboración propia

Medir tensión de paso



**Figura 53. Medición de tensión de paso.** *Elaboración propia*  
Apertura de zanja



**Figura 54. Apertura de zanja.** *Elaboración propia*  
Falla ubicada

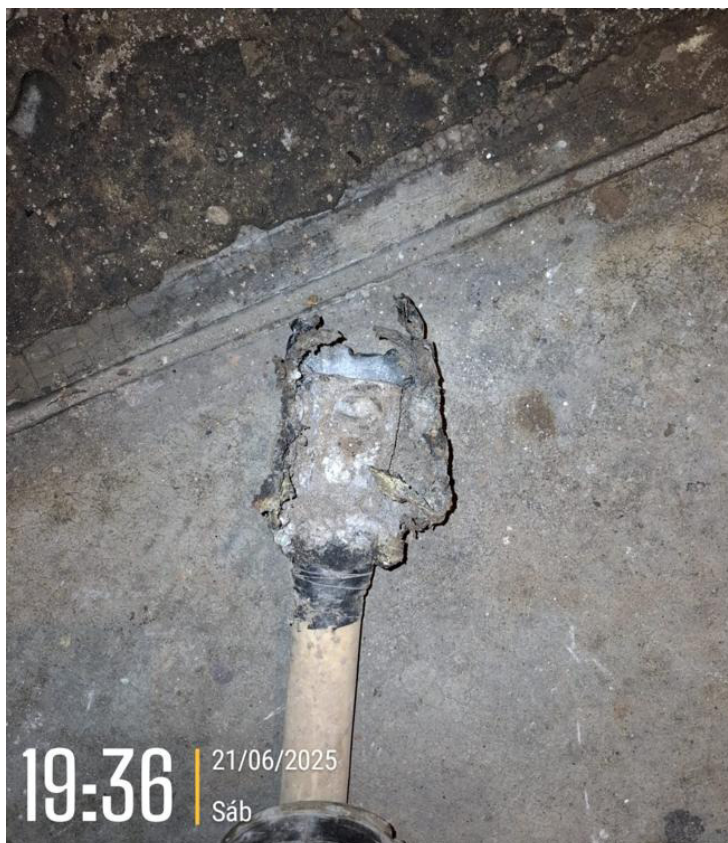


*Figura 55. Empalme dañado.* Elaboración propia  
Reparación de red matriz



*Figura 56. Reparación en red matriz.* Elaboración propia  
Normalización de la zona



*Figura 57. Normalización de la zona. Elaboración propia*

## **2do Método: Vloc3-Pro**

### **Inductivo**

Conectamos la pinza a un suministro cercano donde en un punto tiene energía esa fase y en otro punto contiguo falta energía a esa misma fase.



*Figura 58. Uso de pinza inductiva. Elaboración propia*

Uso de bastón para ubicar la falla



*Figura 59. Uso de bastón para ubicación de falla. Elaboración propia*

Apertura de zanja



*Figura 60. Apertura de zanja. Elaboración propia*

Falla localizada



**Figura 61. Falla ubicada.** Elaboración propia

Cable reparado



**Figura 62. Cable reparado.** Elaboración propia

Cierre de zanja, zona con servicio



*Figura 63. Cierre de zanja. Elaboración propia*

### Directo

Conectamos el cable cocodrilo.



*Figura 64. Uso de cable cocodrilo. Elaboración propia*

Con el bastón y arco se realiza el recorrido del cable y ubicación de puntos de bajo aislamiento.



**Figura 65. Uso de bastón y arco.** Elaboración propia

Ubicación de falla



**Figura 66. Ubicación de falla.** Elaboración propia

Apertura de zanja



*Figura 67. Apertura de zanja. Elaboración propia*

Falla localizada



*Figura 68. Falla ubicada. Elaboración propia*

Cable reparado



**Figura 69. Cable reparado.** Elaboración propia

Cierre de zanja, zona con servicio



**Figura 70. Cierre de zanja y zona con servicio.** Elaboración propia

#### **V.4. Optimización del mantenimiento correctivo**

##### **V.4.1. Equipos para localización de fallas**

##### **V.4.1.1. Reflectómetro de Dominio de Tiempo (TDR)**

Es un instrumento que emite un pulso eléctrico a través del cable y luego calcula las longitudes y las ubicaciones de las fallas en función de cuánto tiempo transcurre hasta que el pulso regrese al transmisor.

Los tipos de fallas se pueden determinar basándose en curvas de reflexión características, esto ahorra tiempo para ubicar las fallas en red subterránea y evitar trabajos innecesarios como apertura excesiva de zanja. (GOSSEN METRAWATT, n.d.)

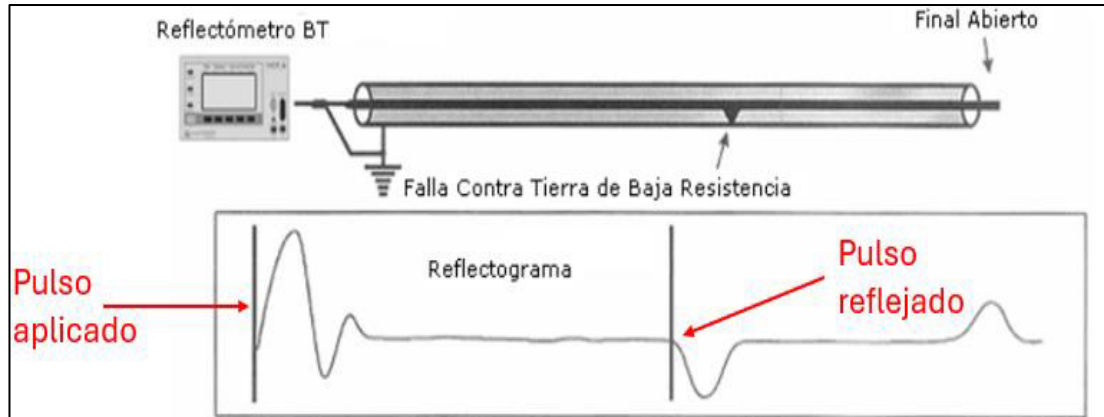


**Figura 71. Reflectómetro de dominio de tiempo.** Adaptado de INDUCOR (2010)

En la figura se puede observar que el TDR emite un pulso de onda positiva y se refleja en el punto de falla, la cual se aplica al circuito a analizar.

El TDR es un equipo generador y registrador de pulsos, primero emite pulsos que viajan a través de cable hasta el punto donde la impedancia es distinta, un pulso rebota y se registra en la pantalla u osciloscopio del TDR.

Las reflexiones ocurren en los puntos donde se altera la homogeneidad del cable (discontinuidad (cable cortado), cortocircuito, fin de línea, empalme, derivaciones u otro tipo de cable).

La amplitud de la onda reflejada se da en función del coeficiente de reflexión ( $r$ ), los valores pueden ser los siguientes:

- $r = 1$ : cuando tenemos como falla un cable cortado o seccionado.
- $r = -1$ : cuando tenemos como falla un cortocircuito.

La ecuación es la siguiente:

$$r = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}$$

donde:

$r$ : coeficiente de reflexión

$Z$ : cambio de impedancia del cable ( $\Omega$ )

$Z_0$ : impedancia característica del cable ( $\Omega$ )

## Fallas que mostrará el TDR

### Falla punto de baja resistencia o cortocircuito

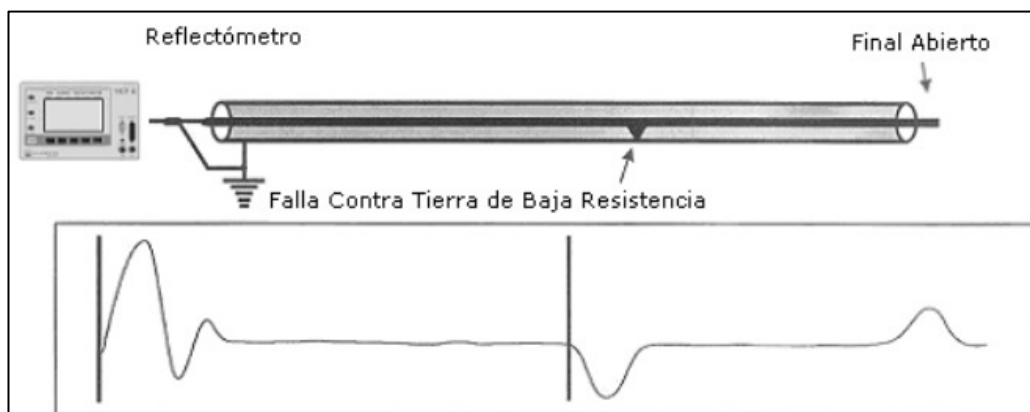


**Figura 72. Falla en cortocircuito.** Tomado de INDUCOR (2010)

La onda de inflexión negativa permite informar de una falla en cortocircuito o baja resistencia.

### Falla cable seccionado

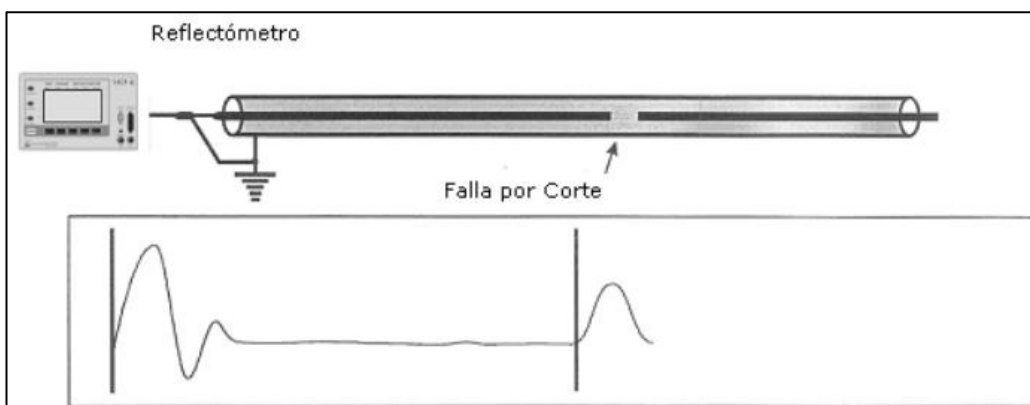


**Figura 73. Falla cable seccionado.** Tomado de INDUCOR (2010)

La onda de inflexión positiva nos permite informar de un cable cortado

## Puntos de referencia que mostrará el TDR

### Empalme

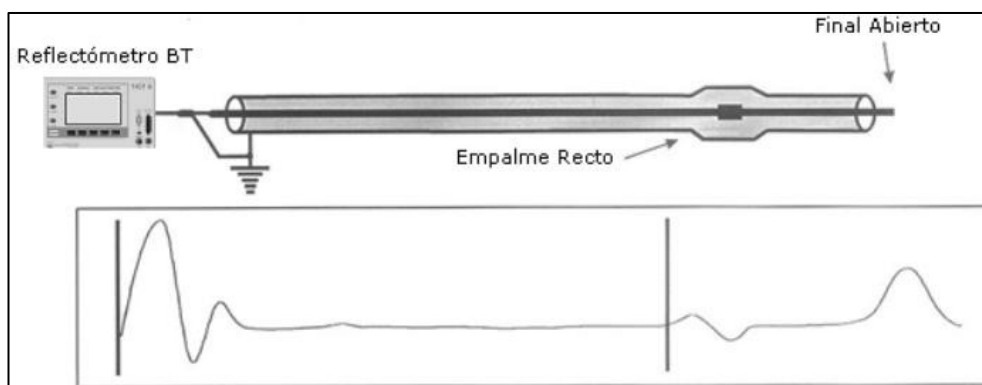


**Figura 74. Empalme recto en TDR.** Tomado de INDUCOR (2010)

La onda de inflexión nos informa de un empalme recto.

Empalme con derivación

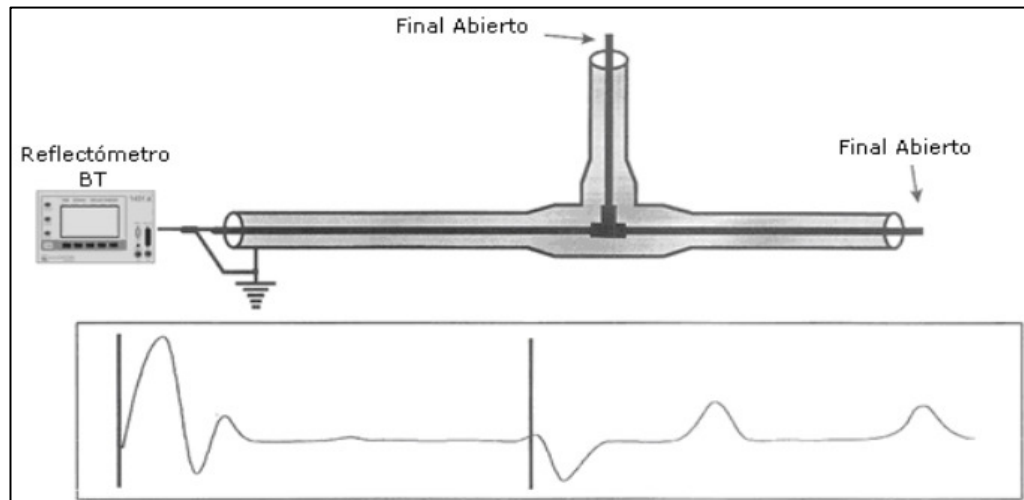


**Figura 75. Empalme de derivación en TDR.** Tomado de INDUCOR (2010)

Las ondas de inflexión nos muestran un empalme en derivación T.

El TDR permite ubicar fallas en referencia a otros puntos relativos del cable analizado; es útil en circuitos complejos, para darle sentido a una gráfica compleja es necesario saber la posición de los puntos de referencia en campo. (INDUCOR, 2010)

Ver figura 76

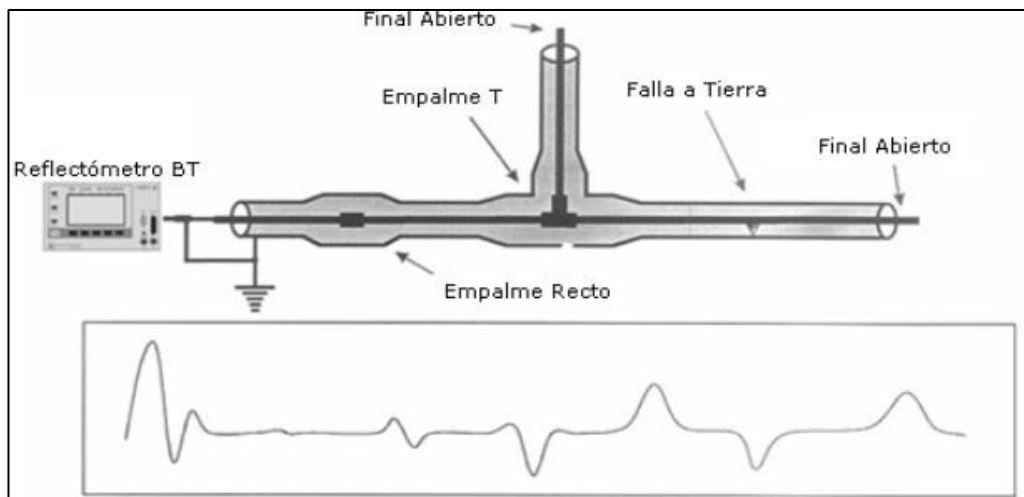


**Figura 76. Puntos relativos en una falla.** Tomado de INDUCOR (2010)

La velocidad de emisión del pulso depende de parámetros (permitividad, permeabilidad y conductividad) del medio en que se propaga.

