

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



TESIS

**“AUTOMATIZACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PARA
MEJORAR LA CALIDAD DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA
ELÉCTRICA DE LA EMPRESA MINERA CONECTADO A LA
SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN TICAPAMPA 22.9 KV
DEPARTAMENTO DE ANCASH – 2021”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRICISTA**

AUTORES:

Bach. CASAVILCA CCAHUAY, Diego Armando

Bach. CCOILLO JARA, Cristian Joel

Bach. INZÚA ABANTO, Angelo Alexis

ASESOR:

M.Sc. Ing. Carlos Humberto Alfaro Rodríguez




Callao, 2022

PERÚ

Document Information

Analyzed document	TESIS _CASAVILCA_CCOILLO_INZUA_V1.docx (D141812142)
Submitted	2022-07-07 03:52:00 UTC+02:00
Submitted by	
Submitter email	cristianccoillo96@gmail.com
Similarity	5%
Analysis address	fiee.investigacion.unac@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	TESIS UNSAAC ELECTRICA 13-03-2019.docx Document TESIS UNSAAC ELECTRICA 13-03-2019.docx (D54147305)	 8
SA	1476764923_314__ensayo%252BPamela_Rodriguez.pdf Document 1476764923_314__ensayo%252BPamela_Rodriguez.pdf (D22603695)	 1
W	URL: http://contenido.coes.org.pe/alfrescostruts/download.do?nodeId=09b71825-14ed-4807-afad-4cfe616ddd59 Fetched: 2022-02-18 19:33:06	 3

Entire Document

62%

MATCHING BLOCK 1/12

SA TESIS UNSAAC ELECTRICA 13-03-2019.docx (D54147305)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA "AUTOMATIZACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN

PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA EMPRESA MINERA CONECTADO A LA SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN TICAPAMPA 22.9 KV DEPARTAMENTO DE ANCASH – 2021"

AUTORES: CASAVILCA CCAHUAY, DIEGO ARMANDO CCOILLO JARA, CRISTIAN JOEL INZÚA ABANTO, ANGELO ALEXIS ASESOR: M.Sc. Ing. Carlos Humberto Alfaro Rodríguez

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Callao, 2022 PERÚ INFORMACIÓN BÁSICA FACULTAD: Facultad De Ingeniería Eléctrica y Electrónica. UNIDAD DE INVESTIGACIÓN: Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica. TÍTULO: Automatización de equipos de protección para mejorar la calidad del suministro de energía eléctrica de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22.9 Kv departamento de Ancash – 2021. AUTORES: Casavilca Ccahuay, Diego Armando Ccoillo Jara, Cristian Joel Inzúa Abanto, Angelo Alexis ASESOR: Mg. Ing. Alfaro Rodríguez Carlos Humberto LUGAR DE EJECUCIÓN: Departamento de Ancash – Perú. UNIDAD DE ANÁLISIS: Subestación de transformación TICAPAMPA 22.9 Kv. TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Descriptiva / Cuantitativo / Cuasi experimental. TEMA OCDE: Ingeniería y Tecnología. HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

DEDICATORIA En primer lugar a Dios por permitirnos culminar esta etapa en nuestra vida y reconfortarnos en este momento de desasosiego e incertidumbre durante la trayectoria de nuestra formación profesional. En segundo lugar esta Tesis lo dedicamos con todo Amor a nuestras familias por aceptar nuestra ausencia en reuniones familiares y confiar en nuestra capacidad para terminar este proceso formativo, por alentarnos día a día y su infinito amor incondicional porque a ellos les debemos todo lo que somos. Los amamos, gracias por todo.



FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL POR LA
MODALIDAD DE TESIS SIN CICLO DE TESIS

A los 12 días del mes de setiembre Del 2022 siendo las 11:00 Horas se reunió el Jurado Examinador de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica conformado por los siguientes Docentes Ordinarios de la Universidad Nacional del Callao, (Res. Resolución DECANAL N° 092-2022-DFIEE)

Dr. Ing. SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMÉNEZ	Presidente
Dr. Lic. ADÁN ALMÍRCAR TEJADA CABANILLAS	Secretario
Ing. PEDRO ANTONIO SÁNCHEZ HUAPAYA	Vocal

Con el fin de dar inicio a la exposición de Tesis de los señores Bachilleres **CCOILLO JARA, CRISTIAN JOEL; CASAVILCA CCAHUAY, DIEGO ARMANDO y INZÚA ABANTO, ANGELO ALEXIS** quienes habiendo cumplido con los requisitos para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electricista tal como lo señalan los Arts. N° 12 al 15 del Reglamento de Grados y Títulos, sustentará la Tesis Titulada **“AUTOMATIZACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA EMPRESA MINERA CONECTADO A LA SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN TICAPAMPA 22.9 KV DEPARTAMENTO DE ANCASH - 2021”**, con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición, considerando lo establecido en los Art. N° 14 y 17 del Reglamento de Grados y Títulos dado por Resolución N° 047-92-CU, en el Capítulo N° 06, corresponde al otorgamiento del Título Profesional con Tesis, efectuadas las deliberaciones pertinentes se acordó:

Dar por **APROBADO** Calificativo **BUENO** nota: 16 (Dieciséis) de los expositores Bachilleres **CCOILLO JARA, CRISTIAN JOEL; CASAVILCA CCAHUAY, DIEGO ARMANDO y INZÚA ABANTO, ANGELO ALEXIS**, con lo cual se dio por concluida la sesión, siendo las 12:30 horas del día del mes y año en curso.

Es copia fiel del folio N° 196 Del Libro de Actas de Sustentación de Tesis de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica — UNAC.


.....
PRESIDENTE
Dr. Ing. SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMÉNEZ


.....
SECRETARIO
Dr. Lic. ADÁN ALMÍRCAR TEJADA CABANILLAS


.....
VOCAL
Mg. Ing. PEDRO ANTONIO SÁNCHEZ HUAPAYA

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

PRESIDENTE : Dr. Ing. SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMÉNEZ

SECRETARIO : Dr. Lic. ADÁN ALMÍRCAR TEJADA CABANILLAS

VOCAL : Mg. Ing. PEDRO ANTONIO SÁNCHEZ HUAPAYA

ASESOR : MSc. Ing. CARLOS HUMBERTO ALFARO RODRIGUEZ

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios por permitirnos culminar esta etapa en nuestra vida y reconfortarnos en este momento de desasosiego e incertidumbre durante la trayectoria de nuestra formación profesional.

En segundo lugar esta Tesis lo dedicamos con todo

Amor a nuestras familias por aceptar nuestra ausencia en reuniones familiares y confiar en nuestra capacidad para terminar este proceso formativo, por alentarnos día a día y su infinito amor incondicional porque a ellos les debemos todo lo que somos.

Los amamos, gracias por todo.

AGRADECIMIENTO

- A nuestro Asesor
- A nuestros profesores que supieron inculcarme sus conocimientos
Por ser guías durante todo el proceso, por estar cuando los hemos necesitado y darnos su apoyo, consejo académico y personal.
- Al personal administrativo de nuestra Facultad
- A nuestros compañeros de clase
- A nuestros amigos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.1. Descripción de la realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema.....	10
1.3. Objetivos	11
1.4. Justificación	11
1.5. Delimitantes de la investigación.....	12
II. MARCO TEÓRICO	13
2.1. Antecedentes	13
2.2. Bases teóricas	16
2.3. Marco conceptual.....	19
2.4. Definición de términos básicos	20
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	21
3.1. Hipótesis	21
3.1.1. Operacionalización de variable.....	21
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	23
4.1. Diseño metodológico.....	23
4.2. Método de investigación	23
4.3. Población y muestra.....	23
4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado	23
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	24
4.6. Análisis y procesamiento de datos.....	24
4.7. Aspectos Éticos en Investigación.....	24
V. RESULTADOS.....	26
5.1. Diagnóstico y análisis de la situación actual	26
5.2. Equipamiento eléctrico.....	28
5.2.1. Interruptor	28
5.2.2. Seccionador	31
5.2.3. Transformador de potencia.....	33

5.2.4.	Descargadores de sobretensión.....	35
5.2.5.	Transformadores de medida y protección	35
5.3.	Sistema de protección y control	36
5.3.1.	Perturbaciones	37
5.3.2.	Sistema de protección	39
5.3.3.	Sistema de control.....	39
5.4.	Automatización de subestaciones eléctricas.....	41
5.4.1.	Niveles de automatización de subestaciones	42
5.4.2.	Protocolo IEEC61850 para automatización de subestaciones	43
5.5.	Presupuesto.....	44
5.6.	Indicadores de confiabilidad SAIDI y SAIFI.....	48
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados	49
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares	50
6.3.	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	51
VII.	CONCLUSIONES.....	53
VIII.	RECOMENDACIONES	54
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXOS	57
ANEXO N.º 01:	MATRIZ DE CONSISTENCIA	58
ANEXO N.º 02:	ESQUEMA UNIFILAR DEL SET TICAPAMPA 22,9 kV	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	21
Tabla 2. Parámetros del transformador de potencia de 4 devanados	26
Tabla 3. Sistema eléctrico de transmisión TICAPAMPA	27
Tabla 4. Circuitos de conversión involucrados en sistemas de protección (INTERRUPTOR).....	30
Tabla 5. Circuitos de conversión involucrados en sistemas de protección (SECCIONADOR).....	32
Tabla 6. Circuitos de conversión involucrados en sistemas de protección (TRANSFORMADOR DE POTENCIA).....	34
Tabla 7. Circuitos de conversión involucrados en sistemas de protección (TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y PROTECCIÓN).....	36
Tabla 8. Niveles de control de una subestación	41
Tabla 9. Presupuesto de suministro equipos principales	45
Tabla 10. Presupuesto de montaje y cableado de equipos principales.....	46
Tabla 11. Presupuesto de montaje y cableado de equipos auxiliares.....	47
Tabla 12. Presupuesto general de la automatización de equipos de protección	47
Tabla 13. Indicadores SAIDI y SAIFI del SET TICAPAMPA 22,9 kV antes de la automatización	48
Tabla 14. Indicadores SAIDI y SAIFI del SET TICAPAMPA 22,9 kV después de la automatización	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistemas eléctricos de la concesionaria de distribución HIDRANDINA	24
Figura 2. Sistema eléctrico de potencia	26
Figura 3. Interruptor de subestación tipo GIS.....	29
Figura 4. Seccionadores de barras y de línea de subestación.....	32
Figura 5. Transformador de potencia	33
Figura 6. Niveles de control de una subestación.....	40
Figura 7. Niveles de control para la automatización de subestaciones	43

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CEI: Comisión Eléctrica Internacional.

SAIDI: System Average Interruption Duration Index (Índice de duración de interrupción promedio del sistema)

SAIFI: System Average Interruption Frequency Index (Índice de frecuencia de interrupción promedio del sistema)

OSINERGMIN: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

GFE: Gerencia de Fiscalización Eléctrica.

SET: Sistema eléctrico de transmisión.

UCS: Unidad Central de subestación

SCL: Lenguaje de descripción de la configuración de la subestación

RESUMEN

Objetivo: Determinar de qué manera la automatización de equipos de protección mejora la calidad del suministro de energía eléctrica de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash – 2021.

Metodología: El tipo de investigación es aplicada y tecnológica. El diseño es cuasi experimental y con un enfoque cuantitativo. La población estuvo conformada por el Sistema eléctrico de TICAPAMPA 22.9 kv.

Resultados: Se tiene una reducción significativa en ambos indicadores en el caso del indicador SAIFI se tuvo una disminución desde 6,04 a los 3,9 que se obtuvieron posterior a la automatización lo cual marca una disminución de 2,14 y en el caso del indicador SAIDI se tuvo una disminución desde 5,39 a los 3,51 que se obtuvieron finalmente lo cual marca una disminución de 1,88.

Conclusiones: La automatización de equipos de protección mejora la calidad del suministro de energía eléctrica de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash – 2021.

Palabras clave: automatización, interrupción, calidad.

ABSTRACT

Objective: To determine how the automation of protection equipment improves the quality of the electric power supply of the mining company connected to the TICAPAMPA 22.9 kV transformation substation in the department of Ancash - 2021.

Methodology: The type of research is applied and technological. The design is quasi-experimental and with a quantitative approach. The population consisted of the TICAPAMPA 22.9 kV electric system.

Results: There is a significant reduction in both indicators in the case of the SAIFI indicator there was a decrease from 6.04 to the 3.9 obtained after automation which marks a decrease of 2.14 and in the case of the SAIDI indicator there was a decrease from 5.39 to the 3.51 finally obtained which marks a decrease of 1.88.

