



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

TEMA:

**Propuesta diseño de un sistema de automatización de reconectadores a nivel
13.8kv en la vía a Posorja, subestación Playas, Ecuador.**

AUTORES:

Solórzano Ibarra, Jordy Ivar

Yagual Lázaro, William Hernán

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO ELÉCTRICO**

TUTOR

Ing. Mero Vallas, Alexander Ronald. M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

21 de agosto del 2024

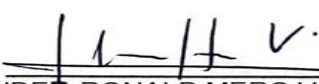


UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Solórzano Ibarra, Jordy Ivar y Yagual Lázaro, William Hernán**, como requerimiento para la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico.

TUTOR

f. 
Ing. ALEXANDER RONALD MERO VALLAS, MSc.

DIRECTOR DE LA CARRERA


M. Sc. Bohórquez Escobar Bayardo Celso. Ph.D

Guayaquil, a los 21 días del mes de agosto del año 2024.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

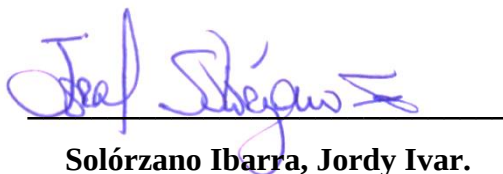
Yo, **Solórzano Ibarra, Jordy Ivar**

Declaro que:

El Trabajo de Titulación: **Propuesta diseño de un sistema de automatización de reconectadores a nivel 13.8kv en la vía a Posorja, Subestación Playas, Ecuador**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero Eléctrico**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 21 días del mes de agosto del año 2024.

EL AUTOR



Solórzano Ibarra, Jordy Ivar.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Yagual Lázaro, William Hernán.

Declaro que:

El Trabajo de Titulación: **Propuesta diseño de un sistema de automatización de reconectadores a nivel 13.8kv en la vía a Posorja, Subestación Playas, Ecuador**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero Eléctrico**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 21 días del mes de agosto del año 2024.

EL AUTOR

Yagual Lázaro, William Hernán.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

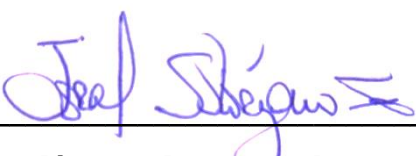
AUTORIZACIÓN

Yo, Solórzano Ibarra, Jordy Ivar.

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Propuesta diseño de un sistema de automatización de reconectores a nivel 13.8kv en la vía a Posorja, Subestación Playas, Ecuador**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 21 días del mes de agosto del año 2024.

EL AUTOR



Solórzano Ibarra, Jordy Ivar.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

AUTORIZACIÓN

Yo, Yagual Lázaro, William Hernán.

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Propuesta diseño de un sistema de automatización de reconectadores a nivel 13.8kv en la vía a Posorja, Subestación Playas, Ecuador**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 21 días del mes de agosto del año 2024.

EL AUTOR

Yagual Lázaro, William Hernán



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

**M. Sc Bohórquez Escobar Bayardo Celso Ph.D
DECANO O DIRECTOR DE CARRERA.**

**Ing Ubilla Gonzales Ricardo Xavier M.Sc
COORDINADOR DEL ÁREA.**

**Ing. Medina Moreira Washington Adolfo Ph.D
OPONENTE.**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

CERTIFICADO DE COMPILATIO



TESIS___Solórzano Ibarra, Yagual
Lázaro.

4%
Textos
sospechosos

1% Similitudes
0% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes
mencionadas
0% Idiomas no reconocidos
3% Textos potencialmente
generados por la IA

Nombre del documento: TESIS___Solórzano Ibarra, Yagual
Lázaro.docx
ID del documento: 272c206a8823769d1563e0cb8223662a5e13c448
Tamaño del documento original: 12,12 MB
Autores: []

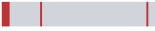
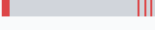
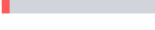
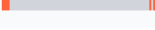
Depositante: Alexander Ronald Mero Vallas
Fecha de depósito: 23/8/2024
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 23/8/2024

Número de palabras: 14.274
Número de caracteres: 100.757

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 repositorio.ucsg.edu.ec http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/12707/3/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-203.pdf.txt 42 fuentes similares	3%		 Palabras idénticas: 3% (406 palabras)
2	 Joffre Ruben Andrade & Christopher Rodriguez Baidal V12 Final.docx Jo... #81e7cc El documento proviene de mi grupo 38 fuentes similares	3%		 Palabras idénticas: 3% (377 palabras)
3	 repositorio.ucsg.edu.ec http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/12494/3/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-177.pdf.txt 35 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (344 palabras)
4	 Correccion V2 Terminada_Tesis_ Gálvez Galarza y Yépez Bajaña_Semestres... #4143de El documento proviene de mi grupo 38 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (313 palabras)
5	 TESIS_REGULADORES DE VOLTAJES DM-GM.docx TESIS_REGULADORES D... #0ec434 El documento proviene de mi grupo 33 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (304 palabras)

Ing. Alexander Ronald Mero Vallas, MSc.

DOCENTE-TUTOR

AGRADECIMIENTO

A Dios en primer lugar por brindarme la fuerza y sabiduría para poder llevar a cabo todo este largo proceso.

Quiero también agradecer a mi familia, especialmente a mi madre y esposa, por su incondicional apoyo, amor y comprensión durante todo este tiempo. Sin su confianza en mí, este logro no habría sido posible.

A todos mis profesores, director de carrera y tutor de tesis por su orientación invaluable, paciencia y apoyo constante a lo largo de este proceso. Su experiencia y consejos han sido fundamentales en cada etapa de este trabajo.

Solórzano Ibarra Jordy Ivar

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi pequeña hija, Rosselyn Solórzano Lucin, quien desde el momento en que llegó a mi vida, ha sido una fuente constante de alegría y motivación. Espero que este esfuerzo sirva de ejemplo para que algún día pueda profesionalizarse y perseguir sus sueños con la misma pasión y dedicación que yo he puesto en este proyecto.

Solórzano Ibarra Jordy Ivar.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de esta tesis. Sin su apoyo y aliento este trabajo no habría sido posible.

En primer lugar, le agradezco a Dios por darme la oportunidad de este sueño tan anhelado, a mi esposa e hijos, por su amor incondicional y por estar siempre a mi lado en los momentos más desafiantes. Su confianza en mis habilidades y su apoyo constante han sido una fuente fundamental para mí.

Extiendo mi más sincera gratitud al Dr. Celso Bayardo Bohórquez Escobar. Por su dedicación como decano y guía en la dirección de nuestra facultad.

A mi tutor Ing. Alexander Mero Vallas, por su orientación experta, que me ha guiado para el desarrollo de mi tesis.

Finalmente, mi gratitud también al todo el personal docente de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil por su excelente enseñanza académica, que ha fomentado el desarrollo para nuevos profesionales.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento, este logro es el resultado de un esfuerzo colectivo y de la ayuda invaluable que cada uno de ustedes ha brindado.

Yagual Lázaro William Hernán.

DEDICATORIA

Este trabajo fruto de mi esfuerzo y constancia va dedicado con mucho amor a mis padres, que sembraron en mí el deseo de triunfar y superarme.

A mi esposa Alexandra Muñoz, por sus palabras y confianza, por su amor y tiempo para realizarme profesionalmente.

A mis tíos, Silvia y Pedro, que, aunque no estén físicamente con nosotros, sé que desde el cielo siempre me cuidan y me guían para alcanzar la meta propuesta.

A mis amigos, colegas y compañeros que de alguna u otra manera estuvieron ayudando con un granito de arena durante el proceso de este arduo camino.

Yagual Lázaro William Hernán.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	2	
1 Aspectos Generales	2	
1.1 Introducción.....	2	
1.2 Antecedentes.....	2	
1.3 Justificación	3	
1.4 Objetivos.....	3	
1.4.1 <i>Objetivo General</i>	3	
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	4	
1.5 Hipótesis.....	4	
1.6 Metodología.....	4	
CAPÍTULO II	5	
2 Marco Teórico	5	
2.1 Sistema de suministro eléctrico	5	
2.2 Sistemas de generación.....	5	
2.3 Sistemas transmisión.	6	
2.4 Sistemas de distribución.	6	
2.4.1 <i>Sistemas de distribución de media tensión.</i>	7	
2.5 Subestaciones eléctricas.	7	
2.6 Equipos y accesorios para 13.8 KV.....	8	
2.6.1 <i>Seccionador principal</i>	8	
2.6.2 <i>Pararrayos</i>	8	
2.6.3 <i>Reconectador.</i>	9	
2.6.4 <i>Cuchillas seccionadoras de las alimentadoras.</i>	9	
2.6.5 <i>Seccionador de interconexión entre barras principales</i>	10	
2.6.6 <i>Conductores</i>	10	
2.6.7 <i>Estructuras, aisladores y herrajes</i>	10	
2.6.8 <i>Transformadores de potencial</i>	11	
2.6.9 <i>Banco de capacitores desconectable.</i>	12	
2.7 Fallas en el sistema de distribución	12	
2.7.1 <i>Fallas transitorias.</i>	13	
2.7.2 <i>Fallas permanentes</i>	13	
2.8 Índices de calidad de servicio.....	13	
2.8.1 <i>Frecuencia de media interrupción por KVA nominal instalado (FMIK).</i>	13	
2.8.2 <i>Tiempo total de interrupciones por KVA nominal instalado (TTIK).</i> ..	13	
2.9 Automatismo en redes eléctricas de distribución	14	
2.10 Sistema SCADA.....	14	
2.10.1 <i>Ventajas del sistema SCADA.</i>	15	
2.10.2 <i>Desventaja del sistema SCADA.</i>	15	
2.11 Reconectores automáticos	15	
2.12 Sistema de comunicación GPRS.	15	

2.13	Protocolo de comunicación DNP 3.0.	16
CAPÍTULO III		18
3	Diagnóstico del Sistema Eléctrico de Distribución Playas.....	18
3.1	Análisis del estado actual de la Subestación Playas	18
3.1.1	<i>Alimentadores de la subestación Playas</i>	20
3.2	Identificación de los puntos críticos de fallas y su impacto en la red.	23
3.2.1	<i>FMIK y TTIK general.</i>	23
3.2.2	<i>FMIK y TTIK no programadas.</i>	23
3.2.3	<i>FMIK y TTIK por transmisor:</i>	24
3.3	Diagnóstico del punto crítico de falla – Interconexión Playas	25
3.4	Análisis de puntos estratégicos del distribuidor de energía.....	27
CAPÍTULO IV		32
4	Propuesta de mejora	32
4.1	Diseño de una arquitectura de sistema de automatización para los reconectores. 32	
4.1.1	<i>Características del control BR-10RN.</i>	32
4.2	Instalación del control del reconector automático.	34
4.3	Ubicación de reconectores en el alimentador Interconexión Playas.	36
4.4	Características técnicas de los reconectores.	37
4.5	Proceso de instalación de los reconectores automáticos.....	39
4.5.1	Montaje del reconector automático.	39
4.5.2	Proceso de instalación del Tablero de Control del reconector.	40
4.5.3	Proceso de instalación de Pararrayos.	40
4.5.4	Instalación de puesta a tierra.	41
4.5.5	Instalación de protectores y terminales.	41
4.5.6	Pruebas de funcionamiento.....	42
4.6	Diagrama esquemático de los reconectores.....	43
4.7	Seguimiento del alimentador en el sistema SCADA.....	44
4.7.1	<i>Instalación en planta</i>	45
4.7.2	<i>Configuración del puerto físico.</i>	46
4.7.3	<i>Parámetros de comunicación.</i>	46
4.7.4	<i>Mapa de señales</i>	47
4.7.5	<i>Diseño de base de datos Scada.</i>	48
4.8	Comunicaciones con tecnología GPRS.	53
4.8.1	<i>Diseño de la arquitectura del sistema.</i>	55
4.8.2	<i>Pantalla de trabajo del sistema SCADA.</i>	59
5	CONCLUSIONES.....	65
6	RECOMENDACIONES.	66
7	REFERENCIAS	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos del reconectador	9
Tabla 2 Tipo de conductores	10
Tabla 3 Aisladores y herrajes utilizados en 13.8 kv.....	11
Tabla 4 Característica de transformadores de potencial.....	11
Tabla 5 Características de un banco de capacitores	12
Tabla 6 Características generales del transformador.....	18
Tabla 7 Temperatura, peso y presión del transformador.....	18
Tabla 8 Especificaciones de los TC para protección diferencial	19
Tabla 9 Capacidad de conexión del transformador.....	19
Tabla 10 Potencia de alimentadores.....	21
Tabla 11 Indicadores FMIK y TTIK general	21
Tabla 12 Indicadores FMIK TTIK No Programados	22
Tabla 13 Indicadores FMIK TTIK Transmisor.....	22
Tabla 14 Promedio de energía del alimentador.....	26
Tabla 15 Datos de breaker de urna.....	27
Tabla 16 Características del control	34
Tabla 17 Condiciones atmosféricas.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema de Suministro eléctrico.....	5
Figura 2 Sistema de transmisión	6
Figura 3 Sistemas de distribución de media tensión	7
Figura 4 Arquitectura del sistema GPRS	16
Figura 5 Transformador de la subestación Playas.....	20
Figura 6 Alimentadores de la Subestación Playas	20
Figura 7 Análisis de FMIK y TTIK	23
Figura 8 Indicadores FMIK y TTIK no programadas	24
Figura 9 FMIK y TTIK por transmisor	24
Figura 10 Ubicación del alimentador Interconexión Playas	25
Figura 11 Alimentador Interconexión Playas.....	26
Figura 12 Ubicación del primer punto de referencia.....	28

Figura 13 Cuchillas Paseo Shopping.....	28
Figura 14 Ubicación del segundo punto de referencia	29
Figura 15 Seccionadores Familia Villacís.....	29
Figura 16 Ubicación del tercer punto de referencia	30
Figura 17 Seccionadores Familia Escalante	30
Figura 18 Proceso de trabajo de la propuesta.....	32
Figura 19 Control de reconectador automático	33
Figura 20 Asignación de código.....	35
Figura 21 Inicio del programa	35
Figura 22 Respaldo de datos	36
Figura 23 Ubicación de puntos de reconectores.....	37
Figura 24 Reconectador automático.....	38
Figura 25 Instalación en poste.....	39
Figura 26 Instalación de control.....	40
Figura 27 Instalación de pararrayos	41
Figura 28 Cable de tierra.....	41
Figura 29 Instalación de cables y protectores	42
Figura 30 Realización de pruebas	42
Figura 31 Referencia de un reconectador.....	43
Figura 32 Diagramas de trabajo de reconectores	44
Figura 33 Proceso de instalación del sistema SCADA	45
Figura 34 Inspección equipos en planta	45
Figura 35 Configuración del puerto físico	46
Figura 36 Parámetros de comunicación.	47
Figura 37 Mapa de señales.....	47
Figura 38 Creación de menú principal	48
Figura 39 Scada Maestro.....	48
Figura 40 Señal digital o analógica	49
Figura 41 Creación de nueva señal	49
Figura 42 Ventana de escritura y lectura de señales	50
Figura 43 Manejo de señales.....	51
Figura 44 Menú SYS\$.....	51
Figura 45 Configuración para transmisión de datos.....	52
Figura 46 Configuración de comunicador.....	52

Figura 47 Configuración IP	53
Figura 48 Módem GPRS F2103.....	53
Figura 49 Módem GPRS F2103.....	54
Figura 50 Conectividad de equipos	55
Figura 51 Integración de componentes	56
Figura 52 Etapa de automatización y configuración	57
Figura 53 Etapa de supervisión y control.....	58
Figura 54 Sistema General	59
Figura 55 Pantalla principal de SCADA	60
Figura 56 Mapa de reconectores.....	61
Figura 57 Mapa de medidas	61
Figura 58 Mapa de protección.....	62
Figura 59 Señales de campo.....	62
Figura 60 Corrientes generadas.....	63
Figura 61 Indicador de fallas.....	64
Figura 62 Identificación de Alarma	64

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló siguiendo el objetivo de proponer el diseño de un sistema de automatización de reconectadores a nivel de 13.8 kV en la vía a Posorja, subestación Playas, Ecuador. Para lograr esto se utilizó una metodología que empleó la revisión bibliográfica, diagnóstico del sistema actual, diseño del sistema de automatización. En el análisis de red de distribución de la subestación, se identificaron 5 abastecedores, donde el denominado Interconexión Playas mostró puntuaciones elevadas en los indicadores FMIK y TTIK, siendo este el punto de trabajo para realizar la arquitectura del sistema de automatización. Se eligieron tres puntos estratégicos en la vía a Posorja para la ubicación de los reconectadores automáticos, cajas de control y sistema de comunicación, del mismo modo se elaboró la arquitectura para realizar el control y supervisión desde la estación de trabajo. Se concluye que el actualizar el sistema de distribución de energía ayuda a mejorar el servicio de electricidad para garantizar la satisfacción de los usuarios.

Palabras claves: automático, arquitectura, electricidad, energía, reconector, scada.

ABSTRACT

The present investigation was developed following the objective of proposing the design of a recloser automation system at a level of 13.8 kV on the road to Posorja, Playas substation, Ecuador. To achieve this, a methodology was used that used bibliographic review, diagnosis of the current system, automation system design. In the analysis of the substation distribution network, 5 suppliers are identified, where the so-called Playas Interconnection showed a decrease in the FMIK and TTIK indicators, this being the work point to carry out the architecture of the automation system. Three strategic points on the road to Posorja were chosen for the location of the automatic reclosers, control boxes and communication system, in the same way the architecture was developed to carry out control and supervision from the workstation. It is concluded that updating the energy distribution system helps improve the electricity service to guarantee user satisfaction.

Keywords: automatic, architecture, electricity, energy, recloser, scada.

CAPÍTULO I

1 Aspectos Generales

1.1 Introducción

La creciente demanda de energía eléctrica y la necesidad de un suministro constante y confiable han impulsado el desarrollo de tecnologías avanzadas en la gestión y operación de redes eléctricas. En este contexto, los reconectores automáticos se han convertido en componentes esenciales para mejorar la continuidad del servicio y reducir los tiempos de interrupción en las redes de distribución. La subestación Playas, ubicada en la provincia del Guayas, Ecuador, es una de las infraestructuras críticas que abastecen de energía a la región y sus alrededores, incluyendo la vía a Posorja, una zona con un significativo desarrollo económico y residencial.

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo principal diseñar un sistema de automatización de reconectores a nivel de 13.8 kV en la vía a Posorja, que permita optimizar la operación de la subestación Playas y mejorar la calidad del suministro eléctrico. La automatización de los reconectores implica la integración de tecnologías de control y comunicación que permitan una respuesta rápida y eficiente ante eventos de falla, minimizando el impacto en los usuarios finales.