Considerando que la permeabilidad relativa del cable es generalmente igual a la del vacío entonces la velocidad de propagación de la onda se determinará por la permitividad, se expresa matemáticamente:

$$v = \frac{v_0}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

donde:

$v$ : velocidad de propagación de la onda en el cable  $\left(\frac{m}{s}\right)$

$v_0$ : velocidad de la luz  $\left(300\,000\frac{km}{seg}\right)$

$\epsilon_r$ : permitividad relativa del aislamiento del cable

El método de TDR nos permite medir el tiempo en que tarda en viajar el pulso a través del conductor eléctrico. Este tiempo es directamente proporcional a la distancia e inversamente proporcional a la velocidad, se expresa matemáticamente.

$$l = v \times t$$

donde:

$l$ : longitud de falla (m)

$v$ : velocidad de propagación de la onda  $\left(\frac{m}{s}\right)$

$t$ : duración de viaje de la onda (seg)

La técnica de reflectometría o TDR elimina la necesidad de realizar cálculos complicados; la distancia del punto en donde la impedancia cambia se calcula considerando el tiempo que tarda el pulso de salida en viajar hasta el cambio de impedancia y regresar hacia el equipo TDR.

$$l = v \times \frac{t}{2}$$

donde:

$l$ : longitud de falla (m)

$v$ : velocidad de propagación de la onda  $\left(\frac{m}{s}\right)$

$t$ : duración de viaje de la onda (seg)

La técnica de TDR es muy útil para identificar fallas trifásicas, optimizando los tiempos de reposición del servicio.

El equipo recomendado es el siguiente:

## Teleflex SX-1 – Megger



*Figura 77. Teleflex SX-1. Tomado de Megger (2025d)*

### Características

Megger menciona lo siguiente:

- Funcionamiento independiente o funcionamiento en conjunto con generadores de ondas de sobretensión (dispositivos de generación de impulsos)
- Funcionamiento con un selector táctil único con interfaz de gráfica circular y modo automático sin intervención del usuario
- Tecnología de multidisparo ARM® con 15 trazos de fallas por disparo de reflexión de arco
- Disminución de la atenuación en función de la distancia ProRange para obtener imágenes considerablemente mejores de reflexiones lejanas
- Compatible con todos los métodos de prelocalización de alta tensión existentes.
- Reconocimiento de extremos de cables de rango automático, cursor de detección automática para posiciones de fallas.
- Estuche resistente, robusto y listo para su uso de campo en exteriores.

El Teleflex® SX-1 es un Reflectómetro (TDR, Time Domain Reflectometer) portátil de dos canales, diseñado para proporcionar una prelocalización rápida, eficaz, precisa y segura de las fallas en instalaciones de cables.

El instrumento funciona mediante un selector táctil único y una interfaz intuitiva de gráfica circular de eficacia comprobada. La gran pantalla en color

brillante con funcionalidad de pantalla táctil aumenta aún más la comodidad del operador y permite obtener resultados rápidos y precisos. (Megger, 2025d)

Para ficha técnica (Anexo 1)

#### **V.4.1.2.Detección acústica de impulsos**

Este método utiliza un detector acústico y un generador de pulsos; la idea de esta técnica es que se pueda crear un “thump” o ruido en la falla cuando se genera pulsos de tensión y esta pueda ser escuchada a nivel del suelo por el detector acústico.

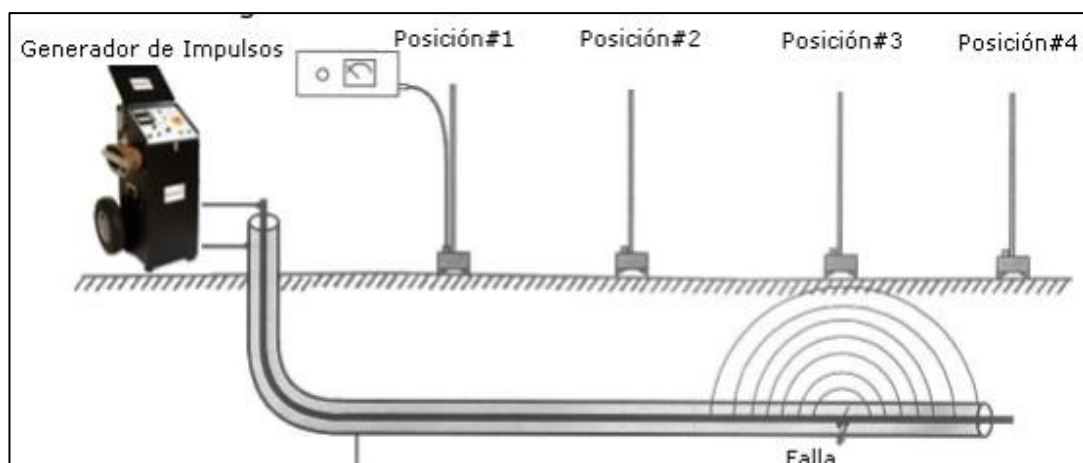


**Figura 78. Detección acústica de impulsos.** Tomado de INDUCOR (2010)

Posición 1: No se detecta el sonido

Posición 2: Se detecta un nivel bajo de sonido.

Posición 3: Se detecta un nivel alto de sonido, se ubica la falla.

Posición 4: El nivel de sonido decrece.

Se muestra el diagrama de bloques del generador de pulsos.

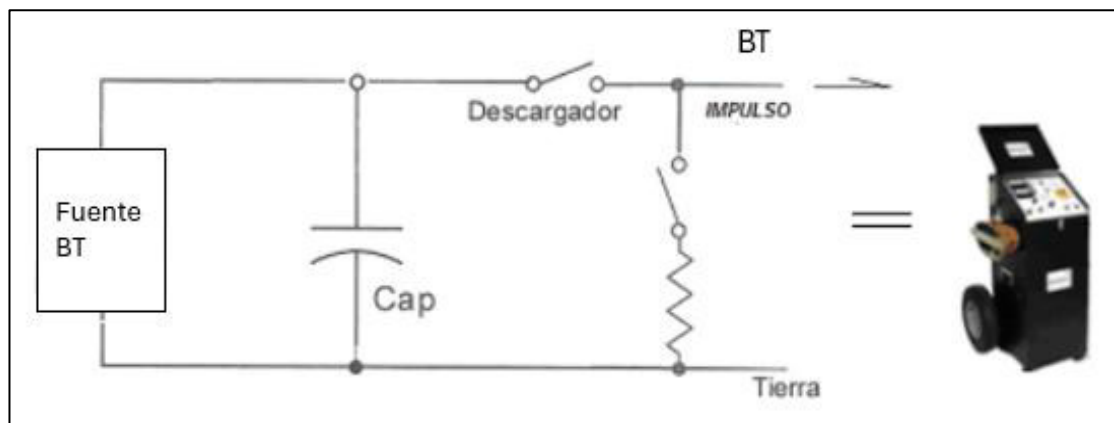


**Figura 79. Diagrama generador de impulsos.** Tomado de INDUCOR (2010)

El equipo tiene una fuente de energía que carga el capacitor y una llave que descarga la energía almacenada en el cable a ser utilizado para los ensayos. (INDUCOR, 2010)

Durante el proceso de localización, el cable es impactado por descargas en baja tensión y paralelamente se deberá caminar por la ruta del cable junto con el detector acústico tratando de escuchar las descargas; el tiempo de localización varía según el tipo de falla y profundidad del cable. (INDUCOR, 2010)

Los detectores acústicos amplificados ayudan en este proceso de ubicación de la falla, se gasta mucho tiempo recorriendo la ruta del cable y con una señal acústica lo suficientemente fuerte la falla será ubicada. El empleo de este método ha sido cuestionado por el efecto posiblemente dañino que produce el generador de impulsos sobre los conductores de polietileno reticulado (XLPE) pero actualmente se minimiza el nivel de tensión y se reduce los tiempos en que es utilizado el impulso de tensión a través del cable. (INDUCOR, 2010)

Los equipos recomendados son los siguientes:

#### **El generador de pulsos de tensión “EZ-THUMP de 3 kV y 4 kV”**



*Figura 80. EZ-THUMP de 3 kV y 4kV. Tomado de Megger (2025b)*

El EZ-Thump de la empresa Megger, es un equipo de alta tecnología. Sus características con las siguientes:

- Procedimiento automático de localización de fallas comenzando con prueba del cable fallado y continuando con prelocalización y ubicación exacta del punto de falla
- Operación simple por medio de software inteligente y perilla de control.
- Detección automática del final del cable y de la distancia de la falla.
- Detección automática del voltaje de ruptura del cable.
- Llave de bloqueo de seguridad.
- Función F-OHM HV de bloqueo para detectar aterramientos impropios.
- Operación desde batería interna y/o desde fuente CA.
- Equipo compacto, ligero, resistente a los impactos y al ambiente con protección IP53.

El nuevo EZ-Thump de dos etapas (rangos) de 3 kV es el primero de su clase en todo el mercado y, en conjunto con la unidad actualizada de una etapa de 4 kV, son sistemas de localización de fallas en cables portátiles, compactos y livianos, operados por batería y alimentación de CA especialmente diseñados para la localización de fallas de cables de potencia de baja tensión con blindaje y sin blindaje.

Con su carcasa portátil, resistente y adecuada para intemperie en condiciones húmedas, estas unidades son ideales para todas las operaciones típicas de localización de fallas en cables de baja tensión ya sea en aplicaciones industriales hasta 3 kV o 4 kV, en alumbrado público o en circuitos de potencia de baja tensión en la industria de los servicios públicos.

El modelo EZT3DV2 es la única unidad de 3 kV de dos etapas en el mercado adecuada para cables de baja tensión con especificaciones de 600 V o 1000 V y un nivel de prueba máximo permisible de 3 U<sub>o</sub> (1,8 kV o 3 kV). (Megger, 2025b)

Para ficha técnica (Anexo 2)

## **El detector acústico DigiPHONE+2**

El DigiPHONE+2 de Megger es un equipo tecnológico, menciona lo siguiente:



*Figura 81. DigiPHONE+2. Tomado de Megger (2025a)*

El DigiPHONE+2 de Megger es un equipo tecnológico, menciona lo siguiente:

El digiPHONE+2 establece un nuevo estándar para facilitar el uso y la precisión, e integra la funcionalidad auditiva y electromagnética en una pantalla en color fácil de usar. El instrumento es altamente sensible, lo que permite al operador localizar fallas en cables de baja y media tensión con un alto grado de precisión.

El sistema viene con una gama de funciones para optimizar el proceso de localización de fallas y garantizar la seguridad del operador.

La tecnología inteligente de reducción de ruido de fondo produce una experiencia acústica sin alteraciones, lo que garantiza que solo escuche el ruido de falla. Esto significa que es posible reducir la energía de sobretensión y encontrar fallas en entornos ruidosos.

El silencio de proximidad automático protege su audición. Cuando se acerca la mano al mango del sensor, el sonido se detiene antes de que la mano lo toque, sin chasquidos ni golpes violentos. Después de bajar el sensor, los auriculares tardan unos momentos en activarse con el fin de garantizar que

el sensor del digiPHONE+2 se encuentre en una posición estable y se hayan detenido todas las posibles oscilaciones mecánicas.

La pantalla visual simplifica el rastreo de cables y lo mantiene seguro en el cable. La brújula no solo indica si está a la izquierda o a la derecha del cable, sino también en qué ángulo pasa el cable respecto del sensor. La flecha de falla indica en qué dirección se encuentra la falla. Se puede definir si la distancia de la falla se define en milisegundos, metros o pies. (Megger, 2025a)

Para ver ficha técnica (Anexo 3)

#### ***V.4.1.3.Detección de gases***

La mayoría de las fallas en redes de distribución subterránea producen quemaduras en sus cubiertas, estas quemaduras liberan gases; este tipo de detección es en tiempo real y cuando se tiene el punto de concentración de gas más alto se ubica la falla. (Megger, 2025c)



**Figura 82. Detección de gases.** Tomado de Megger (2025c)

Tiene 2 modos de uso para distintos espacios de localización

- a) Sonda de campana:  
Cuando se realiza a nivel del suelo
- b) Sonda de perforación:  
Cuando se requiere profundizar en el terreno



*Figura 83. Modos de uso detector de gases. Tomado de Megger (2025c)*

El equipo recomendado es el siguiente:  
**Fault Sniffer 2**



*Figura 84. Fault Sniffer 2. Tomado de Megger (2025c)*

Esta innovadora herramienta nos permite localizar fallas en cables de manera rápida y sencilla mediante la detección de gases producto de la quemadura de la cubierta del cable. (Megger, 2025c)

Megger menciona lo siguiente: Diseñado específicamente para redes subterráneas de baja tensión, FaultSniffer 2 utiliza tecnología de vacío para succionar y detectar gases producidos por quemaduras en los revestimientos de los cables. La evaluación de datos en tiempo real le proporciona una representación gráfica clara de las concentraciones de gas de combustión, lo que le permite identificar y abordar rápidamente las fallas de manera segura y eficaz. La tecnología inteligente de dos sensores también detecta los gases naturales y lo diferencia de los gases de combustión, lo que evita los errores en los resultados. (Megger, 2025c)

Para ver ficha técnica (Anexo 6)

#### ***V.4.2. Componentes para reparación eléctrica***

##### ***V.4.2.1. Empalmes de resina liquida***

Los empalmes de resina liquida ofrecen una conexión segura para todo tipo de instalaciones eléctricas de baja tensión, la resina es eficaz para el aislamiento de cable y proteger contra la humedad, polvo o cualquier tipo de objeto extraño. (HELLERMANNTYTON, n.d.)