Conclusions: The automation of protection equipment improves the quality of the electric power supply of the mining company connected to the transformation substation TICAPAMPA 22.9 kV department of Ancash - 2021.

Key words: automation, interruption, quality.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años alrededor del mundo se ha ido incorporando cada vez más la automatización de los equipos de protección de una red eléctrica considerando la importancia y las facilidades que ofrece un sistema automatizado de protección que garantiza la continuidad del servicio eléctrico y el cuidado de los equipos eléctricos, se prevé que en un futuro sea parte de la normativa de cada país el incorporar sistemas automatizados de protección de equipos.

En el Perú el crecimiento del sector energético es notorio y es debido a la gran demanda que ha surgido por el servicio eléctrico en zonas poco accesibles, en una zona más controlada los sistemas seguridad y protección de los equipos es en general más sencillo de controlar, sin embargo en sistemas eléctricos que están muy apartados y cubren un gran territorio es muy complicado darle una solución inmediata a los fallos que puedan haber en tal como se ve una clara importancia de la automatización de los equipos de protección ya que se tendría un acceso remoto y directo a los equipos que presenten fallas.

El Osinerming mediante la Gerencia de Fiscalización Eléctrica (GFE) realiza supervisión y fiscalización de las operaciones de los sistemas eléctricos que están interconectados a nivel nacional, para cumplir con estas supervisiones sin tener mayor problema un sistema automatizado facilita el encontrar la falla, aislarla y continuar con el funcionamiento correcto de la red eléctrica de este modo no se perjudican otros equipos eléctricos ni los clientes.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Actualmente las Empresas Distribuidoras de energía desempeñan un papel importante en el sector eléctrico ya que es el pilar que dota de energía a los usuarios finales. Asimismo, es el sector con mayor cantidad de incidencias imprevistas a comparación de los sectores de generación y transmisión.

Las interrupciones imprevistas que se presentan en las redes de distribución afectan la calidad del suministro de los clientes, interrumpiendo las actividades diarias o procesos de producción de los mismos generando pérdidas cuantiosas sobre todo en la industria minera ya que cada minuto sin suministro representa pérdidas de producción y hombres – hora sin explotar.

Los clientes de la industria minera generalmente se encuentran conectados directamente a las barras de media tensión de subestaciones de transformación, siendo los únicos en ese alimentador o circuito primario, esto lo hacen con la finalidad de poder abastecerse de toda la potencia necesaria para la operación de sus máquinas y así como también para brindar mayor confiabilidad al suministro ya que al no haber terceros conectados no se verán afectados ante fallas imputables a otros clientes por algún defecto interno.

Asimismo, estos clientes que operan en el sector minero usualmente presentan extensas acometidas en media tensión del tipo aéreo las cuales pueden recorrer kilómetros de distancia haciendo más compleja la operación de sus equipos de protección en sus puntos de medición, ante eventos intempestivos originadas en el sector transmisión o lo más común causadas por condiciones climatológicas.

Estas condiciones presenta el cliente libre COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A. conectado a la Subestación de Transformación Ticapampa con niveles de tensión de 22.9 kV, según el registro del suministrador actual ATRÍA ENERGÍA S.A.C. la empresa minera presenta constantemente interrupciones del servicio eléctrico imprevistas por descargas atmosféricas, imputables al Sistema de

Transmisión y en algunos casos por defecto interno, todos estos eventos activan los sistemas de protección ubicados en los puntos de medición del suministro, obligando así a que cuadrillas del propio cliente tengan que recorrer largas distancias para ejecutar maniobras de cierre en sus equipos Recloser consumiendo recursos y generando pérdidas económicas a la empresa por el tiempo de interrupción más el tiempo que les toma para ejecutar las maniobras de cierre en forma conjunta con el centro de control de la empresa distribuidora HIDRANDINA.

Por lo expuesto líneas arriba, el presente proyecto de investigación tiene como finalidad mejorar la calidad del suministro del cliente COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S.A. localizado en la provincia de Recuay del departamento de Ancash, mediante la automatización de su equipo Recloser marca NOJA de tal forma que permita ejecutar maniobras de forma remota y así optimizar el tiempo sin servicio eléctrico para el suministro lo cual se traduce en menos pérdidas de producción y mayores ganancias para la empresa.

1.2. Formulación del problema

Problema general

¿De qué manera la automatización de equipos de protección mejora la calidad del suministro de energía eléctrica de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kV departamento de Ancash - 2021?

Problemas específicos

- ¿De qué manera la automatización de equipos de protección incrementa la utilidad de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kV departamento de Ancash - 2021?
- ¿De qué manera la automatización de equipos de protección mejora el indicador SAIDI de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kV departamento de Ancash - 2021?
- ¿De qué manera la automatización de equipos de protección mejora el indicador SAIFI de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kV departamento de Ancash - 2021?

1.3. Objetivos

Objetivo general

Determinar de qué manera la automatización de equipos de protección mejora la calidad del suministro de energía eléctrica de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kV departamento de Ancash – 2021.

Objetivos específicos

- Determinar de qué manera la automatización de equipos de protección incrementa la utilidad de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kV departamento de Ancash - 2021.
- Determinar de qué manera la automatización de equipos de protección mejora el indicador SAIDI de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kV departamento de Ancash - 2021.
- Determinar de qué manera la automatización de equipos de protección mejora el indicador SAIFI de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kV departamento de Ancash - 2021.

1.4. Justificación

Justificación teórica

La presente investigación es objeto de estudios futuros teniendo como base la automatización de equipos de protección y la calidad del suministro eléctrico, se comprobó de manera práctica todos los resultados ya que todo será documentado permitiendo así que se tengan reflexiones acerca de lo encontrado y con ello generar nuevos puntos de inicio para investigaciones y con ello discusiones que concluirán en nuevas investigaciones.

Justificación legal

La presente investigación tiene su amparo en la Ley N.º 28832 la cual menciona el aseguramiento del desarrollo eficiente de la generación eléctrica, específicamente acerca del suministro de electricidad se presenta el artículo 4

que refiere a las licitaciones como medidas preventivas para el abastecimiento oportuno de energía eléctrica, para lograr dicho objetivo de contar con medidas preventivas se propone una automatización de equipos de seguridad para poder ejecutar maniobras de forma remota.

Justificación práctica

La presente investigación realiza un análisis de la situación y propone una automatización de equipos de protección que permite una mejora en la calidad del suministro la investigación se contrastó con otras similares para consolidar los resultados encontrados, la investigación busca una mejora en el suministro y por tanto en los indicadores de confiabilidad SAIDI y SAIFI, así como en las utilidades de la organización.

1.5. Delimitantes de la investigación

Delimitante teórica

Se tuvo limitaciones respecto a la teoría ya que la pandemia del COVID-19 propone restricciones acerca del acceso a la información de manera física o presencial, por lo tanto, la información que se usó en la investigación es en gran parte virtual, se hizo uso de la información que posea el Ministerio de Energía y Minas, Fondo de Financiamiento de la Actividad Empresarial del estado y de las empresas distribuidoras de servicio eléctrico.

Delimitante temporal

Se tuvo limitantes ya que es un proceso de investigación, análisis y aplicación por lo cual se estableció una duración de 12 meses ya que se debe cumplir con las normativas de las empresas distribuidoras de servicio eléctrico.

Delimitante espacial

La investigación se realizó en la minera Lincuna en la provincia de Recuay departamento de Ancash, en la zona de concesión de HIDRANDINA y el suministro de energía se lo brinda la empresa ATRIA ENERGÍA.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Antecedentes internacionales

En la investigación realizada por Hernández en el año 2017 la cual estuvo titulada “Propuesta para la Automatización de la Subestación de Distribución Eléctrica El Piñal, Estado Táchira” y tuvo como objetivo proponer la automatización de la subestación de distribución eléctrica El Piñal, Estado Táchira. El tipo de investigación fue proyectiva con un diseño documental y diseño de campo. Las conclusiones fueron que fue posible reconocer las necesidades que presenta esta S/E y entender la importancia de que se lleve a cabo la automatización de la misma. Con este proceso, sería posible digitalizar y mantener el registro continuo de la operación de cada Dispositivo Electrónico Inteligente en todos los niveles del sistema, la forma óptima de aplicación de las funcionalidades de automatización en la subestación de distribución eléctrica El Piñal, se encuentra asociado al vínculo con los circuitos de distribución de la barra de 13,8kV, ya que allí están ubicados los equipos de protección a integrar y Las funciones de protección existentes en la configuración actual de esta subestación de distribución se conservan, pero son complementadas con otras funciones de protección que brinda el SCADA Mirage, funcionando en forma conjunta y reforzando la seguridad en la red eléctrica en general. (Hernández, 2017)

En la investigación realizada por Rodríguez en el año 2020, la cual estuvo titulada “Gestión automatizada de la interrupción del suministro en redes de distribución eléctrica” y tuvo como objetivo presentar una metodología que puede servir como herramienta en tiempo real al OSD en la gestión de incidencias en redes radiales de media tensión. El tipo de investigación es proyectiva con un diseño documental. Las conclusiones fueron que una metodología que puede resultar útil al operador de la red como herramienta en tiempo real en la gestión de incidencias en redes radiales de media tensión, para reducir los tiempos de indisponibilidad del suministro. La exposición metodológica se ha acompañado de un novedoso planteamiento matemático

para su implementación, a partir de la información disponible desde la señalización y las evidencias de interrupción del suministro, la primera parte del procedimiento sistemático permite generar conocimiento para identificar el estado normal o interrumpido de un circuito. Adicionalmente se presenta un criterio de selección de los clientes cuyo estado de alimentación supone una información útil en la creación de conocimiento adicional, cuando es necesario para identificar el estado del circuito. (Rodríguez, 2020)

En la investigación realizada por Enríquez y Romero en el año 2018 la cual estuvo titulada “Propuesta de un modelo de automatización del sistema de distribución a 22 Kv para la óptima colocación de protecciones inteligentes en el alimentador principal” planteó como objetivo proponer un modelo de automatización del sistema de distribución a 22 Kv para la óptima colocación de protecciones inteligentes en el alimentador principal. El tipo de investigación es exploratoria y de carácter bibliográfico, con un diseño experimental. Los resultados obtenidos fueron que con la aplicación del estado del arte se pudo establecer una propuesta de dos arquitecturas de comunicación constituidas por diferentes tecnologías y protocolos comúnmente usados en la autorización de sistemas de distribución. Permitiendo llegar a la conclusión de que es posible realizar un modelo de automatización que permita superar contingencias ocasionadas por fallas de manera automática, provocando que las empresas aumenten su nivel de confiabilidad y reduzcan tiempo en los que concierne a interrupciones de servicio. Se concluyó que se estableció la propuesta de un modelo de autorización del alimentador principal mediante la aplicación del esquema FLISR basado en subestación, permitiéndonos establecer protocolos de automatización que tiene que ser llevados a cabo al presentarse una contingencia por fallas en cualquiera de los 2 sistemas propuestos. (Enríquez y Romero, 2018)

Antecedentes nacionales

En la investigación realizada por Avilés en el año 2020 la cual estuvo titulada “Automatización de equipos de protección y reconexión mediante un sistema SCADA usando comunicación GPRS para la gestión remota de la red de

distribución eléctrica de Hidrandina S.A” y tuvo como objetivo Automatizar los equipos de protección y reconexión mediante un sistema SCADA y usando comunicación GPRS, para la gestión de forma más eficiente las fallas y operaciones de la red de distribución de Hidrandina S.A., el tipo de investigación fue aplicada con un diseño experimental. Los resultados fueron que el control remoto de reconectadores desde la interfaz gráfica SCADA, permitió verificar que el sistema tiene la capacidad de ejercer mandos de control de forma manual, generando un cambio desde el HMI, haciéndose efecto en la base de datos SCADA y posteriormente en los equipos de protección y reconexión remotos, y cada componente del HMI, configurado y enlazado con un elemento de la base de datos SCADA, era animado según el comportamiento simulado de las señales. Esto permitió afirmar que el sistema SCADA diseñado estaba preparado para mostrar de forma amigable el comportamiento de las señales de campo en la interfaz gráfica y por ende ejercer una supervisión remota autónoma en tiempo real. Se concluyó que la implementación del sistema de automatización para equipos de protección logró una ventaja a nivel de costos operativos, optimización de recursos, velocidad de ejecución y satisfacción de los clientes. Así mismo, la rápida reposición del servicio ayudará a mejorar los indicadores SAIFI y SAIDI supervisados por OSINERGMIN. (Avilés, 2020)

