



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica**

**Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica**

**Optimización del proceso de maniobras y atención de  
interrupciones en media tensión en la ciudad de Lima**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista

**AUTOR**

Miguel Angel ROJAS CAMA

**ASESOR**

Mg. Edy Alberto ROMAN CCORAHUA

Lima, Perú

2023



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

---

Rojas, M. (2023). *Optimización del proceso de maniobras y atención de interrupciones en media tensión en la ciudad de Lima*. [Trabajo de suficiencia profesional 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	Miguel Angel Rojas Cama
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46655909
URL de ORCID	-
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	Edy Alberto Roman Ccorahua
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06767696
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-0632-1134">https://orcid.org/0000-0002-0632-1134</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	Justo Reynaldo Villanueva Ure
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07910491
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	Jose Luis Mejia Olivas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10053479
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	Hugo Vargas Avila
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09295655
<b>Datos de investigación</b>	

Línea de investigación	C.0.4.1 Desarrollo de modelos, simulación y optimización de procesos
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Latitud: -12.056030 Longitud: -77.084515
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Noviembre 2020 - Noviembre 2023
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería eléctrica, Ingeniería electrónica <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01</a> Sistemas de automatización, Sistemas de control <a href="https://purl.org/perepo/ocde/ford#2.02.00">https://purl.org/perepo/ocde/ford#2.02.00</a>



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



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL Nº 091/FIEE-CTGT/2023

Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 17 de noviembre del 2023, como Presidente de Jurado el **MG. JUSTO REYNALDO VILLANUEVA URE**, integrado por el Miembro de Jurado el **MG. JOSE LUIS MEJIA OLIVAS**, Miembro de Jurado **DR. HUGO VARGAS AVILA** y Miembro Asesor el **MG. EDY ALBERTO ROMAN CCORAHUA**.

Después de escuchar la Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional del **Bach. MIGUEL ANGEL ROJAS CAMA** con código Nº **09190122** que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE MANIOBRAS Y ATENCIÓN DE INTERRUPCIONES EN MEDIA TENSIÓN EN LA CIUDAD DE LIMA**.

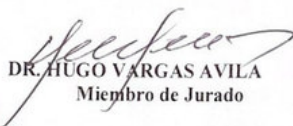
El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió aprobar otorgándole el calificativo de

*A (DIRECCION)*

Ciudad Universitaria, 17 de noviembre del 2023

  
MG. JUSTO REYNALDO VILLANUEVA URE  
Presidente de Jurado

  
MG. JOSE LUIS MEJIA OLIVAS  
Miembro de Jurado

  
DR. HUGO VARGAS AVILA  
Miembro de Jurado

  
MG. EDY ALBERTO ROMAN CCORAHUA  
Miembro Asesor



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú - Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado



## CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo MG. EDY ALBERTO ROMAN CCORAHUA en mi condición de asesor acreditado con el Acta de Sustentación de trabajo de Suficiencia Profesional N°091/FIEE-CTGT/2023 del trabajo de suficiencia profesional cuyo título es: Optimización Del Proceso De Maniobras Y Atención De Interrupciones En Media Tensión En La Ciudad De Lima Presentado por el Bachiller Miguel Angel Rojas Cama 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 el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 7% 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 grado correspondiente.

Firma del

Asesor DNI: 06767696

Nombres y apellidos del asesor:

MG. Edy Alberto Roman Ccorahua

### **DEDICATORIA**

No encuentro palabras para demostrar la gratitud que tengo con mi familia por el apoyo y comprensión infinita que me brindaron durante la elaboración del presente trabajo. Como método científico que aplica la combinación de la observación, teoría y experimentación de forma inexorable hacia la conquista de una frontera del conocimiento, debo expresar que este método fue el eje de una máquina de movimiento perpetuo de sabiduría que cautivó mi mente.



### **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres por el tiempo y dedicación brindada durante la ejecución del presente trabajo, por guiarme en la vida, brindarme su amor y comprensión incondicional.

Solo en las maravillosas ecuaciones del amor y estas que modelan nuestro mundo, he podido encontrar la razón; y esa razón eres tú. Nuestro amor observable y poderoso, ha trascendido dimensiones del tiempo y espacio hasta encontrarte. Gracias por tu invaluable apoyo.

## RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia tuvo como Objetivo: Optimizar el proceso de las maniobras y atención de las interrupciones en Media Tensión en la ciudad de Lima. Metodología: Fue un estudio descriptivo de diseño no experimental, se obtuvo información a través de los sistemas del centro de control, se utilizaron políticas globales, locales, procedimientos operacionales y AST (Análisis de seguridad de la tarea). La metodología utilizada fue el análisis de contenido, puesto que se recolectaron tesis, revistas, páginas web, artículos, protocolos, manuales, guías de procedimientos, leyes, normas, etc. Resultados: El avance y uso de tecnologías, como la disposición de equipos con telemando y la capacitación del personal, es indispensable en la electricidad, la adaptación del procedimiento se realiza mediante la publicación y difusión. Conclusiones: Se optimizó el proceso de maniobras cumpliendo con la reducción significativa de tiempo en recuperación del suministro eléctrico.

**Palabras clave:** Optimización, maniobra, equipo, telemando, falla.

## **ABSTRACT**

The objective of this sufficiency work was: Optimize the process of maneuvers and attention to interruptions in Medium Voltage in the city of Lima. Methodology: It was a descriptive study with a non-experimental design, information was obtained through the control center systems, global and local policies, operational procedures and AST (Task Safety Analysis) were used. The methodology used was content analysis, since theses, magazines, web pages, articles, protocols, manuals, procedural guides, laws, regulations, etc. were collected. Results: The advance and use of technologies, such as the provision of remote control equipment and the training of personnel, is essential in electricity, the adaptation of the procedure is carried out through publication and dissemination. Conclusions: The maneuvering process was optimized, complying with the significant reduction in recovery time of the electricity supply.

**Keywords:** Optimization, maneuver, remote control, equipment, failure.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>ix</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD</b>	<b>2</b>
2.1 Institución donde se desarrolló la actividad	2
2.2 Periodo de duración de la actividad	2
2.3 Finalidad y objetivos de la entidad	2
2.4 Razón social	3
2.5 Dirección postal	3
2.6 Correo electrónico del profesional a cargo	3
<b>CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD</b>	<b>4</b>
3.1 Organización de la actividad	4
3.2 Finalidad y objetivos de la Actividad	4
3.2.1 Finalidad	4
3.2.2 Objetivos	5
3.3 Problemática	5
3.3.1 Problema General	9
3.3.2 Problemas Específicos	9
3.3.3 Justificación e importancia de la investigación	10
3.4 Metodología	10

	vii
3.4.1 Bases teóricas	11
3.4.2 Marco conceptual	13
3.5 Procedimiento	27
3.6 Resultado de la actividad	40
<b>CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES</b>	<b>45</b>
4.1 Justificación	45
4.2 Descripción de la implementación	45
4.3 Conclusiones	46
<b>CAPITULO V: RECOMENDACIONES</b>	<b>47</b>
<b>CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>48</b>
<b>CAPÍTULO VII: ANEXOS</b>	<b>52</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1: Subestación aérea de Media Tensión afectada por desechos de palomas.</b> Fuente: Enel Perú.....	6
<b>Figura 2: Cuello abierto en una fase por causa de corrosión.</b> Fuente: Enel Perú .....	6
<b>Figura 3: Cables subterráneos de Media Tensión afectados por rotura de tubería de SEDAPAL.</b> Fuente: Enel Perú .....	7
<b>Figura 4: Choque vehicular con una Subestación Aérea en Media Tensión, el cual causo interrupción de suministro eléctrico.</b> Fuente: Enel Perú .....	7
<b>Figura 5: Bushing descargado en subestación compacta tipo subterránea en Media Tensión.</b> Fuente: Enel Perú .....	8
<b>Figura 6: Distancia Mínima de seguridad con respecto al nivel de tensión.</b> Fuente: Enel Perú .....	22
<b>Figura 7: Sistema STWEB – Secuencias de maniobras.</b> Fuente: Enel Perú .....	42
<b>Figura 8: Oscilografía del Relé del alimentador HL-06 que muestra una falla bifásica a tierra menor a 4kA.</b> Fuente: Enel Perú .....	42

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1:</i> Costo de falla de corta duración por escenarios y fuentes de costo.....	19
<i>Tabla 2:</i> Resumen de secuencia y evento de maniobras del evento de HL-06.....	41

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Objetivo del informe**

El objetivo del presente fue mejorar los procesos de maniobra y atención de las interrupciones que conduzca a una reducción significativa en los tiempos.

### **1.2 Estructura del informe**

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene la siguiente estructura:

En el primer capítulo, se tiene la introducción, aquí se detalla el contenido de los capítulos del trabajo.

En el segundo capítulo, se describe la información general del lugar donde se realiza la actividad.

En el tercer capítulo, se encuentra la descripción de la actividad, también se indica el tipo de organización que se tuvo para la realización de este, se menciona la finalidad, objetivo general y específicos. Dentro de este capítulo también se desarrolla la problemática, justificación, metodología, antecedentes, bases teóricas y resultados.

En el cuarto capítulo, se indican las conclusiones finales del trabajo.

Finalmente, en el quinto capítulo, se redactan las recomendaciones finales, las cuales se basan en las conclusiones del estudio.



## **CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD**

### **2.1 Institución donde se desarrolló la actividad**

Las actividades vistas en el presente trabajo se realizaron en la empresa Enel distribución Perú.

### **2.2 Periodo de duración de la actividad**

La actividad del presente trabajo se realizó desde el mes de noviembre 2020 hasta el presente año.

### **2.3 Finalidad y objetivos de la entidad**

Operación y mantenimiento de la red de Baja, Media y Alta Tensión con el fin de garantizar la continuidad y confiabilidad del suministro eléctrico de los clientes de su zona de concesión en la ciudad de Lima.

## **2.4 Razón social**

La razón social de la empresa en donde se realizó el presente trabajo es:  
Enel Distribución Perú S.A.A.

## **2.5 Dirección postal**

Dirección Legal: Paseo del Bosque N.º 500  
Distrito: San Borja  
Departamento: Lima-Perú

## **2.6 Correo electrónico del profesional a cargo**

El profesional a cargo es el Ingeniero Danny Palacios quien tiene el siguiente correo electrónico: [danny.palacios@enel.com](mailto:danny.palacios@enel.com)

## **CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD**

### **3.1 Organización de la actividad**

Para la elaboración del trabajo se inició la siguiente organización:

1. Recolección de procedimientos operativos, políticas globales y locales usados como referencia.
2. Recolección de datos
3. Verificación e identificación de Redes M.T automatizadas y de telecontrol.
4. Análisis de secuencia de reconexión dependiendo del tipo de falla.
5. Elaboración del procedimiento.

### **3.2 Finalidad y objetivos de la Actividad**

#### **3.2.1 Finalidad**

Presentar un proceso optimizado de maniobras el cual logre reducir los tiempos de interrupción del suministro eléctrico de clientes.

### **3.2.2 Objetivos**

#### Objetivo general

Mejorar los procesos de maniobra y atención de las interrupciones que conduzca a una reducción significativa en los tiempos.