1.2 Antecedentes

La subestación Playas en los últimos 5 años ha experimentado un crecimiento del 25 % en su demanda eléctrica debido al desarrollo urbano e industrial en su zona de influencia. Sin embargo, la infraestructura actual enfrenta desafíos importantes relacionados con la confiabilidad y eficiencia de su operación. Las interrupciones frecuentes en el suministro eléctrico, causadas por fallas en los alimentadores de 13.8 kV, han generado inconvenientes tanto para los residentes como para las actividades comerciales e industriales.

Históricamente, la gestión de fallas en la red de distribución se ha realizado de manera manual, lo que implica tiempos de respuesta prolongados y mayores costos operativos. Los reconectores automáticos, que han sido introducidos en diversas partes del mundo, ofrecen una solución efectiva para mejorar la gestión de fallas. Estos dispositivos pueden aislar secciones de la red afectadas por fallas y restaurar el servicio de manera automática, reduciendo significativamente el tiempo de interrupción.

En Ecuador, la implementación de tecnologías de automatización en las redes de distribución aún es incipiente, y la subestación Playas no es la excepción. La automatización

de los reconectadores en esta subestación representa una oportunidad para mejorar la confiabilidad del suministro eléctrico y establecer un precedente para futuras mejoras en otras partes del país.

1.3 Justificación

La necesidad de implementar un sistema de automatización de reconectadores en la subestación Playas se justifica por los siguientes motivos:

Confiabilidad del Servicio: La automatización de los reconectadores permitirá una respuesta rápida y eficiente ante fallas, mejorando la continuidad del suministro eléctrico y reduciendo el tiempo de interrupción para los usuarios.

Eficiencia Operativa: Un sistema automatizado reduce la necesidad de intervención manual, optimizando los recursos humanos y operativos de la empresa distribuidora de energía.

Seguridad: La rápida identificación y aislamiento de fallas minimiza los riesgos asociados a la manipulación manual de equipos bajo condiciones peligrosas.

Beneficios Económicos: La reducción de tiempos de interrupción y la mejora en la eficiencia operativa se traducen en menores costos operativos y mayor satisfacción del cliente.

Innovación y Modernización: Implementar tecnologías avanzadas de automatización contribuye al desarrollo y modernización del sistema eléctrico del país, alineándose con las tendencias globales de Smart Grids y digitalización de las redes eléctricas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de automatización de reconectadores a nivel de 13.8 kV en la vía a Posorja, subestación Playas, Ecuador.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar el estado actual en el que se encuentra el sistema de distribución en la subestación Playas.
- Identificar los puntos críticos donde ocurren las fallas y el impacto que ocasiona a la red.
- Desarrollar un sistema de monitoreo y control remoto de los reconectadores para mejorar la eficiencia operativa y reducir el tiempo de restablecimiento del servicio eléctrico.
- Mejorar una arquitectura de sistema de automatización para los reconectadores

1.5 Hipótesis

La implementación de un sistema de automatización de reconectadores a nivel de 13.8 kV en la vía a Posorja mejorará significativamente la confiabilidad y eficiencia del suministro eléctrico en la subestación Playas, reduciendo los tiempos de interrupción y optimizando los costos operativos.

1.6 Metodología

Para alcanzar los objetivos planteados, se seguirá una metodología que incluirá:

Revisión Bibliográfica: Análisis de literatura y estudios previos sobre sistemas de automatización de reconectadores y su impacto en la confiabilidad de las redes eléctricas.

Diagnóstico del Sistema Actual: Evaluación del estado actual de la red de distribución en la subestación Playas, identificando puntos críticos y frecuencias de fallas.

Diseño del Sistema de Automatización: Elaboración de un diseño detallado que incluya la selección de equipos, configuración del sistema de control y comunicación, y estrategias de implementación.

CAPÍTULO II

2 Marco Teórico

2.1 Sistema de suministro eléctrico

El sistema de suministro eléctrico está compuesto por una serie de maquinarias, equipos, herramientas y recurso humano necesario para poner en marcha los diferentes procesos para lograr que la energía eléctrica llegue a todos los usuarios finales. Para esto se empieza con la generación de la energía necesaria para abastecer a las diferentes comunidades. La segunda acción a realizar es el transporte de la energía mediante diferentes sistemas y equipos mecánicos que trasladen la energía a las subestaciones (Regalado & Rodas, 2023).

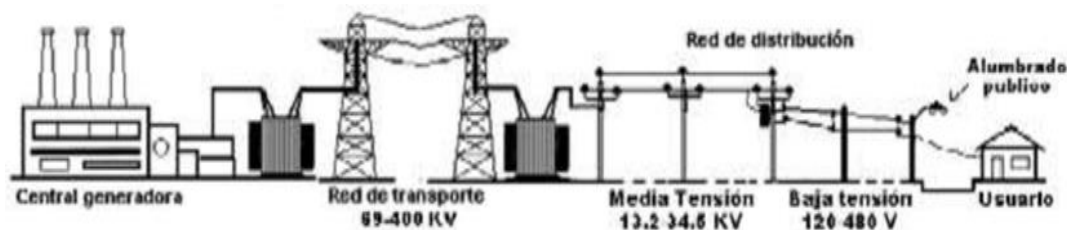
Finalmente, el último paso a realizar es la distribución de la electricidad hacia los usuarios finales, para lo cual se necesitan instalaciones en los diferentes domicilios, creando la instalación enlace donde se emplea la acometida, la caja general de protección, líneas de distribución y las derivaciones individuales (Magallán, 2019).

El correcto funcionamiento de estos sistemas demanda de un adecuado mecanismo de control, seguridad y protección. Por consiguiente, el manejo de todo este complejo sistema demanda de una inversión económicamente significativa para su funcionamiento y mantenimiento. La prestación de producción y transmisión de electricidad al igual que otras empresas está sujeta a diferentes regulaciones para su comercialización, permitiendo una competencia eficiente de varias empresas.

En la Figura 1 se muestra como está distribuido un sistema de suministro eléctrico.

Figura 1

Sistema de Suministro eléctrico



Nota: Se muestra el sistema de suministro eléctrico.
Tomado de Pérez et al. (2021)

2.2 Sistemas de generación.

El sistema de generación de electricidad consiste en el establecimiento de procesos que se encargan de transformar energía de diferentes fuentes y componentes como, compuestos

químicos, mecánicos, luminosos, térmicos y eólicos, en energía eléctrica. Empleo del recurso natural en bruto permite establecer una clasificación de las procesadoras de electricidad como, centrales térmicas, centrales hidroeléctricas, centrales eólicas, centrales solares, nuclear fotovoltaicas y mareomotrices (Heredia & Chocho, 2022).

2.3 Sistemas transmisión.

El sistema de transmisión está conformado por una infraestructura compleja que se encarga de transportar a grandes distancias la energía producida en las diferentes centrales de producción eléctrica, permitiendo llegar a los diferentes puntos de consumo. Para lograr esto, se debe de transformar la energía eléctrica en varios niveles de tensión, es en este punto donde las subestaciones elevadoras tienen una importante participación, dado que se emplean transformadores para realizar el cambio de nivel de tensión (Molina & Molina, 2021).

En la Figura 2 se puede observar un sistema de Transmisión de Energía Eléctrica.

Figura 2

Sistema de transmisión



Nota: Sistema de transmisión de energía eléctrica.
Tomado de Petroenergía (2020)

Posteriormente la energía eléctrica es transportada mediante la línea de alta tensión, lo cual ayuda a trasladar la electricidad a diferentes puntos geográficos distantes. Este sistema está constituido por elementos de conducción, soporte y las torres de alta tensión.

2.4 Sistemas de distribución.

El sistema de distribución es el conjunto de infraestructura, equipos y personal humano encargado de transmitir la energía desde las subestaciones hasta los consumidores finales, el traslado se realiza mediante diferentes voltajes que van desde los 2.5 kV hasta los 30 kV, la distribución se realiza mediante los sistemas de baja, media y alta tensión.

La distribución de la electricidad es un proceso que está sujeto a cambios constantes de la mano la evolución tecnológica y la innovación, de este modo se emplean mejores equipos y herramientas, así como la actualización de métodos de trabajo del operativo y mantenimiento,

lo cual lleva a mejorar el servicio de electricidad para los usuarios finales. (Juárez & Dolores, 1995)

2.4.1 Sistemas de distribución de media tensión.

Son las redes que se originan desde las subestaciones de transformación, encargadas de distribuir la energía hasta llegar a las estaciones de transformación y distribución. Las tensiones que se manejan en este sistema parten desde los 2.5 a 30 kV. Este tipo de sistema distribuye energía a nivel de 13.8 KV tanto en sectores trifásicos, bifásicos y monofásicos, está compuesta por conductores de aluminio de 4/0 siendo el principal elemento del sistema de distribución del alimentador (Castro et al., 2020).

Los cables de medio voltaje se encuentran suspendidos por una estructura metálica con bases de madera o cemento, siendo este un sistema convencional aplicado en las grandes ciudades. Entre los equipos que conforman este sistema se encuentran la celda, interruptores automáticos, seccionadores de puesta a tierra, transformadores de corriente, transformadores de tensión y descargadores para el sistema (Magallán, 2019). En la figura 3 se aprecia parte de un sistema eléctrico de media tensión.

Figura 3

Sistemas de distribución de media tensión



Nota: Ejemplo de los distribuidores de media tensión.
Tomado de Dimsesa (2014)

2.5 Subestaciones eléctricas.

La subestación eléctrica es una infraestructura localizada en un determinado sector de una localidad cuya función es generar niveles de tensión adecuados para la transmisión y distribución de electricidad. Sus principales operaciones se realizan en el transformador, está compuestas por tres elementos, la medición, cuchillas de paso e interruptor (Vasquez, 2023).

2.6 Equipos y accesorios para 13.8 KV.

Dentro de la instalación de la subestación de 13.8 kv se encuentran una serie de elementos que permiten su funcionamiento, control, conexión y distribución de la energía eléctrica. El proceso de transformación empieza por la reducción del voltaje empleando el transformador para luego realizar la distribución a cada alimentador, considerando la capacidad y la carga (Navarro, 2023).

La transmisión de energía es controlada por una barra de distribución la cual se encarga de repartir la electricidad a los diferentes alimentadores, los cuales trabajan de la mano y son administrados por los reconectores. De este modo se garantiza la fluidez normal de la electricidad teniendo un buen funcionamiento. En caso de detectar anomalías en su funcionamiento el equipo procede a cortar el paso de la electricidad para posteriormente realizar los ajustes necesarios. Los componentes de este sistema son:

2.6.1 Seccionador principal.

El seccionador forma parte de la subestación de nivel de 13.8 kv, su función es conectar y desconectar de manera mecánica un circuito eléctrico para su funcionamiento normal o corrección de irregularidades en la transmisión de energía, de este modo se garantiza una distancia satisfactoria del aislamiento térmico, permitiendo realizar un trabajo seguro (Segovia et al., 2024).

2.6.2 Pararrayos.

Los pararrayos sirven con un sistema de protección externo e interno de las subestaciones. El cuidado externo permite mitigar el impacto directo de los movimientos de los relámpagos mediante el empleo de una barra de relámpago, un sistema de aire para la terminación del acoplamiento. En cuanto a la protección interna permite la regulación de picos de voltaje que se ocasionan por los relámpagos cerca de los conductores de electricidad (Aguilera & Muñoz, 2024).

La protección total del sistema de pararrayos necesita de un sistema de puesta a tierra para exteriorizar las corrientes del relámpago, logrando igualar la potencialidad dentro del sistema de tierra permitiendo una protección de todo el sistema de electricidad (Paucara, 2022).

2.6.3 Reconectador.

Los reconectores son dispositivos que se encargan de la interrupción de carga eléctrica, teniendo la capacidad de realizar cierres automáticos de manera ajustable, permitiendo el monitoreo y operación a distancia (Nakashima, 2020). Está compuesto por interruptores de operación tripolar y el vacío como medio de extinción de arco, aislado con hexa-fluoruro de azufre (SF6). Manejado por un actuador magnético que se utiliza tanto para apertura como para cierre, las cámaras de vacío no necesitan mantenimiento. Sin embargo, cuando este dispositivo cumple su vida útil se debe de reemplazar (Regalado E. , 2021).

Las características de este artefacto de sistema de distribución se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 Datos del reconector

Reconector	
Medio aislante	Aceite
Tipo	WE
KV max	14.4
BIL (KV)	110
I continua (A)	560
I interrupción max (KA)	10

Nota: Características de un reconector.
Tomado de Chuchuca & Desiderio (2010)

Los reconectores permiten regular diferentes voltajes máximos y mínimos para los que fueron diseñados, permiten la transmisión de electricidad normal e interrumpir las misma, dependen del medio aislante de su interior el cual puede ser gas SF6, aceite u otro elemento.

2.6.4 Cuchillas seccionadoras de las alimentadoras.

Están ubicadas en las puertas del patio de 13.8 kv su función es conectar y desconectar los alimentadores, para dar paso al personal de operación para realizar diferentes procedimientos técnicos y de mantenimiento para reconectar los abastecedores, este equipamiento no puede abrir un circuito cuanto está conectado al sistema eléctrico (Díaz, 2019).

2.6.5 Seccionador de interconexión entre barras principales.

Los seccionadores de interconexión se localizan en los laterales de las barras del patio de 13.8 kv, también son empleadas para realizar trabajos técnicos y de mantenimiento para la transferencia de carga, el trabajo a realizar en este equipo debe de realizar sin corriente en los circuitos (Cabrera, 2021).

2.6.6 Conductores.

Los conductores deben de cumplir con una serie de adaptabilidades como resistencia, inductancia, capacidad y conductancia para ser empleado dentro del sector de los 13.8 kv, logrando de esta manera transmitir electricidad de acuerdo al tipo de conexión que se esté realizando, a continuación (Lascano & Campoverde, 2024). En la Tabla 2 se detalla información sobre los tipos de conductores:

Tabla 2 Tipo de conductores

Empleo	Tipo de cable
Barra principal	1000 MCM Cu desnudo
Barra de transferencia	500 MCM Cu desnudo
Puentes – reconectador - cuchilla	500 MCM aislado 15 kv
Aterrizamiento	4/0 Cu desnudo

Nota: La Tabla muestra los tipos de conductores.
Tomado de Chuchuca & Desiderio (2010)

2.6.7 Estructuras, aisladores y herrajes.

La estructura del patio de 13.8 kv por lo general cuenta con 3 puertas de un promedio de 7 metros de alto elaborada con hierro de 6 pulgadas de diámetro la cual rasposa en una base de hormigón con dimensiones de 10 9 6 m2. La unión del equipamiento se realiza con pernos de acero empotrados y soportes para 4 niveles, de este modo se realizan 3 seccionadores de interconexión y seccionador primordial (Cotto, 2021).

Las estructuras se deben de armar de manera lógica y eficiente para asegurar el funcionamiento de todos los componentes, así como permitir realizar operaciones de mantenimiento seguras, otros de los elementos a considerar son los aisladores y herrajes que se debe de poseer, tal como se muestra en la Tabla 3:

Tabla 3 Aisladores y herrajes utilizados en 13.8 kv

Descripción
Aislador de suspensión 15 kv
Aislador de pin 15 kv
Caja de fusibles 100 a – 15 kv
Grapa terminal 500 MCM
Grapa terminal 1000 MCM
Grillete tipo T 500 MCM
Grillete tipo T 1000 MCM
Grillete tipo pen 4/0 – 1000 MCK
Terminales tipo talón 250 MCM
Terminales tipo talón 500 MCM
Terminales de 2 pernos 500 MCM

Nota. La Tabla muestra los aisladores y herrajes empleados en el nivel 13.8 kv.
Tomado de Chuchuca & Desiderio (2010)

2.6.8 Transformadores de potencial.

Las subestaciones de 13.8 kv están compuestas generalmente por 3 transformadores de potencial, los cuales instalan de manera lógica para recolectar la lectura y tomar la información del trabajo que realizan (Peñañiel, 2021). Las características de estos elementos se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4 Característica de transformadores de potencial

RFase	Marca	Tipo	Relación	Bil (KV)	Burden
A	G.E	JVW	13800/120	110	1200
B	G.E	JVW	13800/120	110	1200
C	G.E	JVW	13800/120	110	1200

Nota: La tabla muestra las características del transformador potencial.
Tomado de Chuchuca & Desiderio (2010)

2.6.9 Banco de capacitores desconectable.

Este equipo es empleado para maximizar la potencia del sector donde se está trabajando, se usan especialmente cuando los niveles de tensión son bajos en horas de alta demanda por lo cual se pasa a encender este mecanismo para cubrir con la cantidad de energía eléctrica. En caso de que se detecte que el servicio eléctrico tiene niveles altos se procede a desconectar este sistema para evitar la sobreproducción (Huera, 2021). Las características de este equipamiento que se emplea en la subestación de 13.8 kv se muestran en la Tabla 5:

Tabla 5 Características de un banco de capacitores

Capacidad (KVAR)	Componentes del banco	Datos	Fases A/B/C
3 x 300	Interruptores	en	GE
	aceite	Tipo	FKC-2
	Capacitores	Marca	GE
		Tipo	DIELEKTROL
	Interrupor	de	FISHER PIERCE
	tiempo	Tipo	56821 HJ-76 ^a

Nota: La tabla muestra las características de un banco de capacitores.

2.7 Fallas en el sistema de distribución

Las fallas en el sistema de distribución del servicio eléctrico son anomalías que se presentan en las diferentes líneas de transmisión las cuales causan que exista una alteración en las ondas de voltaje, siendo estas generadas por falla de los diferentes equipos que conforman los sistemas de distribución de energía que impiden un flujo normal de la electricidad, generando que los equipos de protección se activen para aislar las corrientes y evitar daños en todo el sistema (Moreno, 2024).

Todos los sistemas eléctricos sin importar su alta innovación y mejoras constantes presentan diferentes situaciones que causan anomalías en las corrientes generando cortocircuitos o sobrecargas las cuales se derivan por el mal estado de los diferentes equipos o por diferentes factores climáticos, teniendo un impacto directo en los seccionadores al realizar aperturas de su infraestructura. Las fallas se pueden clasificar en transitorias y permanentes las cuales son ocasionadas por defectos de los propios sistemas o por la naturaleza. (Barros, 2024)

2.7.1 Fallas transitorias.

Las fallas transitorias en el sistema eléctrico son aquellas que no tienen un tiempo de duración largo siendo medidos en milisegundos, estos son atendidos por los equipos de protección de la red quienes se encargan de solucionar dicha situación. Estas se pueden generar por situaciones climáticas como las lluvias, rayos, polvo, salinidad, viento, así como también las situaciones negativas causadas por la vegetación o por la fauna (Gorozabel, 2019).

2.7.2 Fallas permanentes.

Las fallas permanentes son aquellas que interrumpen por un largo tiempo la distribución y el suministro de la electricidad generando que sea necesario la intervención de personal operativo de las empresas para solucionar dichos problemas. Estas fallas proceden tanto de la actividad humana como los accidentes causados por el choque de vehículos y por factores ambientales cuando el sistema se encuentra a la intemperie (Jami, 2024).

2.8 Índices de calidad de servicio.