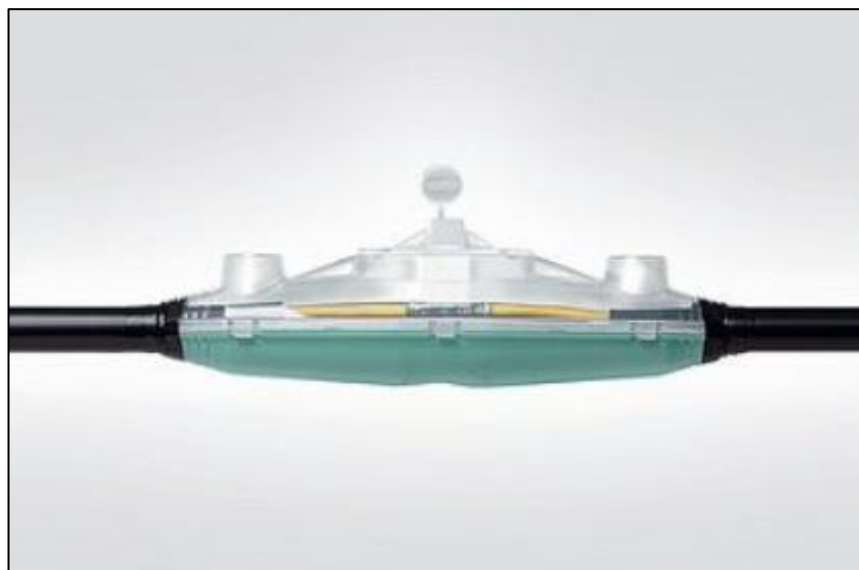


**Figura 85. Empalme de resina liquida.** Tomado de HELLERMANNTYTON (n.d.)

La resina líquida es un poliuretano bicomponente que ha sido diseñado para aislar eléctricamente al conductor, así como también de protegerlo mecánicamente.

A continuación se muestra las características:

- Suministrado en una práctica bolsa transparente con dos compartimentos
- Evidente mezcla homogénea gracias al cambio de color de azul a verde
- Sistema de llenado seguro (Safe Filling, SF).
- Excelentes propiedades de fluidez, baja contracción de volumen.
- Secado en frío. Muy hidrofóbico, puede ser moldeado justo antes de estar bajo la influencia del agua.
- Alta estabilidad hidrolítica y buen secado incluso a bajas temperaturas.
- Resistente a los rayos UV, al envejecimiento y a la intemperie.
- Extraordinaria fuerza de impacto, buena resistencia a la humedad y a la corrosión atmosférica.
- Excelente adhesión a los cables e hilos poliméricos de PVC, XLPE, PE, EPR.
- Libre de SVHC, no contiene sustancias peligrosas, el producto seco puede ser desechado con los residuos domésticos.
- Libre de halógenos.

(HELLERMANNTYTON, n.d.)

Uso y aplicación de la Resina:

Gracias al sistema de llenado seguro, la persona evita el contacto con la resina líquida cuando se realiza la mezcla y rellenar los empalmes eléctricos.

Esto permite realizar la actividad de manera segura, eficaz y limpia y por último esta bolsa de resina se conecta al empalme mediante un tubo de llenado. A continuación, se muestra los pasos para un uso correcto.

**Tabla 5. Uso y aplicación de resina liquida**



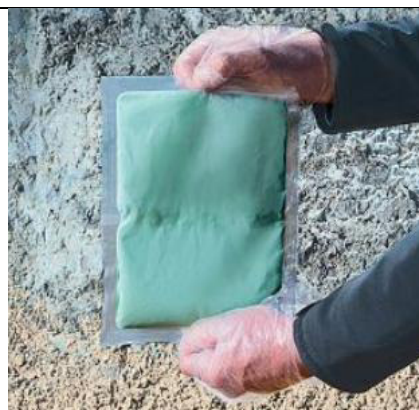
1. Cubierta permite visualizar la mezcla en todo momento.



2. Aplicando presión en la bolsa la unión central.



3. Con las manos realizamos la mezcla.



4. Cuando tiene un color verdoso, se evidencia una mezcla correcta.



5. Se coloca la boquilla para el posterior llenado de forma eficaz.



6. Se llena la capsula de empalme.

*Fuente.* Tomado de (HELLERMANNTYTON, n.d.)

El empalme recomendado es el siguiente:

### **Empalme RELICON**

Empalme recto



*Figura 86. Empalme recto RELICON. Tomado de HELLERMANNTYTON (n.d.)*

Empalme de derivación



*Figura 87. Empalme derivación RELICON. Tomado de HELLERMANNTYTON (n.d.)*

Para ficha técnica (Anexo 4)

#### **V.4.2.2. Empalme termocontraible**

Los empalmes termocontraíbles para cables de papel impregnado o de aislación seca hasta 1 kV son aptos para cables multipolares; el espesor de aislación del empalme es igual o mayor que el espesor propio del aislante del cable a ser reparado. (DISCAMP, n.d.)



*Figura 88. Empalme termocontraíble.* Tomado de DISCAMP (n.d.)

Los conductores se pueden unir por maguitos de compresión o uniones con tornillos que tienen un torque de ajuste predefinido, esta unión se aísla con los empalmes termocontraíbles recubiertos interiormente con adhesivos termoplásticos, posteriormente se aplica calor a los empalmes hasta que se contraigan firmemente sobre el conector y al mismo tiempo el calor aplicado derrite el adhesivo termoplástico interior brindando hermeticidad y flexibilidad aún bajo el agua; la cubierta exterior de los cables se reconstruye mediante un tubo exterior recubierto interiormente con adhesivo termoplástico que brinda protección mecánica, sello hermético y durable contra la humedad del lugar o ingreso de agua. (DISCAMP, n.d.)

Los tubos termocontraíbles de pared gruesa ofrecen excelentes propiedades aislantes y protección mecánica, están revestidos interiormente con un adhesivo termoplástico. (DISCAMP, n.d.)

Se usa para la reparación de todo tipo de cables y obtener un buen sellado, evitando el ingreso de agua, humedad y agentes contaminantes, además de tener resistencia a impactos, abrasión y radiación UV por lo tanto es ideal para instalaciones a la intemperie y directamente enterrado. (DISCAMP, n.d.)



*Figura 89. Tubo termocontraíble.* Tomado de DISCAMP (n.d.)

DISCAMP establece las siguientes características:

- Resistencia a la intemperie.
- Excelentes propiedades aislantes hasta los 1000V.
- Excelente performance en el tiempo.
- Excelente estabilidad mecánica.
- Facilidad de instalación, aún bajo condiciones de baja temperatura.
- Ilimitada vida útil en almacén.

(DISCAMP, n.d.)

El empalme recomendado es el siguiente:

Tubo termocontraible Pared Gruesa



*Figura 90. Tubo termocontraible pared Gruesa.* Tomado de RAYCHEM (2023)

Empalme termocontraible en derivación



*Figura 91. Empalme termocontraible en derivación.* Tomado de RAYCHEM (2023)

Para ver ficha técnica (Anexo 5)

## **CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **VI.1. Contrastación de Hipótesis Con Los Resultados**

Los resultados obtenidos mediante el software de análisis Power BI es el siguiente:

- La falla más común para una interrupción imprevista es la humedad con una cifra de 3625 veces (ver figura 36).
- Lima cercado es el distrito con la mayor cantidad de fallas en redes de distribución subterránea de baja tensión con una cifra de 2870 veces (ver figura 32).
- La falla de tipo cortocircuito es la que tiene mayor tiempo de demora para su ubicación con un promedio de 5 horas (ver figura 35).

### **VI.2. Comprobación de la Hipótesis**

#### **VI.2.1. *Hipótesis General***

Se pudo comprobar que el análisis de fallas en redes de distribución subterránea de baja tensión permite optimizar la calidad del servicio eléctrico en la Zona Centro de Lima, Perú, puesto que nos permitió identificar que la humedad es la falla más común con 3625 eventos así como también la deficiencia en la localización rápida de estas mismas con aproximadamente 5 horas en promedio y proponer equipos tecnológicos (TDR, detección acústica de impulsos y detección de gases) así como también empalmes herméticos para mejorar la calidad del servicio eléctrico.

#### **VI.2.2. *Hipótesis Específicas***

- **La humedad es la causa principal para la ocurrencia de fallas en redes de distribución subterránea de baja tensión.**

Esta hipótesis queda demostrada puesto que de la recopilación de datos del periodo 2024 se obtuvo como resultado que la falla más común es la humedad con 3625 veces.

- **Las fallas en las redes de distribución subterránea de baja tensión impactan directa y significativamente en el aumento de los índices SAIDI y SAIFI.**

Esta hipótesis se comprueba puesto a mayor tiempo de duración de la falla el índice SAIDI aumenta, teniendo como ejemplo en Julio del 2024 el índice fue de 6.8.

- **Una propuesta basada en mantenimiento correctivo con tecnologías de localización rápida reducirá la duración de las interrupciones SAIDI y optimizará el servicio eléctrico.**

Esta hipótesis se comprueba porque se propone el uso de equipos tecnológicos especializados (TDR, Detección acústica de impulsos y detección de gases) en ubicación de fallas especialmente en cortocircuito que permitirá la reposición del servicio eléctrico en el menor tiempo, además de proponer empalmes (empalme de resina líquida y empalmes termocontraíbles) que aseguran un sellado hermético.

### VI.3. Costo de inversión

El costo de inversión de esta investigación hace referencia al tiempo invertido valorizado, ver Tabla 5:

**Tabla 6. Costos de mano de obra**

| DESCRIPCIÓN          | HORAS | UNIDAD | VALOR       |
|----------------------|-------|--------|-------------|
| Elaboración de tesis | 100   | 10     | S/ 1,000.00 |
| Toma de imágenes     | 20    | 8      | S/ 160.00   |
| viáticos y movilidad | 11    | 20     | S/ 220.00   |
| TOTAL                |       |        | S/ 1,380.00 |

*Fuente.* Elaboración propia.

## **CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES**

1. En base al análisis realizado del histórico de fallas recopilado del periodo 2024 hemos determinado diferentes causas por la cual se produce una interrupción, teniendo como causa principal la humedad con 3625 eventos.
2. Se concluye que los indicadores de calidad SAIDI y SAIFI tienen un impacto relevante en las fallas de redes de distribución subterránea de baja tensión con valores de 6.8 en julio y 1.06 en enero respectivamente en el periodo 2024, teniendo en cuenta que el indicador SAIDI presenta una mayor sensibilidad frente a las interrupciones, esto se debe a que el tiempo de interrupción está condicionado por la complejidad de localización de la falla.
3. Los equipos mencionados en esta investigación tienen como objetivo mejorar la calidad del servicio eléctrico: la detección por TDR (Reflectómetro en el dominio del tiempo), detección acústica y detección de gases tiene como finalidad detectar las fallas por cortocircuito ya que el Vloc3-Pro no tiene esa habilidad y los empalmes mencionados tienen como finalidad una mejor fiabilidad y duración puesto que permiten una mejor hermeticidad y así evitar el ingreso de humedad y agentes contaminantes que favorecen la degradación de este mismo.

## **CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES**

1. Se debe capacitar al personal para el uso de los equipos de localización de fallas.
2. Fomentar la investigación de nuevos materiales resistentes a la humedad y corrosión puesto que este será un factor determinante para la disminución de fallas en redes de distribución subterráneas de baja tensión en la Zona Centro de Lima, Perú.
3. Estudiar la viabilidad de las redes inteligentes (Smart Grids) en la detección temprana de fallas.

## CAPÍTULO IX: BIBLIOGRAFÍA

Álvarez Flores, D., Castillo Cáceres Cesar, & Valdez Galdos Fernando. (2009). *Análisis del Marco Regulatorio de la Calidad del Servicio en el Sector Eléctrico Peruano*. [https://laccei.org/LACCEI2009-Venezuela/Papers/Ene102\\_AlvarezFlores.pdf](https://laccei.org/LACCEI2009-Venezuela/Papers/Ene102_AlvarezFlores.pdf)

Becerra Benavides, L. A. (2023). *Estrategia de detección e identificación de fallas eléctricas para sistemas de distribución eléctrica con generación distribuida basado en redes neuronales artificiales* [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS.

Bedoya Ocampo, J. E. (2024). *Análisis de estrategia de detección de fallas incipientes para redes de distribución con cables subterráneos basada en similitudes de voltaje* [Trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio Institucional UTP.

Brayan Carrillo. (2025). *Técnica LoRaWAN para identificar fallas eléctricas y aumentar la confiabilidad en sistemas de distribución en zonas no interconectadas colombianas*. <https://bffrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/9dd53629-c611-4cf8-9002-f82c7b4a7769/content>

BID MEJORANDO VIDAS. (2020, June). *La calidad del servicio en la provisión de electricidad en América Latina - Energía para el Futuro*. <https://blogs.iadb.org/energia/es/la-calidad-del-servicio-en-la-provision-de-electricidad-en-america-latina/>

CORPELIMA. (2023). *Conductores Eléctricos - Venta de Cables Eléctricos en Corpelima*. <https://corpelima.pe/categoria/conductores-electricos/>

Chancusig Chiliguano, K. G. (2021). *Determinación de procedimientos para la localización de fallas en redes eléctricas soterradas de medio voltaje utilizando el sistema Megger Centrix 2.0 de la Empresa Eléctrica Quito* [Proyecto de Investigación, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Institucional UTC.

DISCAMP. (n.d.). *TUBOS TERMOCONTRAIBLES*. Retrieved July 16, 2025, from <https://www.discamp.com/>

Electro Persa. (n.d.). *Partes de un cable eléctrico*. Retrieved August 30, 2025, from <https://www.electro-persa.com/partes-de-un-cable-electrico>

ENEL. (2023). *Fallas en las redes eléctricas: causas y soluciones* | Enel. <https://www.enel.com.co/es/historias/a202306-fallas-redes-electricas-causas-y-soluciones.html>

Flores Feliciano, A. L. (2022). *Instalación de señalizadores de fallas para mejorar los indicadores de confiabilidad en el alimentador A4603 de la red de distribución en media tensión en la Unidad de Negocio Valle del Mantaro* [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental.