#### Objetivos específicos

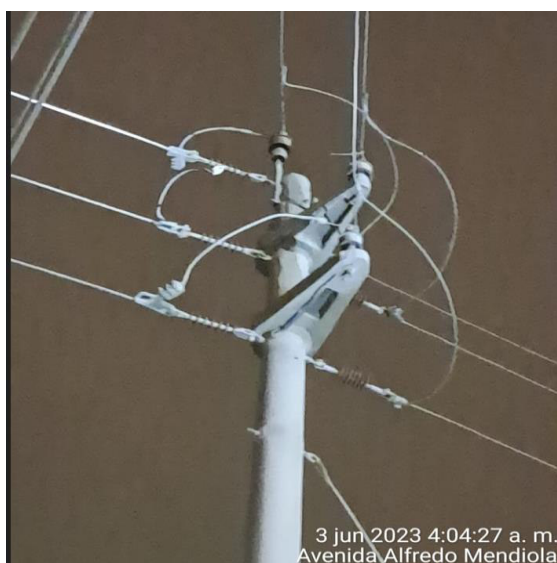
1. Identificar el tipo de falla de la interrupción de suministro en Media Tensión.
2. Optimizar el proceso de maniobras y atención de interrupciones para Media tensión.
3. Adaptar el proceso de maniobras en Media Tensión.
4. Analizar los tiempos de respuesta de las interrupciones en Media Tensión.

### **3.3 Problemática**

El crecimiento urbano en Lima ha llevado a la Empresa a aumentar las redes de Media Tensión para asegurar el suministro eléctrico a los clientes finales; sin embargo, en la zona de concesión de la empresa distribuidora, ocurren diariamente eventos imprevistos o interrupciones de suministro eléctrico en Media Tensión; debido a fallas que son ocasionadas por choques vehiculares, globos metálicos, vandalismo, causas climáticas como corrosión, lluvias, defecto interno de cliente, etc.



**Figura 1: Subestación aérea de Media Tensión afectada por desechos de palomas.** Fuente: Enel Perú



**Figura 2: Cuello abierto en una fase por causa de corrosión.** Fuente: Enel Perú



**Figura 3: Cables subterráneos de Media Tensión afectados por rotura de tubería de SEDAPAL.** Fuente: Enel Perú



**Figura 4: Choque vehicular con una Subestación Aérea en Media Tensión, el cual causó interrupción de suministro eléctrico.** Fuente: Enel Perú



**Figura 5: Bushing descargado en subestación compacta tipo subterránea en Media Tensión.** Fuente: Enel Perú

Es responsabilidad de la empresa realizar los correspondientes mantenimientos a sus redes eléctricas para minimizar las interrupciones por causas propias. Pero, algunas zonas de concesión son peligrosas e inseguras para el personal que realiza mantenimiento a las redes de Media Tensión, por ese motivo se reduce el mantenimiento en dichas zonas aumentando el riesgo a una interrupción eléctrica en cualquier momento.

Por otro lado, pueden ocurrir fallas en los sistemas de transmisión como Rechazo de Carga por Mínima Frecuencia (ERACMF) que afecta a las redes de Media Tensión provocando interrupción de suministro y desconexiones de clientes.

La operación de la red eléctrica debe estar siempre monitoreada para que los valores de tensión, frecuencia y calidad de servicio estén en los rangos permitidos establecidos por la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE). Las coordinaciones de la Operación en Tiempo Real del SEIN se realizan con el COES siguiendo el Procedimiento Técnico N°09.

Ante interrupciones el centro de operaciones debe recuperar los suministros afectados en el menor tiempo posible sin tratar de ocasionar perturbaciones a otros clientes.

De acuerdo con lo establecido en el NTCSE, no se consideran las interrupciones totales de suministro cuya duración es menor de tres (03) minutos ni las relacionadas con casos de fuerza mayor debidamente comprobados y calificados como tales por la Autoridad. (Ministerio de Justicia, 2017)

Según lo expuesto, el presente trabajo presenta un proceso de maniobras para reducir los tiempos de atención de interrupciones.

### **3.3.1 Problema General**

¿Cómo se optimiza el proceso de maniobra para una reducción en el tiempo de interrupción de suministros eléctricos de los clientes en Media Tensión?

### **3.3.2 Problemas Específicos**

¿Cuál es el tipo de falla que causa la interrupción de suministro en Media Tensión?

¿Cómo reducir el tiempo de duración de interrupciones de suministro eléctrico?

¿Cómo se determina la maniobra que se debe aplicar ante una interrupción de Media Tensión?

¿De qué manera se verifica la efectividad del proceso de maniobra para reducir los tiempos de duración de interrupciones en Media Tensión?



### **3.3.3 Justificación e importancia de la investigación**

Justificación social: El presente trabajo mejora los tiempos de reposición de un circuito en falla, esto es importante para la población de Lima puesto que le permitirá acrecentar su calidad de vida, uso de energía en el hogar (salud, trabajo) al tener mayor tiempo de su suministro eléctrico sin interrupciones.

Justificación práctica: El presente trabajo permite reponer cualquier tipo de falla o interrupción, mejora la fiabilidad de suministro, proporciona mayor vida útil de los equipos eléctricos y evita el gasto innecesario de reparación y mantenimiento.

Justificación Económica: El cumplimiento de regulaciones, normas y requisitos de seguridad conllevan a un servicio integral según lo indicado por OSINERGMIN.

La sociedad moderna tiene como recurso fundamental la energía eléctrica, por lo que la falta de este recurso, afectan directamente en las actividades rutinarias.

Al reducir los tiempos de atención del cliente, no sólo se beneficia este, sino también la empresa que brinda el servicio de energía eléctrica, por lo que a su vez se reducen disconformidades del usuario final y pérdidas monetarias; es decir, incrementa la adquisición del servicio, la producción y el trabajo en el sector de energía.

## **3.4 Metodología**

Se realizó un trabajo de suficiencia descriptiva, debido a que se recopilaron datos e información para estructurar el presente estudio y resolver las interrogantes elaboradas.

Su diseño fue no experimental, ya que nos basamos en el análisis de información y estudios adquiridos; asimismo se obtuvo información a través de los sistemas del centro de control, se utilizaron políticas globales, locales, procedimientos operacionales y AST (Análisis de seguridad de la tarea). La metodología utilizada fue el análisis de contenido, puesto que se recolectaron tesis, revistas, páginas web, artículos, protocolos, manuales, guías de procedimientos, leyes, normas, etc.

Para mostrar el efecto del proceso de maniobras se tomó en cuenta el caso de interrupción en la zona de Huaral ocurrido el día tal 24.04.2023.

### **3.4.1 Bases teóricas**

(Sotelo, 2021) La necesidad y el consumo del servicio de electricidad genera mayor cantidad de trabajos energizados, los cuales toman gran importancia dentro de la calidad del servicio brindado. Las empresas que se dedican a distribuir energía buscan que los procesos sean óptimos. El tiempo, la cantidad de interrupciones y la calidad del suministro, son indicadores imprescindibles. En el país tenemos como ente regulador del sector eléctrico a Osinergmin el cual establece normas para asegurar que el servicio sea continuo, reduciendo la duración de las interrupciones; para dar cumplimiento de las normas mencionadas se desarrollaron trabajos con tensión en media tensión, sin embargo, cuando se mejora la calidad de servicio surge la necesidad de realizar trabajos con circuitos de alta tensión sin corte del servicio, por lo que este trabajo se basó en desarrollar procesos que aseguren un buen trabajo en alta tensión. La finalidad fue indagar los riesgos y normas en los trabajos con tensión en circuitos de alta tensión, en este informe se utilizó el método experimental, se obtuvo el resultado a través del desarrollo del procedimiento de trabajos con alta tensión, los mismos que permitieron trabajos en circuitos de 60kV y estos generan beneficios para los clientes y empresas mejorando la calidad del suministro.

(Castro et al., 2020) El estudio se basó en la experiencia técnica que adquirió cada participante que corresponden a la provincia del Callao, para esto el personal técnico se hizo cargo del concesionario de los alrededores. Se aplicaron sistemas de telemando y automatización, gracias a ello se redujo la participación de operadores y la utilización de equipos, con la intervención oportuna ante las fallas y trabajos programados. El centro de operaciones se encarga de recepcionar la señal de la operación de equipos y alimentadores en tiempo real, a esto se le denomina automatización por telemando de las redes eléctricas en media tensión para el mejoramiento de la calidad de servicio de alimentadores.

(Enriquez, 2019) La investigación analizó el detalle de las interrupciones del suministro eléctrico en media tensión producidos en una empresa en Chimbote, la finalidad fue evaluar y cuantificar las causas de estas interrupciones. Fue no experimental, descriptiva en donde se analizaron los registros suscitados. Dentro de los resultados, se planteó una propuesta para reducir las interrupciones de suministro eléctrico no programadas.

(Rodriguez & Mercado, 2021) El presente estudio, tuvo como finalidad indagar las alternativas en tecnologías y metodologías para el mejoramiento de la calidad de respuesta ante interrupciones o fallas en Barranquilla. Fue cualitativa, en donde se realizó una revisión bibliográfica, lo que permitió dar soluciones para la mejora de calidad del servicio, se concluyó que la implementación de las tecnologías en las redes de distribución de energía es indispensable.

(Rodriguez, 2020) La presente investigación tuvo como finalidad mejorar el procedimiento de mantenimiento y operación de redes, la calidad del suministro eléctrico y la planificación de redes eléctricas. Se presentó un método para que el operador de red use como herramienta en tiempo real y así puedan reducirse los tiempos de interrupción de suministro. Se realizó un planteamiento matemático para la implementación, el cual se sustentó en la definición de un grafo funcional que permite la homogeneización de las estructuras de un circuito y la relación con la

configuración radial de operaciones. El procedimiento realizado permitió evidenciar las alertas que generan las interrupciones y las reconexiones exitosas de un dispositivo de protección. La actuación del operador de red permitió disponer de una valoración real respecto a la duración y alcance de una interrupción.

(Vega, 2019) El estudio tuvo como finalidad analizar la composición de la red de distribución. Se estudiaron diversas estructuras y redes. Fue un estudio descriptivo, no experimental. La técnica de evaluación permitió sensibilizar los efectos de mejoras en la red, los indicadores analizados se encuentran dentro del límite permitido de acuerdo con las normativas, los sistemas de información se utilizaron para gestionar las alertas e incidencias, de esta forma, se logró brindar una solución rápida debido a las fallas de la red.

### **3.4.2 Marco conceptual**

#### Redes de distribución

De acuerdo con la topología de la red, el proceso de restauración puede ser sofisticado o sencillo, una tipología de mayor complejidad deberá tener un control específico, para que de esta manera se pueda dominar el proceso de restauración con éxito.