Los índices de calidad de servicio proporcionan información de los alimentadores de media tensión, para que el servicio de suministro de energía eléctrica cumpla con los estándares de calidad debe de cumplir con la Regulación CONELEC – 004/01 (2001).

2.8.1 Frecuencia de media interrupción por KVA nominal instalado (FMIK).

Este indicador establece la frecuencia media de interrupciones que deben de presentar la distribución de energía eléctrica, los parámetros para red deben ser de 4.0 anual, para alimentador urbano el puntaje debe ser de 5.0 y para el área rural debe ser de 6.0 cada año (Balseca & Morejón, 2023).

La fórmula para calcular este indicador es el siguiente:

$$FMIK = \frac{KVA_i * t_i}{KVA_{ti}}$$

La ecuación indica que para calcular el FMIK se debe de dividir los KVA nominales fuera de servicio debido a las diferentes interrupciones frente a los KVA nominales instalados en la red en el instante de la suspensión (Balseca & Morejón, 2023).

2.8.2 Tiempo total de interrupciones por KVA nominal instalado (TTIK).

El indicador TTIK brinda información sobre el promedio de tiempo que el KVA no tuvo servicio, los valores para la red normal debe de ser para la red normal el indicador óptimo debe ser de 8.0, para el alimentador urbano debe ser de 5 y para el abastecimiento rural debe ser de 18 (Balseca & Morejón, 2023).

$$TTIK = \frac{KVA_i * t_i}{KVA_{ti}}$$

Para obtener la información sobre el indicador TTIK se debe de dividir la duración de interrupción registradas en horas para los KVA nominales instalados en la red.

2.9 Automatismo en redes eléctricas de distribución

La parte operativa del sistema eléctrico busca incrementar la competitividad de los sistemas de distribución de energía para poder cumplir con los objetivos de calidad de este servicio básico, por lo cual es necesario que los equipamientos, e implementos que constituyen la infraestructura del servicio eléctrico busquen la innovación para lograr el automatismo de los alimentadores y distribuidores de energías (Rojas, 2022).

El automatismo del sistema de distribución trabaja en el monitoreo de los procesos mediante el empleo de software especializado como SCADA, permitiendo operar a distancia y de forma tele controlada los diferentes indicadores del servicio eléctrico. De este modo se puede controlar y dar soluciones a diferentes fallas transitorias sin necesidad de que acuda el personal operativo al punto geográfico donde se presenta la anomalía (Carpio & Chitacapa, 2022).

2.10 Sistema SCADA.

El sistema Supervisory Control and Data Acquisition el cual traducido al español significa sistema de Control de supervisión y adquisición de datos. Es un sistema muy eficiente que permite la combinación tanto de programa informático que recolecta, procesa y analiza información y la gestión de otros aspectos como el manejo de controladores, redes, interfaz y el capital humano para analizar la situación de diferentes procesos, estableciendo indicadores que permiten su adecuado funcionamiento y retroalimentación de los mismos (Loaiza & Meza, 2024).

Este software permite realizar las siguientes funciones:

- Trabaja principalmente en la recolección, almacenamiento y análisis de datos de los procesos que se les asigne.
- Establece un sistema de supervisión el cual permite controlar todas las actividades desde un monitor observando la evolución de las variables de control.
- Permite realizar modificaciones en el desarrollo de los procesos actuando sobre reguladores autónomos directamente mediante el manejo de salidas conectadas.

2.10.1 Ventajas del sistema SCADA.

- El sistema SCADA de acuerdo a Caguana (2022) proporciona varias ventajas que permiten realizar trabajos eficientes debido a que se establece un buen control y monitoreo.
- Realiza lectura de los medidores de manera autónoma sin necesidad del control de recursos humanos, envía la información por la red mostrando un alto nivel de eficiencia.
- Tiene una alta velocidad para el procesamiento y transmisión de datos.
- El mantenimiento del sistema es de bajo costo.

2.10.2 Desventaja del sistema SCADA.

Las desventajas según Magallán (2019) para el funcionamiento del sistema SCADA se mencionan a continuación:

- Demanda que las empresas tengan una red confiable para realizar todas sus funciones, en caso de contar con aquello el sistema no funcionará
- Demanda de una inversión inicial alta dado que se deben de comprar e instalar diferentes equipos para su operación.
- Requiere de gastos para realizar la conexión de datos.

2.11 Reconectores automáticos

Este tipo de reconectores están diseñados para las líneas de distribución aéreas y en subestaciones de voltaje, son muy eficientes debido a que pueden prevenir un corte del suministro eléctrico prolongado relacionado con el aumento de corrientes instantáneas (Alarcon, 2021). Interrumpiendo la transmisión de la red eléctrica y restableciendo el flujo de energía una vez superada la eventualidad adversa, logrando una entrega estable de energía a los consumidores (Corrales & Ballesteros, 2019).

2.12 Sistema de comunicación GPRS.

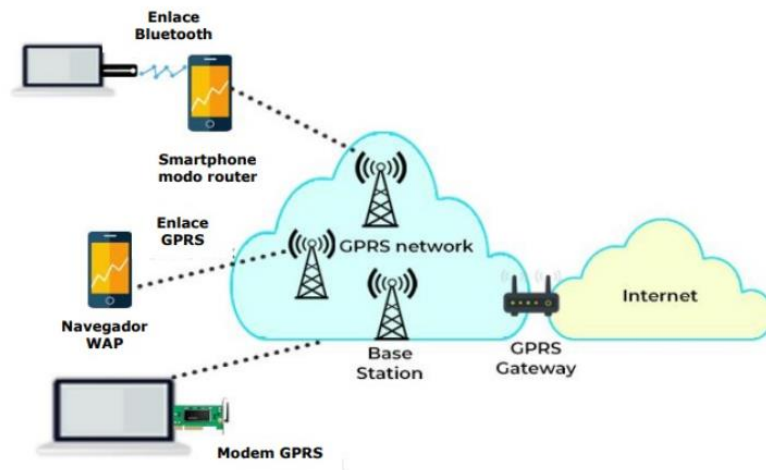
El sistema de comunicación denominado General Packet Radio Service (GPRS), es un método básico que permite la transmisión de información de datos mediante el empleo de equipos de comunicación celular digital, es usado a nivel global en diferentes industrias debido a que establece una comunicación privada y auténtica que puede ser encriptada, siendo adaptable fácilmente a la tecnología actual (Pazmiño, 2022).

La aplicación del sistema GPRS se aplica considerando diferentes características geográficas de las zonas donde se empleará, así como el número de antenas que se instalará y

los usuarios que tendrán acceso a dicha infraestructura, por lo general un punto de comunicación se lo puede establecer en un radio de 100 metros con una cobertura hasta 35 kilómetros para atender las necesidades de transmisión de información (Mendoza, 2024).

La arquitectura de este sistema se muestra en la Figura 4.

Figura 4 Arquitectura del sistema GPRS



Nota: Se observa la arquitectura del sistema GPRS.
Tomado de Mendoza F (2024)

La interfaz Um, abarca la interfaz de radio para GPRS, donde están los equipos móviles, módulo de identificación suscriptor dentro de la respectiva estación móvil. La interfaz Abis, comprende la interfaz entre estaciones transceptoras y estaciones controladas. Por último, la interfaz A, se refiere a la interfaz entre subsistemas de estación base y red, donde convergen el registro de ubicación de visitantes, centro de autenticación, registro de identidad del equipo y el registro de ubicaciones.

2.13 Protocolo de comunicación DNP 3.0.

DNP 3.0 es un protocolo de comunicación creado por Harris Controls División en el año de 1993, es empleado principalmente en la industria eléctrica y otros servicios públicos para realizar el control y la automatización de los sistemas de trabajo, mediante el establecimiento de un estándar actividades, reglas y especificaciones que son necesarias para realizar la transferencia de datos en dispositivos electrónicos y digitales inteligentes.

Son ideales para establecer una interacción entre el hombre y las máquinas, siendo ideal para ser utilizados en las diferentes subestaciones de distribución eléctrica (Clarke, 2022).

Imbaquingo (2024) indica que las principales funcionalidades del sistema DNP 3.0 Son las siguientes:

- Permite una interoperabilidad de comunicación entre diferentes equipos de transmisión de información de diferentes fabricantes, generando una integración de varios dispositivos a una red comunitaria.
- Presenta una gran confiabilidad en la transmisión de datos permitiendo un sistema de comunicación privada y encriptado.
- Aprovecha todos los recursos de conectividad de la red teniendo una alta eficiencia para transmitir datos minimizando el tiempo de entrega de los mismos.
- Posee un gran nivel de adaptabilidad para adherir a su sistema diferentes topologías en la red de comunicación permitiendo la conexión de dispositivos a varias distancias.
- Facilita la supervisión y control de los diferentes procesos remotos ayudando a una óptima gestión de las redes eléctricas.

CAPÍTULO III

3 Diagnóstico del Sistema Eléctrico de Distribución Playas.

3.1 Análisis del estado actual de la Subestación Playas

La subestación de General Villamil Playas cuenta con el transformador de potencia con características que se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6 Características generales del transformador

Características	
Fase	3 PH
Frecuencia	60 HZ
Capacidad nominal	16000 / 2000 kVA
Voltaje nominal	69000 v / 13800 v
Método de enfriamiento	ONAN / ONAEF

Nota: Se observan las características generales del transformador.
Fuente CNEL EP.

El transformador de la subestación de General Villamil Playas presenta las siguientes características en cuanto a demanda de temperatura, peso y presión tal como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7 Temperatura, peso y presión del transformador

Aumento de temperatura	Devanado (16MVA)	55°C
	Devanado (20MVA)	65°C
	Aceite superior	60°C
Peso (kg)	Partes activas	25.500 kg
	Aceite aislante	10.800 kg
	Envío	29.000 kg
	Total	43.000 kg
Presión del tanque	1.03 kgf/cm ²	
Presión máxima del tanque en funcionamiento	+ 0.32 kgf/cm ²	
Polaridad	Sustractivo	
Aceite aislante	IEC 60296 tipo I	
Conductor	Cobre	

Nota: Se observan las características de la temperatura, peso y presión del transformador.
Fuente CNEL EP.

En la tabla 8, se encuentran las características de los TC para protección diferencial.

Tabla 8 Especificaciones de los TC para protección diferencial

Transformador de corriente de casquillo				
CT No	Carga	Exactitud	Relación	Observación
CT 1 – 3	60 VA	5P20	600 / 5	Relay 87T
CT 4 – 6	60 VA	5P20	600 / 5	Relay 87B
CT 4 – 7	60 VA	5P20	1200 / 5	Relay 87T
CT 10 – 12	60 VA	C 0.2	1200 / 5	Medida
CT 13	60 VA	C 3.0	1100 / 2	For WTI

Nota: Se observan las características de los TC para protección diferencial.
Fuente CNEL EP.

En la Tabla 9, se muestra la capacidad de conexión del transformador

Tabla 9 Capacidad de conexión del transformador

Conexión						
	Voltaje (V)	Corriente		Cambiador de tomas de carga		Relación de voltaje
		16 MVA	20 MVA	Posición	Conexión	
HV	72450	127.5	159.3	1	3 – 4	5250
	70725	130.6	163.2	2	2 – 4	5125
	R 69000	133.8	167.3	3	2 – 5	5000
	67275	137.3	171.6	4	1 – 5	4875
	65550	140.9	176.2	5	1 – 6	4750
LV	13800	669.3	836.7		-	

Nota: Se observa la capacidad de conexión del transformador.
Fuente CNEL EP.

La Figura 5 muestra el transformador instalado en la subestación de General Villamil Playas.

Figura 5 Transformador de la subestación Playas



Nota: La figura muestra el transformador ubicado en la subestación Playas.
Elaboración propia.

3.1.1 Alimentadores de la subestación Playas

El sistema de distribución de la subestación de General Villamil Playas está compuesto por cinco alimentadores que abastecen la energía eléctrica a todo el cantón. Estos se dividen en los alimentadores: Interconexión Playas, Central Playas, Engabao, Sector Centro y Ciudadela Victoria.

Figura 6 Alimentadores de la Subestación Playas



Nota: Se observa la distribución de los cinco alimentadores de la subestación Playas.
Tomado de Geoportal CNEL EP (2024)

En la Tabla 10, se muestra la potencia instalada en los diferentes alimentadores que conforman la subestación de General Villamil Playas:

Tabla 10 Potencia de alimentadores

Alimentador	Potencia Instalada (kVA)
Interconexión Playas	3720,5
Central Playas	8705,5
Engabao	5915,0
Sector Centro	4622,5
Ciudadela Victoria	10291,5

Nota: La tabla muestra la potencia de los alimentadores de la subestación Playas.
Fuente CNEL EP (2024)

La potencia instalada para Interconexión de Playas es de 3720,5 kVA para el alimentador Central de Playas se dirigen 8705,5 kVA para Engabao la potencia es de 5915,0 kVA en cuanto al Sector centro se destinan 4622,5 kVA y para la Ciudadela Victoria la potencia de distribución es de 10291,5 kVA.

En la Tabla 11 se muestran los registros presentados en el mes de mayo, referentes a las interrupciones en el servicio de suministro eléctrico del cantón General Villamil Playas.

Tabla 11 Indicadores FMIK y TTIK general

Alimentador	FMIK	TTIK
Interconexión Playas	9,00	11,00
Central Playas	6,27	10,09
Engabao	5,00	9,57
Sector Centro	4,00	4,15
Ciudadela Victoria	3,00	3,90

Nota: Se observan los indicadores generales de la interrupción del servicio.
Fuente CNEL EP (2024)

Los indicadores del sistema de distribución de la subestación Playas indican que el alimentador Interconexión Playas registró un FMIK de 9 y un TTIK de 11, el alimentador Central de Playas registró FMIK de 6,27 y un TTIK de 10,09, para Engabao se los indicadores mostraron un FMIK de 5,00 y TTIK de 9,57, el Sector Centro recaudó valores de 4,00 para FMIK y 4.15, para el último distribuidor que abastece la Ciudadela Victoria se registró 3.00 de FMIK y 3.90 de TTIK.

En la Tabla 12 se muestran los indicadores FMIK y TTIK por desconexiones no programadas.

Tabla 12 Indicadores FMIK TTIK No Programados

Alimentador	No Programadas	
	FMIK	TTIK
Interconexión Playas	4,0	6,5
Central Playas	3,3	6,2
Engabao	2,0	5,7
Sector Centro	1,0	0,3
Ciudadela Victoria	-	-

Nota: La tabla muestra las interrupciones del servicio no programadas.
Fuente CNEL EP (2024)

Los indicadores de la interrupción del servicio no programada muestran que para el alimentador Interconexión Playas el FMIK fue de 4,0 y TTIK de 6,5, para la Central de Playas el FMIK fue de 3,3 y TTIK de 6,2, el alimentador de Engabao registró FMIK 2,0 y TTIK de 5,7, en el Sector Centro el valor fue de 1,0 FMIK y 0,3 TTIK, la Ciudadela Victoria no registró valores no programados.

En la Tabla 13 se muestran los indicadores FMIK y TTIK por Transmisor.

Tabla 13 Indicadores FMIK TTIK Transmisor

Alimentador	Transmisor	
	FMIK	TTIK
Interconexión Playas	3,0	3,9
Central Playas	3,0	3,9
Engabao	3,0	3,9
Sector Centro	3,0	3,9
Ciudadela Victoria	3,0	3,9

Nota: Se observa los indicadores de interrupción de servicio por transmisor.
Fuente CNEL EP (2024)

Los indicadores sobre la interrupción del servicio por transmisor arrojaron valores iguales para los cinco puntos de transmisión de energía donde el FMIK registró un valor de 3,0 y para TTIK fue de 3,9.

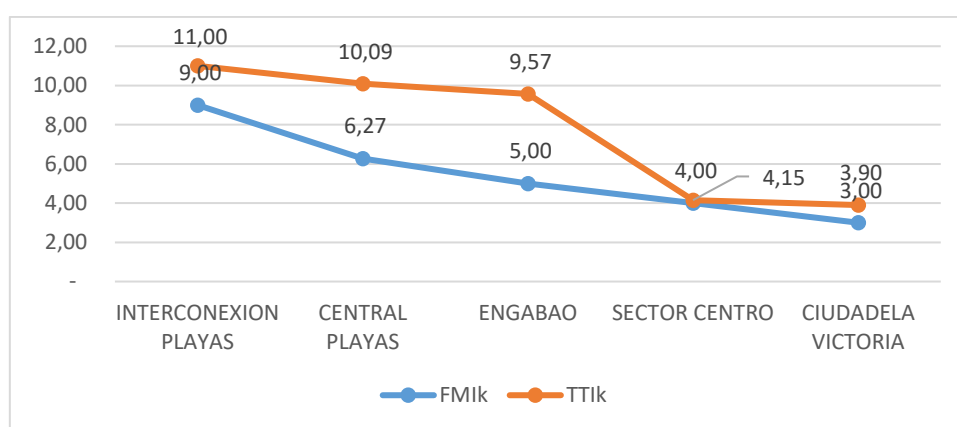
3.2 Identificación de los puntos críticos de fallas y su impacto en la red.

Para realizar la identificación de los puntos críticos de las fallas y su impacto en la red se procede a analizar la información que arrojan los indicadores FMIK y TTIK de la subestación Playas

3.2.1 FMIK y TTIK general.

En la Figura 7 se muestra de manera general el análisis de los factores FMIK y TTIK, en los alimentadores de la Subestación Playas.

Figura 7 Análisis de FMIK y TTIK



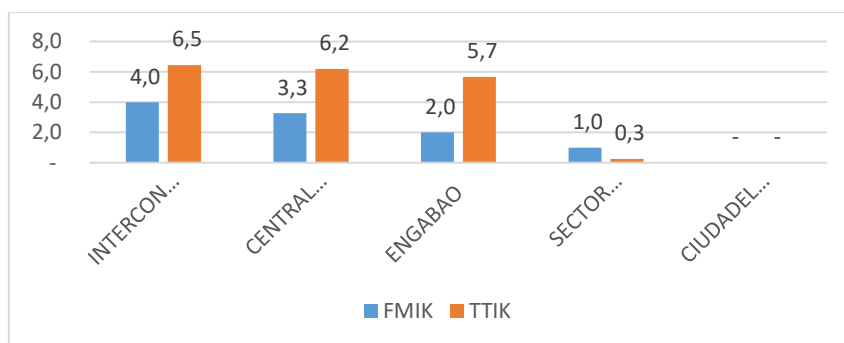
Nota: La figura 7 muestra el análisis de los indicadores FMIK y TTIK.
Elaboración propia

De acuerdo al análisis de la información general de los indicadores FMIK y TTIK se determina que el principal alimentador que presenta mayores problemas de conectividad en la distribución de la electricidad es el alimentador de Interconexión Playas (FMIK: 9 y TTKI: 11), en segundo lugar, está el alimentador Central Playas (FMIK: 6,27 y TTKI: 10,09), en tercera posición se ubican el alimentador de Engabao (FMIK: 5 y TTKI: 9,57), en penúltimo lugar está el Sector Centro (FMIK: 4 y TTKI: 4,15) y el que menos novedades presenta es el alimentador de ciudadela Victoria (FMIK: 3 y TTKI: 3,90).