FLUKE. (2024). *¿Qué es la frecuencia?* | Fluke. <https://www.fluke.com/es-pe/informacion/blog/electrica/que-es-la-frecuencia>

GELCO. (2025). *NA2XY – Gelco – Importaciones Gelco*. <https://gelco.pe/producto/conductores-electricos-de-aluminio/tripolares-de-baja-tension/na2xy/>

GORLAN. (n.d.). *Distribución de Energía en Baja Tensión*" | Gorlan. Retrieved July 27, 2025, from <https://gorlan.com/sectores/distribucion-de-energia-en-baja-tension/>

GOMEZ, R. G., CABRERA, D. C., & ROBLES, P. R. (2023). *Estudio para localización de fallas en sistemas de distribución eléctrica*. INGENIUS. <https://doi.org/10.17163/ings.n30.2023.06>

GOSSEN METRAWATT. (n.d.). *DIAGNÓSTICO Y LOCALIZACIÓN PRECISA DE DEFECTOS Y FALLAS EN CABLES Y CONDUCTORES TENDIDOS*. Retrieved July 15, 2025, from <https://www.gossenmetrawatt.de/en/knowledge/measuring-and-test-technology/cable-troubleshooting-with-reflectometers/>

Gustavo Bignami, M. (2024, October). *Análisis y detección de fallas en cables subterráneos de baja tensión*. <https://rinfi.fi.mdp.edu.ar/bitstream/handle/123456789/959/MGBignani-TFG-IEI-2024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HELLERMANNTYTON. (n.d.). *Empalmes eléctricos de resina líquida sumergibles*. Retrieved July 18, 2025, from <https://www.hellermanntyton.es/competencias/empalmes-de-cables#downloadreliconapp>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. [https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)

INDECO. (n.d.). *NKY - BAJA TENSIÓN (DESCONTINUADO EN EL PERÚ)*. Retrieved August 30, 2025, from <https://doochcorp.com/Indeco/menu/menu.php-grupo=04&subgrupo=17.htm>

INDECO. (2019). *NA2XY 0,6/1 kV Doble o Triple*. [www.nexans.pe](http://www.nexans.pe)

INDECO. (2025a). *Nexans - Estándares bajo 1 kV*.  
[https://www.nexans.pe/es/products/Construcci%C3%B3n/Est%C3%A1ndares-bajo-1-kV/NYY\(80%C2%B0\)-031921.html](https://www.nexans.pe/es/products/Construcci%C3%B3n/Est%C3%A1ndares-bajo-1-kV/NYY(80%C2%B0)-031921.html)

INDECO. (2025b). *NPT 0,6/1 kV AWG/kcmil*.  
<https://www.nexans.pe/es/products/Construcci%C3%B3n/Est%C3%A1ndares-bajo-1-kV/NPT-0,6-1-22043.html>

INDECO. (2025c). *RETFLEX N2XY 0,6/1 kV Unipolar; METRIUM*.  
<https://www.nexans.pe/es/products/Construcci%C3%B3n/Est%C3%A1ndares-bajo-1-kV/RETFLEX-N227623.html>

INDUCOR. (2010). *TEORIA Y PRACTICAS DETECCIÓN DE FALLAS EN CABLES SUBTERRÁNEOS*.  
[https://www.inducor.com.ar/articulostecnicos/localizacion\\_de\\_fallas\\_parte2.pdf](https://www.inducor.com.ar/articulostecnicos/localizacion_de_fallas_parte2.pdf)

J. Cidrás, & C. Carrillo. (n.d.). *El fenómeno del parpadeo*. Retrieved June 2, 2025, from  
[https://carrillo.webs.uvigo.es/publicaciones/Apuntes\\_Flicker\\_prot.pdf](https://carrillo.webs.uvigo.es/publicaciones/Apuntes_Flicker_prot.pdf)

Jara Reategui, R. O., & Sanchez Cierro, D. C. (2024). *Evaluación y propuesta de implementación del monitoreo y localización de fallas de aislamiento en una SE para sistemas IT de BT usando equipo ISOMETER en una empresa distribuidora de energía eléctrica de Lima* [Tesis de Título Profesional, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional UTP.

López Capcha, M. A., & Medina Sánchez, A. T. (2022). *Diseño de dispositivo de ubicación de fallas en tiempo real mediante un sistema de comunicación para seccionadores cutout* [Tesis de Título Profesional, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental.

Megger. (2025a). *DigiPHONE+2* | Megger.  
<https://www.megger.com/es/producto/digiphone2>

Megger. (2025b). *EZ-THUMP de 3 kV y 4 kV* | Megger.  
<https://www.megger.com/es/producto/ez-thump-de-3-kv-y-4-kv>

Megger. (2025c). *Fault Sniffer 2* | Megger.  
<https://www.megger.com/es/producto/fault-sniffer-2>

Megger. (2025d). *Teleflex® SX-1* | Megger.  
<https://www.megger.com/es/producto/teleflexr-sx-1>

Microsoft. (2025). *¿Qué es Power BI? Información general sobre componentes y ventajas - Power BI* | Microsoft Learn.  
<https://learn.microsoft.com/es-es/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (2011). *CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD* (SUMINISTRO 2011).  
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/898589/C%C3%B3digo Nacional de Electricidad Suministro 2011 .pdf?v=1593533921](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/898589/C%C3%B3digo%20Nacional%20de%20Electricidad%20Suministro%202011.pdf?v=1593533921)

Ministerio de Vivienda, C. y S. (2021). *SUB-TÍTULO II.4 OBRAS DE SUMINISTRO DE ENERGÍA Y COMUNICACIONES NORMA EC.010 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Artículo 1º.- GENERALIDADES.*

Molina Quiroz, E. I. (2023). *Metodología de mantenimiento predictivo en redes de distribución de medio voltaje por medio de técnica de estudio termográfico* [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS.

Nergiza. (2020). *El temido tercer armónico ¿En qué afecta a mi instalación?* | Nergiza. <https://nergiza.com/el-temido-tercer-armonico-en-que-afecta-a-mi-instalacion/>

OSINERGMIN. (1992, November). *LEY DE CONCESIONES ELÉCTRICAS*  
 DECRETO LEY N° 25844.  
[https://www.osinergmin.gob.pe/cartas/documentos/electricidad/normativa/LEY\\_CONCESIONES\\_ELECTRICAS.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/cartas/documentos/electricidad/normativa/LEY_CONCESIONES_ELECTRICAS.pdf)

OSINERGMIN. (2004). *Problemática de la Supervisión de la Calidad del Servicio Eléctrico en el Perú*. <http://www.osinerg.gob.pe/investigacion>

OSINERGMIN. (2011). *Calidad de Suministro en el Perú - Caso Electronorte*.  
<http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Publico/II%20FORO%20REGIONAL%20DE%20ELECTRICIDAD%20CHICLAYO%202011%20LAMBAYEQUE/4%20Calidad%20de%20Suministro%20Electrico%20en%20el%20Peru-%20Resultados%20caso%20de%20Electronorte.pdf>

Pila Pila, H. R., & Zambrano Reasco, M. I. (2010). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍAS CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: INGENIERO ELÉCTRICO ESPECIALIZACIÓN SISTEMAS DE POTENCIA*.

PROMELSA. (2024, July). *Cables NYY: Características e innovaciones en cables de baja tensión*.  
<https://www.promelsa.com.pe/blog/post/caracteristicas-cables-nyy.html>

PROYEC INMOBILIARIA. (2023, August). *La humedad, el enemigo silencioso de los departamentos en Lima - Proyec*. <https://www.proyec.com.pe/la-humedad-el-enemigo-silencioso-de-los-departamentos-en-lima/>

RAYCHEM. (2023). *CATALOGO DE PRODUCTOS RAYCHEM*.

Rojas Bravo, L. (n.d.). *Subestaciones de Distribución*. Retrieved June 11, 2025, from <https://es.scribd.com/document/469267692/Subestaciones-de-Distribucion>

Salmerón Revuelta, P., Pérez Litrán, S., & Prieto Thomas, J. (2016). Introduction to Power Quality from Power Conditioning. *Active Power Line Conditioners*, 1–21. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803216-9.00001-8>

SOLUX. (2023). *¿Cuáles son los efectos de la corrosión en las conexiones eléctricas?* <https://solux.pe/blog/cual-es-el-efecto-de-la-corrosion-en-las-conexiones-electricas>

TEM ELECTRONIC COMPONENTS. (2024). *Tipos de aislamiento de cables eléctricos | Distribuidor de componentes electrónicos. Tienda en línea: Transfer Multisort Elektronik Perú.* <https://www.tme.com/pe/es/news/library-articles/page/60828/tipos-de-aislamiento-de-cables-electricos/>

Toledo Martínez, M. (2018). *LIBRO DE MANTENIMIENTO*.

TOP CABLE. (2023). *Componentes de un cable eléctrico | Top Cable.* <https://www.topcable.com/blog-electric-cable/componentes-de-un-cable-electrico/>

TURRUBIATES GUILLEN, V. (2019, April). *REDES DE DISTRIBUCIÓN AÉREAS Y SUBTERRÁNEAS| Tercera Parte.* [https://www.exposolucionesenenergia.com/blog/Redes\\_distribucion\\_aer\\_eas\\_subterraneas\\_Part3.php?m=](https://www.exposolucionesenenergia.com/blog/Redes_distribucion_aer_eas_subterraneas_Part3.php?m=)

Vásquez Parra, J. C. (2024). *Optimización de los indicadores SAIDI-SAIFI en el servicio eléctrico de Otuzco mediante la automatización de equipos de aislamiento usando SCADA* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional UNPRG

VIVAX METROTECH. (2018). *vLoc3-Pro LOCALIZADOR DE SERVICIOS ENTERRADOS*. [www.vivax-metrotech.com|www.vxmt.com](http://www.vivax-metrotech.com|www.vxmt.com)

Weather Atlas. (2024). *Anual y Mensual del Tiempo - Lima, Perú*. <https://www.weather-atlas.com/es/peru/lima-clima>

ZMS CABLE. (2024). *Corrosión en Cables de Cobre y Aluminio*. <https://zmscable.es/corrosion-cables-cobre-aluminio/>

## CAPÍTULO X: ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

| PROBLEMAS                                                                                                                                                                             | OBJETIVOS                                                                                                                                                                                        | HIPÓTESIS                                                                                                                                                      | VARIABLES                                                                                      | DIMENSIONES            | INDICADORES                        | METODOLOGÍA                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PROBLEMA GENERAL:                                                                                                                                                                     | OBJETIVO GENERAL:                                                                                                                                                                                | HIPÓTESIS GENERAL:                                                                                                                                             | VARIABLE DEPENDIENTE:                                                                          | D1: Causas de fallas   | I1: Cantidad de fallas             | TIPO DE ESTUDIO:                                                                                                                                                                                                            |
| ¿Cómo influye el análisis de fallas de las redes de distribución subterránea de baja tensión en la optimización de la calidad del servicio eléctrico de la Zona Centro de Lima, Perú? | Analizar las fallas de las redes de distribución subterráneas de baja tensión y proponer soluciones innovadoras para optimizar la calidad del servicio eléctrico en la zona centro de lima, Perú | Plan de mantenimiento basado en las causas de las fallas en redes subterráneas de baja tensión mejora la calidad de suministro en la Zona Centro de Lima, Perú | Plan de mantenimiento basado en las causas de las fallas en redes subterráneas de baja tensión | D2: Duración de fallas | I2: Promedio de duración de fallas | Acorde a lo mencionado por el autor (Hernández et.al, 2014) nuestra investigación es aplicada, puesto que mediante el análisis de los datos obtenidos se busca resolver el problema sugiriendo estrategias innovadoras para |

|                                                                                                                      |                                                                                                                             |                                                                                                                                                       |                                |                                         |                                                              |                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                      |                                                                                                                             |                                                                                                                                                       |                                | <b>D3:</b> Localización de fallas       | <b>I3:</b> Tiempos de ubicación de fallas                    | mejorar la calidad de servicio eléctrico.                                                          |
| <b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b>                                                                                        | <b>OBJETIVO ESPECÍFICO:</b>                                                                                                 | <b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</b>                                                                                                                         | <b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> | <b>D1:</b> Duración de interrupciones   | <b>I1:</b> SAIDI                                             | <b>DISEÑO DE ESTUDIO:</b>                                                                          |
|                                                                                                                      |                                                                                                                             |                                                                                                                                                       |                                |                                         |                                                              | El tipo de diseño a realizar es:                                                                   |
| ¿Cuáles son las principales causas de las fallas en redes de distribución subterráneas de baja tensión?              | Determinar cuáles son las principales causas de las fallas en redes de distribución subterránea de baja tensión.            | La humedad es la causa principal para la ocurrencia de fallas en redes de distribución subterránea de baja tensión.                                   |                                | <b>D2:</b> Frecuencia de interrupciones | <b>I2:</b> SAIFI                                             | *No experimental (Descriptivo)<br>*Correlacional                                                   |
| ¿Cómo impactan las fallas de las redes de distribución subterránea de baja tensión en los indicadores SAIDI y SAIFI? | Evaluar el impacto de las fallas de las redes de distribución subterránea de baja tensión en los indicadores SAIDI y SAIFI. | Las fallas en las redes de distribución subterránea de baja tensión impactan directa y significativamente en el aumento de los índices SAIDI y SAIFI. | calidad del servicio eléctrico | <b>D3:</b> Parametros de Energía        | <b>I3:</b> Voltaje, Frecuencia, Flicker, Tensiones armónicas | <b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b>                                                                      |
|                                                                                                                      |                                                                                                                             |                                                                                                                                                       |                                |                                         |                                                              | Acorde a lo mencionado por el autor (Hernández et.al, 2014), nuestra investigación es cuantitativa |

|                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ¿Qué propuesta de mejora se puede implementar para reducir la incidencia de fallas en redes de distribución subterránea de baja tensión y optimizar la calidad de servicio eléctrico? | Proponer soluciones de mejora para reducir la incidencia de fallas y optimizar la calidad del servicio eléctrico. | Una propuesta de mejora basada en mantenimiento correctivo con tecnologías de localización rápida redujera la duración de las interrupciones SAIDI y optimizara el servicio eléctrico. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

---

porque a través de la recolección y análisis de datos obtenidos obtendremos resultados positivos.

## Anexo 2: Ficha técnica equipo Teleflex SX-1



## Teleflex® SX-1

### Reflectómetro de dominio de tiempo/radar portátil

- Funcionamiento independiente o en conjunto con generadores de ondas de sobretensión (dispositivos de generación de impulsos)
- Funcionamiento con un selector táctil único con interfaz de gráfica circular y modo automático sin intervención del usuario
- Tecnología de multidisparo ARM® con 15 trazos de fallas por medición de reflexión de arco
- Disminución exponencial en función de la distancia ProRange para obtener imágenes considerablemente mejores de reflexiones lejanas
- Compatible con todos los métodos de prelocalización de alta tensión existentes
- Reconocimiento de extremos de cables de rango automático, cursor de detección automática para posiciones de fallas
- Estuche resistente, sólido y listo para su uso de campo en exteriores



---

#### DESCRIPCIÓN

El **Teleflex® SX-1** es un reflectómetro de dominio de tiempo (TDR, del inglés Time Domain Reflectometer) o cable de radar portátil de dos canales, diseñado para proporcionar una prelocalización rápida, eficaz, precisa y segura de las fallas en instalaciones de cables.

El instrumento se opera mediante **un selector táctil único y una interfaz de usuario de gráfica circular** intuitiva y bien comprobada. La gran pantalla en color brillante con funcionalidad de pantalla táctil aumenta aún más la comodidad del operador y permite realizar trabajo en terreno de forma rápida y precisa. El sistema operativo basado en Linux ofrece el más alto nivel de estabilidad y confiabilidad.