El sistema eléctrico está constituido por 5 partes:

1. Líneas transportadoras de energía eléctrica de alta tensión.
2. Subestaciones las cuales reducen el voltaje de la línea.
3. Centro de control desde que gestiona y opera el sistema de transporte y generación de energía.
4. Plantas de generación donde se genera la electricidad.
5. Líneas de distribución de baja y media tensión que transportan la electricidad hasta el punto del consumo. (Toapanta Valdez, 2017)

- a) Red de Distribución Primaria: Hace referencia al conjunto de elementos eléctricos en media tensión los que se encargan de distribuir la energía eléctrica, esto se inicia en la salida de la subestación receptora, hasta el lado primario de los transformadores de distribución.
- b) Red de Distribución Secundaria: Es el conjunto de elementos eléctricos que se encargan de distribuir en el final del suministro de energía hasta los consumidores en baja tensión, se energizan desde el lado secundario de los transformadores.
- c) Sistema de Supervisión y Control (SS y C) o SCADA: Se refiere al conjunto de programas y equipos tecnológicos que permiten monitorear el sistema eléctrico de manera remota, a través del telemando de maniobras y operaciones.
- d) Sistema Eléctrico de Distribución: Conjunto de alimentadores que se conectan entre sí, subestaciones y líneas eléctricas, los cuales permiten que la energía se distribuya a partir de la conexión con proveedores hasta el consumidor.
- e) Subestación de Transmisión (SET): Punto en donde se recibe la energía de 60 y 220 kV, la distribuye y transforma a las subestaciones que se encargan de la distribución de energía.
- f) Subestación de Distribución (SED): Unidad que se conecta a la red de media tensión, distribuye, transforma y recibe la energía a los consumidores en baja o media tensión.
- g) Telemando: Es la acción del cierre o apertura de los seccionadores o interruptores de potencia.
- h) Zona de Trabajo o circuito consignado – Ámbito de Subestaciones: Se refiere a la zona delimitada y protegida por la ubicación de tierras de bloqueo las cuales son instaladas por el responsable, verificando previamente que no haya tensión. El responsable de la operación debe solicitar una autorización al operador del sistema.

- i) Zona de Trabajo o circuito consignado – Ámbito red de Distribución: El área de trabajo se realizará en una zona protegida. En otros casos con una justificación previa del procedimiento, se puede aceptar que se creó dentro de la zona desconectada. En los dos casos el operador del centro de control deberá entregar las instrucciones. El responsable del trabajo debe solicitar la autorización respectiva al operador del sistema.
- j) Zona Desconectada o Circuito Inhibido: Es el área de un circuito donde los equipos se encuentran bloqueados, abiertos, instalados los letreros de NO OPERAR y no existe tensión en el área. Aún no se pueden realizar trabajos en esta zona por no estar en condiciones adecuadas.
- k) Zona Protegida – Ámbito de Subestaciones: En las líneas de transmisión y subestaciones se debe crear una zona protegida, está se creará en la zona desconectada con el cierre de seccionadores puesta a tierra a través de operadores de subestaciones. Esta zona aún no se encuentra protegida para los trabajadores. El responsable es el único que puede intervenir en la red eléctrica. Las dos zonas se crean por órdenes del centro de control.
- l) Zona Protegida – Ámbito red de distribución: El centro de control es el encargado de crear la zona protegida. El responsable creará la zona protegida y la zona de trabajo previa justificación.  
(Endesa Fundación, 2022)

## Maniobras en media tensión

Todos los trabajos o maniobras en media o alta tensión deben ser autorizados por el responsable de la actividad, es este quien brindará las indicaciones de formas operativas y seguridad. Todas las instalaciones son consideradas trabajos con tensión hasta demostrar lo contrario con los dispositivos adecuados que detectan y se les conecte a tierra.

Los equipos de trabajo deberán contar con sus equipos de protección personal según el tipo de actividad o tarea que tengan, las cuales se verifican periódicamente.

Ejecución de trabajos con tensión: Se realizan con métodos específicos de trabajo, en base a normas establecidas dentro de las indicaciones de trabajo; con las herramientas, equipo y material, necesario; asimismo se deberá contar con la autorización del profesional a cargo de la empresa, debido a que él es el que detalla el procedimiento a seguir. Cuando se requiere realizar trabajos en corto tiempo, ya sean de media o alta tensión, los cuales no se encuentran protegidos, pero están energizados, estos se deben realizar siguiendo las indicaciones e instrucciones de acuerdo con cada caso específico, el responsable se ocupará de realizar el seguimiento y cumplimiento del instructivo, entre ellos observar las distancias mínimas de seguridad.

Disposiciones complementarias referentes a las canalizaciones eléctricas. Líneas aéreas: - En estos trabajos se considerará las medidas de distancia de seguridad y la tensión que se soporta. Cuando se tienen líneas de 2 o más circuitos, no se realizan trabajos en uno si el otro se encuentra con tensión. En los trabajos en postes se utilizarán cascos, materiales de aislamiento, escaleras, cinturones, canastas y grúas de ser necesario. Cuando se presenten tormentas debe suspenderse el trabajo, los cortes de energía deben realizarse a través de los medios de comunicación.

Canalizaciones subterráneas: Las maniobras y operaciones, se realizan en base a las disposiciones en alta, media y baja tensión. Para la interrupción de un circuito en servicio, se debe colocar un puente que conduzca la tensión a tierra. En las excavaciones que se realizan para la reparación de cables bajo tierra, deben colocarse barreras y señalética de peligro.

Antes de realizar trabajos de prevención se debe realizar las mediciones del porcentaje de oxigenación y contaminantes, cabe mencionar que la persona debe usar sus equipos de protección, no se deberán retirar las puertas protectoras en una instalación, estas deben estar cerradas y colocadas antes de dar energía a los elementos de la celda.

El equipo utilizado en la celda debe ser aislado, no se deberán usar aceiteras metálicas ni metros. Los equipos de seccionamiento y corte se deben aperturar posteriormente a la extracción del interruptor que corresponda, previo cierre de seccionadores.

Los equipos de corte no manuales tienen un bloqueo, el cual evita el funcionamiento de manera intempestiva. No se pueden anular los enclavamientos y desperfectos. El bloqueo obligatorio debe estar señalizado con "Prohibido Maniobrar" y el nombre del responsable de la actividad.

Para sacar un transformador de servicio, se debe abrir el interruptor de la carga conectada, o en todo caso se debe abrir previamente las salidas secundarias y luego los que corresponden a corte primario.

Los aparatos de control remoto deben bloquearse en posición de apertura, deben abrirse las válvulas de escape al ambiente de aire comprimido los cuales corresponden a comandos neumáticos. Los condensadores estáticos deben ponerse a tierra en los puntos de alimentación, después de ser desconectados de su alimentación.

Para facilitar la eliminación de la electricidad estática se deben utilizar los siguientes métodos: descarga a tierra y humidificación del medio ambiente. (OIT, 2023)



## Aislamiento de la falla y reposición del suministro eléctrico

Las instalaciones eléctricas se encuentran sujetas a diversos factores que influyen en el correcto funcionamiento.

Los factores que generan daño a los aislantes son los siguientes:

- Descargas atmosféricas
- Sobretensiones
- Suciedad y polvo
- Sobrecorrientes
- Humedad y temperatura
- Roturas en los aislantes y golpes

Estos daños se producen de manera silenciosa y lenta, se manifiesta cuando el daño es grave por lo que causa accidentes en la instalación eléctrica.

Consecuencias del fallo de aislamiento.

- Generan pérdida de tiempo en la búsqueda de la causa.
- Pueden ocasionar incendios, por fugas de potencia del 60%.
- Puede causar daños considerables en las instalaciones.
- Las corrientes mayores a 0.5 A pueden ser mortales con el contacto corporal, el aislamiento inadecuado pone en peligro el mantenimiento y la operación.

La circulación de corrientes de fuga es una de las consecuencias más graves de la falla de aislamiento. Cuando se tiene un adecuado aislamiento la corriente debe estar por debajo de 10mA. En una persona sólo basta con una corriente de 0.5 A para causar daño, generando así, fibrilaciones en el 50% de afectaciones. (GAL Electric, 2023)

## Perturbaciones ocasionadas por las interrupciones de suministro

Las fallas eléctricas registradas y los también llamados apagones afectan notablemente a los usuarios domésticos y a la economía. Esto se refleja en los daños a los alimentos, medicamentos, electrodomésticos y todo que requiera de energía eléctrica.

En algunas poblaciones rurales donde existe marginación elevada en muchos lugares del país, se producen apagones de manera reiterada, esto origina frustración y molestia a los consumidores, sumado a esto también muestran impotencia y tristeza por el deterioro de sus bienes. La baja calidad del servicio deja mucho que desear a pesar del cobro elevado de este; esto genera la incomodidad de los habitantes, ya que se afectan sus equipos informáticos, electrodomésticos, por ende, existe una baja de productividad, causando daños en empresas, hogares, hospitales, municipios, entre otros. (Rivero Acosta, 2022)

Debido al corte de energía de manera intempestiva se pueden producir accidentes mortales, pérdidas de dinero y daños graves, los mismos que ponen en riesgo elevado la salud y bienestar de la población, faltando a las medidas y normas legales que rigen a la empresa distribuidora de energía. (Tamayo Pacheco et al., 2007)

*Tabla 1:* Costo de falla de corta duración por escenarios y fuentes de costo. Muestra de 91 empresas. (Comisión Nacional de Energía, 2021)

Escenarios de interrupciones	Corte 20min	Corte 1 hora	Corte 4 horas	Corte 24 horas
c) Costo de remuneraciones	58	98	254	1085
d) Pérdida de producción a valor agregado	3470	5033	10017	34295
e) Costo autogeneración	42	84	274	1447
f) Costo reparación de daños	361	367	534	883
i) Daños o peligros	33	33	68	63

j) Molestias a clientes	191	567	2186	7176
k) Otros costos	29	74	265	1578
Costo total de interrupciones	4184	6256	13568	46527
Energía interrumpida	755	2265	9060	54360
Costo falla CD	5542	2762	1498	856
Costo falla CD por sectores				
Minería	5798	2673	1225	726
Industria	3581	1556	860	646
Servicios	7814	7740	7408	9383

### Reglas de seguridad en trabajo con tensión

#### Normas Generales:

- a) Previamente al inicio de maniobra se deberá identificar la instalación.
- b) Se considerará baja tensión a toda instalación hasta que se complete la consigna.
- c) Está prohibido tocar los puntos de instalación.
- d) Para las maniobras con equipos de corte es obligatorio el uso de guantes y alfombras aislantes.
- e) El comando de un equipo debe quedar bloqueado siempre después de una maniobra ya sea en posición de apertura o cierre.
- f) Todas las operaciones deben contar con la Ficha de Maniobra, la cual se debe insertar previamente al inicio de actividad.

Trabajos Sin Tensión en A.T. y M.T.: El trabajo será ordenado por el jefe de explotación a través de una autorización laboral.

- a) El jefe consignado realizará actividades previa inserción de la Ficha de Maniobra, además de ello se debe informar al responsable sobre la disponibilidad para realizar la instalación asignada.
- b) El responsable debe repetir las maniobras consignadas, las que corresponden al bloqueo y seccionamiento.

- c) La instalación se encontrará bajo la responsabilidad del jefe de trabajo y el jefe consignado, siguiendo los procedimientos adecuados.
- d) Al término del reenvío de electricidad, el jefe de explotación debe cancelar la autorización de trabajo.

Trabajos Con Tensión en A.T. y M.T.: Son ejecutados bajo la supervisión del responsable, el cual debe velar por el cumplimiento de los procedimientos, normas y leyes vigentes, con la finalidad de preservar la integridad y la vida de los trabajadores.

- a) Se debe cumplir con los reglamentos establecidos.
- b) Se autorizará cuando se cumpla con todas las medidas de seguridad, normas y leyes para realizar las operaciones.
- c) Los trabajos deben ser autorizados por los responsables y autorizados por la empresa.
- d) En el documento de autorización se debe detallar las cuadrillas asignadas para la actividad, todos los operarios deben estar habilitados para la labor.
- e) Las autorizaciones son validadas para un trabajo en específico, se puede extender la duración de esta con el jefe de trabajo.
- f) Las condiciones del trabajo se rigen a la norma vigente.  
(Ministerio de trabajo, empleo y seguridad social, 2016)

#### Distancia mínima de seguridad

Se le denomina a la separación mínima entre los puntos con tensión y la proximidad del operario o de las herramientas que no se encuentran aisladas.