3.2.2 FMIK y TTIK no programadas.

En la Figura 8 se muestra el análisis de las interrupciones no programadas del servicio eléctrico mediante los indicadores FMIK y TTIK.

Figura 8 Indicadores FMIK y TTIK no programadas



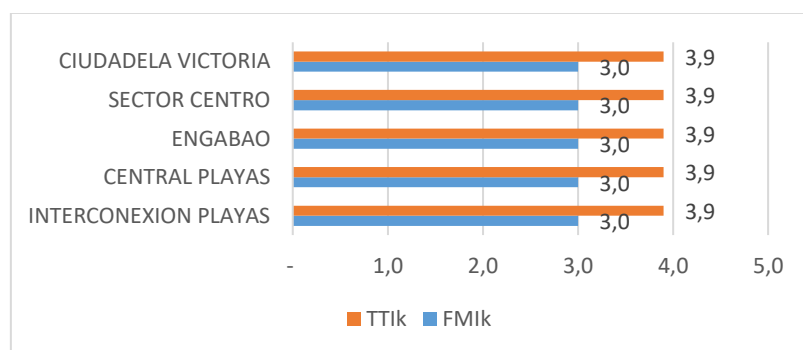
Nota: Se observa el análisis de indicadores FMIK y TTIK no programadas.
Elaboración propia.

En cuanto al análisis de los indicadores de suspensión de servicio eléctrico no programado muestra que el distribuidor Interconexión Playas es el punto que presenta mayor reporte de problemas (FMIK 4,0 y TTIK 6,5), el segundo abastecedor es el Central Playas (FMIK 3,3 y TTIK 6,2), en tercera posición se encuentra el distribuidor de Engabao (FMIK 2,0 y TTIK 5,7), en penúltimo lugar está el Sector Centro (FMIK 1,0 y TTIK 0,3) el alimentador de la Ciudadela Victoria no presentó novedades.

3.2.3 FMIK y TTIK por transmisor:

En La figura 9 se muestra el análisis de FMIK y TTIK por transmisor:

Figura 9 FMIK y TTIK por transmisor



Nota: Se muestra el análisis de FMIK y TTIK por transmisor.
Elaboración propia

En cuanto al análisis de los indicadores de la suspensión del servicio eléctrico por transmisor se registró que todos los alimentadores generaron el mismo valor de indicadores tanto para FMIK (3,0) y TTIK (3,9).

3.3 Diagnóstico del punto crítico de falla – Interconexión Playas

Figura 10 Ubicación del alimentador Interconexión Playas



25

En la figura 11 se muestra el sistema del alimentador Interconexión Playas que provee de electricidad a todas las comunidades que se encuentran ubicadas en la vía Posorja.

Figura 11 Alimentador Interconexión Playas



Nota: Se observa el sistema eléctrico del alimentador Interconexión Playas.
Tomado de Geoportal CNEL EP (2024)

En la Tabla 14 se muestran los valores promedios de Voltaje y Corriente del Alimentador Interconexión:

Tabla 14 Promedio de energía del alimentador

Potencia del alimentador	
U promedio	13.92 kv
I promedio	70.989 A
FP Signo tot	94.25ret

Nota: Se observa la potencia del alimentador de Interconexión de Playas.
Fuente CNEL EP (2024)

Los datos de brecker de urna del alimentador de la Interconexión de Playas se muestra a en la Tabla 15.

Tabla 15 Datos de brecker de urna

Interruptor al vacío	
Tipo	10-VPR-25C
Norma	IEC-56
Voltaje nominal	13.8KV
Tensión de impulso	95 KV
Frecuencia nominal	50/60 Hz
Corriente nominal	600 A
Corriente Nominal de interrupción	18 (AT 15KV) KA
Voltaje de control	DC 125V
Voltaje de cierre	DC 125V
Coltaje de apertura	DC 125V
Peso total	120 kg
Ciclo de operación	0-03sec.-CO-1min-CO,0-1min.-CO-3min.- CO,CO-15sec.-CO
Fecha	1998-7
Serie	8G5O57

Nota: Se observan los datos del brecker de urna.

Fuente CNEL EP (2024)

3.4 Análisis de puntos estratégicos del distribuidor de energía

Para determinar cuáles son los componentes de la red de distribución de Interconexión que abastece a las diferentes localidades se procedió a levantar información de campo para determinar cuáles son sus principales componentes que ocasionan que las causas transitorias afecten a todo el sector de abastecimiento, para lo cual se hace mención a los siguientes puntos:

En la Figura 12 se muestra la ubicación en coordenadas UTM del primer punto de referencia (Cuchillas de seccionamientos a la altura del Paseo Shopping).

Figura 12 Ubicación del primer punto de referencia



Nota: Se observa la ubicación geográfica del primer punto de referencia.
Fuente GPS Status (2024)

El anexo del primer punto de referencia, ubicado a la altura del Paseo Shopping. Que cuenta con 3 seccionadores tipo cuchillas de 300 amp, se muestra en la Figura 13.

Figura 13 Cuchillas Paseo Shopping.



Nota: La figura muestra el punto de referencia.
Elaboración propia.

En la Figura 14 se muestra la ubicación en coordenadas UTM del segundo punto de referencia, denominados Seccionadores Familia Villacís.

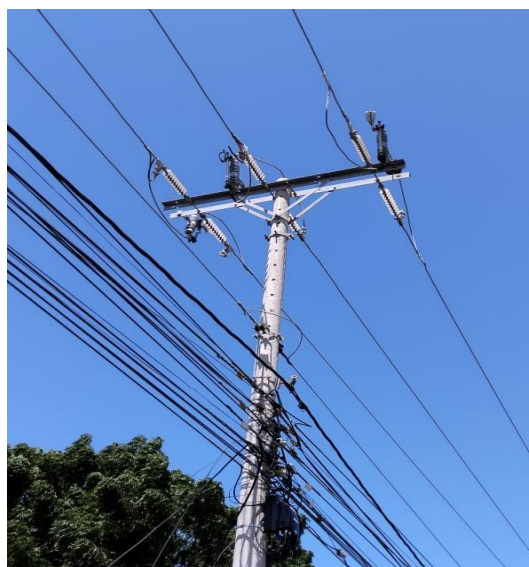
Figura 14 Ubicación del segundo punto de referencia



Nota: Se muestra la ubicación geográfica del segundo punto de referencia.
Fuente GPS Status (2024)

El anexo del segundo punto de referencia, ubicado en el Km 7 vía a Posorja. Que cuenta con seccionadores clase 200 y portafusibles tipo barras de 300 A, se muestra en la Figura 15.

Figura 15 Seccionadores Familia Villacís.



Nota: La figura muestra el segundo punto de referencia.
Elaboración propia

En la Figura 16 se muestra la ubicación en coordenadas UTM del tercer punto de referencia, denominados Seccionadores Familia Escalante.

Figura 16 Ubicación del tercer punto de referencia



Nota: La figura muestra la ubicación geográfica del tercer punto de referencia.
Fuente GPS Status (2024)

El anexo del tercer punto en referencia ubicado en el Km 12 vía a Posorja. Punto frontera entre el alimentador Interconexión y Camposorja, que es alimentador que servirá de respaldo en caso de ser necesario la transferencia de carga, se muestra en la Figura 17

Figura 17 Seccionadores Familia Escalante



Nota: La figura muestra el tercer punto de referencia.
Elaboración propia.

En base a lo diagnosticado se determina que la persistencia de las interrupciones del servicio eléctrico registrado mediante los indicadores FMIK y TTIK se debe a que en el alimentador Interconexión Playas no existen puntos de redes inteligentes como lo es la presencia de reconectores automáticos, por lo cual cuando se genera una falla transitoria en

cualquier punto del servicio eléctrico de esta localidad afecta todas las comunidades ubicadas en la vía Posorja que se proveen de electricidad.

Por lo tanto, es importante que se ubiquen reconectores automáticos que permitan minimizar el impacto de las diferentes fallas ya sean programadas o no programadas, para de esta manera aumentar la calidad del servicio de distribución de energía eléctrica de este alimentador, evitando malestares a la comunidad de este punto geográfico.

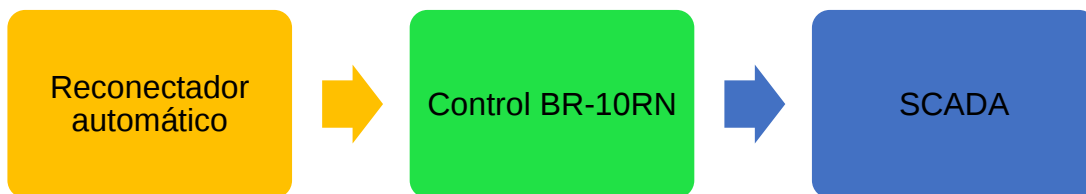
CAPÍTULO IV

4 Propuesta de mejora

4.1 Diseño de una arquitectura de sistema de automatización para los reconectores.

El diseño del sistema de automatización de redes de media tensión a nivel 13.8 kv demanda de la implementación de un equipo total de reconectores automáticos que son conectados tanto en la planta operativa como a lo largo del sistema de distribución eléctrica los cuales son administrados por un software que permite monitorear y controlar el funcionamiento, la Figura 18 hace referencia al proceso que se va a realizar con la propuesta.

Figura 18 Proceso de trabajo de la propuesta



Nota: Se observa el proceso de trabajo de la propuesta.

Elaboración Propia

Para el empleo de reconectores automáticos en el distribuidor de energía Interconexión Playas se debe de empezar por la instalación del sistema de este equipo el cual es el inicio para la instalación de un distribuidor de energía inteligente, para esto se debe de realizar lo siguiente:

4.1.1 Características del control BR-10RN.

Este tipo de reconector posee un cierre automático el cual trabaja con un microprocesador que le permite analizar los niveles de corrientes direccionales permitiendo suspender el flujo de energía al detectar anomalías. El control se instala junto al reconector unidos por un sistema de cableado, los cuales se ubican en los postes del sistema de baja y media tensión. En la Figura 19 se muestra el modelado de control del reconector automático.

Figura 19 Control de reconectador automático



Nota: Se observa el control del reconectador automático.
Tomado de Rockwill (2024)

Dentro de su funcionamiento se describe el cierre y la apertura de las corrientes eléctricas junto con un bloqueo de falla a tierra, su pantalla permite leer los diferentes parámetros para el que ha sido programado, de este modo se logra obtener datos de cuáles de las líneas de distribución ha presentado una falla, esta se muestra mediante el parpadeo de un botón, del mismo modo se tienen funciones para el reinicio de la misma y solucionar el inconveniente.

La operatividad de este equipo en relación a la detección de fallas se muestra cuando los indicadores del control se encienden, indicando que se ha tomado el tiempo necesario para tratar las fallas, por lo cual se determina que el reenganche automático se ha activado como elemento de protección para seguir realizando el suministro de energía.

El control del reconectador es un dispositivo que está compuesto por una serie de elementos que registra la actividad del flujo de energía eléctrica, mediante indicadores que son visualizados en la pantalla, lo cual genera una amplia información de las eventualidades. Las características del control del reconectador automático se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16 Características del control

Aspecto	Descripción
Indicador de estado	Brinda información sobre el estado operativo de control, las acciones de cierre y demás actividades de protección que se han realizado junto con la información del reconectador.
LCD y Menú	Ambos elementos presentan información sobre las diferentes acciones que se han realizado en el reconectador.
Indicador de falla	Arroja información de las fases donde ha ocurrido una falla dentro del reconectador, mediante el botón de reinicio se logra obtener información de las diferentes eventualidades obtenidas.
Botones e indicadores para la configuración	Es un amplio menú que permite configurar los indicadores para el funcionamiento del reconectador, muestra una barra de estado que permite obtener información de los mismos.
Cierre y apertura	Son botones que permiten abrir y cerrar el contacto del interruptor del dispositivo, mostrando indicadores de su correcto funcionamiento.
Puerto de mantenimiento	Es un puerto de conectividad que permite realizar acciones en el programa informático del reconectador.
Indicador de voltaje de fase	Muestra los niveles del voltaje de las fases tanto de la carga como de la fuente.

Nota: Se observan las características del control del reconectador.
Elaboración propia

4.2 Instalación del control del reconectador automático.

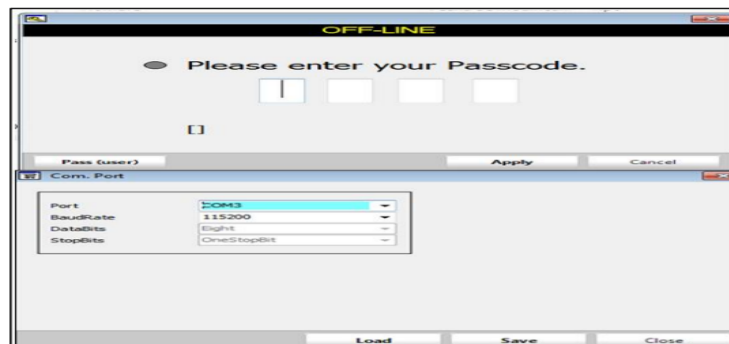
La conexión del reconectador automático consiste en la vinculación del artefacto con el software en los equipos de cómputo de la empresa para lograr establecer su funcionamiento y seguimiento:

- Para empezar, se debe de ingresar a la interfaz del reconectador automático BR-10RN, una vez en el sitio se procede a conectar el equipo a la computadora realizando la

respectiva configuración considerando los parámetros de la red de media tensión de 13.8kv.

- Posteriormente se debe de crear un usuario y contraseña dentro del software del reconectador con la finalidad de establecer la interfaz de comunicaciones entre ordenadores y periféricos al configurar el puerto COM. El proceso de vinculación se muestra a través de la Tabla 20.

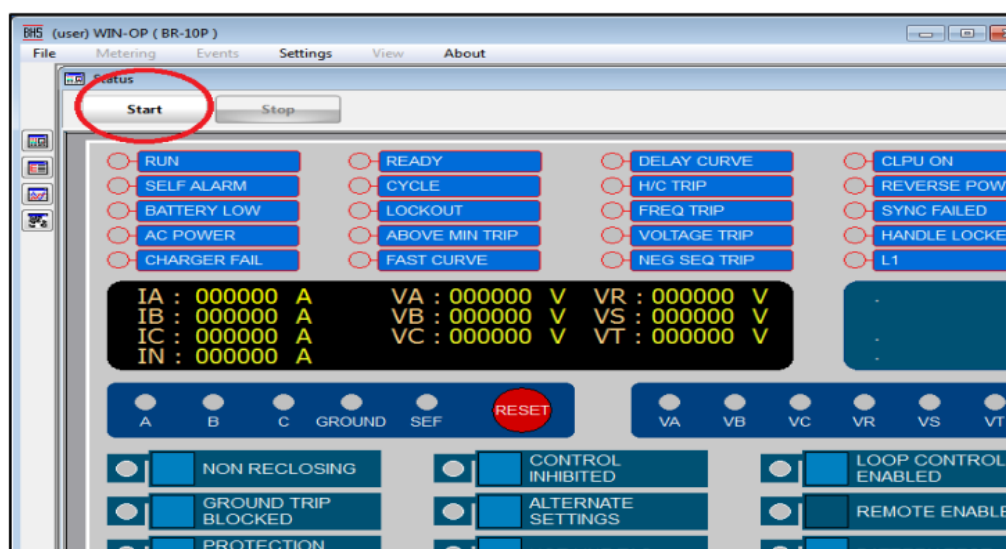
Figura 20 Asignación de código



Nota: Se observa el proceso de vinculación del control con la interfaz.
Tomado de Magallán (2019)

- Se abre una ventana del programa donde se verifica que el puerto COM está correctamente conectado, procediendo a guardar la configuración y luego cerrar. Este proceso se puede apreciar en la Figura 21.

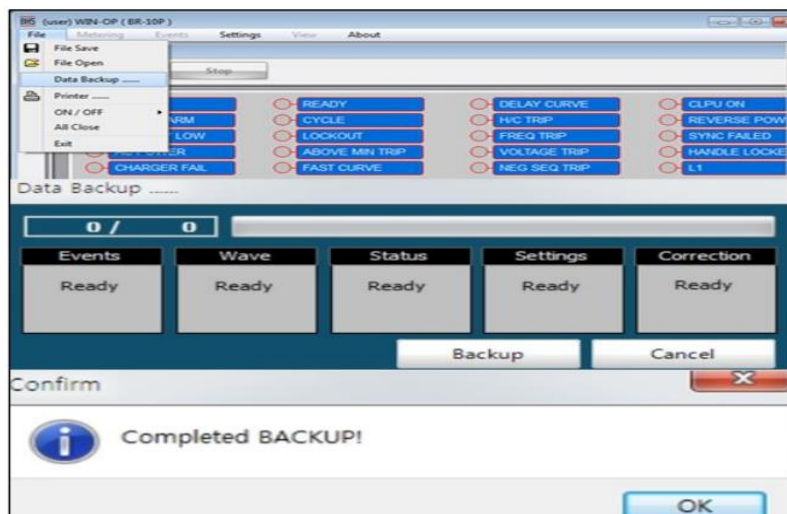
Figura 21 Inicio del programa



Nota: Se muestra el inicio del programa.
Tomado de Magallán (2019)

- Luego se procede a iniciar el programa dando clic en la opción Start, esto lleva a una ventana donde asignará un código de 4 dígitos el cual vincula automáticamente la interfaz con el control del reconectador, pasando a mostrar su actividad con un punto verde. Este proceso se aprecia en la Figura 22.