En la investigación realizada por Escobedo y Tafur en el año 2018, la cual estuvo titulada “Automatización del servicio eléctrico en alimentadores de media de tensión de la empresa Hidrandina” y tuvo como objetivo elaborar una propuesta de automatización del servicio eléctrico en alimentadores de media de tensión en la Empresa Hidrandina. El tipo de investigación fue aplicada y descriptiva con un diseño no experimental de corte transversal. Se obtuvo como resultados que las maniobras de reposición del suministro eléctrico o transferencias de carga, se realicen desde el centro de control; minimizando así los tiempos de espera de los clientes ante una falla de un alimentador en media tensión y así poder brindar un servicio óptimo. Además, minimizar los costos por compensación ante el ente fiscalizador, que en este caso es el Organismo

Supervisor de la Inversión en Energía y Minería OSINERGMIN. Se concluyó que la automatización de sistemas de distribución con alimentadores en media tensión adquiere cada vez más importancia, dadas las exigencias sobre la calidad del servicio eléctrico y son prioritarios para la automatización los estudios profesionalmente realizados en cuanto sistema de comunicación, ubicación de los recloser y la adecuada selección de los equipos de protección. (Escobedo y Tafur, 2018)

En la investigación realizada por Horqque y Mancco en el año 2019, la cual estuvo titulada “Propuesta de automatización de equipos de protección y maniobra mediante el sistema de control de supervisión y adquisición de datos – Sistema Eléctrico Cusco” y tuvo como objetivo plantear una propuesta para la automatización de los equipos de protección y maniobra de las redes de distribución Cusco, mediante el Sistema de control de Supervisión y adquisición de datos SCADA*, para mejorar la operación y los indicadores de calidad de suministro. El tipo de investigación es descriptivo y correlacional, con un enfoque cuantitativo. Los resultados obtenidos fueron que las deficiencias en la operación de los equipos de protección y maniobra, por lo que se propone la integración de los equipos de protección y maniobra al sistema SCADA, con el que ya cuenta implementada la empresa Electro Sur este a nivel subestaciones, lo cual optimizara la operación, reduciendo el tiempo total de reposición del servicio a 634.32hrs, ocasionando la mejora de los indicadores de calidad de suministro, para el caso del SAIDI, este ha disminuido en 2.559. Así mismo para el caso del SAIFI, este ha reducido en 4.172. Se concluye que se hizo un análisis de la duración de las interrupciones por su naturaleza identificando aquellas con tiempo de reposición del servicio más prolongado, para verificar la incidencia de estos, en el cálculo de SAIDI y SAIFI a nivel Sistema Eléctrico, verificando que aquellas con duración mayores de 1.5 h, son por mantenimiento, por expansión, contacto de red con árbol, contacto entre conductores, cometas e impacto vehicular. (Horqque y Mancco, 2019)

2.2. Bases teóricas

Equipos de protección

Como menciona (Mechán, 2019, p. 16), los sistemas de protección son utilizados en sistemas eléctricos para evitar que se dañe o destruyan los equipos o instalaciones a causa de una avería o falla. Estos sistemas tienen como finalidad aislar una zona en donde se esté dando la falla para que la red eléctrica se vea afectada lo menos posible mitigando el daño únicamente al equipo que produce la falla, minimiza las posibilidades de incendios, peligro para personas y daños a equipos adyacentes.

Según (Huayta, 2021, p. 40), el objetivo de un sistema de protección es el de garantizar la máxima continuidad del suministro, para ello se tiene como una de las principales funciones la detección de la falla y aislando el equipo que la genere desconectándolo del sistema eléctrico, cuando se tienen diversos fallos se redirecciona el trabajo para aislar los equipos defectuosos y mantener el suministro eléctrico sin ningún problema.

Dado que los sistemas eléctricos están diseñados para proporcionar energía eléctrica ininterrumpida a los clientes de las empresas de distribución, la confiabilidad del servicio es fundamental para la retención de usuarios y evitar sanciones. La mayoría de las fallas (80-85%) en las líneas de distribución/transmisión son temporales y solo duran unos pocos ciclos. Estos interruptores automáticos especiales se utilizan para proteger los circuitos de distribución de fallas transitorias. Los reconectores son dispositivos de autocontrol que interrumpen automáticamente las sobrecargas, pero no son fatales. Tienen controles incorporados que le permiten borrar errores temporales y luego restaurar el servicio, cerrando rápidamente el error de forma permanente. El restaurador se puede programar para detectar sobre corriente y abrir el circuito, luego cerrarlo después de un tiempo preprogramado. Pueden abrirse y cerrarse hasta cinco veces, y después de un número predeterminado de operaciones, la cerradura permanece abierta.

Las empresas distribuidoras de energía deben hacer frente regularmente a los problemas mencionados por el autor, para evitar indemnizaciones por mala calidad del suministro, intentan reducir la ocurrencia de incidentes mediante la

instalación de dispositivos de protección y reconexión en toda la red de distribución.

Los reconectores se utilizan para proteger la energía saliente de las subestaciones eléctricas y para minimizar las interrupciones del servicio. Los reconectores están diseñados para soportar un voltaje específico, una corriente continua nominal y una corriente de falla mínima en el área protegida, y tienen la capacidad de coordinarse con otros dispositivos de protección, como los relés. equipados con un controlador o un relé Estos dispositivos están actualmente protegidos, lo que permite la configuración de sus parámetros de funcionamiento. Este dispositivo es responsable de realizar varias reconexiones consecutivas y también puede cambiar el intervalo y la secuencia de estas reconexiones.

Calidad de suministro eléctrico

Como menciona (Machaca y Coila, 2017, p. 29), la calidad del suministro eléctrico está relacionada a las perturbaciones o interrupciones que afectan las condiciones del suministro y ocasionan que no funcione de manera correcta o dañando procesos y equipos, la calidad toma como base el parámetro estándar que presente un producto o servicio y por encima de ese estándar se le considera buena calidad, en cuanto a los sistemas eléctricos lo ideal es que el suministro este dentro de las normas planteadas.

Según (Acevedo, 2018, p. 10), la calidad es la propiedad, característica o atributo que posee el servicio o producto para satisfacer los requerimientos de los clientes, en forma implícita o explícita. La calidad le da valor al bien o servicio aumentando la disponibilidad de pago de los clientes dispuestos a consumirlo.

Hay muchas definiciones del término “calidad del suministro”. Sin embargo, todas implican dos aspectos esenciales:

- Continuidad de energía: capacidad de suministro de energía y sus efectos por interrupciones.

- Calidad de las ondas de tensión: la energía eléctrica es proporcionada por un sistema de tensión trifásico.

La calidad de onda perfecta implica que el voltaje es balanceado, puramente sinusoidal con amplitud y frecuencia constantes. Por lo tanto, la calidad de la onda de voltaje se ve afectada por la distorsión de la forma de onda de la onda de voltaje sinusoidal ideal. Las distorsiones que modifican la amplitud de la tensión se pueden agrupar en: transitorios, impulsos, oscilaciones y variaciones de tiempo corto o largo (discontinuidad, caída de tensión o intervalo dependiente de sobretensión). Las distorsiones que cambian la forma de onda se agrupan en: compensación de CC, armónicos, armónicos, parpadeo de voltaje, ruido y fluctuaciones de voltaje. Finalmente, existen distorsiones que afectan el desequilibrio de voltaje o la variación de frecuencia.

En el campo normativo, la situación no es muy diferente. Existen normativas relativas a la integración de generadores fotovoltaicos en la red que no están diseñadas para este fin concreto, sino que se derivan de otro tipo de plantas de fabricación y por tanto no son del todo relevantes. En determinados casos, las pequeñas instalaciones fotovoltaicas reciben el mismo trato que otras grandes instalaciones, lo que aumenta significativamente el coste del sistema y su rentabilidad.

2.3. Marco conceptual

Se realizará la automatización de equipos de protección para mejorar la calidad del suministro de la empresa compañía minera conectado al SET – TICAPAMPA 22.9 kv.

Equipos de protección

El sistema de protección debe mantener el servicio a pesar de la falla permanente de parte de la red. Esto implica que el sistema es capaz de dividir la red en caso de falla y puede aislar el área problemática. Además, debe distinguir entre falla temporal y permanente, para evitar salir definitivamente de la red (o parte de ella) en caso de una falla transitoria. Esto requiere que el sistema de protección permita la

reconexión. Por último, debe facilitar la localización de la avería de forma permanente cuando se produzca. Esto reduce el tiempo sin servicio para los usuarios. Estas cualidades ayudan a mejorar el servicio de entrega haciéndolo más confiable ante cualquier evento que afecte el normal funcionamiento de la red.

Calidad del suministro eléctrico

La calidad del suministro eléctrico, entre otros factores, depende de la capacidad de las redes de transporte y distribución para transportar los flujos de energía necesarios para satisfacer las crecientes demandas de los consumidores occidentales. Para cumplir con esta función se requiere la inversión necesaria para asegurar su modernización y expansión.

2.4. Definición de términos básicos

Confiabilidad: Es la capacidad de un componente para realizar una determinada función bajo ciertas condiciones en un tiempo determinado.

IEC: La Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), más conocida por sus siglas en inglés: IEC (International Electrotechnical Commission), es una organización de normalización en los campos: eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas.

Automatización: Es la aplicación de máquinas o herramientas que permitan la realización de un proceso manual de manera más rápida y eficiente.

Punto de suministro: Son todas las ubicaciones que cuentan con una red eléctrica es decir es un punto de acceso que se tiene a la electricidad.

Suministro de alta tensión: Son los suministros que cuentan con una tensión nominal de alimentación mayor a 1000 vatios.

Suministro de baja tensión: Son los suministros que cuentan con una tensión nominal de alimentación menor a 1000 vatios.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Hipótesis general

La automatización de equipos de protección mejora la calidad del suministro de energía eléctrico de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash – 2021.

Hipótesis específicas

- La automatización de equipos de protección incrementa la utilidad de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash – 2021
- La automatización de equipos de protección mejora el indicador SAIDI de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash - 2021.
- La automatización de equipos de protección mejora el indicador SAIFI de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash - 2021.

3.1.1. Operacionalización de variable

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variables	Conceptual	Dimensiones	Indicadores
Equipos de protección	Los equipos de protección del sistema eléctrico son aquellos que tienen como función detectar las fallas y aislar el equipo o los componentes que las originan dándole prioridad a la continuidad del suministro eléctrico, estos mitigan el daño a la red eléctrica, a los equipos y a los procesos.	Eléctricos	N.º de equipos de protección eléctricos
		Electrónicos	N.º de equipos de protección electrónicos

Calidad del suministro eléctrico	La calidad del suministro eléctrico está dada por el cumplimiento de las características o atributos según la normativa de las empresas distribuidoras de energía eléctrica, está directamente relacionada con las interrupciones y/o fallas del servicio eléctrico.	Utilidad	Valor ganado
		SAIDI	Duración de la interrupción
		SAIFI	Frecuencia media de interrupciones

Fuente: Elaboración propia del autor

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

El tipo de investigación fue aplicada y tecnológica, ya que se llevará a cabo la implementación de una automatización de equipos de protección. (Hernández y Mendoza, 2018, p.186)

El diseño de la investigación es cuasi experimental ya que se manipulará una de las variables para ver el comportamiento de la otra variable. (Hernández y Mendoza, 2018, p. 79)

4.2. Método de investigación

El método de la investigación será cuantitativo ya que se realizarán mediciones y análisis de la automatización de los equipos de protección y se evaluará su impacto en la calidad del suministro eléctrico.

4.3. Población y muestra

La población estará conformada por el Sistema eléctrico de TICAPAMPA 22.9 kv.

La muestra estará conformada por el mismo sistema eléctrico de TICAPAMPA 22.9 kv.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

La investigación será realizada en la minera Lincuna en la provincia de Recuay departamento de Ancash, en la zona de concesión de HIDRANDINA y el suministro de energía se lo brinda la empresa ATRIA ENERGÍA.