NIVEL DE TENSIÓN	DISTANCIA MÍNIMA
0 a 50 v.	ninguna
más de 50 v. hasta 1 Kv.	0,80 m
más de 1 Kv. hasta 33 Kv.	0,80 m (1)
más de 33 Kv. hasta 66 Kv.	0,90 m
más de 66 Kv. hasta 132 Kv.	1,50 m
más de 132 Kv. hasta 150 Kv.	1,65 m (2)
más de 150 Kv. hasta 220 Kv.	2,10 m
más de 200 Kv. hasta 330 Kv.	2,90 m
más de 330 Kv. hasta 500 Kv.	3,60 m

**Figura 6: Distancia Mínima de seguridad con respecto al nivel de tensión.** Fuente: Enel Perú

#### Reglamento de SST Eléctrico

Las autorizaciones y procedimientos son los siguientes:

- a) Se utilizan para realizar actividades de construcción, maniobras, reparación, instalación, mantenimiento eléctrico.
- b) La documentación de autorización de maniobra, boletas de liberación, etc deben ser específicas y claras en donde se indique las subestaciones y circuitos que quedan fuera de servicio para evitar accidentes.
- c) Los trabajadores deben tener conocimiento sobre los procedimientos de seguridad para realizar sus actividades, se debe dar importancia a los trabajos con tensión que son los más riesgosos.
- d) Para ejecutar las actividades necesarias se debe contar con las autorizaciones respectivas, previa instrucción del trabajo a realizar, recalando la seguridad y salud en el trabajo.

## Reglas de oro

- a) Corte efectivo de la fuente de tensión. Se realiza la desconexión de todas las fuentes de energía.
- b) Se bloquean los aparatos de corte, el cual imposibilita el cierre intempestivo.
- c) Se debe verificar la ausencia de energía.
- d) Poner a tierra y en cortocircuito de manera temporal todas las fuentes de energía.
- e) Incluir señalización en la zona de trabajo.

Se restablecerá el suministro eléctrico cuando se compruebe que no se están realizando trabajos en la zona.

- a) Se retirarán las puestas a tierra temporales.
- b) Se retiran los avisos de seguridad, una vez que se termina el trabajo. (Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad, 2018)

## Normas de seguridad en trabajos eléctricos

1. Abrir todos los seccionadores de desconexión y los interruptores.
2. Hacer la puesta a tierra de todos los elementos de la batería, después de 5 minutos.
3. Tocar los bornes de cada condensador, las cuales deben estar conectadas a tierra. he de considerar que podrían hacer fusibles fundidos.
4. Verificar la ausencia de energía a través de un comprobador.
5. Mientras se trabaja con los condensadores los bornes deben estar conectados a tierra.
6. Se debe verificar que no exista tensión en los bornes, entre los bornes y tierra y en cortocircuito. La alimentación del rotor debe estar desconectada cuando se tenga tensión permanente.

En los trabajos en redes subterráneas, se debe comprobar la ausencia de tensión antes de realizar un corte de cable subterráneo, se pondrá en cortocircuito a tierra en los terminales próximos. A modo de interrumpir el cortocircuito de una red a tierra debe colocarse antes un puente conductor. En las redes generales a tierras de las instalaciones se debe interrumpir el trabajo para la prueba de líneas. (Universidad de Santiago de Compostela, 2018)

### Peligros y riesgos de trabajo eléctrico

Los peligros más frecuentes en el trabajo con tensión son los siguientes:

- Quemaduras por contacto con la energía eléctrica
- Lesiones por arcos de voltaje o chispas de los equipos
- Explosiones
- Quemaduras
- La electricidad estática puede producir polvos o vapores los cuales se vuelven inflamables.

Las descargas de electricidad pueden producir también caídas de andamios o escaleras. (OIT, 2023)

### Análisis del arco eléctrico

Se compone por 2 fases: En primer lugar, se presenta el relámpago en forma de arco, esta exposición se expresa en cal/cm., en segundo lugar, se tiene a la ráfaga de arco el cual emite ondas que se expanden y alcanzan temperaturas altas (25 000 °C). Esta energía producida por el arco ioniza al aire liberando vapores conductores y plasma. Esto se da por cortocircuitos de conductores, fallas, calentamiento, de acuerdo con el nivel de tensión este genera el nivel de daño que puede ser temporal o permanente.

Las consecuencias que causa este fenómeno son críticas, desde lesiones leves a graves como: incrustaciones, quemaduras, daños visuales y auditivos, así como daños en las instalaciones.

#### Prevención de choque eléctrico

Para los trabajos con exposición a fuente energizada, la mejor medida de prevención es el aislamiento de esta y el drenaje de la energía residual.

Se tienen algunos sistemas de protección:

- a) Protecciones completas: Se refiere al aislamiento de energía y a las barreras fijas.
- b) Protecciones parciales: Se refiere al uso de barreras y envolventes instalados como obstáculo duro.
- c) Medidas de protección complementarias: Se refiere a los interruptores que tienen la función de proteger a los usuarios en caso del contacto directo.
- d) Los equipos de protección personal dieléctricos: Se incluyen los zapatos, guantes y cascos dieléctricos.
- e) Mantener una distancia segura de la zona energizada es importante para evitar este tipo de situaciones peligrosas. (Neyra Vela, 2020)

#### Equipos de protección en trabajo eléctrico

- a) Guantes aislantes
- b) Pantalla facial o gafas adecuadas al arco eléctrico
- c) Arnés o cinturón de seguridad, si procede
- d) Casco de seguridad oscilante con barboquejo
- e) Guantes de protección contra riesgos mecánicos
- f) Guantes de protección contra el arco eléctrico (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2014)



Los operarios tienen el deber de usar correctamente los equipos de protección para que de esa forma se puedan reducir los riesgos y preserven la seguridad y salud en el trabajo, la operación debe estar bajo la supervisión del responsable de la tarea, deben verificar el uso correcto de los epps: lo que incluye el uso de ropa de trabajo, casco, guantes y zapatos dieléctricos, etc. (Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad, 2018)

#### Calidad de servicio a clientes

La entidad encargada de suministrar el servicio eléctrico al cliente es el encargado de velar porque el servicio sea de calidad y los usuarios se encuentren satisfechos con el mismo. Las obligaciones de la entidad que suministra el servicio son:

- a. Cubrir costos y realizar inversiones en instalación y adquisición de registros, mediciones y equipos. Los usuarios deben tener acceso libre a su servicio y la entidad se encargará de registrar y medir el consumo del servicio.
  - b. Deben cubrir el costo del cálculo del indicador de compensaciones y calidad.
  - c. Debe proporcionar a la autoridad toda la información necesaria para que pueda ser procesada.
  - d. Debe pagar al usuario, dentro de los plazos que se establecen, independientemente de la satisfacción o insatisfacción que puede ser por motivos propios o ajenos.
  - e. Debe abonar las multas que se le imputan.
  - f. Debe brindar información clara sobre las obligaciones que le corresponde como entidad que suministra el servicio.
- (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2010)

La competencia actual de mercados internacionales y nacionales y el nuevo esquema de regulaciones han ocasionado que las empresas prestadoras de servicio de electricidad hagan uso de nuevas metodologías para mejorar el servicio brindado a la población, en el sector industrial, rural, urbano y comercial. (Gómez et al., 2012)

La implementación de dispositivos de medición continua del servicio eléctrico permite un mejor control del sistema de distribución, facilita la localización de fallas e interrupciones para una solución efectiva y rápida.

Con la inclusión de nuevas metodologías y personal especializado en el rubro actualmente se puede apreciar la reducción de las fallas en nuestro país.

### **3.5 Procedimiento**

#### ***3.5.1 Operación de la red de Media Tensión***

El procedimiento de maniobras ejecutadas en las redes de media tensión, se deben efectuar con la finalidad de disminuir el porcentaje de usuarios sin electricidad, así como la insatisfacción ocasionada por la maniobra de cierre en la falla a los clientes que se benefician desde la barra de línea de media tensión al origen de la falla. Este proceso se divide en las maniobras de cierre de manera automática desde el reenganche, también se tienen maniobras a través de telemando y maniobras manuales o secundarias con el apoyo del operario de campo. (Comisión Nacional de Energía, 2009)

El operario del sistema debe identificar lo siguiente:

Los seccionamientos fundamentales (CPS) se dividen en recursos o subestaciones controladas. También se cuenta con seccionamientos adicionales que se encuentran a los extremos de los ramales. (Osorio Patiño & Culma Ramirez, 2017)

El operador debe tener en cuenta que se tienen ciclos de reenganche automático desde el interruptor principal en SED en conjunto con los reclosers que se instalaron en la red de media tensión. (Abarca Cascante, 2006)

Si la falla es de tipo permanente, el operador debe hacer maniobras en CPS para aislar el tramo de falla y proceder al restablecimiento de suministro en la red.

Si este circuito cuenta con una red telecontrolada, el operador debe realizar maniobras secundarias para el aislamiento de la falla. (Juárez Cervantes, 1995)

Posterior a la ubicación de la falla, el operador del sistema RME informa al técnico responsable para elaborar un plan de trabajo sin tensión y para las actividades de reparación.

Después de haber terminado con los trabajos, el tramo que se reparó se entregará al operador del sistema para restablecer la configuración y el suministro normal.

### ***3.5.2 Recierre del interruptor de Subestación Primaria.***

El conmutador del alimentador de red presenta un equipo multifuncional en donde se puede realizar un cierre automático. Esta función se activa para fallas monofásicas a tierra y para los cortocircuitos bifásicos menores a 4000A en redes de media tensión mixtas.

Para el caso de alimentadores automáticos FRG activo, el recierre posee 3 ciclos, en caso de falla monofásica a tierra, uno es rápido y dos lentos. En el caso de cortocircuitos bifásicos, el recierre tiene 2 cierres lentos para las redes mixtas.

En el caso de las redes que no están telecontroladas, se tiene un ciclo de recierre lento en la falla monofásica a tierra, igual que en el cortocircuito bifásico. Tratándose de redes telecontroladas es lo contrario.

Si nos encontramos con una falla como esta y no se realiza el recierre de forma automática, esta maniobra se ejecutará por telecontrol de la subestación primaria a cargo del operador del sistema, esto deberá darse antes de los 3 minutos de ocurrida la interrupción.

El operador ejecutará el recierre manual para las fallas monofásicas a tierra, en donde los alimentadores no cuenten con recierre automático. (Capella, 2000)

Recierre Automático de interruptor a lo largo de la línea (Recloser)

Se activarán dos ciclos de recierre lentos para las fallas a tierra y cortocircuitos bifásicos que tengan reclosers telecontrolados. El recierre se encontrará activo para las líneas mixtas en media tensión. En cambio, para las líneas de cable el recierre se encontrará desactivado. El operador realizará el recierre remoto o manual para los casos de cabinas secundarias que no cuenten con recierre automático. (Monsalve Mera, 2020)

### **3.5.3 Redes MT automatizadas**

La red automatizada se asocia a la red eléctrica que tiene interruptores que se accionan por la lógica de las UP o por sistemas centralizados, los cuales imparten comandos a los seccionadores de tal forma que aísla el tramo en la falla, previamente estas señales eléctricas son evaluadas como corriente de falla polifásica o monofásica.