El Teleflex SX-1 se alimenta de su batería interna recargable y se puede utilizar en modo de "solo batería" o con un cargador inteligente conectado a una fuente de alimentación principal. Está alojado en un estuche resistente, robusto y probado en terreno, lo que lo hace apto para su uso en entornos difíciles.

La **tecnología ProRange** se basa en el modo de atenuación exponencial en función de la distancia. Contrarresta la atenuación exponencial causada por las

características del filtro del cable y, por lo tanto, ProRange mejora enormemente las reflexiones lejanas sin distorsionar el campo cercano. Es una función muy beneficiosa para los cables con muchas juntas (empalmes), los cables muy largos y los cables con una alta atenuación.

Mediante la combinación del Teleflex SX-1 con un generador de ondas de sobretensión (dispositivo de generación de impulsos) y un dispositivo de separación, se puede acceder a todos los métodos de prelocalización de fallas de alta tensión. El Teleflex SX-1 es compatible con todas las unidades de localización de fallas y la tecnología de activador  $\Delta U$  siempre proporciona una activación de óptima programación.

La **tecnología ARM® Multishot** es capaz de capturar 15 trazos de fallas por medición de reflejo de arco, de los cuales el operador puede seleccionar el mejor trazo. Esto es especialmente útil en caso de fallas húmedas, cables PILC y cables más largos.

El paquete de software independiente Reporting Edition está disponible para el Teleflex SX-1. Reporting Edition permite la importación, el análisis y la impresión de protocolos de los trazos de TDR almacenados.

Figura 92. Ficha técnica Tleflex SX-1. Tomado de Megger (2025d)

## Teleflex® SX-1

### Reflectómetro del dominio de tiempo portátil

#### DATOS TÉCNICOS

|                                        |                                                                                      |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pantalla</b>                        | Panel TFT en color de calidad industrial                                             |
| Tamaño de la pantalla LCD              | 10,1"                                                                                |
| Relación de aspecto                    | 16:10                                                                                |
| Resolución                             | 1280 x 800 (WXGA)                                                                    |
| Retroiluminación                       | Luces LED                                                                            |
| Luminosidad                            | 1000 cd/m <sup>2</sup> directamente conectado                                        |
| <b>Generación de pulsos</b>            | Pantalla antirreflejo                                                                |
| <b>Amplitud de pulso</b>               | Unipolar                                                                             |
| <b>Ancho de pulso</b>                  | Fija de 50 V                                                                         |
| <b>Rango de medición X<sub>r</sub></b> | 20 ns ... 10 µs                                                                      |
| <b>Resolución</b>                      | 20 m... 160 km a VOP = 80 m/µs                                                       |
| <b>Precisión</b>                       | 0,1 m a VOP = 80 m/µs                                                                |
| <b>Precisión de la base de tiempo</b>  | 0,1%                                                                                 |
| <b>Tasa de datos</b>                   | 100 ppm                                                                              |
| <b>Rango dinámico</b>                  | Superior a 400 MHz                                                                   |
| <b>ProRange</b>                        | Más que 96 dB                                                                        |
|                                        | Más que 22 dB (disminución de la distancia)                                          |
| <b>Velocidad de propagación</b>        | 10... 149,9 m/µs                                                                     |
|                                        | VOP configurable en m/µs, pies/µs o nvp)                                             |
| <b>Impedancia de salida</b>            | 50 Ω                                                                                 |
|                                        | No se requiere compensación interna                                                  |
| <b>Activador ARM®</b>                  | Tecnología de activador                                                              |
|                                        | ΔU con ajuste automático                                                             |
| <b>Tensión externa</b>                 | < 400 V, solo con filtro de separación                                               |
| <b>Memoria</b>                         | 4 GB para el programa y los datos                                                    |
| <b>Conexiones</b>                      | USB, BNC, CAN                                                                        |
| <b>Clase de protección</b>             | IP65 cerrada, IP54 abierta                                                           |
| <b>Batería</b>                         | Batería recargable de iones de litio de 12 V                                         |
|                                        | Protección contra sobrecarga                                                         |
|                                        | Protección contra descargas profundas                                                |
|                                        | Cargador inteligente 110... 240 V, 50/60 Hz, 10... 17 V CC, 3,8 A                    |
|                                        | 6 horas de tiempo de funcionamiento con carga completa, 4 horas de tiempo de recarga |
| <b>Dimensiones</b>                     | 362 x 195 x 305 mm                                                                   |
| <b>Peso</b>                            | 7,8 kg                                                                               |
| <b>Temperatura de funcionamiento</b>   | -10 °C... +50 °C                                                                     |
| <b>Temperatura de almacenamiento</b>   | -20 °C... +60 °C                                                                     |

#### EL TELEFLEX SX-1 ES COMPATIBLE CON LAS SIGUIENTES TECNOLOGÍAS DE LOCALIZACIÓN DE FALLAS:

- Todos los métodos de reflexión de arco
- Multidisparo ARM®, grabación ARM® (grabación de reflexión de arcos activa)
- ICE (del inglés *Impulse Current Decoupling*, desacoplamiento de corriente de impulso) y bude activado y desactivado
- DECAY (desacoplamiento de tensión)
- Comparación de fases y medición de diferencias
- Medición simétrica y asimétrica
- Modo IFL para fallas intermitentes

\*La información en este documento está sujeta a cambios sin previo aviso y no se debe interpretar como un compromiso de Megger.  
Megger no asume ninguna responsabilidad de errores que se encuentren en este documento.

#### RESUMEN DE LOS BENEFICIOS Y LAS CARACTERÍSTICAS

- Gran pantalla táctil en color legible a la luz del sol de 10,1"
- Es fácil de operar gracias a su interfaz de usuario intuitiva y simple de gráfico circular
- Modo de medición inteligente automático sin necesidad de intervención del usuario, pero con control experto completo cuando se necesite
- Tecnología de multidisparo ARM®: Se capturan 15 trazos de fallas de alta tensión por cada medición de reflexión de arco
- Tecnología ProRange: Disminución de la atenuación en función de la distancia de más de +22 dB para una medición mejorada de los cambios de impedancia lejanos
- Compatibilidad optimizada de todos los métodos de reflexión de arco mediante el activador Delta-U o el activador de extremo alto-bajo
- Modo TDR bifásico y visualización de hasta 6 trazos de manera simultánea, ideal para la comparación de fases
- Reconocimiento automático de extremos de cables y marcado de la posición de las fallas
- Compatible con todos los sistemas de localización de fallas (dispositivos de generación de impulsos)
- Funciona con batería de iones de litio
- Medición de alta calidad con velocidad de datos muy rápida de más de 400 MHz
- Ya no se requiere compensación de impedancia de salida interna
- Almacenamiento automático de todos los datos de medición y memoria de gran tamaño para almacenar >100 000 mediciones de radar
- Puerto USB para la transferencia de datos de exportación/ importación e impresión de protocolos a través del paquete de software Reporting Edition
- Diversas versiones de idiomas diferentes disponibles

#### OPCIONES

- Filtro de separación TF-VX (para el funcionamiento en circuitos con corriente de hasta 600 V, CAT IV)
- Identificación de descarga parcial

#### INFORMACIÓN SOBRE PEDIDOS

| Producto                                    | N.º de pedido |
|---------------------------------------------|---------------|
| Conjunto de ventas de Teleflex SX-1-VS      | 1012747       |
| Certificado de calibración de Teleflex SX-1 | 90029860      |
| Filtro de separación de TF-VX               | 101520        |

OFICINA COMERCIAL  
Megger  
4545 West Davis St.  
Dallas, TX 75211  
T. 1-214 330 3293  
E. csales@megger.com

TELEFLEX SX-1\_DS\_ESLA\_V03  
www.megger.com  
ISO 9001  
La palabra "Megger" es una marca registrada.

**Megger.**

Figura 93. Ficha técnica Tleflex SX-1. Tomado de Megger (2025d)

### Anexo 3: Ficha Técnica equipo EZ-THUMP de 3 kV y 4 kV

## EZ-THUMP™ de 3 kV y 4 kV, modelos V3

### Sistemas portátiles de localización de fallas en cables de baja tensión





- Energía de descarga del capacitor en dos etapas 500 J a 1,5 kV y 3,0 kV a modelo 3 kV
- Energía de descarga del capacitor en una etapa 500 J a 4 kV a modelo 4 kV
- Corriente de preacondicionamiento máx. de 94 mA, en función de la tensión
- Sistema portátil compacto y liviano, 34 kg
- Operación desde batería o línea de CA; batería reemplazable en el campo
- Ubicación automática el final del cable, localización de la falla, seccionalización
- TDR LV permite prelocalizar fallas de muy baja resistencia
- Función Multishot en modo ARM para una captura óptima de fallas de descarga en cables de baja y media tensión
- Localización precisa de fallas de alta y media resistencia de cables
- Localización de fallas a tierra
- Medición de resistencia de aislamiento
- Característica de seguridad F-OHM para conexión confiable a tierra
- Interfaz para la caja para desconexión de EMERGENCIA a distancia
- Pantalla a color 7" HiBrite con alta visibilidad en exteriores

---

#### DESCRIPCIÓN

El nuevo EZ-Thump de dos etapa de 3 kV es el primero de su clase en todo el mercado y, en conjunto con la unidad actualizada de una etapa de 4 kV, son sistemas de localización de fallas en cables portátiles, compactos y livianos, operados por batería y alimentación de CA especialmente diseñados para la localización de fallas de cables de potencia de baja tensión con blindaje y sin blindaje. La versión más reciente V3 incluye tecnología Multishot para realizar la localización previa mediante ARM.

Con a su carcasa portátil, resistente y adecuada para intemperie en condiciones húmedas, estas unidades son ideales para todas las operaciones típicas de localización de fallas en cables de baja tensión ya sea en aplicaciones industriales hasta 5 kV, en alumbrado público o en circuitos de potencia de baja tensión en la industria de los servicios públicos

El modelo EZT3DV3 es la única unidad de 3 kV de dos etapas en el mercado adecuada para cables de baja tensión con especificaciones de 600 V o 1000 V y un nivel de prueba máximo permisible de 3 U<sub>0</sub> (1,8 kV o 3 kV).

Las unidades EZ-Thump ofrecen:

- Método TDR para prelocalizar fallas de muy baja resistencia en cables.
- Método de reflexión en arco (ARM®) para prelocalización de fallas de alta resistencia/descarga disruptiva.
- Generador de pulsos de 500 julios de dos etapas para localización precisa de fallas de alta resistencia a 0-1,5 kV o 0-3 kV (modelo de 3 kV) o con 500 julios en etapa única a 0-4 kV (modelo de 4 kV).
- Prueba de 0-1,5/0-3 kV o 0-4 kV para la detección de ruptura.
- Medida de Hipot de CC de 0-1,5 kV/0-3 kV o monoetápico de 0-4 kV, temporización de 1 a 30 minutos, con indicación de la resistencia del aislamiento
- Prueba de cubierta y localización de fallas en cubiertas.
- Localización de fallas a tierra en cables de BT/no blindados
- Medición en dos etapas (rangos) 0-1,5 kV/0-3 kV o de etapa única de 0-4 kV CC.

**Figura 94. Ficha técnica EZ-THUMP de 3kV y 4kV.** Tomado de Megger (2025b)

**EZ-THUMP™ de 3 kV y 4 kV, modelos V3**

**Sistemas portátiles de localización de fallas en cables de baja tensión**

#### **APLICACIONES**

##### **Medida (medición de aislamiento, prueba de cubierta)**

Se usa para probar la resistencia dieléctrica del aislamiento del cable o cubierta del cable y, si en la medida se detecta una falla, determinar la tensión de ruptura. Con tal fin, se aplica una tensión de prueba de hasta 1,5 kV, 3 kV o 4 kV al cable bajo prueba para indicar el valor de la resistencia.

##### **Prelocalización de la falla**

Después de identificar el tipo de falla como de alta resistencia/descarga disruptiva, se puede prelocalizar la falla en cualquier cable de neutro concéntrico de baja tensión usando ARM. En ARM, el arco eléctrico de la descarga disruptiva crea un "puente" temporal al neutro. Durante esta condición, se realiza una medición TDR estándar en lo que básicamente es una falla de cortocircuito que brinda una reflexión negativa en el lugar de la falla. Los cables de baja tensión no blindados de múltiples conductores con el mismo tipo de falla se pueden procesar típicamente de la misma manera (fase a fase o fase a neutro).

Las fallas identificadas como de baja resistencia/sin descarga disruptiva, ya sea en cables con blindaje o sin blindaje, se pueden prelocalizar usando el método TDR.

##### **Localización precisa de fallas**

La localización exacta de fallas de alta resistencia se logra utilizando el método de "trueno y rayo" donde se usan el generador de impulsos (thumper) de 500 julios de una etapa de 4 kV o de dos etapas de 3 kV y un receptor acústico/electromagnético.

La localización precisa de fallas de baja resistencia en cables sin blindaje requiere el localizador digital de fallas a tierra ESG NT2 adicional con o sin bastidor opcional en "A". La localización precisa de fallas se logra usando el método del gradiente de tensión. El potencial del gradiente de tensión aumenta a medida que se aproxima a la falla, y decrece con polaridad invertida después de pasar la falla. El cambio de polaridad permite la localización precisa de la falla.

#### **CARACTERÍSTICAS**

- Además del modo experto, el modo "quick-step" (acelerado) combinado con la sencilla interfaz de usuario (GUI) de E-Tray, es especialmente conveniente para operadores que no usan el equipo periódicamente.
- El procedimiento de localización automática de fallas se inicia con una medición de alta tensión y continúa con la prelocalización y la localización precisa.
- Operación de la unidad por medio de la interfaz de usuario de E-Tray y de una perilla de control rotativa.
- Detección automática de extremo del cable y distancia a la falla.
- Seccionalización automática (para mercados específicos).
- Detección automática de ruptura.
- Prueba de cubierta / localización falla del secundario (configurable por el usuario).
- Control de voltaje manual (configurable por el usuario).
- Interbloqueo de alta tensión F-OHM para detectar conexiones a tierra indebidas
- Operación desde batería interna o desde una fuente de CA, o carga de la batería simultánea con la operación desde CA.
- Carcasa robusta, liviana, resistente a altos impactos e intemperie, diseñada para IP53.



EZ3DV3 con estructura de montaje permanente. Ver configurador en la siguiente página, identificador WK.