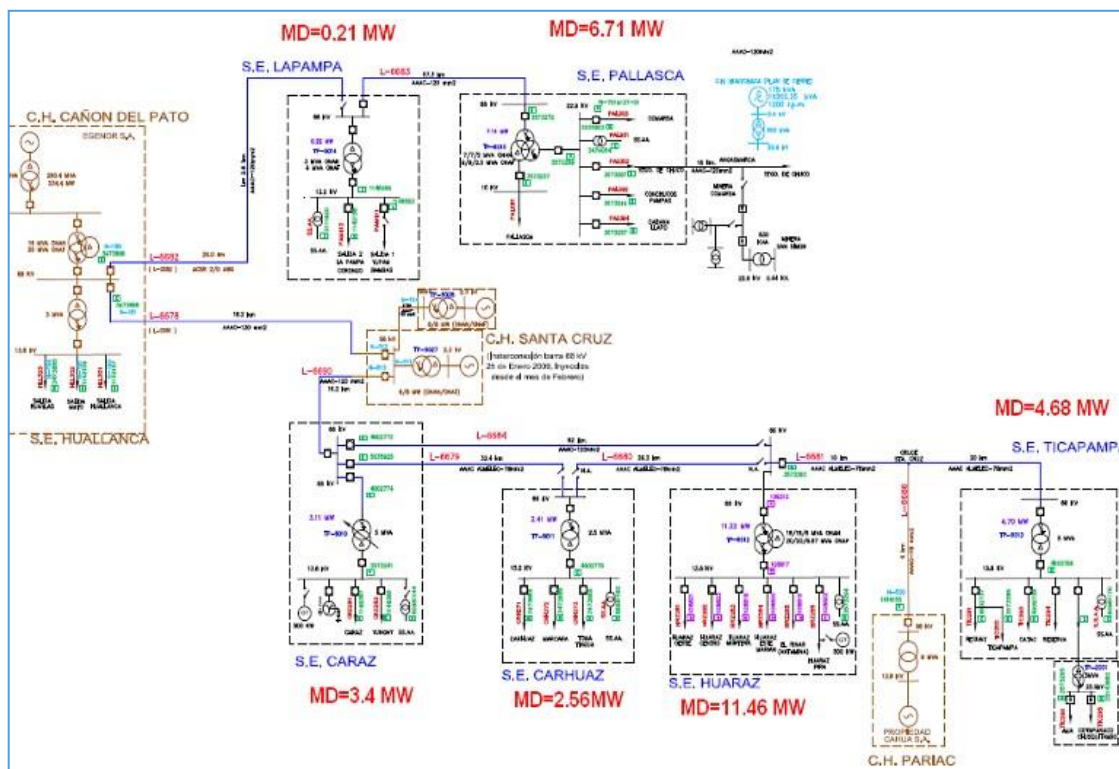


Figura 1. Sistemas eléctricos de la concesionaria de distribución HIDRANDINA

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

La recolección de datos se llevará a cabo mediante la técnica de observación donde podremos observar la automatización de los equipos de protección y su incidencia en la calidad del suministro eléctrico.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

El procesamiento de la información se llevará a cabo de forma estadística donde se presentará tablas y gráficos con medidas de tendencia para su análisis, se llevará a cabo mediante el uso del software Excel 2019 y SPSS V. 26.

4.7. Aspectos Éticos en Investigación

Los aspectos éticos de este estudio son:

Beneficencia, lo que significa que los participantes del estudio se beneficiarán.

Autonomía, debida consideración del documento de consentimiento informado y responsable, teniendo en cuenta aspectos relacionados con el nivel de

información, el nivel de consentimiento, la decisión alternativa, la privacidad y seguridad de los datos y también se verifica cómo se analizan los resultados.

Justicia, se refiere a lo que es bueno y justo cuando todos reciben los mismos beneficios.

No maleficencia, lo que indica que no se usará el nombre de nadie sin su consentimiento para participar primero en la investigación sin dañarlos.

V. RESULTADOS

5.1. Diagnóstico y análisis de la situación actual

El sistema de alimentación consta de una salida de 66kV de la SET Huaraz Oeste a la SET Huaraz por la LT.66kV L-669, luego de la SET Huaraz se va a la SET TICAPAMPA por la LT.66kV L-6681, en esta línea existe un ramal "T" a CH Pariac, propiedad de SN Power. El área de la encuesta se muestra en un cuadro en la siguiente figura, como se muestra a continuación:

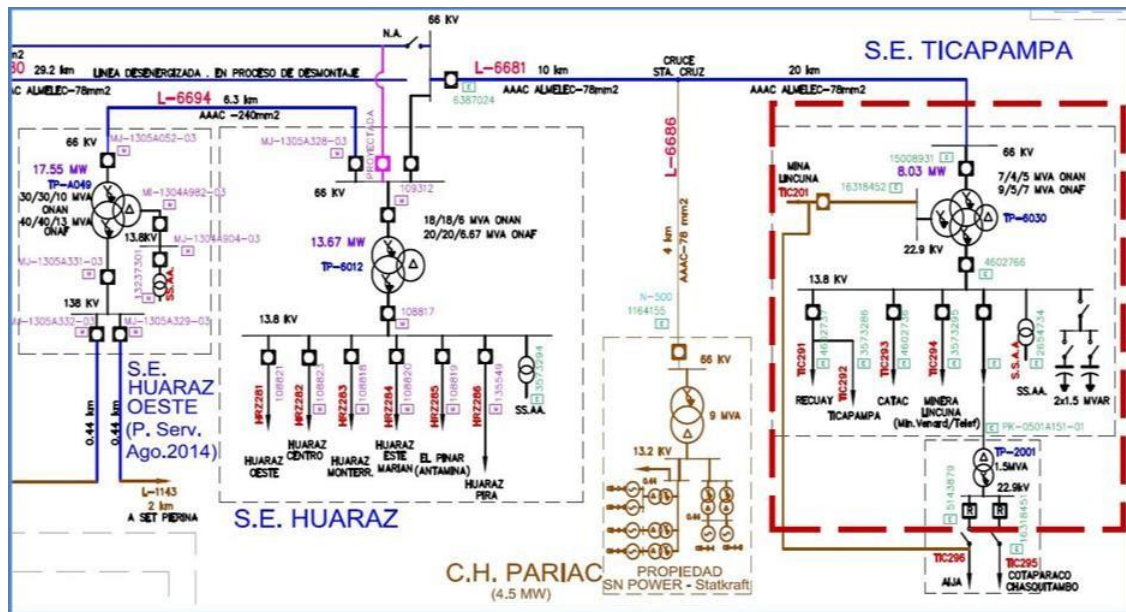


Figura 2. Sistema eléctrico de potencia

Parámetros eléctricos

Los parámetros eléctricos del transformador de potencia son:

Tabla 2. Parámetros del transformador de potencia de 4 devanados

POTENCIA NOMINAL (MVA) (ONAN/ONAF)			TENSION NOMINAL				TENSION DE CORTOCIRCUITO (%)						GRUPO DE CONEXION
HV (MVA)	MV (MVA)	LV (MVA)	HV (kV)	MV (kV)	LV (kV)	Cmp (kV)	Vcc (1-2) 14 MVA	Vcc (1-3) 6 MVA	Vcc (1-4) 6 MVA	Vcc (2-3) 6 MVA	Vcc (2-4) 6 MVA	Vcc (3-4) 6 MVA	
18/20	14/16	6/8	66±13x1%	22.9	13.8	10	5.62	3.66	4.40	1.00	1.80	0.66	YN0yn0yn0d11

Fuente: Proyecto Hídrandina Ampliación SET Ticapampa

Conclusiones del diagnóstico

De las simulaciones de corriente de carga se concluye que para condiciones normales se mantiene un perfil de tensiones adecuado y no se observa sobrecarga.

La relación de conversión de TC de la subestación debe ajustarse como se detalla a continuación:

Tabla 3. Sistema eléctrico de transmisión TICAPAMPA

SET TICAPAMPA – 66/22.9/13.8 kV	
Bushing de transformador lado 66kV	160/1 A
Bushing de transformador lado 22.9kV	350/1 A
Bushing de transformador lado 13.8kV	300/1 A
SET TICAPAMPA – CELDAS 22.9 y 13.8 kV	
Celda principal 22.9kV	350/1 A
Celda 22.9kV - TIC201	200/1 A
Celda 22.9kV - TIC295	100/1 A
Celda 22.9kV - TIC296	100/1 A
Celda principal 13.8kV	300/1 A
Celda 13.8kV – TIC291/TIC292	100/1 A
Celda 13.8kV – TIC293	100/1A
Celda 13.8kV – TIC294	100/1A
CORTOCIRCUITO	
De la simulación de corrientes de cortocircuito, se obtiene que las corrientes de falla sub transitorias máximas obtenidas son:	
TICAPAMPA nivel de 66kV	1.573 kA
TICAPAMPA nivel de 22.9 kV	3.580 kA
TICAPAMPA nivel de 13.8kV	5.239 kA

Fuente: Proyecto Hidrandina Ampliación SET TICAPAMPA

A partir de estos valores se concluye que las relaciones de transformación de los nuevos TC a 66 kV, 22,9 kV y 13,8 kV son adecuadas porque no saturan por estos errores y también se ha comprobado que el poder de corte del nuevo dispositivo es suficiente.

5.2. Equipamiento eléctrico

Operaciones de interrupción, corte o aislamiento de circuitos internos La alta tensión debe realizarse utilizando diferentes tipos de equipos adecuados para la acción que desea realizar. Estas acciones son esenciales. en la operación de una subestación, por lo tanto, es esencial que respeten con una amplia gama de características de rendimiento incluso en condiciones normales de servicio, así como en situaciones de red inusuales, como sobrecarga o cortocircuito. En equipos eléctricos, hay una distinción entre dispositivos eléctricos, es un conjunto de dispositivos utilizados para conectar y desconecte los circuitos eléctricos y para protegerlos, estos Estos son principalmente interruptores, seccionadores, transformadores medición y protección. Casi solo pararrayos (pararrayos) y los transformadores no se definen como dispositivos de conmutación. Realización del diseño del sistema completo de protección y control de la subestación, necesita saber cada dispositivo eléctrico instalado en la subestación, sus características y funciones en sistema de potencia además de conocer cada señal que los dispositivos contribuyen a este sistema.

5.2.1. Interruptor

Las funciones del interruptor son las de energizar o des energizar una parte de un sistema de potencia eléctrico bajo condiciones normales de trabajo sin una excesiva elevación de la temperatura además de tener la capacidad de interrumpir las corrientes de falta de una forma segura resistiendo la fuerza magnética que éstas producen. El interruptor conforma uno de los elementos más importantes de la subestación y su comportamiento determina el nivel de fiabilidad que puede tener el sistema eléctrico de potencia.



Figura 3. Interruptor de subestación tipo GIS

El interruptor se compone principalmente de un par de contactos. se separan para interrumpir el flujo de intensidad. en un momento desacoplamiento, la corriente continúa fluyendo entre los dos contactos, forman un arco entre ellos que se extingue cuando corriente alterna pasa por cero. Por lo tanto, hay una tensión entre contactos, crece rápidamente. Este voltaje se llama voltaje de reinicio y es la diferencia entre los dos extremos del circuito. que acaba de romper. Si el voltaje sube lo suficiente para pasar resistencia líquida entre contactos de conmutación, arco reforma restaurando la intensidad, mientras que la tensión el valor de reinicio disminuye hasta que se cancela. Cuando esto pasa la reaparición del arco se llama reencendido y significa que la apertura no es se han cumplido los requisitos.

A continuación se explican los circuitos de conversión involucrados en sistema de protección y control:

- Supervisión de la bobina y disparo.
- Calefacción, iluminación y toma.
- Circuito de cierre.
- Circuito de apertura y disparo.
- Alimentación del motor y muelles tensados.
- Alarma y bloqueo por baja densidad de SF6.
- Selector desconectado/ local/ remoto.

Estos circuitos están ubicados en diferentes lugares dependiendo de tipo de subestación, si es una subestación exterior, el interruptor se calcula con un gabinete de subdivisión en el cual se cablean los circuitos antes mencionados y hay terminales conectados al sistema de protección y control. Este gabinete puede estar en el patio al lado del interruptor o en edificio, en una sala habilitada a tal efecto. En las celdas de MT, los circuitos son Están alojados en gabinetes de BT ubicados directamente sobre el interruptor. Porque finalmente si es una subestación GIS, están en el gabinete de control (LCC, Local Block

Control), estos gabinetes contienen todos circuito asociado al control de todos los equipos de la subestación Lo que está frente a ellos, aparte del lector para operar este equipo localmente. Desde estos armarios se preparan las alarmas para ser conectadas a sistemas de protección y control. Estos circuitos son alimentados con corriente alterna, generalmente trifásica, desde el cuadro de servicios auxiliares corriente alterna, puede ser 50 Hz, 380/220 Vca.

Tabla 4. Circuitos de conversión involucrados en sistemas de protección (INTERRUPTOR)

INTERRUPTOR	
Calefacción, iluminación y toma	Para evitar la condensación de agua en el armario de control local, se instala controlado por termostato. También es realista con luces y tomas de corriente. Proteger sistemas de calefacción, iluminación y salida con uno o más interruptores interruptor automático que el sistema P&C debe detectar cuando se dispare por contactos auxiliares normalmente cerrados en paralelo.
Alimentación de Motor y Muelles Tensados	La energía necesaria para la apertura o el disparo del interruptor se acumula en unos muelles que son tensados por un motor que se alimenta de corriente continua, esta alimentación está asegurada por las baterías de la subestación.
Alarma y Bloqueo Por Baja Densidad de SF6	El funcionamiento del detector de baja densidad de SF6 del interruptor depende del fabricante y del modelo, por tanto también la repercusión en las maniobras de cierre, apertura o disparo. En consecuencia es de vital importancia consultar al fabricante sobre el comportamiento del interruptor.
Selector Desconectado/ Local / Remoto	El armario de control local tiene un selector de modo de operación con tres posiciones; desconectado, local y remoto. Su finalidad es la siguiente: <ul style="list-style-type: none"> • Con el selector en “desconectado/mantenimiento”, se podrán realizar con seguridad trabajos de mantenimiento o reparación. • La posición “local” permite el mando a pie de interruptor. • La posición “remoto” otorga el mando a la sala de control (HMI) o al sistema de P&C.