La automatización actual es la siguiente:

FRG: Es una lógica de automatización en donde se usan detectores de tensión de líneas y fallas, estos se encuentran integrados en un aparato RGDAT). El procedimiento que se implementa en las UP, nos indica que este dispositivo realiza cierres y aperturas automáticas de los seccionadores que registran fallas y falta de tensión.

El procedimiento se realiza de la siguiente forma:

Cuando se detecta la ausencia de tensión durante un periodo específico se realiza la apertura.

El cierre se debe dar en un orden determinado de seccionadores los cuales deben ser previamente abiertos, cuando se detecta tensión en estos por el efecto de un cierre de un seccionador, ya sea manual o automático el IMS debe estar ubicado de manera inmediata en aguas arriba.

El posicionamiento y apertura del estado de "Bloqueo" de un IMS, si éste origina un disparo de la línea de media tensión al cerrarse, por lo que se detectan dos situaciones detectadas por el RGDAT:

Exceso del umbral de corriente de falla con un ajuste mínimo del RGDAT. La corriente de falla varía de 4 a 9 amperios, dependiendo del alimentador y la falla del cortocircuito bifásico de 600A.

Alta tensión, dentro de 3 segundos, que es el tiempo de discriminación desde el cierre de IMS. Exceso del umbral de corriente de falla mínimo de ajuste del RGDAT.

La UP envía un mensaje espontáneo al operador del sistema como indicación del evento, este seccionador se bloquea al aperturar los automatismos.

La realimentación de la red de media tensión se da aguas abajo del interruptor bloqueado de forma automática, dependiendo de la información después de la falla y el tipo de red, el operador normaliza los tramos de red sin fallas.

En el automatismo FRG, se debe:

La realimentación se da aguas arriba de la falla mediante el recierre del seccionador de CP.

EL operador recibe la confirmación de la apertura y bloqueo del IMS inmediatamente aguas arriba en el tramo de falla o bien el disparo del interruptor de la línea por falla del primer tramo.

Sólo si es necesario el operador del sistema cambiará la dirección de los RGDAT con la previa exclusión de los automatismos de IMS y las uniones realimentadas. (Osinergmin, 2018)

### **3.5.4 Sistema de telecontrol de la red MT**

El telecontrol de las redes de distribución tiene las siguientes funciones:  
El operador del sistema puede operar por telecontrol en el diagrama de la red de media tensión.

En el estado instantáneo de conexión se puede visualizar el diagrama de red, los dispositivos de maniobra se actualizan automáticamente a cargo del responsable de la operación.

Se da el telecontrol de los seccionadores, reclosers, IMS y subestaciones de distribución.

Se puede apreciar una vista integral de la información para que el operador de los sistemas gestione en caso de falla:

- a) Medidas eléctricas de las zonas telecontroladas.
- b) Estado de recierre en recloser
- c) Indicaciones de las zonas de seccionamiento principal.
- d) La visualización del paso de la corriente de falla con el RGDAT presente.
- e) Número total de clientes de media y baja tensión conectados a una línea de media tensión, fuera de la posición normal, con probabilidad de detalle a nivel de un transformador media y baja tensión.
- f) Visualización del número de usuarios media y baja tensión sin servicio.
- g) Potencia de los transformadores instalada media y baja tensión.

Las funciones del interruptor del alimentador son: posición, medición, verificar el estado de corriente, entre otros. Este se ubica en la subestación de transmisión, las cuales se obtienen del sistema SCADA de alta tensión. Estas no están disponibles en el sistema STM.

Adicionalmente a ello, las unidades periféricas UP, son aparatos hardware que se encuentran instalados en la cabina secundaria o en un poste con interfaz en la entrada y salida.

Las UP Pueden realizar las siguientes funciones:

A través del sistema central de telecontrol se reenvían los telemandos, estos se imparten por el centro a los seccionadores a lo largo de la línea.

#### Cambio de la configuración de la UP

- Con el RGDAT, verificar la transmisión de corriente de falla.
- Bloqueo autómatas: apertura automática de un IMS un interruptor que provoca la ausencia de tensión con la apertura o cierre.
- Monitoreo de la posición de los aparatos de maniobra que están telecontrolados (abierto o cerrado).
- Control de media tensión en la cabina secundaria y en las líneas conectadas en la misma.
- Invertir las direcciones de los detectores de falla direccionales a petición del operador de control.
- Desactivar/activar, mediante el operador de control, los automatismos para seleccionar el tramo en falla.
- Control automático, a partir de reglas configuradas en el firmware de las UP, los elementos de maniobra sobre la red de media tensión.
- Cierre automático de seccionadores aperturados tras la apertura definitiva.
- Diagnóstico de estados anómalos de RGDAT como origen de la inhibición de los automatismos.
- Gestión automática de las direcciones de los RGDAT en el reencendido de UP.
- Configuración de los números de respaldo para el envío de mensajes espontáneos.
- Configuración de los números de teléfono para el envío de mensajes.
- Lectura remota de la corriente, tensión y temperatura ambiental en funcionamiento.

La comunicación entre el sistema central y UP se realiza mediante GRPS y DR, sólo para casos recloser, la comunicación se realiza sólo a través de las GPRS. (Ramirez Camargo et al., 2020)

### ***3.5.5 Maniobras para la selección del tramo con falla y la realimentación de los tramos buenos***

En esta parte del procedimiento, se destaca el trabajo que realiza el operador del sistema y la implementación del automatismo en media tensión, de esta forma se realizan maniobras primarias y secundarias. Para los intentos de cierre en específico el operador debe tener criterios.

### ***3.5.6 Secuencia de maniobras principales***

Para el sistema eléctrico de ENEL Distribución Perú, se destacan los siguientes casos:

a) Red Automatizada con RGDAT y seccionadores/interruptores/IMS telecontrolados

Al finalizar las maniobras por el automatismo FRG, ante un caso de falla monofásica a tierra o cortocircuito monofásico, si la falla es definitiva se debe tener el seccionador en estado de bloqueo ubicado aguas arriba del tramo de falla, o el disparo del interruptor de media tensión la subestación de transmisión si la falla se encuentra en el primer tramo del alimentador. En caso del bloqueo de un aparato de maniobra, el tramo aguas arriba es realimentado mediante el último cierre del seccionador. El operador captura posterior a una actualización de UP que se involucran en el tramo de falla con las señales de los RGDAT de los equipos. Si el circuito es radial sin opción a realimentación, se procede a ejecutar las maniobras secundarias en la zona aislada.



Sólo si existe la necesidad que el operador cambie la dirección de los RGDAT, excluyendo previamente a los automatismos que corresponden a los seccionadores instalados en el alimentador. Si los equipos de telemando no responden remotamente, se coordina con el personal de campo la ejecución de la maniobra y se reporta la avería de telecontrol. Tal como lo establece la PL n. 70 Global Infrastructure and Networks remote controlled equipment malfunction management, se debe generar un código correlativo por cada aparato averiado, la responsabilidad de arreglar estados equipos es de la Unidad Operativa de media o alta tensión y la Unidad de Sistemas de control remoto, la eficiencia y disponibilidad de los equipos telecontrolados se miden en base a I IO n. 1797 – Remote control KPI.

Ante una falla monofásica o polifásica, antes de ejecutar maniobras el operador del sistema debe desactivar el automatismo de los aparatos instalados en los alimentadores con falla, después se seguirá el procedimiento en base a lo establecido Red Telecontrolada con RGDAT. Debe priorizarse la realimentación del tramo con falla de la red de media tensión antes de realizar seccionamientos adicionales. Las siguientes maniobras ejecutadas llevan el nombre de secundarias.

#### b) Red Telecontrolada con RGDAT

El operador procede a visualizar el esquema de alimentador de media tensión que se afecta por la falla y se analizan las señales recibidas por los RGDAT y por el SCADA, a la vez se validan los tipos de falla mediante el sistema ION a través de los relés de protección. Para los casos de redes mixtas se realiza un intento de cierre del circuito, si esta función no está activada o no se hayan realizado maniobras previas. Esta se realizará antes de los 3 minutos de corte. Este procedimiento se descarta para las redes de cable de media tensión.

Después se realiza la dicotomía asistida, el operador abre el último IMS automatizado el cual se ubicará aguas arriba del tramo con falla. En caso de bloqueo de un aparato de maniobra, el tramo aguas arriba de la falla es realimentado mediante un interruptor de media tensión en la subestación de transmisión.

El operador captura posterior a una actualización de UP que se involucran en el tramo de falla con las señales de los RGDAT de los equipos. Si el circuito es radial sin opción a realimentación, se procede a ejecutar las maniobras secundarias en la zona aislada. Sólo si existe la necesidad que el operador cambie la dirección de los RGDAT, excluyendo previamente a los automatismos que corresponden a los seccionadores instalados en el alimentador. Si los equipos de telemando no responden remotamente, se coordina con el personal de campo la ejecución de la maniobra y se reporta la avería de telecontrol. Con la función de recierre deben realizarse los intentos de energización del circuito. Las siguientes maniobras ejecutadas llevan el nombre de secundarias.

c) Red no telecontrolada

Cuando no se tienen equipos indicadores de corriente de falla en un alimentador de media tensión, el operador validará el tipo de falla mediante el sistema ION y si se puede los relés de protección. Para las redes mixtas se realiza un intento de cierre del circuito, Si el recierre no está activo o no se realizaron maniobras previas. Esta se realizará antes de los 3 minutos de corte, esto se descarta para redes de cable de media tensión. Después, las principales maniobras de realimentación y seccionamiento se llevarán a cabo a cargo del operador de red en la subestación de distribución, seccionamiento o recloser a lo largo del alimentador. Permitirá que se normalice al 50% de usuarios afectados. El operador procede a normalizar el primer tramo del circuito mediante el seccionador aperturado al inicio de la falla. Si la energización tiene éxito, el operador continúa el proceso dicotómico del circuito. Se entenderá que fue una falla no permanente por ende se solicitará una inspección por parte del operador de campo, independientemente del tipo de falla.

Cuando la energización no tiene éxito, el operador procede a energizar el tramo aguas abajo del punto de seccionamiento mediante los enlaces auxiliares y seguirá aplicando el proceso de dicotomía en el tramo identificado hasta que se pueda llegar a la falla y pueda iniciarse con las maniobras secundarias. En la búsqueda del tramo con falla de la red de media tensión antes de los seccionamientos. Con el recierre desactivado se realizan los intentos de energización del circuito.

El procedimiento de búsqueda de fallas se interrumpe si se indica riesgo eléctrico existente. (Castro et al., 2020)

### ***3.5.7 Normalización de circuitos a través de los Enlaces Auxiliares***

Se debe evitar energizar el circuito con falla mediante enlaces auxiliares. Si fuera posible se debe trasladar previamente a los usuarios conectados al alimentador de media tensión que tienen enlaces auxiliares, de esta manera se reduce el número de usuarios de media y baja tensión que podrían sufrir cortes. Si la falla se encuentra en el último tramo del alimentador en dirección al enlace auxiliar, se puede intentar la energización del circuito siempre que el número de usuarios sea inferior al número de usuarios presentes en la red buena aguas arriba del tramo con falla. En el caso del disparo de la línea de media tensión de suplencia debe tenerse cuidado en el restablecimiento de la alimentación en un tiempo reducido.