Figura 22 Respaldo de datos



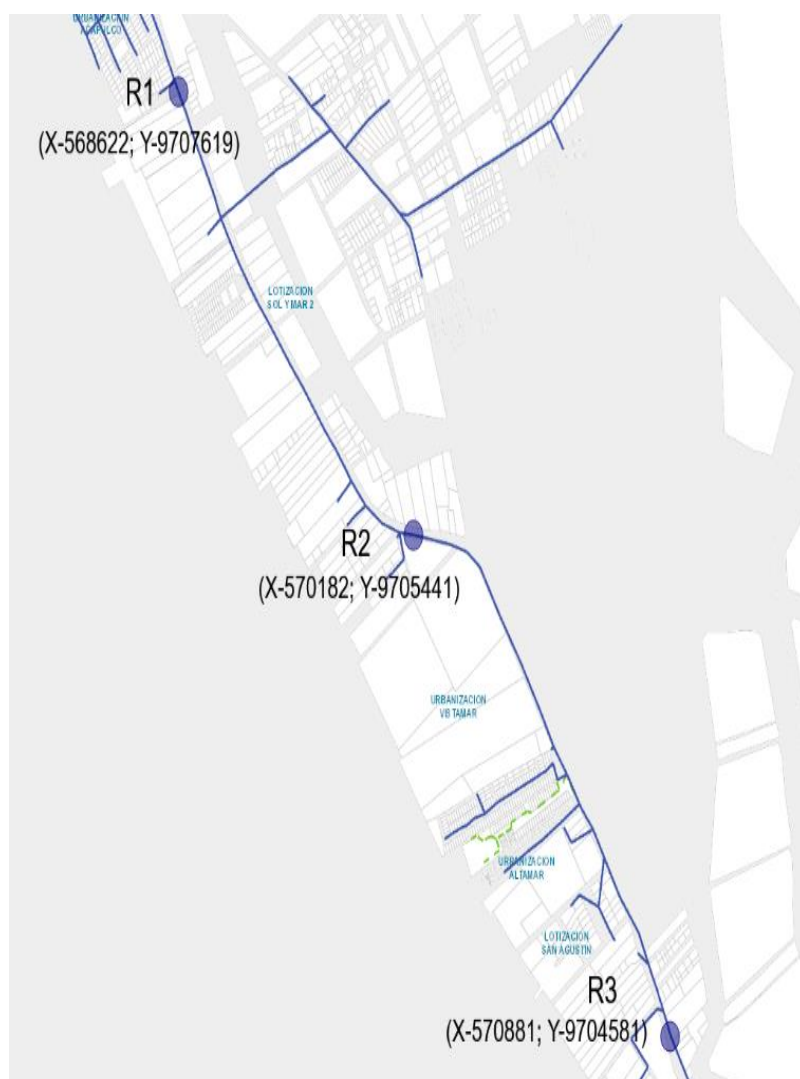
Nota: Se observa la acción para el respaldo de información.
Tomado de Magallán (2019)

- Se recomienda activar la opción de respaldo de datos para evitar pérdidas de información por cualquier motivo. Para esto debe de elegir la opción File, seguido de Data Backup, esto comienza un proceso para el respaldo de todos los datos.

4.3 Ubicación de reconectores en el alimentador Interconexión Playas.

La ubicación de los reconectores en el abastecedor eléctrico que se encuentra ubicado en la vía a Posorja que provee del servicio eléctrico a toda la comunidad costera de esta zona, se realizará de manera estratégica, para esto se considerarán los puntos de referencia donde se levantó la información anteriormente, el primero es a la altura del Paseo Shopping (X-568622; Y-9707619), el segundo lugar se ubica a la altura de los seccionamientos denominados Familia Villacís (X-570182; Y-9705441) y el último es cerca del punto de seccionamiento denominado Familia Escalante (X-570881, Y-9704581). La Figura 23 hace referencia a la ubicación en donde se propone instalar los reconectores.

Figura 23 Ubicación de puntos de reconectores

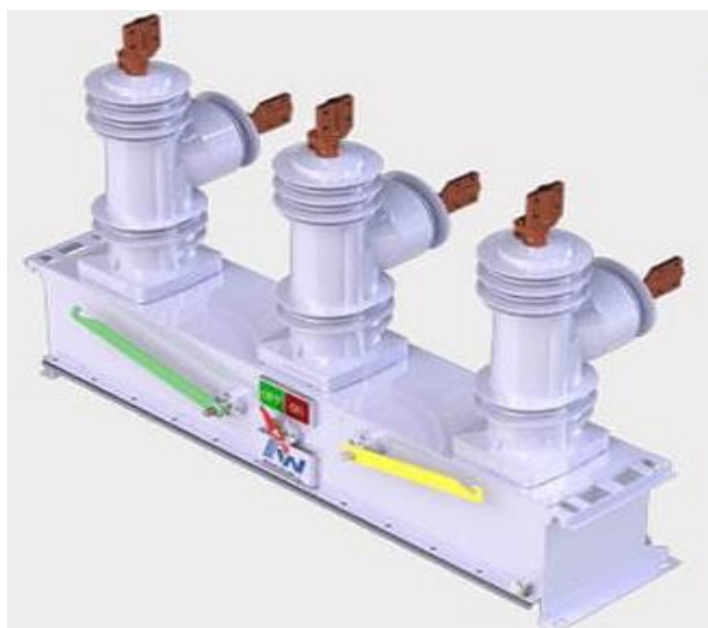


Nota: Se observan los puntos donde se ubicarán los reconectores automáticos.
Tomado de Geoportal CNEL EP (2024)

4.4 Características técnicas de los reconectores.

Los reconectores automáticos propuestos para el alimentador Interconexión Playas, son de la marca BH SYSTEM modelo BR-10RN, ya que este tipo de reconnector se adapta a las condiciones climáticas del entorno y a las especificaciones técnicas que se requiere para este tipo de sistema. En la Figura 24 se muestra el tipo de reconnector propuesto.

Figura 24 Reconectador automático



Nota: Se observa el reconectador a usar en el alimentador establecido.
Tomado de Rockwill (2024)

Es un artefacto del sistema de redes inteligentes de alto rendimiento sellado con gas SF6, es ideal para la distribución del servicio eléctrico en diferentes industrias, siendo ubicados en puntos estratégicos para asegurar una fluidez continua de la electricidad.

Posee una alternativa para el cierre manual con energía eléctrica, está equipado con sensores de voltaje y conmutación rápida configurada de manera magnética que genera que el dispositivo realice el cierre, apertura y bloqueo de la electricidad. De este modo se garantiza una protección instantánea contra sobre corriente, sobre corriente de secuencia negativa, sobretensión, subtensión, carga fría y línea caliente, el relé se puede personalizar.

Las condiciones ambientales que soporta el reconectador automático se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17 Condiciones atmosféricas

Características atmosféricas	
Temperatura máxima	80°C
Temperatura media	35°C
Humedad relativa máxima	100%
Humedad relativa media	75%
Altitud sobre el nivel del mar	2500

Nota: Se observa las condiciones en la que puede trabajar el reconectador.
Elaboración propia.

4.5 Proceso de instalación de los reconectores automáticos.

La colocación del reconectador debe ser alejada de otros equipos electrónicos para evitar que se generen interferencias electromagnéticas. Los equipos y complementos que se empleen para la ubicación de los reconectores deben ser sólidos y resistentes de acuerdo a lo establecidos por la normativa IEC 60255. La operación de los tres polos debe ser conjunta accionados por un sistema magnético, el cierre de los contactos de apertura se realiza mediante el mismo sistema magnético.

4.5.1 Montaje del reconector automático.

Para el montaje del reconectador en el poste se debe de seguir el procedimiento que se muestra en la Figura 25.

Figura 25 Instalación en poste



Nota: Se observa la ubicación del reconectador en el poste.
Tomado de NOJA Power Switchgear (2015)

- Realizar la perforación en el poste de cemento para el ingreso del perno de soporte y ubicar en la parte inferior la correa de metal.
- Realizar el ajuste de las tuercas para colocar el soporte del reconectador
- Elevar el reconectador mediante los puntos de elevación empleando grúa o aparejos.

4.5.2 Proceso de instalación del Tablero de Control del reconectador.

Para instalar el tablero de control del reconectador se debe seguir el procedimiento mostrado en la Figura 26.

Figura 26 Instalación de control



Nota: Se observa la instalación del control.
Tomado de NOJA Power Switchgear (2015)

- Instalar el control del mismo modo que se hizo con el reconectador.
- Conectar el cable conector del reconectador y el control usando abrazaderas para su ajuste.
- Realizar y verificar que el cable del reconectador se encuentre completamente instalado en ambos equipos.

4.5.3 Proceso de instalación de Pararrayos.

El resultado del procedimiento se muestra en la Figura 27, en donde se puede observar un modelo de reconectador con pararrayos instalados. Para la instalación de estos equipos se lleva a cabo siguiente proceso.

- Colocar los pararrayos en ambos lados del reconectador para evitar impulsos cuando este se encuentre operando de manera abierta o cerrada.
- Los pararrayos se ubican directamente al tanque, en caso de que exista una alteración, la corriente se dirija hacia tierra.

Figura 27 Instalación de pararrayos



Nota: Se observa la instalación de pararrayos.
Tomado de NOJA Power Switchgear (2015)

4.5.4 Instalación de puesta a tierra.

- Instalar un cable de 35 mm de cobre para instalar el aterrizaje a tierra tanto en el reconectador como en el control.

La Figura 28 muestra el resultado final del proceso de instalación del sistema de puesta a tierra de un reconectador automático.

Figura 28 Cable de tierra



Nota: Se observa la instalación de cable de tierra. Tomado de NOJA Power Switchgear (2015)

4.5.5 Instalación de protectores y terminales.

- Conectar los cables de media tensión al reconectador.
- Fijar protectores de fauna en todos los conectores.

La Figura 29 muestra el procedimiento para la instalación de terminales y protectores del reconectador automático.

Figura 29 Instalación de cables y protectores



Nota: Instalación de cables y protectores.
Tomado de NOJA Power Switchgear (2015)

4.5.6 Pruebas de funcionamiento.

- Realizar operaciones de cierre y apertura de voltaje.
- Conecta el control a un computador mediante el software del equipo.
- Realice ensayos para determinar el correcto funcionamiento de los equipos.

La Figura 30 muestra las pruebas de funcionamiento de un reconectador automático.

Figura 30 Realización de pruebas



Nota: Se observa la realización de pruebas.
Tomado de NOJA Power Switchgear (2015)

En la Figura 31, se muestra tipo de modelo propuesto para el ensamblaje final del reconectador automático que se propone realizar en la red de Interconexión Playas que abastece de energía a las poblaciones situadas en la vía Posorja. Este modelo cuenta con un sistema seccionadores tipo cuchillas, instalados de manera paralela en la red de distribución, para que en caso de desconfiguración o avería del equipo pueda contar con un sistema de bypass que permitir el fluido de la energía eléctrica a las localidades situadas en este sector.

Figura 31 Referencia de un reconectador

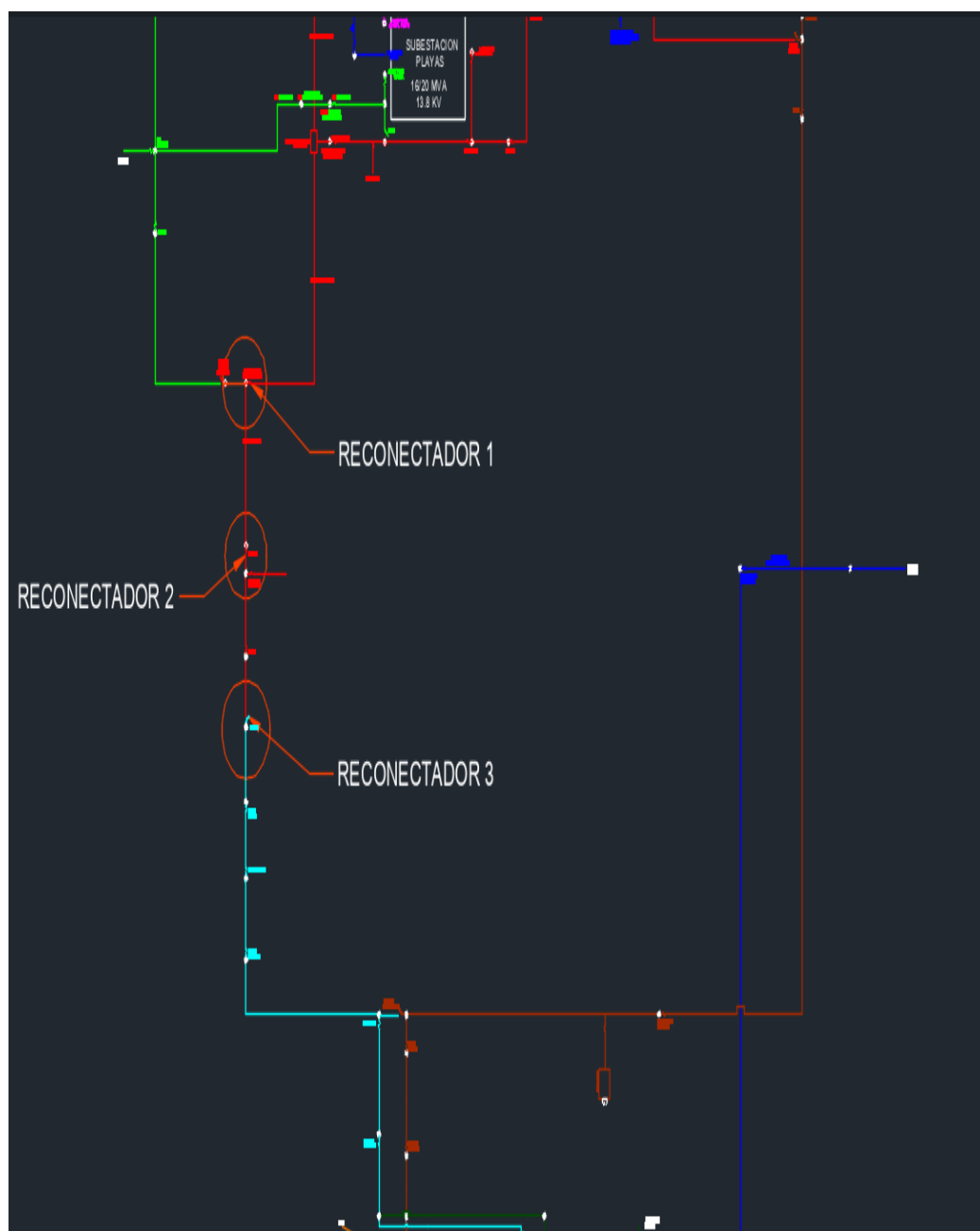


Nota: Se observa el modelo de un reconectador.
Elaboración propia

4.6 Diagrama esquemático de los reconectores.

En la Figura 32 se muestra el diagrama de trabajo para el funcionamiento de los reconectores ubicados en la vía Posorja en los puntos previamente establecidos tomando como referencia la ubicación de la Familia Escalante, Shopping y Familia Villacis.

Figura 32 Diagramas de trabajo de re conectadores



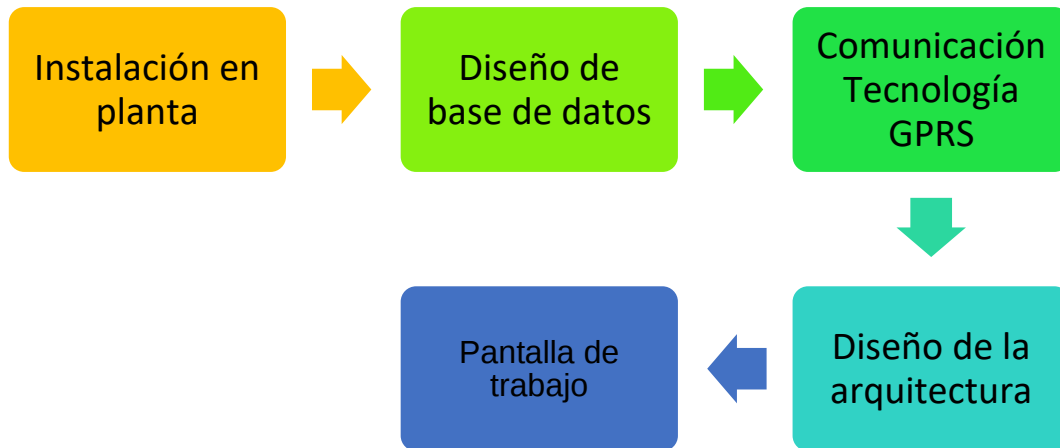
Nota: Se observa el funcionamiento del alimentador Interconexión Playas con los re conectadores instalados.

4.7 Seguimiento del alimentador en el sistema SCADA

Para realizar el monitoreo de los re conectadores ubicados en el alimentador Interconexión Playas que abastece de energía eléctrica a todas las comunidades que se encuentran ubicadas en la vía Posorja se implementará un sistema de supervisión, control y adquisición de datos con un sistema de comunicación para trasladar la información desde los controles de los

reconectores hasta la subestación mediante el empleo de un sistema de fibra óptica. Para realizar esto se sigue el siguiente esquema que se muestra en la figura 33.

Figura 33 Proceso de instalación del sistema SCADA



Nota: Se observan los pasos a realizar para instalar el sistema Scada

4.7.1 Instalación en planta

Para la instalación en planta se debe de realizar una inspección al control del reconector que se encuentra en la subestación con la finalidad de determinar los elementos de conectividad a utilizar, dado que en el mercado existen diferentes tipos de equipos de automatización, por lo cual se necesitan de dispositivos y softwares específicos para lograr el adecuado funcionamiento del sistema eléctrico y poder mermar los problemas y así mantener abastecido del servicio básico a toda la comunidad. En la Figura 34 se muestra un ejemplo del equipo instalado en planta.

Figura 34 Inspección equipos en planta



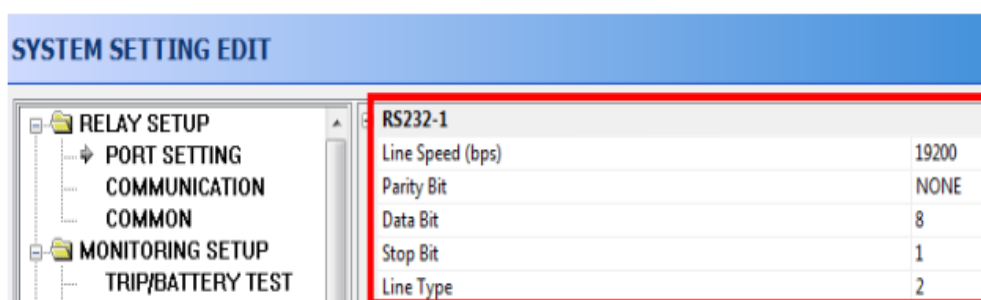
Nota: Se observa la inspección del equipo de control.
Tomado de Avilés (2020)

Mediante la inspección del equipo en planta se logra determinar las características técnicas del control para realizar la configuración y automatización del equipo considerando su capacidad, puertos de conexión, protocolos habilitados y el software a implementar para lograr la transmisión de la información mediante el sistema SCADA. En base a esto se debe realizar lo siguiente:

4.7.2 Configuración del puerto físico.

En esta primera actividad se procede a revisar y verificar la conectividad del puerto Serial o Ethernet para determinar la velocidad de la transmisión de información analizando los tiempos de activación y respuestas de los parámetros configurados en el sistema. En caso de que existan otros puertos seriales se debe de realizar la configuración de los mismos. En la Figura 35 se muestra la configuración del puerto físico.