Circuito de cierre	<p>El objetivo del circuito de cierre del interruptor es la energización de su bobina de cierre para que cambie de estado, pasando de abierto a cerrado. Dependiendo de su origen el comando de cierre puede ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cierre manual originado por el operador. • Re cierre o reenganche automático generado por la protección equipada con la función de reenganche automático.
Circuito de apertura y disparo	<p>Conmutación basada en el nivel de voltaje y los requisitos del cliente pueden tener uno o dos carretes abiertos que permitan el cambio estado de cerrado a abierto. Si elige dos resistencias, la primera, por comúnmente usado para apertura y disparo, mientras que la segunda bobina solo para disparar.</p>
Supervisión de la bobina de disparo	<p>El circuito disparador de la primera bobina y el circuito disparador de la segunda bobina son de gran importancia en el sistema de protección porque son los ejecutores Las órdenes de disparo son generadas por las protecciones. Supervisión El circuito de disparo proporciona alta confiabilidad para el sistema de protección.</p>

Fuente: Elaboración propia del autor

5.2.2. Seccionador

Este dispositivo se utiliza en el interior de la subestación para aislar el Elementos que componen la instalación. Desconectar lo hace posible diferentes formas de conexión entre líneas y varillas, dar diagramas de la subestación una característica muy importante, la flexibilidad. en la cara 28 se pueden marcar dos seccionadores de barras y un seccionador de línea de una subestación.

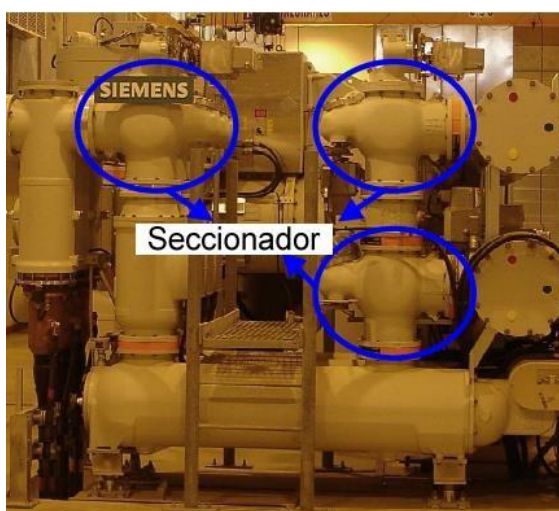


Figura 4. Seccionadores de barras y de línea de subestación

La característica más importante que distingue a los seccionadores de los interruptores, es que los seccionadores deben funcionar sin carga. Además no se requiere que su velocidad de operación sea muy alta.

La forma estructural del seccionador es muy diversa. dependiente tensión nominal total de la instalación y, en menor medida, corriente etiquetas de nombre y espacios en blanco.

Tabla 5. Circuitos de conversión involucrados en sistemas de protección

SECCIONADOR	
Calefacción, iluminación y toma	En las subestaciones tipo GIS, el armario de control local es común para todos los elementos de una posición, por lo que estos circuitos son comunes con los del interruptor.
Alimentación Motor	El accionamiento motorizado de los seccionadores se compone de un motor con doble sentido de giro y de un circuito de control. Los motores de los seccionadores se alimentan de corriente continua como los de los interruptores.
Selector Desconectado/ Local / Remoto	En las subestaciones GIS al tener un solo armario de control local por cada posición, cada armario consta de un selector de operación que controla todos los equipos de esa posición. Cuando se encuentre en la posición local todos los dispositivos de esa posición se podrán maniobrar desde el armario de control local e igual con el resto de posiciones.
Bobina de permiso	La bobina de permiso bloquea el accionamiento del seccionador mientras está desexcitada. Sirve para organizar enclavamientos eléctricos entre seccionadores de posiciones diferentes.
Circuito de mando	El circuito de accionamiento del seccionador se compone esencialmente de dos contactos: <ul style="list-style-type: none"> • El contacto de cierre hace girar el motor del seccionador hasta que este alcance la posición de cerrado. • El contacto de apertura hace girar el motor del seccionador en sentido contrario hasta que este vuelva a la posición de abierto.

(SECCIONADOR)

Fuente: Elaboración propia del autor

5.2.3. Transformador de potencia

Un transformador es una máquina que transmite energía eléctrica, por un campo magnético, de un sistema con un cierto voltaje a otro sistema del mismo voltaje y frecuencia deseados. Edificio Los transformadores varían mucho dependiendo de su aplicación, voltaje bobina, capacidad de corriente y frecuencia de funcionamiento.

En la práctica, los transformadores automáticos de uso común suelen tener las mismas funciones que un transformador, se diferencia solo en su parte construcción porque los devanados del autotransformador están conectados en serie, es decir, los devanados primario y secundario están acoplados eléctrica y magnéticamente, mientras que los devanados del transformador están está desacoplado, cuyas bobinas están acopladas magnéticamente a través de flujo mutuo en el núcleo.



Figura 5. Transformador de potencia

Todos los equipos y sistemas relacionados con transformadores funcionan con fuente de alimentación auxiliar de baja tensión se define como equipos secundarios son:

- Protecciones propias del transformador.
- Alimentación auxiliar.
- Refrigeración.
- Control del cambiador de tomas.

Estos equipos son montados por el fabricante del transformador y cableados a un armario terminal de conexiones (CTC, Connection Terminal Cubible). Aunque el cambiador de tomas en carga posee su propio armario de control, es habitual que ya en fábrica sea cableado al armario terminal de conexiones, quedando así centralizado todo el equipamiento secundario del transformador.

Tabla 6. Circuitos de conversión involucrados en sistemas de protección

TRANSFORMADOR DE POTENCIA	
Protecciones propias del transformador	También denominadas protecciones mecánicas del transformador, estos aparatos se instalan para detectar anomalías y defectos internos, para fallos externos al transformador o por efectos eléctricos como cortocircuitos o sobrecargas se utilizarán protecciones diferenciales las cuales se explican en el capítulo de protecciones.
Alimentación auxiliar	Transformadores y autotransformadores importantes o de gran potencia requieren asegurar la alimentación auxiliar de los sistemas de refrigeración y regulación de tensión con dos fuentes procedentes de diferentes barras del cuadro de servicios auxiliares de corriente alterna.
Refrigeración	La refrigeración se hace mediante aceite en el interior de la cuba y aire en el exterior, el intercambio de calor que tiene lugar en los radiadores puede ser natural (<u>ON / AN</u>) o bien forzado, se puede aumentar la circulación del aceite en la cuba mediante motobombas (<u>OF</u>) y potenciar con ventiladores el caudal de aire (<u>AF</u>) mediante motobombas que aumentan la circulación del aceite de la cuba y ventiladores que potencian el caudal del aire.
Control del cambiador de tomas	Algunos transformadores y autotransformadores incorporan los denominados cambiadores de tomas en carga (<u>OLTC</u>) o conmutadores en carga cuya función es regular la tensión del lado de baja de modo que los centros de consumo tengan una tensión prácticamente constante, independiente de la carga, esto se consigue originando órdenes de subir y bajar la toma en el lado de alta bien sea de forma manual o automática.

(TRANSFORMADOR DE POTENCIA)

Fuente: Elaboración propia del autor

5.2.4. Descargadores de sobretensión

Descargas atmosféricas así como ciertas operaciones de apertura y cierre de puertas interruptor, puede conducir a voltaje en algún punto de El sistema aumenta a un valor muchas veces superior al valor nominal. alguien dijo eso entonces se produce una sobrecarga eléctrica. tal fenómeno generalmente un cambio repentino, propagándose a través de conductores (línea), afecta partes del sistema lejos del origen de mezcla. Un voltaje anormalmente alto puede causar una descarga excesiva nivel de aislamiento de ciertos elementos, provocando averías sistema y también fallas.

Para evitar tales daños, también se instalan descargadores de sobretensión también conocidos como auto válvulas o para rayos. Su función es mantener el voltaje entre sus terminales es menor que el valor de voltaje correspondiente de nivel de aislamiento del equipo a proteger.

5.2.5. Transformadores de medida y protección

Se utilizan para proporcionar circuitos de protección, control y medida, donde es necesario reducir el voltaje del circuito primario a valores que puedan ser tolerados por dispositivos de estos circuitos. Se definen por su tasa de transformación, nivel de potencia y precisión.

Existen básicamente dos tipos de transformadores de medida, los transformadores de tensión, que reduce el voltaje y está conectado en paralelo, y transformadores de intensidad, amortiguadores, y en serie. dentro de eso distinguir, también es necesario distinguir las bobinas utilizadas para medir y cosas usadas para protección.

Tabla 7. Circuitos de conversión involucrados en sistemas de protección

TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y PROTECCIÓN	
Transformadores de medida	Son los transformadores destinados a alimentar los aparatos de medida, contadores y otros aparatos análogos. Por lo que necesita una precisión muy buena en el margen próximo a la corriente nominal, para valores superiores al 20-30% el valor nominal es conveniente que se saturen e impidan el paso de corriente para proteger los equipos que alimentan.
Transformadores de protección	Son los transformadores destinados a relés de protección. Deben por tanto, asegurar una precisión suficiente para intensidades de valor igual o varias veces la intensidad nominal, por lo que deben de tener su punto de saturación alto, para que en el caso de falta puedan transmitir la información a la protección. El dimensionamiento de estos transformadores es muy importante.

(TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y PROTECCIÓN)

Fuente: Elaboración propia del autor

5.3. Sistema de protección y control

El sistema de protección y control cuenta con equipo central en la sala de control de la subestación eléctrica, desde donde se comprueban todos los equipos de las tecnologías digitales y digitales que lo crean, estos grupos deben correctamente montado y cableado en el gabinete.

Este sistema consiste en relés de señalización dispuestos en equipo eléctrico, complejo sistema de gestión de red para orden superior.

Si el sistema de control y protección está debidamente diseñado, con margen económicamente razonable de seguridad y cuidadosamente seleccionados equipo, los problemas se pueden reducir, aunque siempre habrá la posibilidad de errores en parte de la instalación, Lo que sí se garantizará es que se borrarán lo antes posible.

5.3.1. Perturbaciones

La perturbación se define como cualquier cambio no deseado en condiciones normales de operación del sistema eléctrico y posibles causados por ambos errores pueden provenir de la red (como cortocircuito) y por un parámetro que lo determina (como el cambio de Nivel de voltaje). Diferentes tipos de aparecen perturbaciones en la red.

Sobrecargas:

Las sobrecargas se dan cuando se excede la intensidad nominal, los diversos aparatos cuentan con un valor máximo de carga o intensidad para que el funcionamiento sea el correcto.

Los circuitos eléctricos cuentan con márgenes de seguridad, quiere decir que pueden soportar algunos excesos de carga sin producir un daño significativo

Cortocircuitos:

Se le llama cortocircuito a los contactos accidentales que se dan entre dos o más conductores. Normalmente se da a través de un arco eléctrico.

Existen 4 tipos de cortocircuitos dependiendo de las partes de la instalación donde se lleve a cabo el contacto:

- Monofásico a tierra
- Bifásico
- Bifásico a tierra
- Trifásico

Al avanzar la tecnología y modernizarse más los diseños de las instalaciones los cortocircuitos tienen menos posibilidades de llevarse a cabo, las consecuencias que puedan llegar a ocasionar son la motivación para establecer métodos de detección y eliminación rápidos.

Sobretensiones:

Ocurren cuando hay un aumento de voltaje por encima del nivel considerado normal. Puede ser creado por los dos grupos formados instalación y por causas externas (descarga eléctrica).

La consecuencia más importante de la sobretensión es el agotamiento de aislamiento cuando se excede su esfuerzo dieléctrico, arcos eléctricos puede causar daños más graves y aumentar significativamente el riesgo para Todo el mundo.