### ***3.5.8 Secuencia de Maniobras Secundarias***

En cuanto a las maniobras secundarias, se realizan por el operador de campo. Los recierres y las funciones remotas activas en el circuito deben desactivarse, deben permanecer así durante el tiempo que se necesite para la identificación del tramo con falla.

Posterior a las maniobras secundarias, si entre una operación manual y la siguiente se prevén tiempos largos los automatismos deben estar activos.

Cuando se ubica el tramo con falla desde el nodo hasta la subestación de transmisión de la troncal, los intentos de energización se realizan mediante el interruptor del alimentador.

Para todos los casos descritos, las maniobras de energización del tramo del alimentador que tiene falla y que no pertenece a la troncal, debe realizarse el siguiente procedimiento:

Para las líneas mixtas de media tensión, ante una falla monofásica a tierra o cortocircuito bifásico, el operador debe aplicar el procedimiento dicotómico para la identificación de la falla, realizando energizaciones del circuito; por otro lado, en una falla polifásica el operador solicitará una inspección para descartar el riesgo eléctrico para las personas.

En cuanto a las líneas de cable de media tensión, ante la falla monofásica a tierra, el operador aplicará el procedimiento dicotómico para identificar la falla.

Cuando la energización es exitosa, se entiende que es una falla no permanente, por lo que se solicita una inspección al operador de campo. (Enriquez, 2019)

### **3.5.9 Inspección y Localización de Falla**

Cuando se completan los seccionamientos y se identifica la falla, se inicia con la inspección final del circuito.

La falla se ubica en algunos casos por la inspección final la cual está a cargo del operador de red de distribución, por la localización y las pruebas con el empleo de equipos o por un reclamo que llegue al call center.

Para las acciones descritas que podrían dar como resultado negativo y no se pueda ubicar la falla, el operador de red comunica al operador del sistema, para esto tenemos dos opciones posibles:

El intento de energización se encuentra en falla.

El seccionamiento físico se encuentra en la mitad de la longitud del mismo tramo.

Si existe la posibilidad de realimentación a través del enlace auxiliar, el seccionamiento debe dividir el número de clientes con corte para permitir que la realimentación sea buena.

Cuando existen fallas complejas se debe hacer uso de grupos electrógenos.

### **3.5.10 Reparación de la falla**

Cuando se localiza la falla, el operador de campo debe informar al operador de sistema sobre la causa, naturaleza y los tiempos previstos de reparación, con esta información se determinan las opciones más viables para la realimentación a los usuarios afectados, tomando las siguientes opciones:

- a) Reparación final de la falla.
- b) Reparación provisional
- c) Seccionamiento rígido de la falla

El operador central una vez que esté informado sobre el evento, evalúa la instalación de grupos electrógenos, para interrupciones de larga duración mayores a 6 horas con más de 100 usuarios.

Si están disponibles los cables puente, se pueden utilizar como alternativa para energizar la red de media tensión buena.

Estas actividades pueden aplicarse de acuerdo con las disposiciones de seguridad listadas en el anexo 4 y en el IO n. 1327 - Reglamento de Operación. (Capella, 2000)

### **3.5.11 Correcta identificación del cable MT a reparar por corte selectivo**

La finalidad es la correcta identificación del cable objeto de los trabajos. Esto se lleva a cabo de acuerdo con las disposiciones de seguridad del Instructivo de Operación No. 1106, herramientas y equipos incluidos. Por ello, es necesario que aguas abajo de esta operación, en el Centro Operativo no se hayan recibido indicaciones de disparo de las protecciones por parte de los dispositivos de maniobra previamente identificados como posibles alimentadores del cable cortado.

Se pueden identificar los siguientes casos:

- Actividades que involucran cables situados aguas arriba del recloser: Exclusión del DRA en CP en todas las líneas conectadas a la actividad (incluso en toda la CP si el paralelismo afecta a líneas relacionadas con las dos semibarras).
- Actividades que involucran cables aguas abajo de uno o más reclosers: la exclusión del DRA se realizará por telecontrol en los mismos reclosers manteniéndolos conectados al sistema de telecontrol durante la fase de corte del cable. En caso de reclosers no controlados a distancia o de pérdida de conexión, se excluirán las protecciones de estos aparatos de maniobra, inhibiendo la funcionalidad local.

### **3.5.12 Gestión de configuración de la red MT como consecuencia de la falla**

La configuración de la red de media tensión representa la optimización del sistema. Por ello, si hubiera alguna variación temporal de la configuración de la red de un alimentador, se debe gestionar en un tiempo reducido con la ayuda de la Unidad Operativa, con la finalidad de equilibrar los parámetros verídicos.

### **3.5.13 Capacitación a los operadores OC y actualización de la instrucción operativa**

Se realizarán capacitaciones certificadas a todos los RME sobre el presente documento, esto se dará 2 veces al año en enero y julio. El procedimiento de maniobras en tiempo real, se analizarán mediante un seguimiento diario y se identifican desviaciones, se realizarán retroalimentaciones a todos los integrantes de la OC. El documento ENEL Distribución Perú, se actualizará cuando se presenten cambios significativos en los sistemas de control, de operación, cuando existan modificaciones a la filosofía para la activación de recierres en el circuito, se mejore o implemente la lógica de automatización para la operación de red de media tensión, cuando se actualicen los documentos en referencia del presente procedimiento.

## **3.6 Resultado de la actividad**

La aplicación de la optimización del proceso descrito en este trabajo demuestra la reducción del tiempo de duración de las interrupciones. Como ejemplo, se muestra la siguiente interrupción imprevista:

Interrupción imprevista en alimentador Huaral 06 (HL-06):

En la zona de Huaral ocurrió una interrupción imprevista a las 12:29 hr; el recloser RC1416 señala e identifica una falla aguas abajo a las 12:29:11h, luego el interruptor principal HL-06 apertura de forma automática para despejar la falla a las 12:29:13 h.

De acuerdo con el proceso de maniobra, se identifica la zona de la falla con ayuda de la señalización del RC1416, por ello se realizó la apertura por telemando del RC1416 a las 12:29:53 h; posteriormente, se intentó un cierre exitoso con telemando del alimentador HL-06 a las 12:30:06 h. El centro de operaciones, con ayuda de la oscilografía del relé, observó una falla bifásica a tierra menor a 4 kA.

Siendo la topología del circuito una red mixta, se procedió a realizar el cierre con telemando del RC1416 a las 12:32:16 h; recuperando la totalidad del suministro afectado del alimentador HL-06.

*Tabla 2:* Resumen de maniobras del evento de HL-06

<b>Hora</b>	<b>Equipo</b>	<b>Maniobra</b>	<b>Descripción</b>
12:29:11	RC1416	Señalización	RC1416 ubica la zona de la falla
12:29:13	HL-06	Apertura automática de interruptor (OAB)	Apertura de interruptor HL-06 para despejar la falla
12:29:53	RC1416	Apertura por telemando (AB)	Apertura desde centro de operaciones para aislar la zona de la falla
12:30:06	HL-06	Cierre por telemando (CR)	Intento de cierre exitoso desde centro de operaciones. Se recupera suministro parcial
12:32:16	RC1416	Cierre por telemando (CR)	Intento de cierre exitoso del RC1416. Se recupera total el suministro del alimentador HL-06.

Con la optimización en los procesos de maniobras y la disponibilidad de dispositivos con telemando, el tiempo de recuperación del suministro parcial fue de 53 segundos.



De no contar con esta optimización, se hubiera procedido a enviar personal de campo a revisar la red de Media Tensión y luego realizar cierres por telemando o de forma manual para recuperar el suministro eléctrico, lo cual incrementaría el tiempo de recuperación de la falla. Se concuerda con las afirmaciones de (Castro et al., 2020) que menciona en su estudio que gracias a la automatización por telemando logró el mejoramiento del servicio de alimentadores. Asimismo, (Enriquez, 2019) nos brindó propuestas que suman a la reducción de interrupciones del suministro eléctrico, finalmente (Rodríguez, 2020) demuestra que las acciones del operador de red permiten valorar el alcance y duración de una interrupción.

SERVICIO (Filtro Activo)	SISTEMA (Filtro Activo)	AUTORIDAD (Filtro Activo)	EXPLORACIÓN (Filtro Activo)	MANTENIMIENTO AT (Filtro Activo)	MANTENIMIENTO MT (Filtro Activo)			
Eventos: de 1 a 15 de 15								
N.º Prot.	Fecha Hora de Sist.	CO	Cábina AT	Aparatura	Entidad	Codificación Elemento	Descripción Evento	Fecha Hora de Op./Ap.
1638	23/04/2023 15:14:50.176	EEL0-EDELNOR/10-EDELNOR	HUARAL	HL-06	SE2P	RC1367:SP000254:1	ESPONTANEO HABILITADO SN	31/12/1969 19:00:01.571
1639	23/04/2023 15:14:50.176	EEL0-EDELNOR/10-EDELNOR	HUARAL	HL-06	SE2P	RC1367:SP000254:1	NORMAS NO CONFIGURADA	31/12/1969 19:00:01.571
1640	23/04/2023 15:15:25.733	EEL0-EDELNOR/10-EDELNOR	HUARAL	HL-06	SE2P	RC1367:SP000254:1	NORMAS CONFIGURADA	23/04/2023 15:15:06.138
1648	23/04/2023 15:16:28.705	EEL0-EDELNOR/10-EDELNOR	HUARAL	HL-06	SE2P	RC1367:SP000254:1	NORMAS CONFIGURADA	23/04/2023 15:15:06.138
0	24/04/2023 12:29:14.897	EEL0-EDELNOR/10-EDELNOR	HUARAL	HL-06	RTU	TRC2082:SP000247E	FALTA CA.	24/04/2023 12:29:13.811
0	24/04/2023 12:29:14.948	EEL0-EDELNOR/10-EDELNOR	HUARAL	HL-06	MS01	RC1416:SP000252:DR018456:1	INTERVENCIÓN RGT CTO	24/04/2023 12:29:11.395
0	24/04/2023 12:29:15.531	EEL0-EDELNOR/10-EDELNOR	HUARAL	HL-06	SE2P	RC1367:SP000254:1	FALTA CA.	24/04/2023 12:29:15.323
0	24/04/2023 12:29:16.261	EEL0-EDELNOR/10-EDELNOR	HUARAL	HL-06	SE2P	RC1416:SP000252:1	FALTA CA.	24/04/2023 12:29:13.020
1469	24/04/2023 12:29:17.074	EEL0-EDELNOR/10-EDELNOR	HUARAL	HL-06	LINMT		ABIERTO ANORMAL FSN	24/04/2023 12:29:13.651
0	24/04/2023 12:29:17.916	EEL0-EDELNOR/10-EDELNOR	HUARAL	HL-06	SE2P	RC1076:SP000253:1	FALTA CA.	24/04/2023 12:29:10.690
1470	24/04/2023 12:29:54.877	EEL0-EDELNOR/10-EDELNOR	HUARAL	HL-06	MS01	RC1416:SP000252:DR018456:1	TELEM ABIERTO POSITIVO FSN	24/04/2023 12:29:53.865
0	24/04/2023 12:30:08.344	EEL0-EDELNOR/10-EDELNOR	HUARAL	HL-06	SE2P	RC1367:SP000254:1	PRESENCIA CA.	24/04/2023 12:30:08.127
0	24/04/2023 12:30:10.017	EEL0-EDELNOR/10-EDELNOR	HUARAL	HL-06	SE2P	RC1416:SP000252:1	PRESENCIA CA.	24/04/2023 12:30:07.540
1471	24/04/2023 12:30:13.208	EEL0-EDELNOR/10-EDELNOR	HUARAL	HL-06	LINMT		TC CERRADO POS SN	24/04/2023 12:30:06.000
1476	24/04/2023 12:32:18.476	EEL0-EDELNOR/10-EDELNOR	HUARAL	HL-06	MS01	RC1416:SP000252:DR018456:1	TELEM CERRADO POSITIVO SN	24/04/2023 12:32:16.470

Figura 7: Sistema STWEB – Secuencia de maniobras. Fuente: Enel Perú.