**Figura 95. Ficha técnica EZ-THUMP de 3kV y 4kV.** Tomado de Megger (2025b)

| EZ-THUMP™ de 3 kV y 4 kV, modelos V3                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                              |                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sistemas portátiles de localización de fallas en cables de baja tensión |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                              |                                                                                                                          |
| <b>DATOS TÉCNICOS*</b>                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                              |                                                                                                                          |
| <b>Prueba</b>                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>Suministro</b>                                                            |                                                                                                                          |
| Salida                                                                  | 0 - 1,5/0 - 3 kV, 94/47 mA CC<br>0 - 4 kV, 35 mA CC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Batería                                                                      | Batería interna de NiMH 24 V 5 AH, aprox. 30 - 60 minutos de potencia. Aproximadamente 3 h de tiempo de recarga          |
| <b>Prelocalización</b>                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Línea de CA                                                                  | 100 - 230 V CA ±50/60 Hz                                                                                                 |
| TDR                                                                     | Fase a neutro, fase a fase, comparación en pantalla de hasta 226 pares<br>Rango: hasta 52 km<br>Velocidad de muestreo: 100 Mhz<br>Resolución: 0,8 m a 80 m/μs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>Seguridad</b>                                                             | Parada de emergencia<br>Interruptor estándar de interbloqueo con llave (disponible sin llave)                            |
| Reflexión del arco                                                      | Sobretensión de activación única, Multishot TDR, 0-1,5/0-3 kV<br>Sobretensión de activación única, Multishot TDR, 0-4 kV                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                              | Interbloqueo F-DHM para detección/ indicación de "tierra adecuada"<br>Interfaz para caja de APAGADO remoto de EMERGENCIA |
| <b>Localización precisa de fallas</b>                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>Condiciones ambientales</b>                                               |                                                                                                                          |
| Impulso                                                                 | 0 - 1,5/3,0 kV a 500 J<br>0 - 4 kV a 500 J                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Temperatura de operación                                                     | -20°C a +50° C                                                                                                           |
| Secuencia de impulsos                                                   | 5-10 segundos o disparo único                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Temperatura de almacenamiento                                                | -25°C a +70° C                                                                                                           |
| <b>Pantalla</b>                                                         | 17,78 cm<br>LCD color TFT HiBrite de 1280 x 800 px                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Clasificación IP</b>                                                      | IP53 (con tapa abierta)                                                                                                  |
| <b>Memoria</b>                                                          | 100 trazas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Peso</b>                                                                  | 32 - 34 kg                                                                                                               |
| <b>Interfaz</b>                                                         | Puerto USB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Dimensiones</b><br>(incluido bolsillo de cables montado encima de equipo) | 35,5 x 28 x 64 mm                                                                                                        |
| <b>Cables provistos</b>                                                 | Cable blindado flexible para alta tensión de 4,5 m; cable opcional de 15 m<br>Cable de seguridad de conexión a tierra de 4,5 m; cable opcional<br>Juego de cables de alimentación de red de 1,8 m (enchufe EE. UU./ Schuko/Reino Unido)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                              |                                                                                                                          |
| <b>Terminaciones</b>                                                    | <b>Nueva interfaz de baja tensión T9</b><br>Todas las unidades EZ-THUMP tendrán, independientemente del territorio de ventas regional, una conexión hembra MC de 10 mm para salida de alta tensión y una conexión macho MV de 10 mm para retorno de alta tensión, denominado interfaz alta tensión T9<br><br>Todas las unidades EZ-THUMP requieren uno de los 2 kits de terminación obligatorios, que deben ser pedidos como un segundo artículo (jón forman parte del número de modelo!)<br><br>Para el mercados norteamericano, P/N 1015-525-US se opera típicamente de forma "hotstick".<br><br>Para todos los demás mercados internacionales, el P/N 1015-526-AOC se opera típicamente de forma "manual". |                                                                              |                                                                                                                          |

Figura 96. Ficha técnica EZ-THUMP de 3kV y 4kV. Tomado de Megger (2025b)

**EZ-THUMP™ de 3 kV y 4 kV, modelos V3**

**Sistemas portátiles de localización de fallas en cables de baja tensión**

| INFORMACIÓN PARA PEDIDOS                                                                                                                                                                                     |                                                                                          |           |           |   |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|---|--------------|
| <b>MODELO EZT3DV3-<br/>MODELO EZT4V3-</b>                                                                                                                                                                    |                                                                                          | <b>YY</b> | <b>T9</b> |   |              |
| SELECCIONE LA LONGITUD DE CABLE                                                                                                                                                                              | Cable estándar 4,5 m                                                                     | 15        |           |   |              |
|                                                                                                                                                                                                              | Cable a medida 15 m                                                                      | 50        |           |   |              |
| SELECCIONE OPCIÓN DE SOFTWARE                                                                                                                                                                                | Software de seccionalización (Patente HDW EE. UU. 86.683.459 B2)                         |           |           | S |              |
| *CARRO DE DE FIJACIÓN PERMANENTE                                                                                                                                                                             | Proporciona un carro de fijación permanente con manija telescópica y neumáticos con aire |           |           |   | WK           |
| ENTREGA SIN INTERRUPTOR CON LLAVE DE SEGURIDAD ( <i>compruebe si lo permiten las normas de seguridad locales</i> )                                                                                           |                                                                                          |           |           |   | P            |
| <b>Seleccione uno de los kits de terminación de cable obligatoria</b>                                                                                                                                        |                                                                                          |           |           |   |              |
| Norteamérica (US, CA, MX) Kit de terminación, pinzas de línea directa con interfaz T9 MC para AT y retorno de AT, pinza de línea directa para seguridad a tierra                                             |                                                                                          |           |           |   | 1015-525-US  |
| Para todos los demás países: Kit de terminación, HV con conexión hembra MC de 10 mm, retorno HV con conexión macho MC de 10 mm, abrazaderas de batería con interfaz T9 MC, abrazadera de seguridad a tierra. |                                                                                          |           |           |   | 1015-526-AOC |
| <b>Accesorios opcionales</b>                                                                                                                                                                                 |                                                                                          |           |           |   |              |
| Conector T9 de codo de 15 kV con macho de 10 mm                                                                                                                                                              |                                                                                          |           |           |   | 1013-514     |
| Conector T9 de codo de 25 kV con macho de 10 mm                                                                                                                                                              |                                                                                          |           |           |   | 1013-515     |
| Conector T9 de codo de 35 kV con macho MC de 10 mm, de cobre                                                                                                                                                 |                                                                                          |           |           |   | 1013-516     |
| Conector T9 de codo de 35 kV con macho MC de 10 mm, Elastomold                                                                                                                                               |                                                                                          |           |           |   | 1013-517     |
| Control de parada de EMERGENCIA remoto                                                                                                                                                                       |                                                                                          |           |           |   | 2010012      |
| Cable de conexión para el control de parada de EMERGENCIA remoto                                                                                                                                             |                                                                                          |           |           |   | 890024896    |

\*El kit de preparación admite cables de 4,5 m o de 15 m de longitud

**OFICINA COMERCIAL**  
Megger USA  
4545 West Davis St.  
Dallas, Texas 75211 EE.UU.  
T. +800 723 2861 (EE.UU)  
T. +1 214 330 3293  
E. csasales@megger.com

**EZ-ThumpModelV3\_3-4kV\_DS\_ESLA\_V07**  
www.megger.com  
ISO 9001  
La palabra "Megger" es una marca registrada.

**Figura 97. Ficha técnica EZ-THUMP de 3kV y 4kV. Tomado de Megger (2025b)**

## Anexo 4: Ficha Técnica DigiPHONE+2

**digiPHONE+2**  
Receptor de ondas de choque para la localización  
acústica y electromagnética de fallas





- Localización acústico-magnética de fallas de cable
- Mayor inmunidad acústica al ruido
- Filtración automática de señales de interferencia
- Ajuste automático de todos los parámetros, sin necesidad de ajustes
- Opcional: Audífonos Bluetooth®
- Opcional: localización de la tensión de paso (conjunto NT)
- Opcional: trazado de cables (conjunto NTRX)



---

**DESCRIPCIÓN**

El nuevo digiPHONE+2:

Gracias a su combinación de diferentes métodos de reducción eficiente de ruido, el dispositivo ofrece una acústica perfecta que permite escuchar solo el ruido de la falla.

**Las Tecnologías de la serie digiPHONE+2:**

**BNR: Reducción del ruido de fondo**

La nueva e inteligente tecnología de reducción del ruido de fondo (BNR, del inglés Background Noise Reduction), mediante su filtración y supresión de ruido de fondo, produce una experiencia acústica sin alteraciones, que solo envía el sonido de la falla a sus oídos.

**APM: Silenciador automático por proximidad**

Cuando se acerca la mano al mango del sensor, el sonido se detiene antes de que la mano lo toque, sin chasquidos ni golpes violentos. Después de que el sensor se vuelve a bajar, los auriculares tardan unos momentos en activarse, con el fin de garantizar que el sensor del digiPHONE+ se encuentre en una posición estable y se hayan detenido todas las posibles oscilaciones mecánicas.

**Brújula de cables**

La brújula de cables [1] permite visualizar la ruta y mantener al usuario con seguridad sobre el cable. La brújula (línea verde) no solo indica si se está a la izquierda o a la derecha del cable, sino también en qué ángulo pasa el cable respecto del sensor.

**Flecha de falla**

La flecha de falla [2] indica en qué dirección se encuentra la falla. Se puede seleccionar si la distancia de la falla se define en milisegundos, metros o pies.

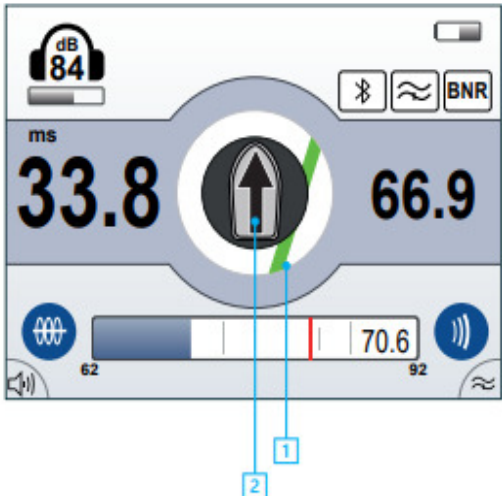


Figura 98. Ficha técnica DigiPHONE+2. Tomado de Megger (2025a)

### Conjunto digiPHONE+2 NT

#### digiPHONE+2 varillas de conexión a tierra ESG



#### Funciones avanzadas del conjunto digiPHONE+2 NT

Además de la localización acústico-magnética de fallas de cable, este conjunto también permite la localización de fallas de cubiertas de cables mediante el método de tensión de paso.

- Supresión automática de potenciales externos
- Adaptación automática a la tensión de medición
- Detección automática de pulsos
- Ajuste automático del punto cero
- Sensibilidad de medición en un rango de  $\mu V$
- Fijación del cable a la varilla de conexión a tierra aislada y divisible

**Auriculares Bluetooth®  
incluidos en el kit**

### Conjunto digiPHONE+2 NTRX

#### digiPHONE+2, varillas de conexión a tierra ESG y receptor Ferrolux



#### Funciones avanzadas del conjunto digiPHONE+2 NTRX

Además de las funciones del conjunto NT, este conjunto permite el uso de enrutamiento y trazado de cables experto.

- Brújula de cables para determinar la posición del cable
- Visualización continua de la profundidad y el amperaje del tendido
- Detección de la dirección de la corriente
- Escaneo de la frecuencia
- Sensor ligero (900 g)
- Modo de sonda
- Opcional: Generadores de audiofrecuencia de 12 W, 50 W y 200 W

**Auriculares Bluetooth®  
incluidos en el kit**

Figura 99. Ficha técnica DigiPHONE+2. Tomado de Megger (2025a)