Figura 35 Configuración del puerto físico

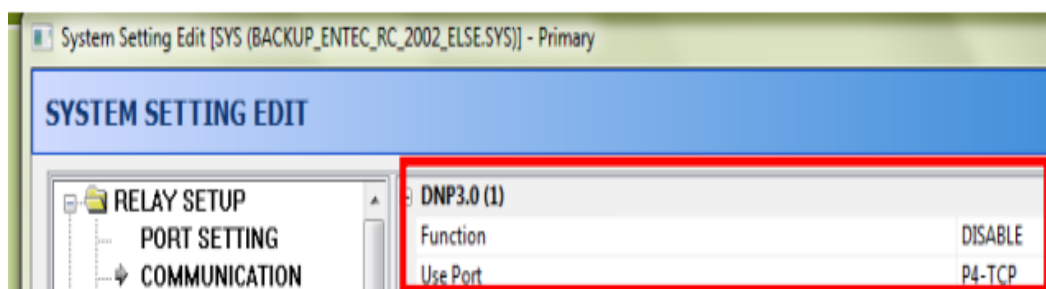


Nota: Se observa la configuración de puerto físico.
Tomado de Avilés (2020)

4.7.3 Parámetros de comunicación.

Los parámetros de comunicación del sistema Scada se realizan en base al protocolo DNP 3.0 mediante el puerto de conectividad Serial o Ethernet. La conexión se debe de realizar de manera individual a cada equipo para que estos se integren al sistema de automatización, si se conectan otros puertos se deben de mantener los parámetros determinados por defectos. La Figura 36 muestra la configuración de Ethernet con DNP 3.0.

Figura 36 Parámetros de comunicación.



Nota: Se observa la configuración Ethernet con DNP 3.0.
Tomado de Avilés (2020)

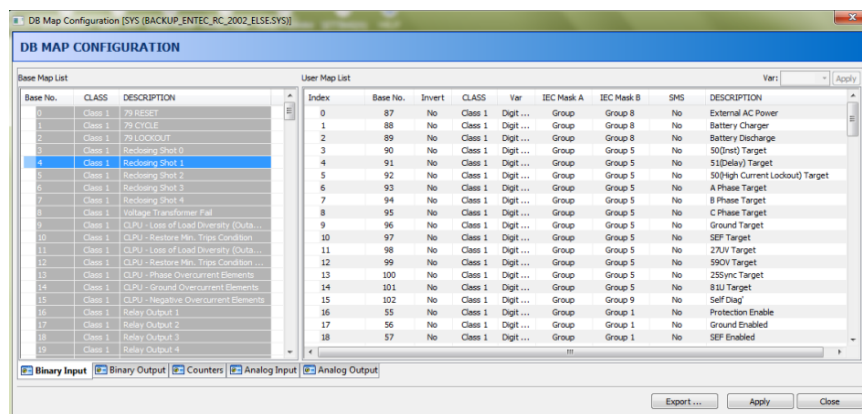
4.7.4 Mapa de señales

En esta etapa se procede a configurar los indicadores para el trabajo de los reconectores, para de esta manera realizar el control y la supervisión de las diferentes operaciones y actividades que se realizan en la distribución del servicio eléctrico, de este modo se obtendrá información sobre:

- Las fallas en las diferentes fases
- Aperturas de voltaje
- Falla relé
- Limpiador de evento
- Sobrecorrientes
- Tensión de líneas
- Frecuencias

En la Figura 37 se muestra la configuración de señales de estos equipos.

Figura 37 Mapa de señales

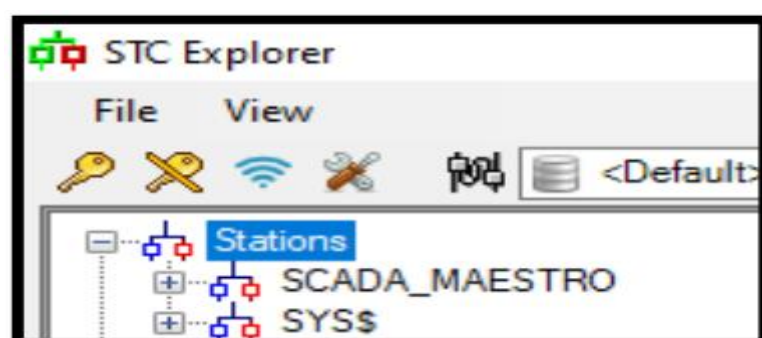


Nota: Se observa la configuración de diferentes señales.
Tomado de Avilés (2020)

4.7.5 Diseño de base de datos Scada.

Luego de elegir la lista de señales a configurar en los reconectores que se emplearán en la subestación Playas se debe preparar las plantillas de configuración para armar la base de datos del sistema de automatización y control, para realizar esto dentro en el programa es necesario crear dos menús que contienen las funciones principales del sistema, esto se muestra en la Figura 38.

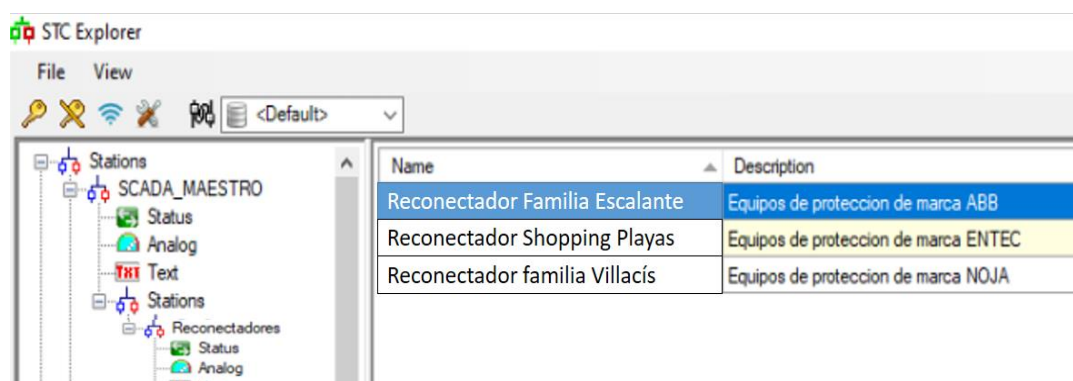
Figura 38 Creación de menú principal



Nota: Se observa la creación de los menús principales.
Tomado de Avilés (2020)

En el menú principal denominado SCADA MAESTRO se implementan todas las variables del sistema, dentro de los subprocesos se procede a ingresar la información de los diferentes reconectores que se emplearán en el distribuidor Interconexión Playas. La Figura 39 muestra un ejemplo de como ingresar los datos del reconnector al Scada Maestro.

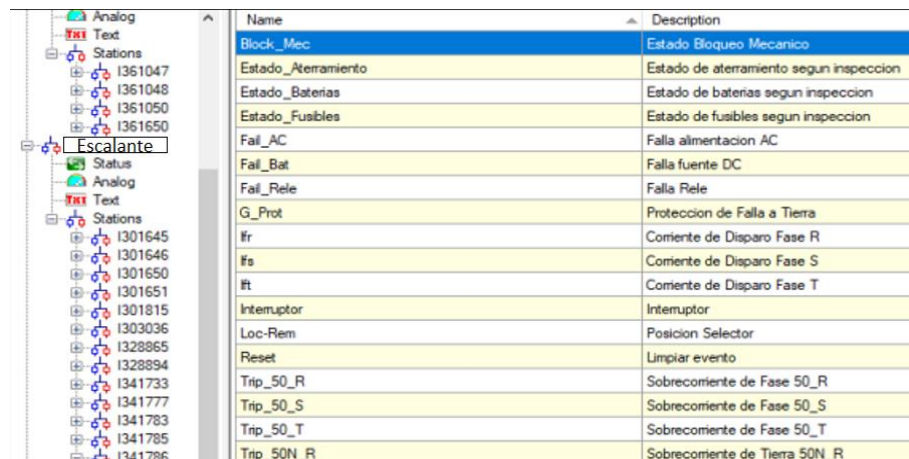
Figura 39 Scada Maestro



Nota: Se observa el ingreso de los reconectores al Scada Maestro.
Adaptado de Avilés (2020)

Posteriormente de haber ingresado los reconectores al sistema SCADA se debe ingresar los tipos de señales ya sean estas de manera analógicas o digitales, junto con la descripción del respectivo indicador como se muestra en la Figura 40

Figura 40 Señal digital o analógica

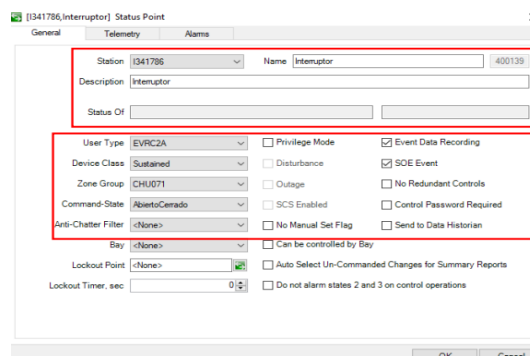


Name	Description
Block_Mec	Estado Bloqueo Mecanico
Estado_Aterramiento	Estado de aterramiento segun inspeccion
Estado_Baterias	Estado de baterias segun inspeccion
Estado_Fusibles	Estado de fusibles segun inspeccion
Fail_AC	Falla alimentacion AC
Fail_Bat	Falla fuente DC
Fail_Rele	Falla Rele
G_Prot	Proteccion de Falla a Tierra
Ifr	Corriente de Disparo Fase R
Ifs	Corriente de Disparo Fase S
It	Corriente de Disparo Fase T
Interruptor	Interruptor
Loc-Rem	Posicion Selector
Reset	Limpiar evento
Trip_50_R	Sobrecorriente de Fase 50_R
Trip_50_S	Sobrecorriente de Fase 50_S
Trip_50_T	Sobrecorriente de Fase 50_T
Trip_50N_R	Sobrecorriente de Tierra 50N_R

Nota: Se observa la asignación de señales.
Adaptado de Avilés (2020)

Dentro de la asignación de señales, también se pueden crear otros indicadores que den información sobre los diferentes problemas que presenta el distribuidor de energía, permitiendo realizar un mejor control de las diferentes fallas para su tratamiento ya sea automático o en caso de ser necesario operativo. En la Figura 41 se muestra la ventana que se emplea para generar nuevas señales dentro del sistema SCADA.

Figura 41 Creación de nueva señal



Nota: Se muestra la ventana para crear nuevas señales.
Tomado de Avilés (2020)

El sistema SCADA permite entender el funcionamiento de la distribución eléctrica mediante el establecimiento de la dirección de escritura y lectura de las diferentes señales establecidas en los reconectores. De este modo mediante la interacción con los operarios se puede realizar una mejor gestión y control de los diferentes indicadores. En la figura 42 se muestra la pantalla de lectura.

Figura 42 Ventana de escritura y lectura de señales

Nota: Se observa la ventana de lectura de señales.
Tomado de Avilés (2020)

Para el mejor manejo de las señales que se crean en el sistema SCADA es importante que se configuren las señales con toda la información de los indicadores para determinar el estado del sistema, dentro de este aspecto los componentes a configurar deben brindar información sobre el nivel de gravedad, estado de la situación. La ventana para realizar esto se muestra en la Figura 43.

Figura 43 Manejo de señales

Nota: Se observa la ventana del manejo de señales.
Tomado de Avilés (2020)

En el menú SYS\$ se procede a ingresar toda la información de las variables internas del sistema, mostrando indicadores como: ALFULL que indica que existe una serie de alarmas activas. Host A y B, muestra información sobre las diferentes fallas del sistema SCADA. Logger1, indica que el generador de registros está habilitado. Por último, está la variable SCADA, la cual permite a los operadores gestionar de mejor manera los diferentes indicadores con las configuraciones propias del sistema. La Figura 44 muestra la pantalla principal del menú SYS\$.

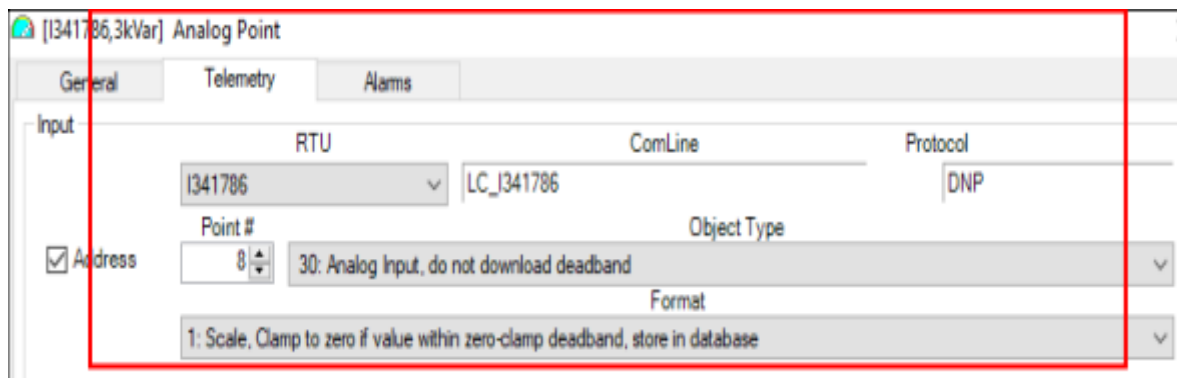
Figura 44 Menú SYS\$

Name	Description
ALFULL	Alarm File Full Point
HostA	Host A state
HostB	Host B state
Logger1	Logger1
SCADA	Default Alarm Point

Nota: Se observan los indicadores del segundo menú.
Tomado de Avilés (2020)

Para finalizar las configuraciones dentro del sistema SCADA se procede a realizar la implementación del sistema de transmisión de datos entre las líneas de comunicación los RTU virtuales, la Figura 45 muestra la ventana para realizar la conectividad para el traspaso de datos:

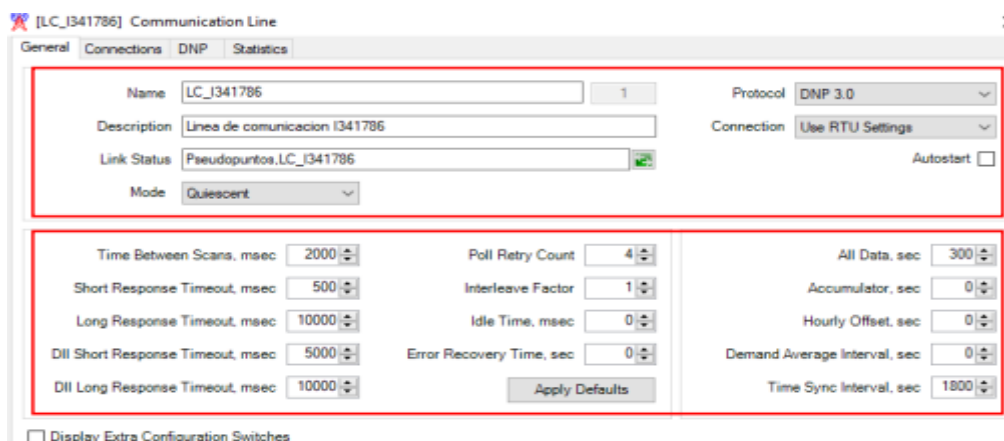
Figura 45 Configuración para transmisión de datos



Nota: Se observa la ventana de configuración de datos.
Tomado de Avilés (2020)

La transmisión de datos en el sistema de automatización de reconectores de energía en el alimentador Interconexión Playas se realiza mediante el protocolo DPN 3.0 el cual permitirá tener información de manera eficiente y en tiempo real sobre las diferentes situaciones que presenta la distribución de energía. Se recomienda mantener las configuraciones por defecto en caso de que existiera una distribución de los reconectores cerca de la subestación. La pantalla de configuración se muestra en la Figura 46.

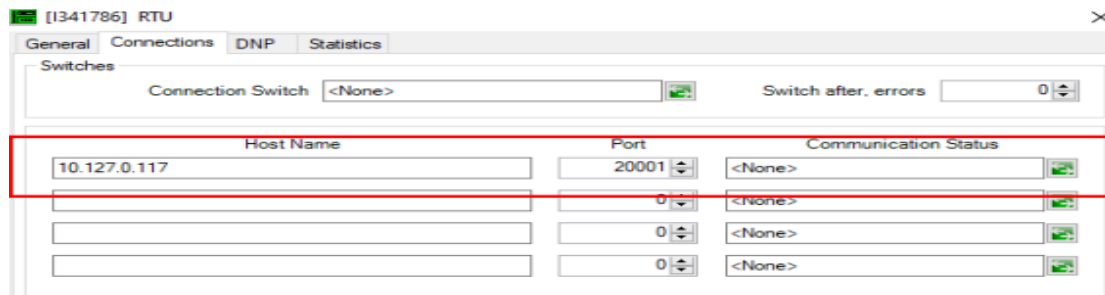
Figura 46 Configuración de comunicador



Nota: Se observa la ventana de configuración conectividad.
Tomado de Avilés (2020)

Del mismo modo se realiza la configuración del RTU virtual con el que se está vinculando el reconectador, por lo cual se debe enlazar de manera correcta con la dirección lógica interna y la dirección IP los cuales son configurados con los chips que poseen los dispositivos GRPS. La configuración IP se muestra en la Figura 47.

Figura 47 Configuración IP



Nota: Se observa la configuración IP.
Tomado de Avilés (2020)

4.8 Comunicaciones con tecnología GPRS.

El sistema de comunicaciones con el método General Packet Radio Service (GPRS) para la transmisión de la información de los reconectores hacia la subestación eléctrica se realiza con el empleo de las siguientes herramientas y procesos.

Para la transmisión de la información se empleará un módem GPRS F2103 al cual se hace referencia a la imagen de la Figura 48.

Figura 48 Módem GPRS F2103



Nota: Se muestra un ejemplar del módem de comunicación.
Tomado de Direct Industry (2024)

El dispositivo permite la transmisión de datos mediante una red GPRS de un operador móvil, es óptimo para la aplicación dentro de subestaciones eléctricas y demás empresas industriales.

Permite proteger y controlar diferentes sitios de operaciones mediante el uso de sus componentes de disyuntor de vacío y de CA modelo exterior y un controlador de reconexión automática, de este modo se logra mantener una conexión estable y remota

Posee un CPU de 32 bits junto con un sistema operativo, su estructura física posee puertos que permiten una conexión Ethernet y Wi-Fi, lo cual facilita la transmisión de datos mediante la red y para aquello se deben de realizar mínimas configuraciones.

Posteriormente se procede a implementar el equipo GPRS dentro del control del reconectador, la ubicación dependerá del tipo de control que se esté utilizando y el sitio que esté destinado para albergar el dispositivo. En la Figura 49 se muestra un Módem GPRS F1203.

Figura 49 Módem GPRS F2103



Nota: Se observa la posición del GRPS.
Tomado de Direct Industry (2024)

Los reconectores poseen un sistema de relés energizados, lo cual facilita la instalación del módem de comunicación, de este modo se conectan todo el sistema de cableado de las salidas analógicas, y las de tensión alterna y directa aprovechando dichos puntos de conectividad.

Posteriormente de la ubicación y conexión del módem de comunicación GPRS con el control del reconectador, se procede a realizar la conexión de ambos equipos al sistema SACADA para lo cual es necesario conectar el computador mediante el sistema de cableado como se muestra en la siguiente imagen de la Figura 50.