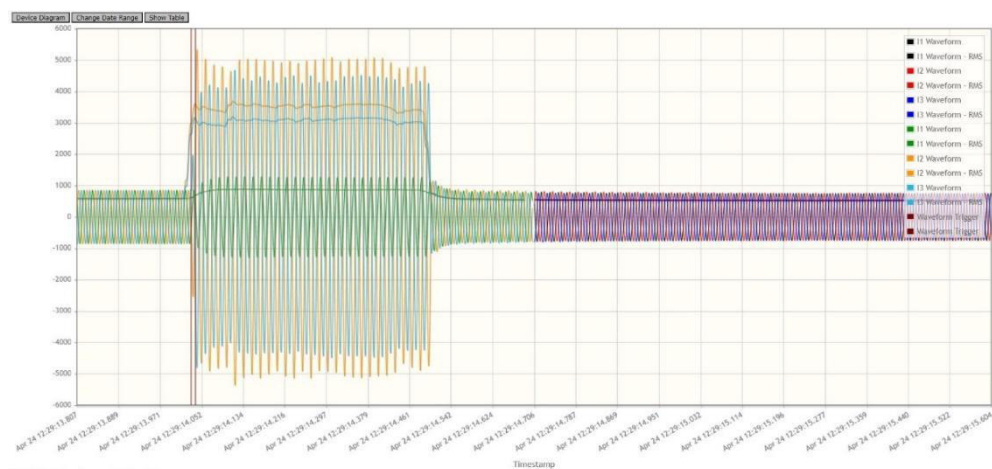


Figura 8: Oscilografía del Relé del alimentador HL-06 que muestra una falla bifásica a tierra menor a 4kA. Fuente: Enel Perú.

De acuerdo con la oscilografía del relé, el tipo de falla fue de un cortocircuito bifásico menor a 4kA. Para identificar la causa de la interrupción se envió al operador de campo al sitio del evento, el operador al llegar a la zona inspeccionó la red de Media Tensión y no encontró causa de la falla. Tal y como indica (Juárez Cervantes, 1995) las fallas pueden ser producidas por terceros, aves, fuertes vientos, accidentes vehiculares, clima, entre otros.

Para optimizar el proceso de maniobras se analizaron qué tipo de fallas transitorias ocurren regularmente en la red de Media Tensión, siendo estas las fallas a tierra y las fallas bifásicas menor a 4k A (medidos desde el interruptor principal de SET) en redes mixtas.

En el caso de las fallas bifásicas, la corriente de cortocircuito se estableció en 4 kA con el fin de que los cables de media tensión soporten dicha corriente. Se contempló el análisis del sistema de recierres automáticos (Automatismo FRG) sobre las redes de Media Tensión, con el fin de garantizar la integridad de las instalaciones y la seguridad de las personas. Se concuerda con (Castro et al., 2020), quien indica que la aplicación de sistemas de telemando y automatización sea eficiente en la recuperación de circuitos con falla. (Rodríguez & Mercado, 2021), añade que el avance y uso de tecnologías, como la disposición de equipos con telemando y la capacitación del personal, es indispensable en la electricidad. La adaptación del procedimiento se realiza mediante la publicación y difusión por medio de e-mail corporativo a todo el personal de centro de operaciones. De acuerdo con lo que señala (Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad, 2018) la empresa de suministro se encarga de capacitar a los trabajadores y remitir la información de la guía de procedimientos. La aplicación del procedimiento se lleva a cabo a través de maniobras en tiempo real, que son inspeccionadas por el supervisor de turno y el jefe del centro de operaciones.

Para analizar los tiempos de respuesta, se registran en una base de datos las maniobras para la normalización de circuitos, se colocan los tiempos de movilización de cuadrilla, el tipo de falla, la causa de la falla, la cantidad de clientes afectados y la hora de inicio y final de la interrupción.

Estos datos son verificados por el supervisor de turno del centro de operaciones para comprobar que el operador haya realizado una correcta maniobra para la recuperación del circuito de acuerdo con lo establecido en el procedimiento.

Como bien indica (Rodríguez, 2020) en su estudio, en donde refiere que la actuación del operador de red permite la valoración en tiempo real sobre el alcance y duración de la interrupción. Agrega (Vega, 2019) quien logró una solución efectiva en las fallas de red.

## **CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES**

### **4.1 Justificación**

El presente trabajo permitió mejorar la calidad de vida de la población de Lima, asimismo se evidenció mejoras en el uso de energía en el hogar debido a la reducción del tiempo de falla del suministro eléctrico, proporcionando mayor vida útil a los equipos evitando el mantenimiento y reparación innecesario. Se redujeron los tiempos de atención al cliente, brindando un mejor servicio, evitando pérdidas económicas e incrementando la producción y trabajo en el sector de energía.

### **4.2 Descripción de la implementación**

La elaboración del presente documento se inició con la recolección de información, análisis de estudios relacionados al tema tratado, posterior a ello, se estableció la operación de la red en Media Tensión ante fallas imprevistas. Se establecieron los procesos para la recuperación de circuito en falla con dispositivos telecontrolados y funciones de recierres de alimentadores automáticos con FRG activo. En el caso de que el circuito no cuente con recierre automático, el operador ejecutará el recierre manual para fallas monofásicas a tierra o bifásicas menor a 4kA para redes mixtas.

El operador tiene que identificar y validar mediante el sistema ION el tipo de falla. Para redes no telecontroladas, las maniobras de realimentación y seccionamiento se llevarán a cabo a cargo del operador de campo bajo las indicaciones del centro de operaciones. Dicho operador inspecciona la red y realiza un proceso dicotómico para localizar la falla, una vez localizada la falla, se procede a aislarla y recuperar el suministro por medio de enlaces auxiliares. En el presente documento también se establece el procedimiento para la reparación de la falla.

Finalmente, con la aplicación del procedimiento se realiza la capacitación del personal dos veces al año y cuando se requiera una actualización.

### **4.3 Conclusiones**

1. Se optimizó el proceso de maniobras cumpliendo con la reducción significativa de tiempo en recuperación del suministro eléctrico.
2. Los tipos de falla son monofásicas, bifásicas a tierra y cortocircuito trifásico, se identificaron por medio de oscilografías capturadas por los relés ubicados en las subestaciones. Para el caso de evento de Huaral, la falla fue un cortocircuito bifásico transitorio menor a 4kA.
3. Optimizando el proceso de maniobras se redujo el tiempo de duración de la interrupción gracias a la implementación de equipos con telemando y automatismo FRG, identificación del tipo de falla y capacitación de personal.
4. Se identificó el tipo de falla con la ayuda de relé, luego se verificó la topología de la red con el STM y se determinó que el circuito es mixto. Finalmente, realizó un intento de cierre exitoso y se recuperó el suministro eléctrico.
5. Se verificó la efectividad de los procesos de maniobra realizando un análisis de tiempos de duración de la interrupción y de la cantidad de maniobras ejecutadas para recuperación del suministro eléctrico.

## **CAPITULO V: RECOMENDACIONES**

1. Continuar con los estudios sobre optimización de procedimientos para reducir tiempo de respuesta ante una falla eléctrica.
2. Ante causas no determinadas, el personal de campo deberá realizar también un informe detallado sobre el evento para el centro de operaciones.
3. Capacitar al personal sobre equipos de telemando para una rápida respuesta, asimismo, cuando se realicen actualizaciones en el procedimiento.
4. Promover el estudio de la optimización para mejorar los procedimientos y maniobras realizadas.
5. Llevar el control y registro de la reducción de tiempos de respuesta para mejorar la calidad de suministro de los clientes.

## CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA

- Abarca Cascante, C. (2006). Implementación del control electrónico para un recloser monofásico hidráulico. Costa Rica. <https://docplayer.es/80860050-Instituto-tecnologico-de-costa-rica-escuela-de-ingenieria-en-electronica.html>
- Capella, R. (2000). Norma de seguridad para realizar maniobras y trabajos de instalaciones eléctricas de MT y AT de distribución. España. <https://docplayer.es/2909318-Norma-de-seguridad-para-la-realizacion-de-maniobras-y-trabajos-en-instalaciones-electricas-de-mt-y-at-de-distribucion.html>
- Castro, M., Marvin, F., Ramirez, A., & Criollo, S. (2020). Automatización por telemando de las redes eléctricas en media tensión para el mejoramiento de la calidad de servicio de alimentadores, en la región Callao – Provincia Constitucional del Callao. Callao, Callao, Perú. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAC\\_298b9cd3baf72cdbdc7f9d905114ff2f](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAC_298b9cd3baf72cdbdc7f9d905114ff2f)
- Comisión Nacional de Energía. (2009). Propuesta de procedimiento de operación básico de las redes de distribución. Chile. [https://www.cnmc.es/sites/default/files/1570598\\_8.pdf](https://www.cnmc.es/sites/default/files/1570598_8.pdf)
- Comisión Nacional de energía. (2021). “Estudio Costo de Falla de Corta y Larga Duración SEN y SSMM”. Chile. <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2021/03/03-Informe-T%C3%A9cnico-Estudio-de-Costos-de-Falla-para-Observaciones.pdf>
- Endesa Fundación. (2022). Red de distribución. Retrieved marzo 11, 2023, from: <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/red-de-distribucion>.