Las tensiones a las que están sometidos los aislamientos de los equipos pueden clasificarse en 4 grandes grupos:

- Tensión de servicio
- Sobretensiones internas temporales
- Sobretensiones internas de maniobra
- Sobretensiones externas o atmosféricas

Subtensiones:

Bajo voltaje es cualquier caída de voltaje por debajo de su valor nominal. El problema que causa este tipo de ruido es cuando la carga no cambia la conexión se compensa con la ganancia de corriente hasta causar sobre corriente.

Desequilibrio:

Un sistema es desequilibrado cuando las corrientes de cada fase tienen diferente magnitud y/o ángulo. Las causas de estas asimetrías son por un reparto desigual de las cargas o por averías o incidencias de la propia red de AT.

Retornos de energía:

Se considera que cuando la energía es en sentido contrario al establecido, la dirección de la energía se determina de acuerdo con los criterios generales Están:

- Los generadores deben aportar energía a las barras.
- Las líneas de AT deben transportar hacia las distintas subestaciones.
- Las subestaciones deben alimentar la red de distribución.

5.3.2. Sistema de protección

Un sistema de protección es un conjunto de equipos necesarios para detectar y eliminar todo tipo de errores mediante disparo selectivo interruptor que aísla parte de un circuito de la red donde ocurrió el error. Número y duración de las interrupciones del suministro eléctrico así como mantener el voltaje y la frecuencia dentro de ciertos límites de ¿Qué determina la calidad del servicio? Por lo tanto, la calidad del servicio en suministro de energía y gran parte de la seguridad de todo el sistema depende de Sistema de seguridad.

Funcionamiento del sistema de protección

Para que el sistema de protección funcione de la manera más eficiente posible, cada sistema La electricidad se divide en áreas que se pueden desconectar fácilmente red en muy poco tiempo, por lo que de esta manera el mínimo Pueden ocurrir anomalías en una parte del sistema que todavía está funcionando. Este Estas regiones se denominan zonas protegidas. Deben disponerse de manera que exista superposición entre ellas, evitando que hay zonas desprotegidas, que son transformadores de corriente en realidad marcan los límites de cada zona de protección.

Características básicas de los relés de protección:

- Fiabilidad
- Sensibilidad
- Selectividad
- Rapidez

5.3.3. Sistema de control

El sistema de control proporciona la capacidad de maniobrar equipos y dispositivos. de la subestación, para ello siempre se debe saber cómo es cada estación del dispositivo (abierto o cerrado) y también debe ser notificado con antelación cualquier equipo eléctrico utilizado. Cuando el diseño principal los objetivos son confiabilidad, seguridad y reducción de costos.

Actualmente, el uso de la tecnología disponible trae capacidades tales como autocontrol, análisis de señales, configuración cálculos para algoritmos de protección y control (diagramas lógicos control), almacenamiento de datos, gestión y análisis de eventos trascendencia. Incluso tienen una importante reducción de espacio. Los requisitos físicos para estos equipos también se reducen considerablemente. el número de cables utilizados. Esto afecta directamente a la reducción costos del proyecto, mejorar los planes de operación y mantenimiento, y ofrece una amplia gama de ventajas que representan importantes ventajas a la hora de en comparación con los sistemas convencionales.

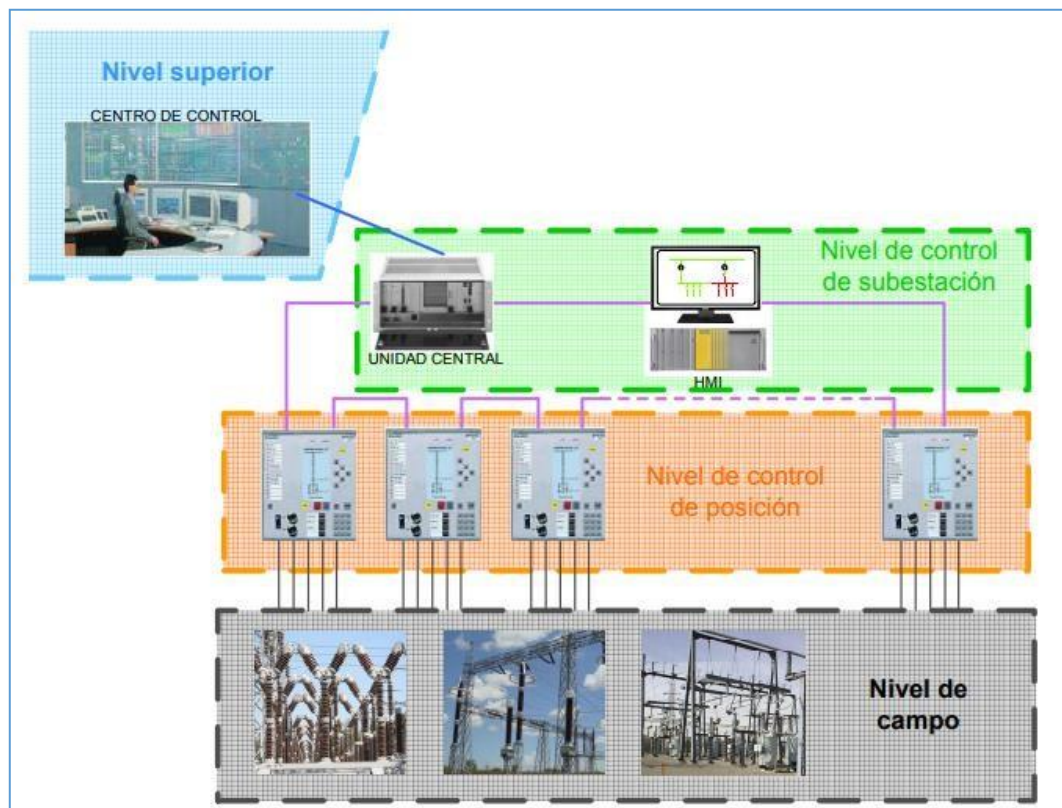


Figura 6. Niveles de control de una subestación

Tabla 8. Niveles de control de una subestación

Nivel	Descripción
Nivel de campo	Está compuesto por equipos primarios (seccionadores, interruptores, transformadores de corriente y tensión).
Nivel de control de posición	Formado por elementos intermedios como lo son: armarios de reagrupamiento, unidades de control de posición (unidades de control digital o control convencional mediante selectores, pulsadores y relés auxiliares, dependiendo de la tecnología de control empleada) y todos aquellos elementos encargados de las funciones asociadas al conjunto de la posición, tales como: control, supervisión, enclavamientos, regulación de tensión, protección y medida.
Nivel de control de subestación	Se realizan las tareas de supervisión, maniobra y control del conjunto de toda la subestación incluyendo toda la <u>apararmenta</u> y las posiciones de alta, media y baja tensión. A este nivel los operadores de la subestación ordenan las maniobras de apertura y cierre de interruptores y/o seccionadores, se vigila el estado de los parámetros propios del sistema, tales como tensiones, corrientes, potencias, etc.

Fuente: Elaboración propia del autor

5.4. Automatización de subestaciones eléctricas

Los sistemas de automatización de subestaciones tienen como finalidad que el operador pueda tener toda la información en un lugar donde puedes controlar, proteger y supervisar de manera más segura el sistema eléctrico.

Contando con la información necesaria en el momento adecuado se obtiene una minimización en los errores y una agilización en la reposición de los casos imprevistos.

5.4.1. Niveles de automatización de subestaciones

Los niveles de automatización se dan en función de la información en tiempo y disponibilidad para la toma de decisiones.

Los niveles son los siguientes:

- Nivel de proceso: Es el nivel más bajo y consiste en el control de los dispositivos de actuación de la subestación que pueden ser interruptores, seccionadores, transformadores, etc., y todos aquellos elementos del sistema secundario de protección para monitorización.
- Nivel de posición: En este nivel se encuentra todos aquellos equipos relacionados a la protección y el control, teniendo en cuenta la posición en la que se encuentran cada uno de ellos así las zonas donde se dan los mayores problemas. En este nivel se cuenta con una comunicación hacia el nivel superior.
- Nivel de subestación: Es el nivel más alto de automatización que se alcanza en una subestación, en el cual se sitúan PC locales y unidades central de subestación para obtener una comunicación digital con el nivel anterior y contar con todas dichas funciones del posicionamiento, operaciones locales y registro globalizado de eventos, así mismo se cuenta con informes de faltas e incidencias.

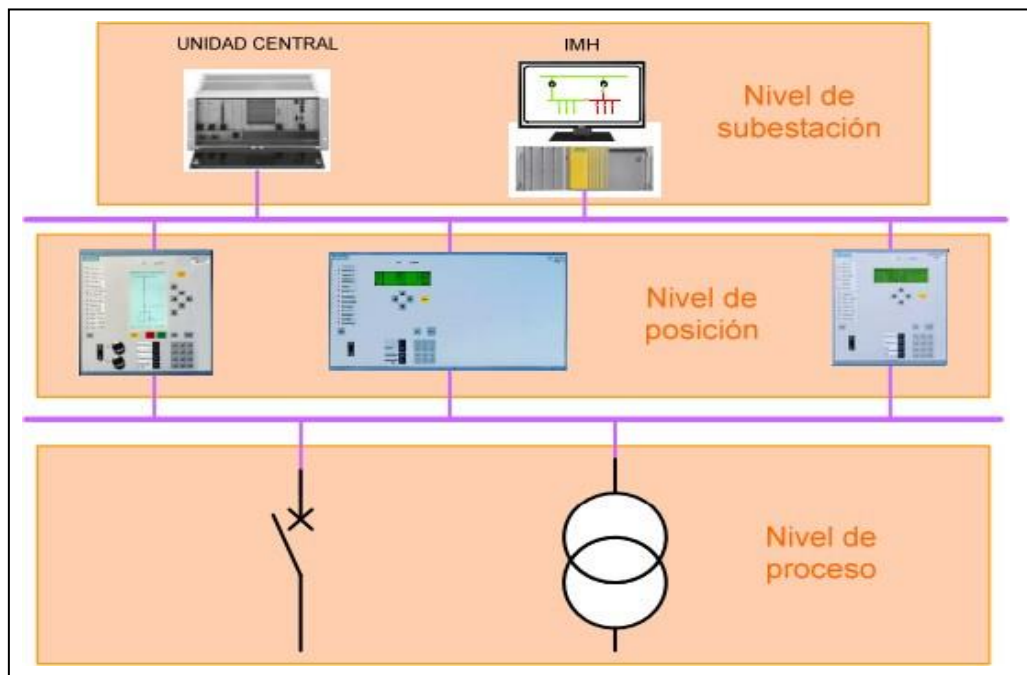


Figura 7. Niveles de control para la automatización de subestaciones

5.4.2. Protocolo IEEC61850 para automatización de subestaciones

El estándar IEEC61850 comenzó a desarrollarse con el objetivo de lograr Solución global y abierta para la automatización de subestaciones. Hacer utilizando la experiencia acumulada en las normas internacionales existentes, teniendo en cuenta los requerimientos del usuario y también cuidando ingeniería de sistemas, este nuevo estándar de comunicaciones.

Objetivos de la norma

Los objetivos que definen a la norma son los siguientes:

- Permitir conectar dispositivos de diferentes fabricantes
Una de las más grandes ventajas que ofrece la IEEC61850 es la interoperabilidad entre diversos dispositivos bajo el estándar de la norma, con ello en mente se puede trabajar con diversas marcas que se acoplen mas a la necesidad y el presupuesto sin tener ningún tipo de problemas, inclusive teniendo funciones de forma cooperativa. Para que esto funcione se definen modelo de datos y servicios que se encuentran normalizados que son capaces de entender la información de los diversos equipos que manejan actividades en común.
- Validez para las instalaciones presentes y futuras
Beneficiar tanto la renovación o ampliación de subestaciones como en nuevo diseño. Es fácil agregar nuevas características en el proceso el proceso de remodelación de una instalación utilizando herramientas disponibles, mediante el uso de "puertas" es posible. El sistema puede considerar un dispositivo "no IEEC61850" como un IED Cumple con el estándar IEEC61850.
- Flexibilidad ante las diferentes arquitecturas de los Sistemas de Automatización
Permite asignar funciones libres a los dispositivos IED y así soportar cualquier arquitectura de automatización de subestaciones

(centralizadas o descentralizadas) así como diferentes enfoques integrar o distribuir funciones.

- Capacidad de combinar las tecnologías de comunicaciones presentes y futuras con las aplicaciones existentes, garantizando su estabilidad a largo plazo

El estándar IEEEC61850 separa las aplicaciones de las tecnologías de comunicación comunicaciones Esto le permite beneficiarse de las ventajas del proceso de desarrollo. estas tecnologías, la protección de la información y las aplicaciones han sido satisfacer las necesidades de los usuarios y permitir el predesarrollo Se requiere configuración.