| DATOS TÉCNICOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Unidad de control</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                     |
| Unidad de visualización                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Pantalla TFT en color, 320 x 240 píxeles                                                                                                                            |
| Suministro de energía                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 6 baterías de 1,5 V                                                                                                                                                 |
| Memoria de valores medidos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 99 series de medición con 99 puntos de medición                                                                                                                     |
| Interfaces                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Bluetooth® para emparejamiento con el receptor GPS y tomas de conexión de audífonos para el sensor Ferrolux Rx o digiPHONE+2<br>Tomas de 4 mm para sondas de tierra |
| Tiempo de operación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | >15 horas                                                                                                                                                           |
| Clase de protección                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | IP 54                                                                                                                                                               |
| Dimensiones (Al. x An. x Pr.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 65 x 225 x 100 mm                                                                                                                                                   |
| Peso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0,9 kg (incl. las baterías)                                                                                                                                         |
| <b>Micrófono de suelo (tipo digiPHONE+2)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                     |
| Seguridad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Limitación acústica de 84 dB (A)                                                                                                                                    |
| Ganancia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | > 120 dB                                                                                                                                                            |
| Dimensiones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 230 mm de diámetro, 140 mm de altura                                                                                                                                |
| Longitud de la barra de transporte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 450 a 750 mm (ajustable)                                                                                                                                            |
| Peso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2,2 kg (incl. mango telescópico)                                                                                                                                    |
| Rango dinámico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Canal acústico > 110 dB                                                                                                                                             |
| Clase de protección                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | IP 65                                                                                                                                                               |
| <b>Varillas de conexión a tierra (ESG NT)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                     |
| Sensibilidad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 5 µV ... 200 V                                                                                                                                                      |
| Supresión del ruido                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 50/60 Hz, 16 2/3 Hz, CC                                                                                                                                             |
| Ajuste del punto cero                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Automático                                                                                                                                                          |
| Reconocimiento de tasa de pulso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Automático                                                                                                                                                          |
| Longitud de las varillas de conexión a tierra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1 m (divisibles y aisladas)                                                                                                                                         |
| Peso de las varillas de conexión a tierra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | por 0,8 kg                                                                                                                                                          |
| Longitud del cable de conexión                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2 m                                                                                                                                                                 |
| <b>Ferrolux Rx: receptor de audiofrecuencia</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                     |
| Frecuencias de recepción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 50 Hz, 60 Hz, 100 Hz, 120 Hz, 480 Hz, 491 Hz, 512 Hz, 640 Hz, 982 Hz, 1090 Hz, 1450 Hz, 8440 Hz, 9800 Hz, 9820 Hz, 32768 Hz<br>Radio (15 kHz ... 23 kHz), 32768 Hz  |
| Rango dinámico                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 120 dB                                                                                                                                                              |
| Sensibilidad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 5 µA a 1 m (33 kHz)                                                                                                                                                 |
| Profundidad máxima                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Línea: 7 m<br>Sonda: 15 m                                                                                                                                           |
| Exactitud de la profundidad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Línea 5% de 0,1 ... 2 m<br>Sonda 5% de 0,1 ... 5 m                                                                                                                  |
| Exactitud de la medición de corriente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 10%                                                                                                                                                                 |
| Dimensiones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 730 x 100 x 45 mm                                                                                                                                                   |
| Rango de temperatura operacional                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | -20 ... +55 °C                                                                                                                                                      |
| Temperatura de almacenamiento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -30 ... +70 °C                                                                                                                                                      |
| Clase de protección                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | IP 54                                                                                                                                                               |
| INFORMACIÓN SOBRE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                     |
| Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | N.º de pedido                                                                                                                                                       |
| <b>digiPHONE+2</b><br>Incluye lo siguiente: unidad de visualización de digiPHONE+2, unidad del sensor digiPHONE+2, cable del sensor, mango telescópico, punta de medición de 18 mm, punta de medición de 75 mm, trípode, placa de base, placa de base con bitumen, cable del sensor, audífonos estéreo, 6 baterías de 1,5 V, bolsa de transporte, inserto para bolsa de transporte    | 1013124                                                                                                                                                             |
| <b>Conjunto digiPHONE+2 NT Set</b><br>Conjunto digiPHONE+2 y accesorios adicionales:<br>2 varillas de conexión, 2 esponjas de contacto para varillas de conexión a tierra, bolsa adicional para varillas de conexión a tierra, cable de prueba de 2 m (rojo con conector en ángulo), cable de prueba de 2 m (negro con conector en ángulo), Auriculares Sennheiser (Bluetooth® y ANC) | 1013126                                                                                                                                                             |
| <b>Conjunto digiPHONE+2 NTRX</b><br>Conjunto digiPHONE+2 NT y accesorios adicionales:<br>unidad de sensor Ferrolux® IFS, cable de conexión Ferrolux® IFS para la unidad de visualización                                                                                                                                                                                              | 1013168                                                                                                                                                             |
| <b>Opciones:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                     |
| Auriculares Sennheiser (Bluetooth® y ANC) <sup>1)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 90044694                                                                                                                                                            |
| Soporte de pared para la unidad de visualización de digiPHONE+2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 118303215                                                                                                                                                           |
| Soporte de pared para la unidad del sensor de digiPHONE+2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 118303214                                                                                                                                                           |
| Soporte de piso para la unidad del sensor de digiPHONE+2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 118303237                                                                                                                                                           |
| Punta de medición de 300 mm para digiPHONE+2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 890026254                                                                                                                                                           |
| Punta de medición de 130 mm para digiPHONE+2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 899006926                                                                                                                                                           |
| Soporte de pared para las varillas de conexión a tierra del conjunto NT                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 898722056                                                                                                                                                           |
| Soporte de piso para las varillas de conexión a tierra del conjunto NT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 128309944                                                                                                                                                           |
| Dos esponjas de contacto para las varillas de conexión a tierra del conjunto NT                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 128308944                                                                                                                                                           |
| Antena de lectura para la identificación de cables Ferrolux® IFA para el conjunto NTRX                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1011682                                                                                                                                                             |
| Compartimento para insertar batería para bloque de 9 V (ion de litio)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 90023868                                                                                                                                                            |
| <b>Generadores de señales recomendados para el juego NTRX:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                     |
| Ferrolux® FLG12, generador de audiofrecuencia de 12 W                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1012522                                                                                                                                                             |
| Ferrolux® FLG50, generador de audiofrecuencia de 50 W                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1012965                                                                                                                                                             |
| <sup>1)</sup> incluidos en los conjuntos NT y NTRX                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                     |
| La información contenida en este documento está sujeta a cambios sin previo aviso y no debe interpretarse como un compromiso de Megger Alemania. Megger Alemania no asume ninguna responsabilidad por los errores que puedan aparecer en este documento.                                                                                                                              |                                                                                                                                                                     |
| <b>OFICINA COMERCIAL</b><br>Megger<br>4545 West Davis St.<br>Dallas, Texas 75211 EE.UU.<br>T. +800 723 2861 (EE.UU.)<br>T. +1 214 330 3293<br>E. csasales@megger.com                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                     |
| <b>DIGIPHONE-PLUS-2_DS_ESLA_V01d</b><br>www.megger.com<br>ISO 9001<br>La palabra "Megger" es una marca registrada.                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                     |

Figura 100. Ficha técnica DigiPHONE+2. Tomado de Megger (2025a)

## Anexo 5: Empalme resina liquida RELICON

### Straight-through cable joints without connectors

#### RELICON i-Line SF with PUR 33

RELICON straight-through joints are made for installations in low-voltage electrical networks. They are suitable for jointing on polymeric cables and wires made of PVC, XLPE, PE, EPR and utility cables.

Application: Connections in industrial buildings, power supply in the ground, outdoors and underwater.

#### Features and benefits

- Colour changes from blue to green whilst mixing
- Two-part, impact-proof, transparent moulding shells
- Compact, optimized dimensions
- Standard cable diameters indicated on the shells
- Safe-Filling system (SF)
- Immediately ready for use
- Longitudinally and transversely watertight
- Joint can be submerged directly after casting

#### Content of Set / Kit

- Cast resin PUR 33
- Two-chamber pouch, transparent
- Moulding shells, transparent
- SF-system and nozzle
- Protective gloves, emery cloth, installation instructions
- HelaTape vinyl electrical tape
- Spacer for max. 5 core cable (i-1 to i-4)

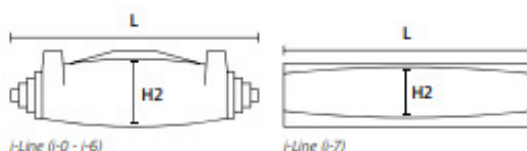


Straight-through joints i-Line SF (safe-filling) / Straight through joints i-A Line SF (safe-filling) – Armoured.

|                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| <b>MATERIAL</b>              | Polyurethane resin (PUR) |
| <b>Colour</b>                | Green (GN)               |
| <b>Operating Temperature</b> | -25 °C to +120 °C        |
| <b>Storage Temperature</b>   | +4 °C to +40 °C          |
| <b>Shelf Life</b>            | 48 months                |

RoHS

**Without connector!**



i-Line (i-0 - i-6)

i-Line (i-7)

| TYPE       | Ø Main Cable | Main Cable mm <sup>2</sup><br>min - max |         | Length (L) | Height (H2) | Resin Quantity     | Article-No. |
|------------|--------------|-----------------------------------------|---------|------------|-------------|--------------------|-------------|
| i-0 / SF   | 6-16         | 3 x 1.5                                 | 5 x 2.5 | 182.0      | 25.0        | 95 ml/130 g        | 435-00080   |
| i-1 / SF   | 6-24         | 3 x 1.5                                 | 5 x 6   | 190.0      | 36.0        | 165 ml/226 g       | 435-00081   |
| i-1.5 / SF | 6-24         | 3 x 1.5                                 | 5 x 10  | 215.0      | 39.0        | 220 ml/301 g       | 435-00088   |
| i-2 / SF   | 14-32        | 5 x 1.5                                 | 5 x 16  | 276.0      | 49.0        | 400 ml/548 g       | 435-00082   |
| i-3 / SF   | 21-39        | 5 x 10                                  | 5 x 35  | 360.0      | 54.0        | 655 ml/897 g       | 435-00083   |
| i-4 / SF   | 28-50        | 4 x 25                                  | 4 x 95  | 400.0      | 69.0        | 1140 ml/1562 g     | 435-00084   |
| i-5 / SF   | 33-62        | 4 x 50                                  | 4 x 150 | 520.0      | 100.0       | 2 x 1450 ml/1987 g | 435-00085   |
| i-6 / SF   | 48-80        | 4 x 150                                 | 4 x 240 | 700.0      | 128.0       | 4 x 1640 ml/2247 g | 435-00086   |
| i-7 / SF   | 55-77        | 4 x 185                                 | 4 x 400 | 870.0      | 140.0       | 5 x 1950 ml/2672 g | 435-00087   |

All dimensions in mm. Subject to technical changes.

**HellermannTyton**

Further information at [www.HellermannTyton.com/relicon-bro20](http://www.HellermannTyton.com/relicon-bro20)

Figura 101. Ficha técnica Empalme resina liquida RELICON. Tomado de (HELLERMANN TYTON, n.d.)

### Branch cable joints

#### RELICON Y-Line SF with PUR 33

RELICON branch joints are made for installations in low-voltage electrical networks. They are suitable for jointing on polymeric cables and wires made of PVC, XLPE, PE, EPR and utility cables.

Application: Connections in industrial buildings, power supply in the ground, outdoors and in the water.

#### Features and benefits

- Two-part, impact-proof, transparent moulding shells
- Compact, optimized dimensions
- Standard cable diameters indicated on the shells
- SF-system
- Immediately ready for use
- Longitudinally and transversely watertight
- Joint can be cast under influence of water

#### Content of Set / Kit

- Cast resin PUR 33
- Two-chamber pouch, transparent
- Moulding shells, transparent
- SF-system and nozzle
- Protective gloves, emery cloth, installation instructions
- HelaTape vinyl electrical tape



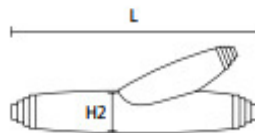
Branch joint Y-Line SF (safe filling) / Branch joint Y-A Line SF (safe filling) – Armoured.

|                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| <b>MATERIAL</b>              | Polyurethane resin (PUR) |
| <b>Colour</b>                | Green (GN)               |
| <b>Operating Temperature</b> | -25 °C to +120 °C        |
| <b>Storage Temperature</b>   | +4 °C to +40 °C          |
| <b>Shelf Life</b>            | 48 months                |

RoHS



**Without  
branch connector!**



Y-Line

| TYPE     | Ø Main Cable | Main Cable mm <sup>2</sup> min - max |         | Ø Branch Cable | Angle | Branch Cable mm <sup>2</sup> min - max |        | Length (L) | Height (H2) | Resin Quantity     | Article-No. |
|----------|--------------|--------------------------------------|---------|----------------|-------|----------------------------------------|--------|------------|-------------|--------------------|-------------|
| Y-0 / SF | 8-24         | 3 x 1.5                              | 4 x 10  | 8-24           | 30 °  | 3 x 1.5                                | 4 x 4  | 190.0      | 60.0        | 240 ml/329 g       | 435-12063   |
| Y-1 / SF | 6-26         | 3 x 1.5                              | 5 x 10  | 6-26           | 30 °  | 3 x 1.5                                | 5 x 6  | 205.0      | 70.0        | 490 ml/671 g       | 435-12064   |
| Y-2 / SF | 25-42        | 4 x 16                               | 5 x 25  | 15-36          | 20 °  | 4 x 6                                  | 5 x 16 | 350.0      | 98.0        | 1445 ml/1980 g     | 435-12065   |
| Y-3 / SF | 10-40        | 4 x 16                               | 5 x 16  | 13-28          | 20 °  | 4 x 10                                 | 5 x 10 | 330.0      | 90.0        | 955 ml/1308 g      | 435-12066   |
| Y-5 / SF | 35-51        | 4 x 25                               | 4 x 150 | 17-33          | 15 °  | 4 x 10                                 | 4 x 50 | 298.0      | 120.0       | 2045 ml/2802 g     | 435-12067   |
| Y-6 / SF | 30-58        | 4 x 95                               | 4 x 185 | 17-42          | 20 °  | 4 x 10                                 | 4 x 70 | 430.0      | 130.0       | 2 x 1450 ml/1987 g | 435-12068   |

All dimensions in mm. Subject to technical changes.

**HellermannTyton**

Further information at [www.HellermannTyton.com/relicon-bro20](http://www.HellermannTyton.com/relicon-bro20)

Figura 102. Ficha técnica Empalme resina liquida RELICON. Tomado de (HELLERMANNTYTON (n.d.)

# Branch cable joints

## RELICON T-Line SF with PUR 33

RELICON branch joints are made for installations in low-voltage electrical networks. They are suitable for jointing on polymeric cables and wires made of PVC, XLPE, PE, EPR and utility cables.

Application: Connections in industrial buildings, power supply in the ground, outdoors and in the water.

### Features and benefits

- Two-part, impact-proof, transparent moulding shells
- Compact, optimized dimensions
- Standard cable diameters indicated on the shells
- SF-system
- Immediately ready for use
- Longitudinally and transversely watertight
- Joint can be cast under influence of water

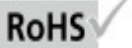
### Content of Set / Kit

- Cast resin PUR 33
- Two-chamber pouch, transparent
- Moulding shells, transparent
- SF-system and nozzle
- Protective gloves, emery cloth, installation instructions
- HelaTape vinyl electrical tape

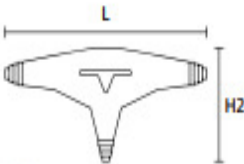


Branch joint T-Line SF (safe filling) / Branch joint T-A Line SF (safe filling) – Armoured.

|                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| <b>MATERIAL</b>              | Polyurethane resin (PUR) |
| <b>Colour</b>                | Green (GN)               |
| <b>Operating Temperature</b> | -25 °C to +120 °C        |
| <b>Storage Temperature</b>   | +4 °C to +40 °C          |
| <b>Shelf Life</b>            | 48 months                |



**Without branch connector!**



T-Line

| TYPE     | Ø Main Cable | Main Cable mm <sup>2</sup> min - max |         | Ø Branch Cable | Angle | Branch Cable mm <sup>2</sup> min - max |        | Length (L) | Height (H2) | Resin Quantity     | Article-No. |
|----------|--------------|--------------------------------------|---------|----------------|-------|----------------------------------------|--------|------------|-------------|--------------------|-------------|
| T-1 / SF | 16-26        | 5 x 10                               | 3 x 1.5 | 8-24           | 90 °  | 5 x 6                                  | 5 x 6  | 276.0      | 177.0       | 455 ml/623 g       | 435-12069   |
| T-2 / SF | 25-32        | 5 x 16                               | 5 x 1.5 | 8-24           | 90 °  | 5 x 10                                 | 5 x 10 | 380.0      | 225.0       | 2045 ml/2802 g     | 435-12070   |
| T-3 / SF | 29-40        | 5 x 50                               | 5 x 6   | 8-24           | 90 °  | 5 x 16                                 | 5 x 16 | 520.0      | 205.0       | 2 x 1450 ml/1987 g | 435-12071   |

All dimensions in mm. Subject to technical changes.

Figura 103. Ficha técnica Empalme resina liquida RELICON. Tomado de HELLERMANNTYTON (n.d.)

## Two-component polyurethane cast resin

### RELICON PUR 33

The RELICON PUR 33 cast resin has been created for the electrical insulation and mechanical protection of cable connections in low-voltage electrical networks. Also suitable as mechanical and moisture protection on medium-voltage cable connections.

Application: For indoor and outdoor use.