- Enríquez, C. (2019). Análisis para disminuir las interrupciones eléctricas en media tensión de la empresa Hidrandina -Chimbote. Chimbote, Ancash, Perú. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USPE\\_0be8228b2d028362ef10b6e475a0bd86](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USPE_0be8228b2d028362ef10b6e475a0bd86)
- GAL Electric. (2023). Fallas De Aislamiento: Enemigas Silenciosas De Su Sistema Eléctrico. <https://www.galelectric.com.co/blog/fallas-de-aislamiento/>
- Gómez, V., Peña, R., & Hernández, C. (2012). Identificación y Localización de Fallas en Sistemas de Distribución con Medidores de Calidad del Servicio de Energía Eléctrica. Bogotá, Colombia. [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642012000200013&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642012000200013&script=sci_arttext)
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2014). Guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico. <https://www.insst.es/documents/94886/214929/Marcos+Cantalejo.pdf/b6758217-21cf-497e-ab2f-0dca7a1e8ef4>
- Juárez Cervantes, J. (1995). Sistemas de distribución de energía eléctrica. México. <https://core.ac.uk/download/pdf/48392416.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas. (2010). Decreto Supremo N° 020-97-EM. [https://www.osinergmin.gob.pe/cartas/documentos/electricidad/normativa/NTCSE\\_DS020-97-EM.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/cartas/documentos/electricidad/normativa/NTCSE_DS020-97-EM.pdf)
- Ministerio de Justicia. (2017). DECRETO SUPREMO N° 020-97-EM. Obtenido de [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/NTCSE.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/NTCSE.pdf)
- Ministerio de trabajo, empleo y seguridad social. (2016). Manual de buenas prácticas. Buenos Aires, Argentina. <https://www.srt.gob.ar/wp-content/uploads/2016/04/MBP-.Industria-Elctrica.pdf>
- Monsalve Mera, O. (2020). Coordinación de protección del Alimentador BE-S03 – sistema eléctrico Bellavista Rural. Chiclayo, Lambayeque, Perú. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRG\\_d6e058abfb9f0cd4b409600d3ef109a9/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRG_d6e058abfb9f0cd4b409600d3ef109a9/Details)

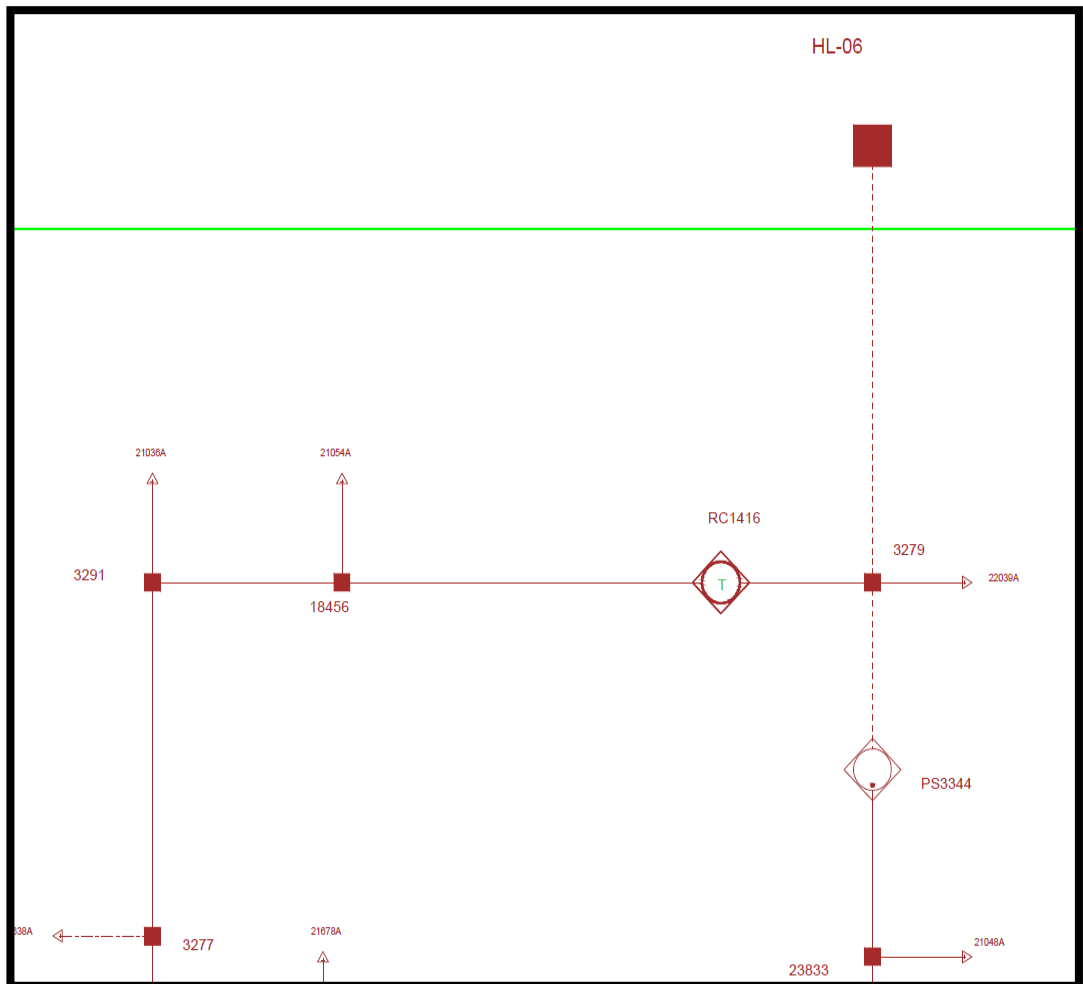


- Neyra Vela, F. (2020). Seguridad eléctrica en el lugar de trabajo. In *Electrical safety in the workplace*. Lima, Lima, Perú. <https://www.redalyc.org/journal/816/81664593008/html/>
- OIT. (2023). Prevención de Riesgos en Trabajos con Corriente Eléctrica. [https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/preve\\_electrica.pdf](https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/preve_electrica.pdf)
- OIT. (2023). Seguridad eléctrica. <https://www.ilo.org/global/topics/labour-administration-inspection/resources-library/publications/guide-for-labour-inspectors/electrical-safety/lang--es/index.htm>
- Osinergmin. (2018). Mejores prácticas para el análisis y supervisión de interrupciones en redes eléctricas de distribución primaria. [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/electricidad/Documentos/Publicaciones/Mejores-practicas-analisis-supervision-interrupciones-redes-electricas.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/Publicaciones/Mejores-practicas-analisis-supervision-interrupciones-redes-electricas.pdf)
- Osorio Patiño, W., & Culma Ramirez, C. (2017). Manual para la operación de subestaciones eléctricas con niveles de tensión 115 kV, 33 kV y 13,2 kV. Pereira, Colombia. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/45d3d748-ba03-4ca9-8c45-a405093484f7/content>
- Ramirez Camargo, E., Escorcía Gutierrez, J., Cuello Navarro, J., Barraza Peña, C., De los Ríos Trujillo, E., & Maldonado Alvarez, V. (2020). Diseño de un sistema de supervisión, telecontrol y envío de señales mediante una RTU en la sección de autogeneración Argos zona franca Cartagena. Cartagena, Colombia. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7972853>
- Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad. (2018). Resolución Ministerial N° 111-2013-MEM-DM. Perú. [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Resol-111-2013-MEM-DM.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Resol-111-2013-MEM-DM.pdf)
- Rivero Acosta, M. (2022). II Legislatura / No.402. San Lázaro, Mexico. [http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2009/06/asun\\_2580364\\_20090624\\_1245867670.pdf](http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2009/06/asun_2580364_20090624_1245867670.pdf)

- Rodriguez, J., & Mercado, N. (2021). Soluciones para la mejora de la calidad del servicio de energía eléctrica en Barranquilla. Revisión de la literatura. Barranquilla, Barranquilla, Colombia. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/bilo/article/view/3823>
- Rodriguez, M. (2020). Gestión automatizada de la interrupción del suministro en redes de distribución eléctrica. Sevilla, Sevilla, España. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=285882>
- Sotelo, O. (2021). Implementación de procedimientos para trabajos con tensión en circuitos de alta tensión para reducir cortes de energía eléctrica. Lima, Lima, Perú. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UTPD\\_1a604fc7f1171ab7a13a733c2cbcd247](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UTPD_1a604fc7f1171ab7a13a733c2cbcd247)
- Tamayo Pacheco, J., Vásquez Cordano, A., & Garcia Carpio, R. (2007). La Protección del consumidor en el sector eléctrico peruano: una perspectiva preventiva. Retrieved marzo 15, 2023, from <https://revistas.indecopi.gob.pe/index.php/rcpi/article/view/106/114>
- Toapanta Valdez, J. (2017). Reposición de suministro en redes de distribución. Barcelona, España. <https://docplayer.es/193788450-Reposicion-de-suministro-en-redes-de-distribucion.html>
- Universidad de Santiago de Compostela. (2018). Norma de seguridad - Instalaciones eléctricas. Chile. <https://www.usc.gal/export9/sites/webinstitucional/gl/servizos/sprl/descargas/NPR-07-ES-Ed-3-Instalaciones-electricas.pdf>
- Vega, G. (2019). Análisis en la gestión de la red de distribución de Nicaragua enfocado en la continuidad y calidad del servicio de energía. Managua, Managua, Nicaragua. <https://1library.co/document/zpdm3woz-analisis-gestion-distribucion-nicaragua-enfocado-continuidad-servicio-energia.html>

## CAPÍTULO VII: ANEXOS

### Anexo A: CIRCUITO DE MEDIA TENSION DE HUARAL 06 (HL-06)

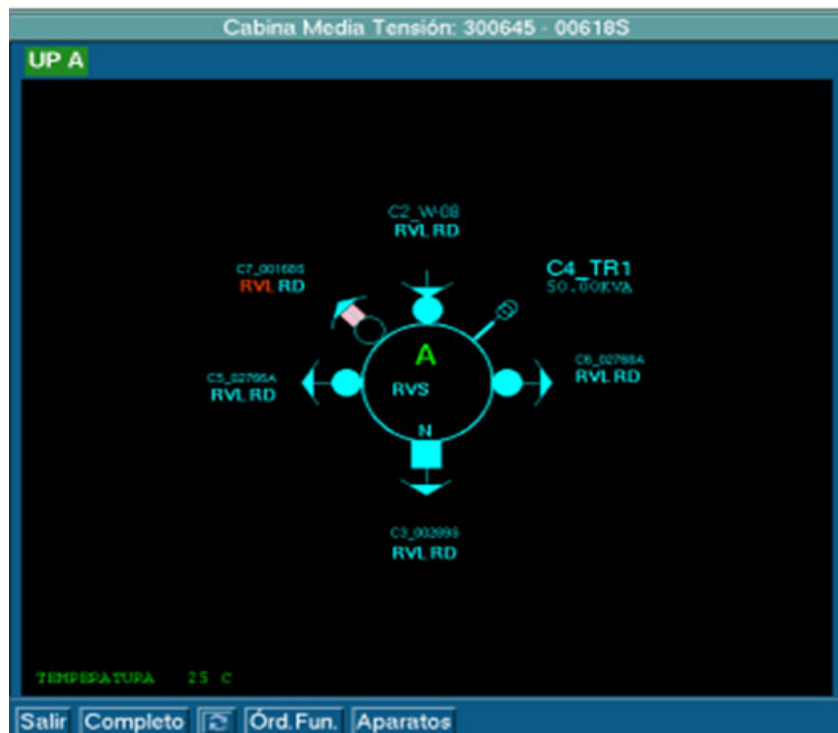


Anexo B: ANÁLISIS DE TIEMPO – ACCES BASE DE DATOS DE INTERRUPCION HL-06

The screenshot displays a software interface for managing power outages. At the top, it shows the incident ID 'HL-06' and the date '24/04/2023'. Below this, there are several sections: 'Tiempo' (Time) with a timeline of events from 12:29:13 to 12:32:16; 'Causa' (Cause) set to 'Causa No Determinada'; and 'Circuito de Apertura' (Opening Circuit) set to 'HL-06'. A table at the bottom lists fault types and their corresponding elements:

Tipc	FechaAper	HoraAp	STM	GE	Tipc	FechaCier	HoraCien	STM	GE	Elemento	Coment.GEMAS
OAE	24/04/2023	12:29:13	●	●	CR	24/04/2023	12:30:06	●	●	HL-06	
AB	24/04/2023	12:29:53	●	●	CR	24/04/2023	12:32:16	●	●	RC1416	
*	17/06/2023		○	○		17/06/2023		○	○		

Anexo C: SISTEMA STM (Subestación Convencional con Telemando)



### Recloser con Telemando – Incluye RGDAT



### Recloser (Seccionamiento con poste) con Telemando – Incluye RGDAT