- Reducción de plazos y costes del proceso de ingeniería y puesta en marcha de las subestaciones

La norma en su parte 6, establece un lenguaje de descripción de configuración de subestaciones denominado SCL que incorpora descripciones formales de las capacidades de los IEDs, de la arquitectura de la subestación, de la estructura de comunicaciones y de la interacción con la aparamenta de la subestación.

5.5. Presupuesto

Se ha determinado un presupuesto el cual es necesario para que se lleve a cabo. Se ha separado en suministro, montaje y cableado de equipos principales y equipos auxiliares.

Las cantidades de materiales tanto principales como los auxiliares son estimaciones.

El presupuesto no incluye viáticos de los equipos principales y auxiliares o el cálculo de los parámetros.

N.º	Cant.	SUMINISTRO EQUIPOS PRINCIPALES	Venta (Soles)	
			Unitario	Total
LÍNEA 1 – 220kV				
1	1	Unidad de control de posición 6MD6635-4EE92-0FA0+L0S	42271	42271
2	1	Protección diferencial de línea (87L) 7SD5225-5CE99-9HR5+L0S+M2G+N7G	69622	69622
3	1	Protección de distancia (21/67N) 7SA5225-5AE99-4QB4+LOS+M2G	50796	50796
4	3	Circuito de Supervisión de Disparo 7PA3032-3AA00-1	210	630
5	1	Relé auxiliar de bloqueo y rearme 7PA2632-1AA00-1	148	148
Subtotal			163467	
ACOPLAMIENTO DE BARRAS 220kV				
6	1	Unidad de control de posición 6MD6635-4EE92-0FA0+L0S	40130	40130
7	1	Protección de sobrecorriente (50/51/67) 7SJ6415-5EE92-3FC7+L0S	27532	27532
8	2	Circuito de Supervisión de Disparo 7PA3032-3AA00-1	210	420
9	3	Relé auxiliar de bloqueo y rearme 7PA2632-1AA00-1	148	444
Subtotal			68526	
AUTOTRANSFORMADOR 400/220kV LADO DE 220kV				
10	1	Unidad de control de posición 6MD6635-4EE92-0FA0+L0S	40130	40130
11	1	Protección de sobrecorriente (50/51/67) 7SJ6415-5EE92-3FC7+L0S	27532	27532
12	2	Circuito de Supervisión de Disparo (74) 7PA3032-3AA00-1	210	420
13	2	Relé auxiliar de bloqueo y rearme (86) 7PA2632-1AA00-1	148	296
14	2	Relé auxiliar de disparo (94) 7PA2732-0AA00-1	147	294
Subtotal			68672	
PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE BARRAS 220kV				
15	1	Unidad central diferencial de barras 7SS5220-4AE92-1AA0+L0S	102697	102697
16	3	Protección diferencial de barras (1/3 rack) 7SS5255-5CA01-0AA1	18813	56439
Subtotal			159136	
CONTROL				
17	1	Unidad central SICAM PAS 6MD9101-3AA12-1AA0	34755	34755
18	1	Unidad control de posición 6MD6641-4EB90-0AA4+L0S	132356	132356
19	1	Software 6MD9000-0AA00-6AA0	35805	35805
20	1	Unidad GPS FG6842	16124	16124
21	2	Switch RSG2100	18563	37126
Subtotal			256166	
HMI				
22	2	Monitor 24"	500	1000
23	1	PC SIMATIC	3500	3500
24	1	Impresora	1400	1400
25	1	Escritorio para puesto de operación	1500	1500
Subtotal			7400	
TOTAL			723367	

Tabla 9. Presupuesto de suministro equipos principales

Fuente: Elaboración propia del autor.

N.º	Cant.	MONTAJE Y CABLEADO EQUIPOS PRINCIPALES	Venta (Soles)	
			Unitario	Total
LÍNEA 1 – 220kV				
1	1	Unidad de control de posición	2985	2985
2	1	Protección diferencial de línea (87L)	2029,8	2029,8
3	1	Protección de distancia (21/67N)	1273,6	1273,6
4	3	Circuito de Supervisión de Disparo	358,2	1074,6
5	1	Relé auxiliar de bloqueo y rearme	477,6	477,6
Subtotal			7840,60	
ACOPLAMIENTO DE BARRAS 220kV				
6	1	Unidad de control de posición	3223,8	3223,8
7	1	Protección de sobrecorriente	1098,48	1098,48
8	2	Circuito de Supervisión de Disparo	318,4	636,8
9	3	Relé auxiliar de bloqueo y rearme	477,6	1432,8
Subtotal			6391,88	
AUTOTRANSFORMADOR 400/220kV LADO DE 220kV				
10	1	Unidad de control de posición	3303,4	3303,4
11	1	Protección de sobrecorriente	1194	1194
12	2	Circuito de Supervisión de Disparo	318,4	636,8
13	2	Relé auxiliar de bloqueo y rearme	437,8	875,6
14	2	Relé auxiliar de disparo	358,2	716,4
Subtotal			6726,2	
PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE BARRAS 220kV				
15	1	Unidad central diferencial de barras	306,46	306,46
16	3	Protección diferencial de barras	1014,9	3044,7
Subtotal			3351,16	
CONTROL				
17	1	Unidad central SICAM PAS	720,38	720,38
18	1	Unidad control de posición	3263,6	3263,6
20	1	Unidad GPS	238,8	238,8
21	2	Switch RSG2100	338,3	676,6
Subtotal			4899,38	
TOTAL			29209,22	

Tabla 10. Presupuesto de montaje y cableado de equipos principales

Fuente: Elaboración propia del autor.

N.º	Cant.	MONTAJE Y CABLEADO EQUIPOS AUXILIARES	Venta (Soles)	
			Unitario	Total
LÍNEA 1 – 220kV				
1	12	Magnetotérmicos	127,36	1528,32
2	12	Relés biestables	218,9	2626,8
3	12	Relé auxiliar 1	67,66	811,92
4	12	Relé auxiliar 2	163,18	1958,16
5	6	Pulsador	115,42	692,52
Subtotal			7617,72	
ACOPLAMIENTO DE BARRAS 220kV				
6	8	Magnetotérmicos	119,4	955,2
7	8	Relés biestables	218,9	1751,2
8	8	Relé auxiliar 1	67,66	541,28
9	5	Pulsador	115,42	577,1
Subtotal			3824,78	
AUTOTRANSFORMADOR 400/220kV LADO DE 220kV				
10	12	Magnetotérmicos	119,4	1432,8
11	12	Relés biestables	218,9	2626,8
12	12	Relé auxiliar 1	67,66	811,92
13	12	Relé auxiliar 2	159,2	1910,4
14	8	Pulsador	115,42	923,36
Subtotal			7705,28	
PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE BARRAS 220kV				
15	1	Magnetotérmicos	127,36	127,36
16	3	Relés biestables	218,9	656,7
17	5	Pulsador	119,4	597
Subtotal			1381,06	
CONTROL				
18	1	Magnetotérmicos	127,36	127,36
Subtotal			127,36	
ESTRUCTURA				
19	5	Armario Bastidor giratorio	9154	45770
20	5	Iluminación	119,4	597
21	5	Calefacción	119,4	597
22	5	Toma de corriente	119,4	597
Subtotal			47561	
TOTAL			68217,2	

Tabla 11. Presupuesto de montaje y cableado de equipos auxiliares

Fuente: Elaboración propia del autor.

Tabla 12. Presupuesto general de la automatización de equipos de protección

Suministro equipos principales	S/ 723367
Montaje y cableado de equipos principales	S/ 29209,22
Montaje y cableado de equipos auxiliares	S/ 68217,2
TOTAL	S/ 820793,42

Fuente: Elaboración propia del autor

5.6. Indicadores de confiabilidad SAIDI y SAIFI

Previo a la automatización se evaluaron los indicadores de confiabilidad que se tenía en el Sistema Eléctrico de transformación TICAPAMPA 22.9 kV. Para la optimización de los indicadores de confiabilidad se usaron los indicadores de confiabilidad que manejaba el SET previo a la automatización. Para ello se consideraron todos los sectores típicos.

Tabla 13. Indicadores SAIDI y SAIFI del SET TICAPAMPA 22,9 kV antes de la automatización

Sistema Eléctrico de transformación TICAPAMPA 22.9 kV	
SAIFI	SAIDI
6,04	5,39

Fuente: Elaboración propia del autor

Posterior a la medición se establecieron los mecanismos de automatización para los equipos de protección a fin de obtener una mejora en la calidad del suministro de energía eléctrica y se obtuvieron las siguientes mediciones.

Tabla 14. Indicadores SAIDI y SAIFI del SET TICAPAMPA 22,9 kV después de la automatización

Sistema Eléctrico de transformación TICAPAMPA 22.9 kV	
SAIFI	SAIDI
3,9	3,51

Fuente: Elaboración propia del autor

Como se puede observar se tiene una reducción significativa en ambos indicadores en el caso del indicador SAIFI se tuvo una disminución desde 6,04 a los 3,9 que se obtuvieron posterior a la automatización y en el caso del indicador SAIDI se tuvo una disminución desde 5,39 a los 3,51 que se obtuvieron finalmente.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Hipótesis general

Se puede validar la hipótesis “La automatización de equipos de protección mejora la calidad del suministro de energía eléctrica de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash – 2021”, en base a los resultados determinando que la automatización de equipos de protección logrando el nivel 3 de automatización que corresponde al nivel subestación se logra mejorar el suministro de energía eléctrica dado que se establecen zonas de control centralizadas que nos brindan información de manera constante para poder tomar decisiones de cambiar un dispositivo o del mantenimiento que requiera, con ello la hipótesis general es validada.

Hipótesis específica 1

La primera hipótesis específica “La automatización de equipos de protección incrementa la utilidad de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash – 2021”, se puede validar con los resultados obtenidos ya que al aumentar zonas de control centralizado del suministro eléctrico se permite tomar decisiones inmediatas evitando daños a los equipos y reclamo por parte de usuarios, con ello se consigue incrementar las utilidades.

Hipótesis específica 2

La segunda hipótesis específica “La automatización de equipos de protección mejora el indicador SAIDI de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash – 2021” se puede validar con los resultados obtenidos ya que la duración de las interrupciones (SAIDI) será mucho menor debido a que la información de algún cambio por mínimo que sea se tendrá de manera inmediata para poder tomar medidas preventivas o correctivas de ser el caso, con ello las interrupciones durarían cada vez menos.

Hipótesis específica 3

La tercera hipótesis específica “La automatización de equipos de protección mejora el indicador SAIFI de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash – 2021” se puede validar con los resultados obtenidos ya que la frecuencia con la que se daban las interrupciones (SAIFI) va a ser mucho menor debido a que se tienen dispositivos para controlar los cambios mínimos que suceden en los dispositivos permitiendo prevenir fallas en la gran mayoría de los casos.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

En la investigación realizada por Avilés en el año 2020 la cual estuvo titulada “Automatización de equipos de protección y reconexión mediante un sistema SCADA usando comunicación GPRS para la gestión remota de la red de distribución eléctrica de Hidrandina S.A” y sus resultados fueron que el control remoto de reconectores desde la interfaz gráfica SCADA, permitió verificar que el sistema tiene la capacidad de ejercer mandos de control de forma manual, generando un cambio desde el HMI, haciéndose efecto en la base de datos SCADA y posteriormente en los equipos de protección y reconexión remotos, y cada componente del HMI, configurado y enlazado con un elemento de la base de datos SCADA, era animado según el comportamiento simulado de las señales. Esto permitió afirmar que el sistema SCADA diseñado estaba preparado para mostrar de forma amigable el comportamiento de las señales de campo en la interfaz gráfica y por ende ejercer una supervisión remota autónoma en tiempo real. Esto se ve reflejado de manera similar en nuestra investigación ya que la implementación de equipos de protección automatizados que permiten la comunicación en tiempo real entre si mismos y con un centro de manejo de información permite al usuario de manera amigable conocer las fallas y su ubicación exacta para darle solución.

En la investigación realizada por Escobedo y Tafur en el año 2018, la cual estuvo titulada “Automatización del servicio eléctrico en alimentadores de media de tensión de la empresa Hidrandina” y tuvo como resultados que las maniobras de reposición del suministro eléctrico o transferencias de carga, se

realicen desde el centro de control; minimizando así los tiempos de espera de los clientes ante una falla de un alimentador en media tensión y así poder brindar un servicio óptimo. Además, minimizar los costos por compensación ante el ente fiscalizador, que en este caso es el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería OSINERGMIN. Esto se ve reflejado de manera similar en nuestra investigación ya que al implementar la automatización conseguimos disminuir fallas críticas en los dispositivos eléctricos previniendo gastos mayores por un cambio completo.