#### Features and benefits

- In a practical, transparent two-chamber pouch
- Colour changes from blue to green whilst mixing
- Safe-Filling system (SF)
- Excellent flow properties, low volume shrinkage
- Cold curing and very hydrophobic, to cast under the influence of water
- High hydrolytic stability and good curing at low temperatures
- UV, ageing and weather resistant
- Outstanding impact strength and resistance to moisture and atmospheric corrosion
- Excellent adhesion to polymeric cables and wires made of PVC, XLPE, PE, EPR
- SVHC-free, contains no hazardous substances, the cured product can be disposed of with house hold waste
- Halogen free



Two-component polyurethane cast resin PUR 33.

| MATERIAL              | Polyurethane resin (PUR)                                           |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Colour                | Green (GN)                                                         |
| Operating Temperature | -25 °C to +120 °C                                                  |
| Mixing Ratio (weight) | 100:26                                                             |
| Exothermicity max.    | +71 °C                                                             |
| Gel Time              | 48 min. 5 °C, 20 min. 23 °C,<br>9 min. 40 °C                       |
| Pot Life              | 43 min. 5 °C, 15 min. 23 °C,<br>8 min. 40 °C                       |
| Dielectric Strength   | 38 kV/mm                                                           |
| Viscosity             | 4500 mPa*s, 5 °C (EN ISO 2555),<br>3000 mPa*s, 23 °C (EN ISO 2555) |
| Impact Strength       | 26 kJ/m <sup>2</sup>                                               |
| Shore Hardness D      | 65±5                                                               |
| Storage Temperature   | +4 °C to +40 °C                                                    |
| Shelf Life            | 48 months                                                          |

HF ✓

RoHS ✓

| TYPE          | Resin Quantity | Article-No. |
|---------------|----------------|-------------|
| Resin-33-SF-N | 95 ml/130 g    | 435-12112   |
|               | 165 ml/226 g   | 435-12113   |
|               | 240 ml/329 g   | 435-12114   |
|               | 400 ml/548 g   | 435-12115   |
|               | 455 ml/623 g   | 435-12116   |
|               | 490 ml/671 g   | 435-12117   |
|               | 655 ml/897 g   | 435-12118   |
|               | 955 ml/1308 g  | 435-12119   |
|               | 1140 ml/1562 g | 435-12120   |
|               | 1445 ml/1980 g | 435-12121   |
|               | 1950 ml/2672 g | 435-12122   |

Subject to technical changes.  
Minimum Order Quantity (MOQ) may differ from package content.

**HellermannTyton**

Further information at [www.HellermannTyton.com/relicon-bro20](http://www.HellermannTyton.com/relicon-bro20)

Figura 104. Ficha técnica Empalme resina liquida RELICON. Tomado de HELLERMANNTYTON (n.d.)

Anexo 6: Tubo Termocontráctil Pared Gruesa

**WCSM**  
**TUBO TERMOCONTRÁCTIL PARED GRUESA**

**DESCRIPCIÓN:**

Tubo termocontráctil de pared gruesa de polímero reticulado con adhesivo termoactivado para empalmes hasta 1000 V, 100% hermético de acuerdo a la Norma ANSI C119.1-1986 y UL 486D.

**APLICACIÓN:**

Para usarse en empalmes y terminales, de cables aislados para baja tensión unipolares y multipolares en instalaciones aéreas y subterráneas. Aplicaciones industriales de uso rudo. Vida útil mayor que la del cable.



TABLA DE SELECCION

| Número de catálogo | Calibre<br>AWG / kCM | Diámetro<br>mm | Longitud<br>mm |
|--------------------|----------------------|----------------|----------------|
| WCSM-9/3-150-S     | 14-8                 | 3.5-8          | 150            |
| WCSM-9/3-1200-S    | 14-8                 | 3.5-8          | 1200           |
| WCSM-20/6-150-S    | 6-2                  | 6.5-17         | 150            |
| WCSM-20/6-1200-S   | 6-2                  | 6.5-17         | 1200           |
| WCSM-33/8-150-S    | 2-4/0                | 9-30           | 150            |
| WCSM-33/8-1200-S   | 2-4/0                | 9-30           | 1200           |
| WCSM-43/12-150-S   | 1/0-350              | 13-39          | 150            |
| WCSM-43/12-1200-S  | 1/0-350              | 13-39          | 1200           |
| WCSM-51/16-300-S   | 250-500              | 18-44          | 300            |
| WCSM-51/16-1200-S  | 250-500              | 18-44          | 1200           |
| WCSM-70/21-300-S   | 600-1000             | 23-62          | 300            |
| WCSM-70/21-1200-S  | 600-1000             | 23-62          | 1200           |
| WCSM-105/30-1200-S | 800-1250             | 33-80          | 1200           |
| WCSM-130/36-1200-S | 1500-2500            | 40-107         | 1200           |
| WCSM-180/50-1200-S | N/A                  | 60-170         | 1200           |

Instructivo de Instalación WCSM

Figura 105. Ficha técnica Tubo Termocontráctil Pared Gruesa. Tomado de RAYCHEM (2023)

**CRSM-CT**

**EMPALME TERMOCONTRÁCTIL EN DERIVACION**

**("Y" O "H")**

**DESCRIPCIÓN:**

Empalme en derivación de baja tensión, de polímero reticulado con adhesivo termoactivado, 100% hermético de acuerdo a ANSI-C119.1.

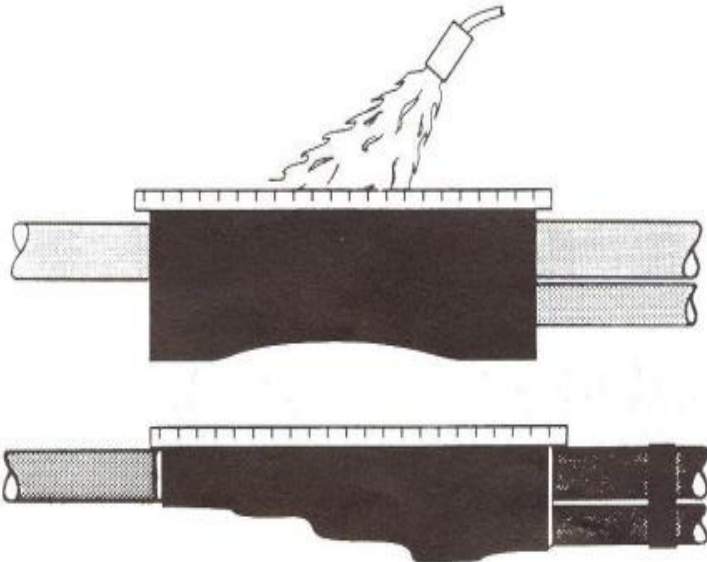
**APLICACIÓN:**

Para aislar y hermetizar empalmes en derivación de hasta 1000 volts en "Y" o "H" para cables con aislamiento de PVC o XLP, con conductor de cobre o aluminio en instalaciones aéreas ó subterráneas. Acepta una gran variedad de conectores



**TABLA DE SELECCIÓN**

| Catálogo          | Rango de Aplicación |                 |           |                 |                         | Dimensiones del conector |          |
|-------------------|---------------------|-----------------|-----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|----------|
|                   | Cable Principal     |                 | Derivados |                 | Longitud de la Manga mm | Longitud                 | Diámetro |
|                   | AWG /kCM            | mm <sup>2</sup> | AWG/kCM   | mm <sup>2</sup> |                         | máx. mm                  | máx. mm  |
| CRSM-CT-34/10-150 | 8-2                 | 10-35           | 10-2      | 6-35            | 150                     | 50                       | 20       |
| CRSM-CT-53/13-200 | 2-4/0               | 35-107          | 10-4/0    | 6-107           | 200                     | 100                      | 35       |
| CRSM-CT-84/20-250 | 4/0-500             | 107-240         | 2-500     | 35-240          | 250                     | 150                      | 60       |



Instructivo de Instalación [CRSM-CT](#)

**Figura 106. Ficha técnica Tubo Termocontráctil Pared Gruesa.** Tomado de RAYCHEM (2023)

## Anexo 7: Equipo Fault Sniffer 2

## FAULT SNIFFER 2

### Localización simple de fallas en cables en redes subterráneas de baja tensión





- Los consumidores y hogares pueden permanecer conectados con la red eléctrica
- Visualización gráfica de la concentración de gas
- La tecnología de dos sensores detecta los gases naturales y este le advierte
- Tiempo de funcionamiento >10 h con una carga de la batería
- Opciones: Mochila con sistema de bomba de vacío integrado

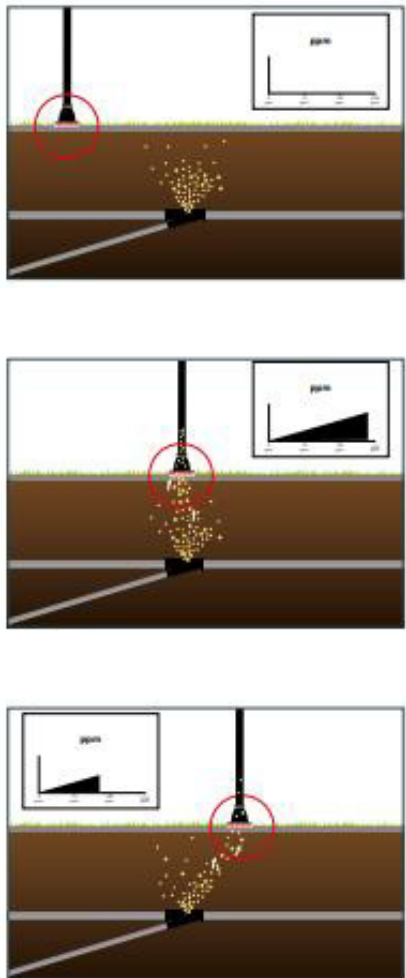
---

#### DESCRIPCIÓN

Ahorre tiempo y dinero. Con el Fault Sniffer 2, usted mismo puede encargarse de la localización de fallas en cables. Encuentre las fallas de los cables de manera rápida y segura sin el uso de proveedores de servicios o vehículos para pruebas de cables.

La mayoría de las fallas en los cables producen quemaduras en sus cubiertas. El Fault Sniffer 2, con su tecnología de aspiración, detecta los gases que se producen como resultado del quemado del aislamiento en la falla. Los datos se evalúan en tiempo real y ofrecen una representación gráfica de la concentración del gas de combustión.

La tecnología inteligente de dos sensores también detecta los gases naturales y la diferencia de los gases de combustión. Esto evita las interpretaciones erróneas.





Bloqueador de agua



Vanilla del sensor



Sonda tipo campana



Sonda de perforación

Figura 107. Ficha técnica Equipo Fault Sniffer 2. Tomado de Megger (2025c)

## FAULT SNIFFER 2

### Localización sencilla de fallas de los cables en redes subterráneas de baja tensión

### DATOS TÉCNICOS

|                                      |                                                                                                                                             |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Dimensiones</b>                   | Aproximadamente 192 x 100 x 87 mm (sin tornillo de entrada de gas)                                                                          |
| <b>Peso</b>                          | Aproximadamente 1150 g                                                                                                                      |
| <b>Pantalla</b>                      | Gráfica LCD con 128 x 64 píxeles, iluminada, visualización del valor medido y gráfico de barras                                             |
| <b>Fuente d'alimentación</b>         | Batería de Li-Ion, tensión nominal: 3,6 voltios, capacidad nominal: 6700 mAh, tensión de carga: 12 V/1 A CC recargable                      |
| <b>Carga</b>                         | Base de carga con alimentación superior a 12 V o 230 V                                                                                      |
| <b>Bomba</b>                         | Integrada, caudal aproximado: 40 l/h                                                                                                        |
| <b>Tiempo de funcionamiento</b>      | > 10 horas                                                                                                                                  |
| <b>Temperatura de funcionamiento</b> | -10°C a +50°C                                                                                                                               |
| <b>Clase de protección</b>           | IP 42                                                                                                                                       |
| <b>Conexiones</b>                    | 1 conector Rectus serie 20                                                                                                                  |
| <b>Filtro</b>                        | Filtro hidrófobo con membrana <i>doble</i> y filtro de polvo en la entrada de gas e hidro filtro + filtro de polvo en el bloqueador de agua |
| <b>Interfaz</b>                      | Bluetooth®                                                                                                                                  |
| <b>Memoria de datos</b>              | > 2.000.000 valores medidos                                                                                                                 |
| <b>Método de transporte</b>          | Accesorio para cinturón Tenax                                                                                                               |
| <b>Sensores</b>                      | Sensor doble para la detección de los gases indicativos de una avería en los cables                                                         |
| <b>Sensor de acople</b>              | Sonda de perforación 7.5mm o recipiente tipo campana                                                                                        |
| <b>Principio de funcionamiento</b>   | Semiconductor y electroquímico                                                                                                              |
| <b>Rango de la pantalla</b>          | Hasta aproximadamente 1000 ppm                                                                                                              |



## INFORMACIÓN SOBRE

| Descripción                                                                                                                                                                                                                                                   | N.º de pedido |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Conjunto del Fault</b>                                                                                                                                                                                                                                     | 1012974       |
| Compuesto por: detector de gas, fuente de alimentación de 230 V, cable de carga de 12 V, correa de transporte, maletín de transporte, bloqueador de agua, juego de multisondas y filtros de repuesto para bloqueador de agua, y entrada de gas en caja aparte |               |
| Opciones:                                                                                                                                                                                                                                                     |               |
| Conjunto de extensión del Fault Sniffer 2, sistema de bomba de vacío con mochila                                                                                                                                                                              | 1012956       |
| Carrito de carga para sistema de bomba de vacío VSS 15                                                                                                                                                                                                        | 90033474      |
| Sistema de bomba de vacío de plomo de carga del vehículo VSS 15                                                                                                                                                                                               | 90041556      |
| Conjunto de filtros de repuesto                                                                                                                                                                                                                               | 90039408      |
| Compuesto por: 3 filtros Efi1 y 30 filtros de polvo para entrada de gas, 8 filtros hidrofóbicos y 80 filtros de polvo para bloqueador de agua                                                                                                                 |               |
| Un paquete (400 unidades) de conectores revestidos                                                                                                                                                                                                            | 118302678     |

\* La información en este documento está sujeta a cambios sin previo aviso y no se debe interpretar como un compromiso de Megger. Megger no asume ninguna responsabilidad de errores que se encuentren en este documento.

**OFICINA COMERCIAL**  
Megger USA  
4545 West Davis St.  
Dallas, Texas 75211 EE.UU  
T. +800 723 2861 (EE.UU)  
T. +1 214 330 3293  
E. [casasales@megger.com](mailto:casasales@megger.com)

FAULTSNIFFER2\_D5\_ESLA\_V04a  
www.megger.com  
ISO 9001  
La palabra "Megger" es una marca registrada.

**Megger.**

**Figura 108. Ficha técnica Equipo Fault Sniffer 2. Tomado de Megger (2025c)**