Figura 50 Conectividad de equipos



Nota: Se muestra la conectividad de los equipos.
Tomado de EATON (2024)

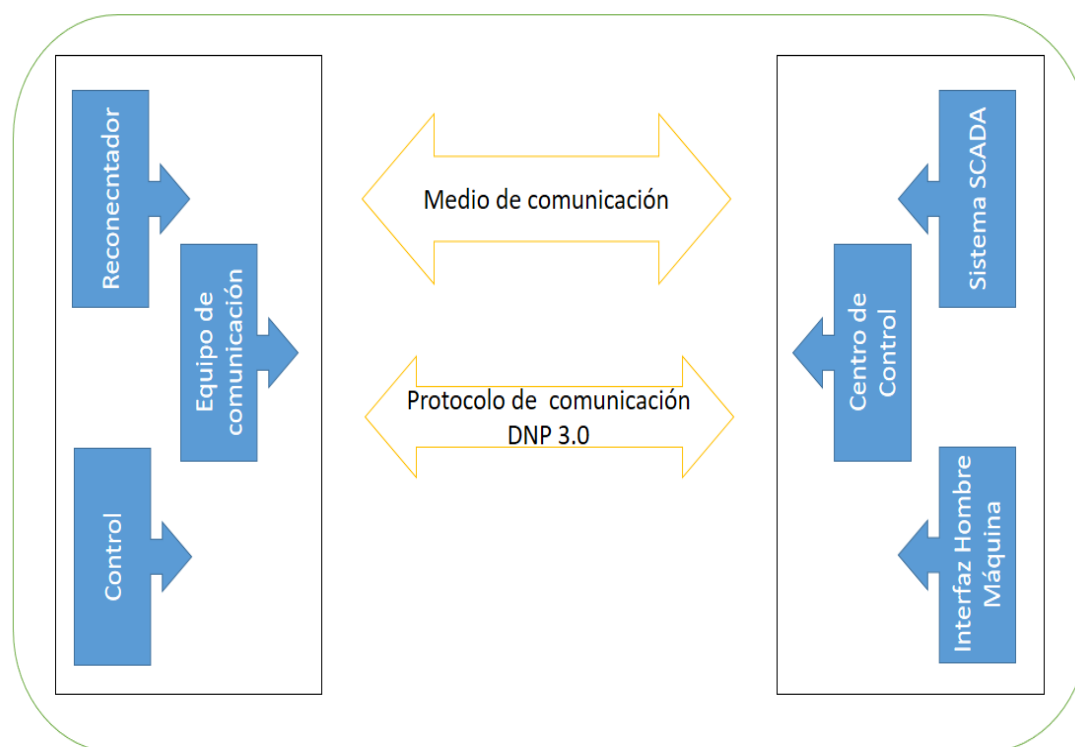
4.8.1 Diseño de la arquitectura del sistema.

El sistema SCADA a implementar en el alimentador interconexión Playas está compuesto por una serie de elementos que se han analizado en puntos anteriores, resaltando sus principales funciones y ventajas que estos tienen para mejorar el servicio eléctrico y disminuir las diferentes fallas que existen en el sistema. Los elementos que se integran en el sistema de automatización son los siguientes:

- Reconectador, control, modem de comunicación y demás equipos de automatización en campo
- Protocolo DPN 3.0.
- Centro de control
- Sistema de Supervisión y Control SCADA
- Personal operativo
- Interfaz hombre máquina

En la Figura 51 se muestra la integración de los componentes, la cual sigue la siguiente lógica:

Figura 51 Integración de componentes

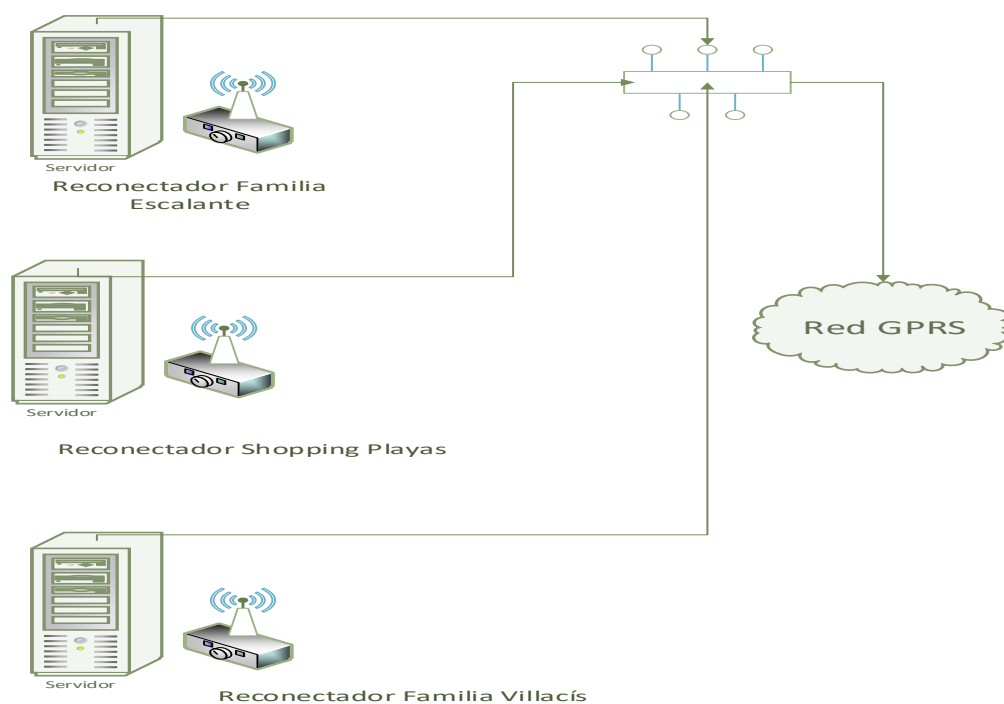


Nota: Se observa la integración de todos los componentes en el sistema SCADA.

La arquitectura del sistema de la automatización del distribuidor de energía eléctrica Interconexión Playas comprende de dos fases, la primera abarca la configuración de reconectado con el modem de comunicación y la segunda es la configuración del sistema de supervisión y control SCADA con su respectivo sistema GPRS. A continuación, se muestra la arquitectura general del sistema de automatización.

En la primera fase de la arquitectura se procede a instalar los tres reconectores que se ubicarán a lo largo de la vía a Posorja, para lo cual se deben realizar las respectivas configuraciones entre los diferentes equipos de automatización y comunicación que se emplearán dentro del sistema SCADA, la arquitectura de esta primera etapa se muestra en la Figura 52.

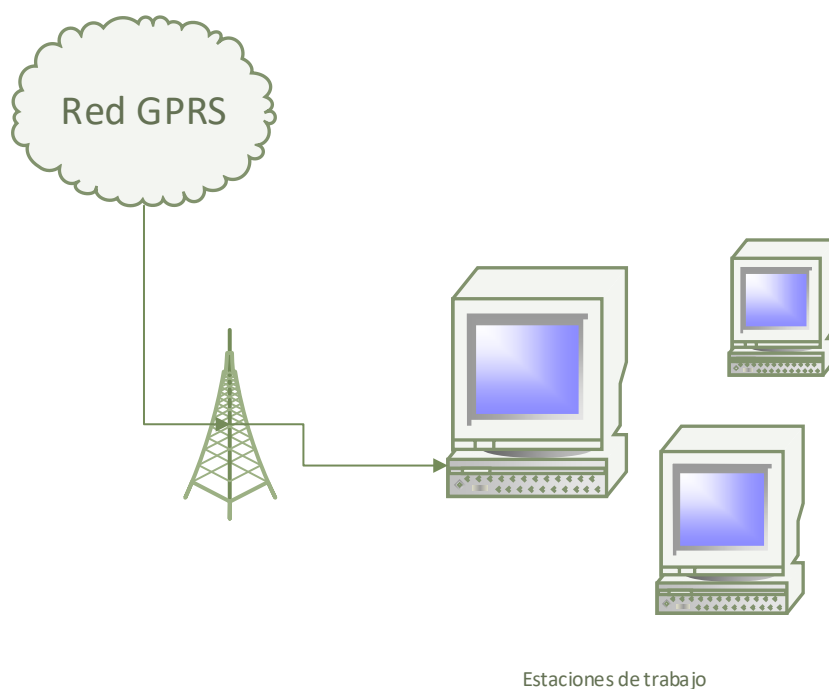
Figura 52 Etapa de automatización y configuración



Nota: Se observa la arquitectura de la primera etapa.
Elaboración Propia.

La segunda etapa de la arquitectura está conformada por el sistema SCADA maestro, el cual se debe de instalar en la subestación eléctrica de Playas para realizar la respectiva supervisión, control y procesamiento de la información que se obtiene durante todas las operaciones de la distribución de la energía eléctrica. La segunda fase se muestra en la Figura 53.

Figura 53 Etapa de supervisión y control

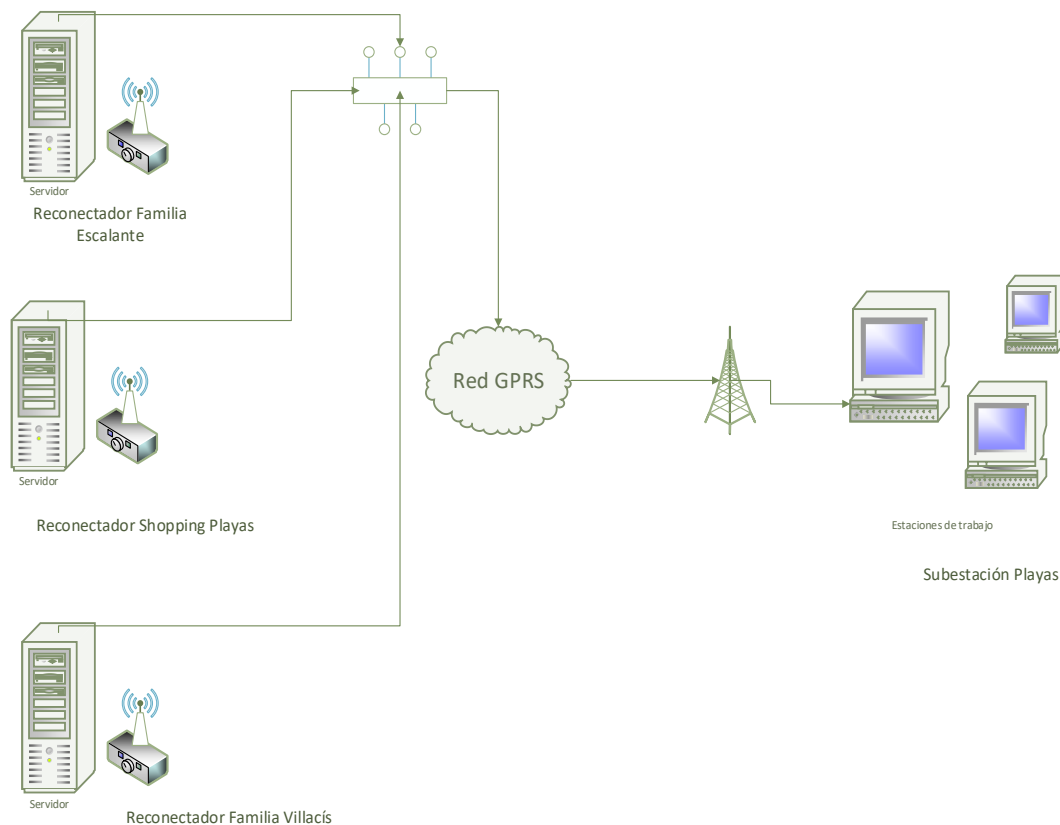


Subestación Playas

Nota: Se observa la segunda fase de la arquitectura.
Elaboración propia

La arquitectura general del sistema de distribución eléctrica de la vía a Posorja está conformada por tres reconectores automáticos y sus controles junto con los equipos GPRS que se conectan mediante Ethernet configurada con el protocolo DNP 3.0 el cual transmite la información mediante un cable de fibra óptica hasta los ordenadores que permiten realizar la lectura y control de las diferentes actividades y eventualidades que se generan en el sistema. Un modelado de estos sistemas se muestran en la Figura 54.

Figura 54 Sistema General



Nota: Se observa la Arquitectura general del sistema de automatización de re conectadores para el alimentador Interconexión Playas.

Elaboración propia.

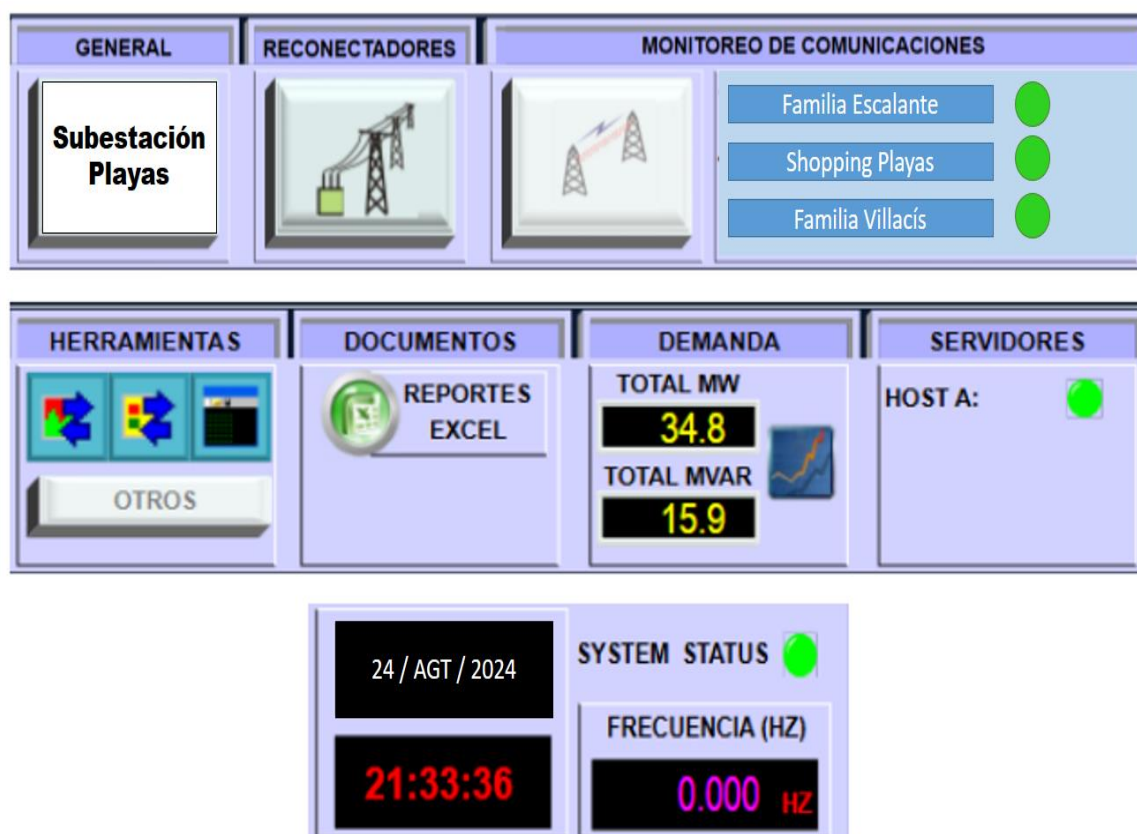
4.8.2 Pantalla de trabajo del sistema SCADA.

La parte final del sistema de automatización del servicio de distribución eléctrica en el alimentador Interconexión Playas muestra las pantallas que arroja el sistema SCADA para realizar la interacción hombre máquina, para ejecutar todo el funcionamiento del sistema de automatización de la red inteligente.

De este modo se logrará comprender cuál será el funcionamiento del sistema propuesto para minimizar las interrupciones temporales, mediante la supervisión de los diferentes indicadores que se muestran en las pantallas para realizar los respectivos ajustes automáticos o en caso de persistir dichas fallas enviar al personal operativo para solucionar los problemas de distribución energética.

Los componentes de la pantalla principal que ayudan a la supervisión y monitoreo del sistema SCADA se muestra en la Figura 55.

Figura 55 Pantalla principal de SCADA



Nota: Se observa la pantalla principal del sistema SCADA.
Adaptado de Avilés (2020)

La pantalla principal muestra en el menú principal del sistema SCADA, de este modo se puede obtener información general del sistema, datos de los reconectadores, monitorear las comunicaciones donde se observa el estado óptimo con un punto verde.

En la sección inferior se encuentran las opciones de herramientas, la generación de documentos, la lectura de la demanda y los servidores. Finalmente, el sistema brinda información sobre la fecha y hora de las actividades. Posteriormente el sistema brinda información de los reconectadores.

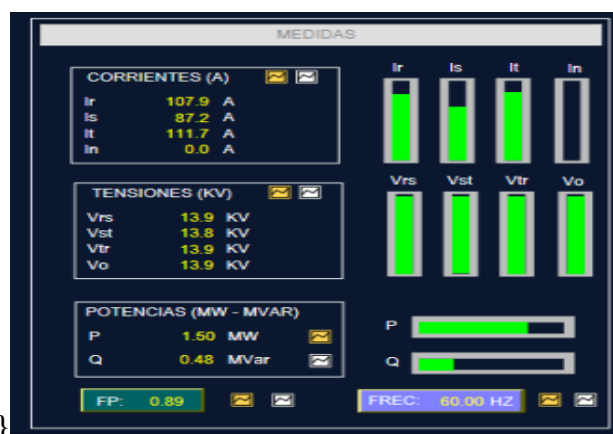
Figura 56 Mapa de reconectadores



Nota: Se observa la información de los reconectadores.
Tomado de Avilés (2020)

La figura 56 muestra toda la información que brinda el sistema de automatización en relación al funcionamiento de los reconectadores ubicados en el alimentador Interconexión Playas, mostrando datos sobre las inspecciones, aterramiento, fusibles, baterías, alimentación AC, falla relé y bloqueo mecánico.

Figura 57 Mapa de medidas



Nota: Se observa el mapa de medidas.
Tomado de Avilés (2020)

El mapa de medidas se muestra en la Figura 57 en donde se visualiza información de las corrientes, tensiones y potencias de los reconectadores ubicados en el alimentador Interconexión Playas que integran el sistema SCADA.