En la investigación realizada por Horqqe y Mancco en el año 2019, la cual estuvo titulada “Propuesta de automatización de equipos de protección y maniobra mediante el sistema de control de supervisión y adquisición de datos – Sistema Eléctrico Cusco” y tuvo como resultados obtenidos fueron que las deficiencias en la operación de los equipos de protección y maniobra, por lo que se propone la integración de los equipos de protección y maniobra al sistema SCADA, con el que ya cuenta implementada la empresa Electro Sur este a nivel subestaciones, lo cual optimizara la operación, reduciendo el tiempo total de reposición del servicio a 634.32hrs, ocasionando la mejora de los indicadores de calidad de suministro, para el caso del SAIDI, este ha disminuido en 2.559. Así mismo para el caso del SAIFI, este ha reducido en 4.172. Esto se ve reflejado de manera similar en nuestra investigación ya que obtuvimos en el caso del indicador SAIFI se tuvo una disminución desde 6,04 a los 3,9 que se obtuvieron posterior a la automatización lo cual marca una disminución de 2,14 y en el caso del indicador SAIDI se tuvo una disminución desde 5,39 a los 3,51 que se obtuvieron finalmente lo cual marca una disminución de 1,88.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

La presente investigación considera, en sus principales normas éticas, que se ha desarrollado íntegramente con lo planteado y sigue los principios éticos establecidos en la Escuela Nacional de la Universidad del Callao.

La información presenta cuenta con el consentimiento del representante legal de la empresa donde se llevó a cabo la investigación y por lo tanto se puede hacer uso de la misma.

Se ha tenido en cuenta el código de ética de la Universidad Nacional del Callao tomando en cuenta principios como la objetividad, transparencia y compromiso para la elaboración de la investigación.

VII. CONCLUSIONES

La automatización de equipos de protección mejora la calidad del suministro de energía eléctrica de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash – 2021.

La automatización de equipos de protección incrementa la utilidad de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash – 2021

La automatización de equipos de protección mejora el indicador SAIDI de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash - 2021.

La automatización de equipos de protección mejora el indicador SAIFI de la empresa minera conectado a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash - 2021.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios adicionales en otras áreas (protección, seguridad industrial, etc.) para completar la investigación ya realizada y así buscar razones más significativas para lo sugerido.
- Se recomienda realizar un análisis en base a los equipos tecnológicamente más avanzados hasta la fecha, de equipos de protección y maniobra y otros equipos relacionados con los protocolos de comunicación.
- Se recomienda considerar los niveles de automatización de la subestación y basarse en el protocolo IEEC61850 el cual permite trabajar los dispositivos de manera colaborativa aunque sean de diferente proveedor esto ayuda mucho a aminorar los gastos.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ley N.º 28832. Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la Generación Eléctrica, Lima, Perú, 23 de julio del 2006.

AVILÉS Vílchez, José. Automatización de equipos de protección y reconexión mediante un sistema SCADA usando comunicación Gprs para la gestión remota de la red de distribución eléctrica de Hidrandina S.A. Tesis (Ingeniero Mecatrónico). Lima: Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, 2020. 155 pp.

ESCOBEDO Mejía, Aldo y TAFUR Flores, Darli. Automatización del servicio eléctrico en alimentadores de media de tensión de la empresa Hidrandina. Tesis (Ingeniero Mecánico Electricista). Chimbote: Universidad San Pedro, Facultad de Ingeniería, 2018. 71 pp.

HERNÁNDEZ Calderón, Andrea. Propuesta para la Automatización de la Subestación de Distribución Eléctrica El Piñal, Estado Táchira. Tesis (Ingeniero electrónico). Venezuela: Universidad Nacional Experimental del Táchira, departamento de ingeniería electrónica, 2017. 159 pp.

RODRÍGUEZ Montañés, Manuel. Gestión automatizada de la interrupción del suministro en redes de distribución eléctrica. Tesis (Doctor en Ingeniería Eléctrica). España: Universidad de Sevilla, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, 2020. 203 pp.

MECHÁN Pisfil, José. Suministro, transporte, montaje, pruebas y puesta en servicio de equipos de protección en la línea de media tensión 22,9 kv, en el fundo lote norte - Arena Verde S.A.C. Tesis (Ingeniero Mecánico electricista). Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de ingeniería mecánica y electrica, 2019. 65 pp.

HUAYTA Rojas, Ronar. Diseño del sistema de protección contra sobre corrientes en media tensión del alimentador 6003 Ayaviri - Puno, aplicando la norma IEC 60909. Tesis (Ingeniero Mecánico Electricista). Puno: Universidad

Nacional del Altiplano de Puno, Facultad de Ingeniería mecánica eléctrica, electrónica y sistemas, 2021. 100 pp.

MACHACA Vilca, Julio y COILA Delgado, Abell. Estudio y análisis experimental de la calidad del suministro eléctrico de la Universidad Nacional del Altiplano, utilizando un analizador de redes – 2016. Tesis (Ingeniero Mecánico electricista). Puno: Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Facultad de Ingeniería mecánica eléctrica, electrónica y sistemas, 2017. 294 pp.

ACEVEDO Wogl, José. Influencia de la tarifa, el pago de compensaciones y el tipo de empresa sobre la calidad del suministro eléctrico por interrupciones en el sistema de distribución de media tensión urbano. Tesis (Magister en Regulación de los servicios públicos). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de posgrado, 2018. 71 pp.

HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto y MENDOZA Torres, Christian Paulina. Metodología de la investigación-Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, 2018. 752 pp. ISBN: 978-1456260965

HORQQUE Chacón, Jacqueline y MANCCO Nina, Leonard. Propuesta de automatización de equipos de protección y maniobra mediante el sistema de control de supervisión y adquisición de datos – Sistema Eléctrico Cusco. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Eléctrica). Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Escuela profesional de Ingeniería Eléctrica, 2019. 220 pp.

ENRÍQUEZ Enríquez, Christian y ROMERO Aucancela, Héctor. Propuesta de un modelo de automatización del sistema de distribución a 22 Kv para la óptima colocación de protecciones inteligentes en el alimentador principal. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Eléctrica). Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2018. 120 pp.

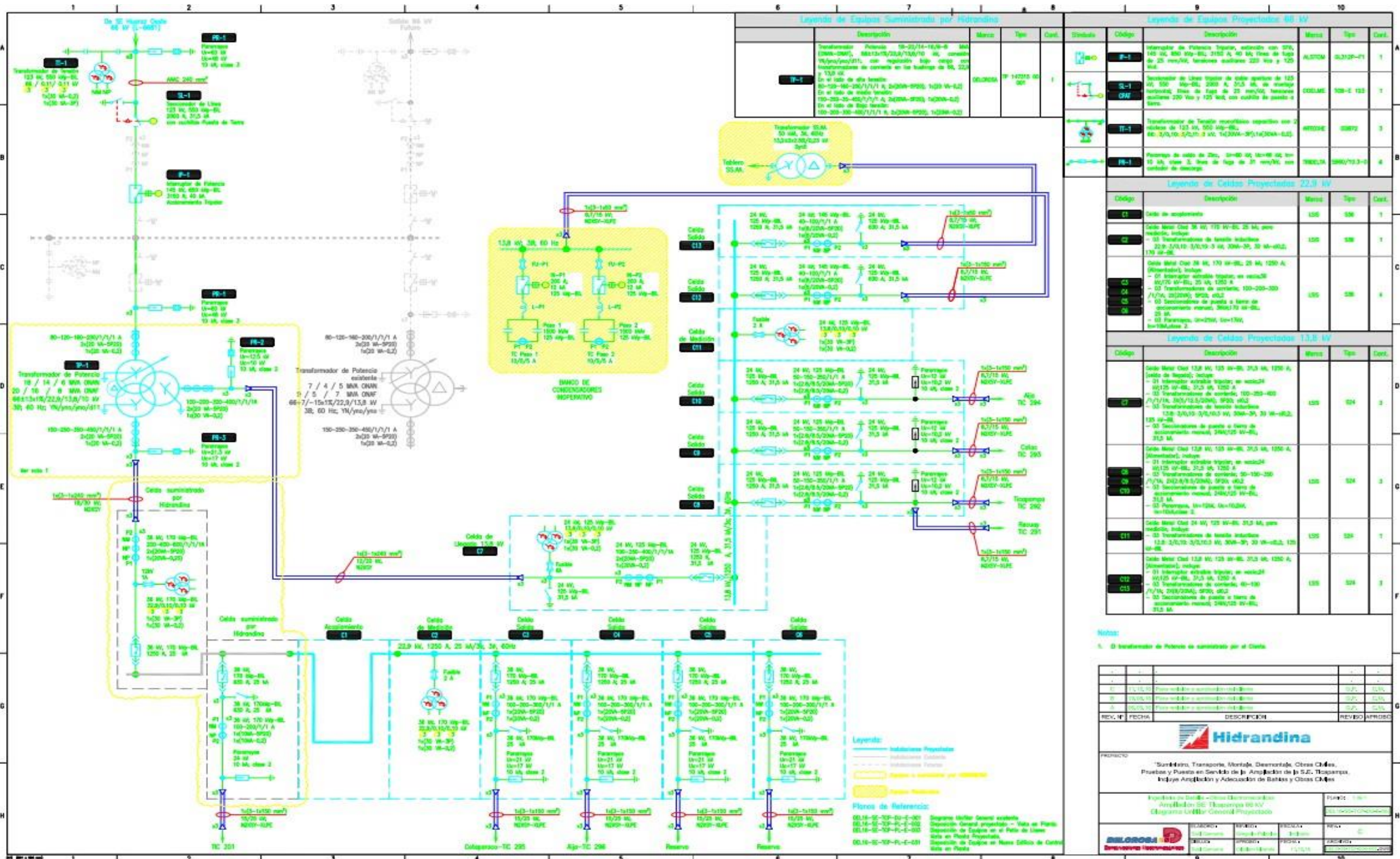
ANEXOS

ANEXO N.º 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA: AUTOMATIZACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA EMPRESA MINERA CONECTADO A LA SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN TICAPAMPA 22.9 KV DEPARTAMENTO DE ANCASH - 2021

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
General	General	Principal	V.I. Equipos de protección	Eléctricos	N.º de equipos de protección eléctricos	TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada y Tecnológica DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Cuasi experimental MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Cuantitativo POBLACIÓN: La población estará conformada por el Sistema eléctrico de TICAPAMPA 22.9 kv. MUESTRA: La muestra estará conformada por el mismo sistema eléctrico de TICAPAMPA 22.9 kv.
¿De qué manera la automatización de equipos de protección mejora la calidad del suministro de energía eléctrica de la empresa minera conectada a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash - 2021?	Determinar de qué manera la automatización de equipos de protección mejora la calidad del suministro de energía eléctrica de la empresa minera conectada a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash - 2021.	La automatización de equipos de protección mejora la calidad del suministro de energía eléctrica de la empresa minera conectada a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash - 2021.		Electrónicos	N.º de equipos de protección electrónicos	
Específicos	Específicos	Secundarias	V.D. Calidad del suministro eléctrico	Utilidad	Valor ganado	
¿De qué manera la automatización de equipos de protección incrementa la utilidad de la empresa minera conectada a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash - 2021?	Determinar de qué manera la automatización de equipos de protección incrementa la utilidad de la empresa minera conectada a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash - 2021.	La automatización de equipos de protección incrementa la utilidad de la empresa minera conectada a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash - 2021.		SAIDI	Duración de la interrupción	
¿De qué manera la automatización de equipos de protección mejora el indicador SAIDI de la empresa minera conectada a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash - 2021?	Determinar de qué manera la automatización de equipos de protección mejora el indicador SAIDI de la empresa minera conectada a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash - 2021.	La automatización de equipos de protección mejora el indicador SAIDI de la empresa minera conectada a la subestación de transformación TICAPAMPA 22,9 kv departamento de Ancash - 2021.		SAIFI	Frecuencia de interrupciones	

ANEXO N.º 02: ESQUEMA UNIFILAR DEL SET TICAPAMPA 22,9 KV



Notas:

- El transformador de Potencia es suministrado por el Cliente.

REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISOR	APROBADO
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Hidrandina

PROYECTO: "Santísimo, Transporte, Montaje, Desmontaje, Obra Chévere, Pruebas y Puesta en Servicio de la Ampliación de la S.T. Ticapampa, Incluye Ampliación y Adoctrinamiento de Bajas y Otras O.M.S."

Elaborado en: [Fecha] - Cliente: [Nombre]

Elaborado por: [Nombre] - Revisado por: [Nombre] - Aprobado por: [Nombre]

Elaborado en: [Fecha] - Cliente: [Nombre]

Elaborado por: [Nombre] - Revisado por: [Nombre] - Aprobado por: [Nombre]