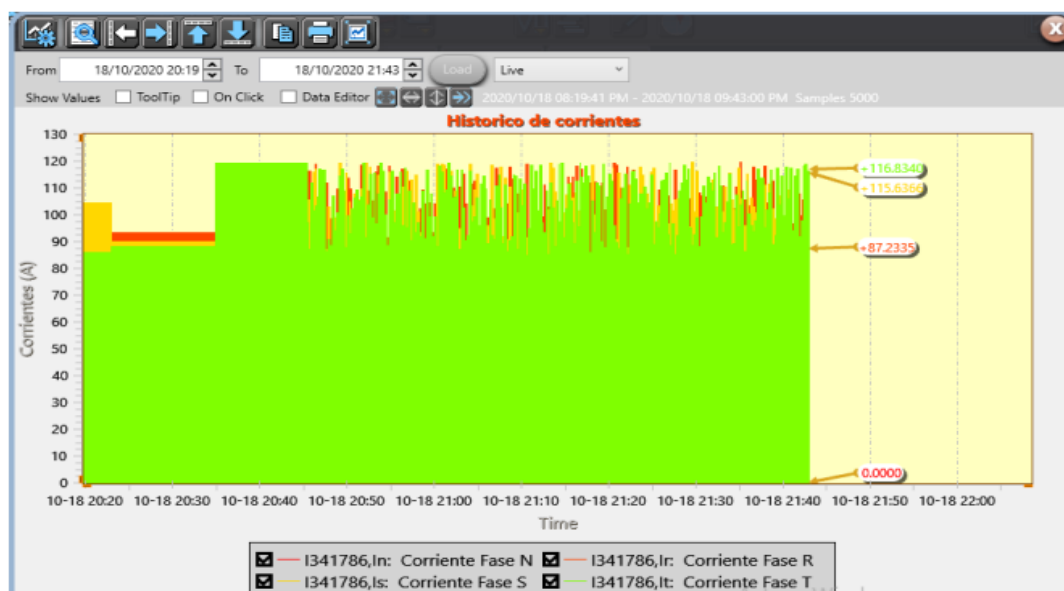
Figura 58 Mapa de protección



Nota: Se observa el mapa de protección.
Tomado de Avilés (2020)

El ícono mapa de protección se muestra en la Figura 58, permitirá mostrar el estado de las tres fases del reconectador y si el sistema de protección de tierra está funcionando de manera correcta, mostrando un ícono de color verde, caso contrario si el sistema está fallando el color del indicador sería de color rojo.

Figura 59 Señales de campo



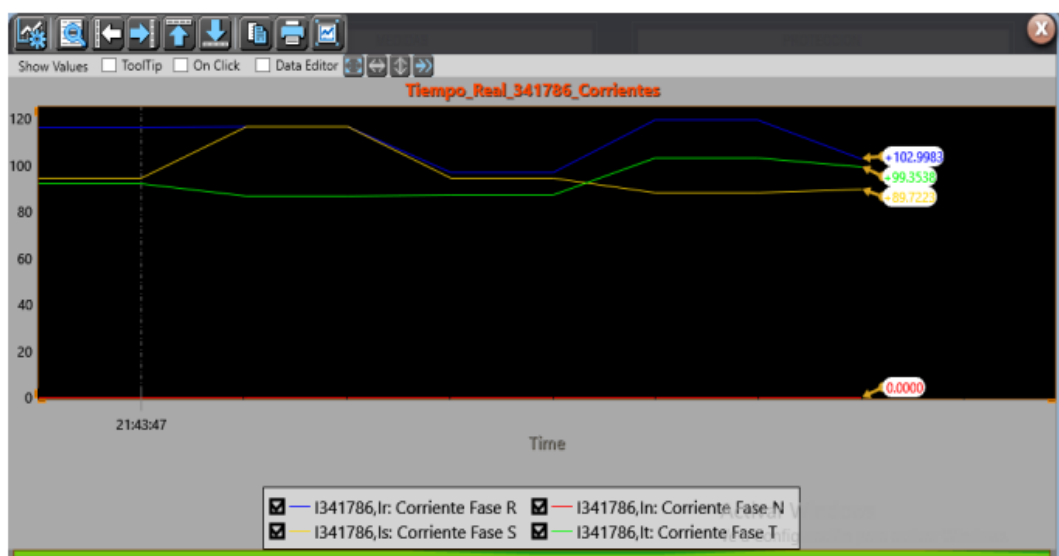
Nota: Se observan las señales de campo del sistema SCADA.
Tomado de Avilés (2020)

Dentro del sistema SCADA se podrán observar las diferentes señales cambiantes en la distribución de la electricidad en el alimentador Interconexión Playas, la información se

presenta de manera cronológica en tiempo real, permitiendo de esta manera realizar una supervisión del sistema de automatización. En la Figura 59 se muestran las señales de campo del Sistema SCADA.

El sistema SCADA permite realizar un monitoreo de las corrientes que se distribuyen por los reconectores automáticos teniendo información puntual de sus diferentes fases, generando un gráfico de su comportamiento para posteriormente realizar los respectivos análisis. La Figura 60 muestra un ejemplo la en tiempo real de corriente que circula en un reconector.

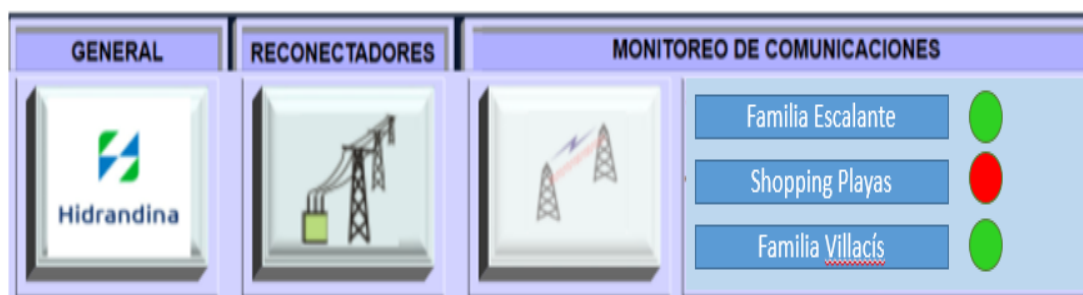
Figura 60 Corrientes generadas



Nota: Se observan las corrientes generadas.
Tomado de Avilés (2020)

El sistema SCADA permite identificar en qué tramo del alimentador Interconexión Playas se presentan novedades, lo que permite acceder al respectivo reconector para identificar cuál es la falla existente en dicho punto, como se muestra en la Figura 61."

Figura 61 Indicador de fallas



Nota: Se observa el indicador de falla.
Adaptado de Avilés (2020)

Registra el tipo de alarmas presentadas en los sistemas de comunicación en cualquiera de los tres reconectores. En la Figura 62 se muestra un ejemplo de alarma en el sistema de comunicación de uno de los reconectores.

Figura 62 Identificación de Alarma

Name	Value	C	Tag	CtrlStatus	Nak	B	TA
Pseudopuntos.Com_Error_Cajamarca	Normal(0)				+		
Pseudopuntos.Com_Error_Chimbote	Alarma(1)				+		
Pseudopuntos.Com_Error_Huarez	Normal(0)						
Pseudopuntos.Com_Error_Trujillo_Norte	Normal(0)						
Pseudopuntos.Com_Error_Trujillo_Sierra	Normal(0)				+		
Pseudopuntos.I341786_R_B	Desactivado(0)				+		
Pseudopuntos.I341786_R_C_01	Desactivado(0)				+		
Pseudopuntos.I341786_R_C_02	Desactivado(0)				+		
Pseudopuntos.I341786_R_C_03	Desactivado(0)				+		
Pseudopuntos.I341786_R_C_04	Desactivado(0)				+		
Pseudopuntos.LC_I301645	Normal(0)						
Pseudopuntos.LC_I301646	Normal(0)						
Pseudopuntos.LC_I301650	Normal(0)						
Pseudopuntos.LC_I301651	Normal(0)						
Pseudopuntos.LC_I301815	Normal(0)						
Pseudopuntos.LC_I303036	Normal(0)						
Pseudopuntos.LC_I328865	Normal(0)						
Pseudopuntos.LC_I328894	Normal(0)						
Pseudopuntos.LC_I341733	Normal(0)						
Pseudopuntos.LC_I341777	Normal(0)						
Pseudopuntos.LC_I341785	Normal(0)						
Pseudopuntos.LC_I341786	Alarma(1)						
Pseudopuntos.LC_I341790	Normal(0)						
Pseudopuntos.LC_I342338	Pseudopuntos.LC_I341790/ma(0)						

Nota: Se observa una falla en el sistema de comunicación.

CONCLUSIONES

- El análisis del sistema de distribución eléctrica de la subestación Playas determinó que el sistema de media tensión de 13.8 kv cuenta con cinco alimentadores, cada uno con las siguientes potencias instaladas: Interconexión Playas 3720.5 kVA, Central Playas 8705.5 kVA, Engabao 5915.0 kVA, Sector centro 4622.5 kVA y Ciudadela Victoria 10291.5 kVA.
- La identificación de los puntos críticos de falla y su impacto en la red, a través de los indicadores de Frecuencia Media de Interrupción de Servicio (FMIK) y Tiempo Total de Interrupción de Servicio (TTIK), determinó que el alimentador que presenta mayores problemas es el que abastece a la vía Posorja, denominado Interconexión Playas con FMIK 9.00 y TTIK 11.00. Las interrupciones en el servicio eléctrico afectan a todas las comunidades de esta área, ya que no se cuenta con un sistema eléctrico de protección inteligente que facilite el control de las fallas en el sistema.
- La arquitectura del sistema de automatización se desarrolló en dos fases. La primera fase consiste en la instalación de reconectadores automáticos, seleccionando puntos estratégicos ubicados en los seccionamientos denominados familia Escalante, Shopping Playas y familia Villacís. La segunda fase abarca la instalación de equipos de supervisión y control, que permitirán el monitoreo en tiempo real de la red de distribución eléctrica situada en la vía a Posorja.

RECOMENDACIONES.

- Llevar a cabo estudios para implementar sistemas de automatización de reconectadores en otros alimentadores de la subestación Playas, con el objetivo de innovar y mejorar el servicio de distribución de energía eléctrica.
- Elaborar informes sobre los puntos críticos de los alimentadores que presentan altas calificaciones en los indicadores de Frecuencia Media de Interrupción de Servicio (FMIK) y Tiempo Total de Interrupción de Servicio (TTIK), con el propósito de priorizar la implementación de reconectadores automáticos en ubicaciones estratégicas que se integrarán al sistema SCADA propuesto.
- Realizar un seguimiento del funcionamiento del sistema SCADA propuesto para identificar irregularidades, con el objetivo de optimizar su desempeño. Esto permitirá reducir las fallas transitorias y atender las fallas permanentes de manera inmediata.

REFERENCIAS

- Aguilera, R., & Muñoz, H. (2024). *Diseño de sistema de protección contra descargas atmosféricas para zona de tanques de GLP*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana.: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27303/1/UPS-GT004959.pdf>
- Alarcon, D. (2021). *Implementación de un sistema de monitoreo y control en tiempo real para el análisis predictivo de un sistema eléctrico de potencia con generación distribuida*. Obtenido de Universidad de Ingeniería y tecnología : https://repositorio.utec.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12815/251/Alarcon%20Monteza_Tesis.pdf?sequence=1
- Avilés, J. (2020). *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.* Obtenido de Universidad Ricardo Palma: https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/3549/MEC-T030_48140528_T%20%20%20AVIL%c3%89S%20VILCHEZ%20JOSE%20BOLF REDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Balseca, J., & Morejón, L. (2023). *Análisis aplicado de la calidad del servicio técnico en empresa eléctrica distribuidora*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica del Litoral: <https://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/58160/1/T-113535%20Balseca%20-%20Morej%c3%b3n.pdf>
- Barros, M. (2024). *Mejoras en la Gestión de la Función Recierre de Reconectores para Optimizar Indicadores de Calidad en la Red Eléctrica y su Impacto en la Comunidad*. Obtenido de Universidad de la Costa: <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/12846/Mejoras%20en%20la%20Gesti%C3%B3n%20de%20la%20Funci%C3%B3n%20Recierre%20de%20Reconectores%20para%20Optimizar%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cabrera, M. (2021). *Coordinación óptima de protecciones en alimentadores radiales con la presencia de generación distribuida*. Obtenido de Universidad de Cuenca : <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/35604/1/Trabajo%20de%20titulacion.pdf>
- Caguana, L. (2022). *Control de un motor AC en cuatro cuadrantes con sistema Scada* . Obtenido de Universidad Técnica de Cotopaxi:

<https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/24f0f443-621d-422d-93a5-3e7eed4015c1/content>

- Carpio, J., & Chitacapa, A. (2022). *Diseño de redes de distribución mediante el uso de imágenes georreferenciadas y generación automática de documentación*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22217>
- Castro, M., Ramírez, A., & Criollo, S. (2020). *Automatización por telemando de las redes eléctricas en media tensión para el mejoramiento de la calidad de servicio de alimentadores, en la región callao – provincia constitucional del Callao*. Obtenido de Universidad Nacional del Callao: https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5894/TESIS%20PREGRADO_CASTRO_RAMIREZ_CRIOLLO_FIEE_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chuchuca, F., & Desiderio, L. (2010). *Simulación de automatización de una subestación de distribución*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2062/12/UPS-GT000147.pdf>
- Clarke, L. (2022). *Implementación del Protocolo de red Distribuida en su versión 3*. Obtenido de Universidad de las Ciencias Informáticas: https://repositorio.uci.cu/bitstream/123456789/10631/1/45-TD_9903_22.pdf
- CONELEC. (2001). *Regulación CONELEC – 004/01*. Obtenido de Resolución No. 0116/01: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu168797.pdf>
- Corrales, L., & Ballesteros, F. (2019). *Red telecontrolada de automatización de reconectadores y cámaras de transformación como parte de un sistema de smart grids*. Obtenido de Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29172>
- Cotto, Z. (2021). *Análisis del nivel de aislamiento utilizados en sistemas de distribución y subtransmisión aéreas mediante el software ATP - DRAW*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21325/1/UPS-GT003493.pdf>
- Díaz, J. (2019). *Estudio para la implementación de Reconectadores mediante Aplicación de la Ley de Pareto para determinar el 20 % de las causas que generan el 80% de las fallas en el servicio eléctrico desde el km 5 hasta el km 24 en vía a la costa en Guayaquil*. Obtenido de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil: <http://201.159.223.180/bitstream/3317/12486/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-172.pdf>

- Dimsesa. (2014). *Eficiencia Energética en Sistemas de Distribución Eléctrica (Desde grandes a pequeños)* . Obtenido de <https://www.dimsesa.com/2014/09/08/eficiencia-energ%C3%A9tica-en-sistemas-de-distribuci%C3%B3n-el%C3%A9ctrica-desde-grandes-a-peque%C3%B1os/>
- Direct Industry. (2024). *Módem de telecomunicación F2103*. Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/xiamen-four-faith-communication-technology-co-ltd/product-114843-1959064.html>
- EATON. (2024). *Controles y Relés*. Obtenido de <https://www.eaton.com/co/es-mx/products/medium-voltage-power-distribution-control-systems/controls/controls-and-relays--fundamentals-of-controls-and-relays.html>
- Gorozabel, J. (2019). *Análisis de efectos por la interconexión de generación distribuida en el sistema de protección de sobrecorriente de la red de distribución troncal (alimentador) de 13,8kv vía Buena Fe*. Obtenido de Universidad Técnica Estatal de Quevedo: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/cb877a9c-8aa8-4894-89ca-1d9c98d9f1a2/content>
- Heredia, K., & Chocho, A. (2022). *Diseño de una Red Híbrida para Comunicación de los Equipos de Seccionamiento y Maniobra de la Red de Distribución de la Empresa Eléctrica de Azogues*. Obtenido de Universidad del Azuay: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/12372/1/17899.pdf>
- Huera, J. (2021). *Estudio de ubicación óptima de capacitores para los alimentadores de la subestación Cayambe de la empresa eléctrica Regional Norte*. Obtenido de Universidad Técnica del Norte: <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11250/2/04%20MEL%20112%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Imbaquingo, D. (2024). *Sistema de monitoreo y reportería para los reconectores del sistema de distribución de EMELNORTE mediante Power Monitoring Expert PME Schneider*. Obtenido de Universidad Israel: <https://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/4049/1/UISRAEL-EC-MASTER-ELEC-AUTOM-PRO-378.242-2024-006.pdf>
- Jami, B. (2024). *Implementación de un sistema de localización de fallas del sistema de distribución de medio voltaje de la subestación San Vicente, de la empresa eléctrica regional norte (EMELNORTE)*. Obtenido de Universidad Técnica del Norte: <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/15660/2/05%20MEL%20226%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

- Lascano, G., & Campoverde, I. (2024). *Análisis de confiabilidad de la línea de subtransmisión L2 dos cerritos desde el punto de entrega hasta subestación Dos Cerritos-CNEL EP Unidad de Noegocios Guayas Los Ríos utilizando el software power Factory de Digsilent*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana : <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27291/1/UPS-GT004953.pdf>
- Loaiza, E., & Meza, M. (2024). *Implementación de un sistema de gestión de macrodata para el scada de electro sur este S.A.A. para la mejora de la operación planificada del sistema eléctrico de Chumbivilcas al año 2025*. Obtenido de Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco: https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/9011/253T20240472_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Magallán, C. (2019). *Análisis para el control y monitoreo SCADA de las variables eléctricas en los reconectadores automáticos de la alimentadora Libertad 13.8 KV de la subestación la Libertad 69/13.8 KV en redes de distribución*. Obtenido de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil : <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/12707/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-203.pdf>
- Martínez, G. (2019). *Diseño y construcción de un prototipo de detección de fallas serie para disminuir el tiempo de interrupciones en el sistema eléctrico de distribución*. Obtenido de Escuela Politécnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20100/1/CD-9542.pdf>
- Mendoza, F. (2024). *Diseño e Implementación de un Sistema de Monitoreo y de Activación Remota para Equipos de Telecomunicaciones de la Empresa NODO CIA. LTDA. Utilizando Tecnología GPRS de Comunicaciones Móviles en la Zona 7*. Obtenido de Universidad Nacional de Loja: https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29704/1/FreddyIsrael_Mendoza_Montano.pdf
- Molina, E., & Molina, F. (2021). *Optimización de la calidad del servicio, mediante la implementación de reconectadores a control remoto en el AMT TIC295 de la SET Ticapampa – Recuay - Ancash*. Obtenido de Universidad César Vallejo: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/95002/Molina_QE-Molina_QF-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Moreno, L. (2024). *Esquema de transferencia con reconectadores entre los alimentadores primarios Alpachaca no.4 y Alpachaca no.5 de Emelnorte S.A*. Obtenido de Universidad

- Técnica del Norte :
- <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/16097/2/04%20IEL%20035%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Nakashima, A. (2020). *Automatismo de Redes de Distribución*. Obtenido de Bemérita Universidad Autónoma de Puebla :
<https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/6ac43331-3402-4367-b35c-c89b6553cf17/content>
- Navarro, F. (2023). *Evaluación del reconectador de tensión en 10 kV, 13.2 kV y 23.9 kV para el alimentador A4402 de la subestación de transmisión - Chupaca 2023*. Obtenido de Universidad Continental:
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13190/2/IV_FIN_109_TSP_Navarro_Chamorro_2023.pdf
- NOJA Power Switchgear. (2015). *Video de NOJA Power de instalación de los reconectores Automáticos serie OSM*. Obtenido de YouTube:
<https://www.youtube.com/watch?v=beYjwHStDEc>
- Paucara, B. (2022). *Evaluación técnica y económica de la instalación de pararrayos de clase 2 en el alimentador Tablachaca en 24,9kv*. Obtenido de Universidad Mayor de San Andrés: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/34913/TM-8714.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pazmiño, C. (2022). *Estudio de factibilidad para la implementación de un sistema avanzado de medición (AMI) en clientes de tarifa general con demanda de la Empresa Eléctrica Riobamba S.A.* Obtenido de Universidad Técnica de Cotopaxi:
<https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/beab7fbf-0409-4618-b213-7edce85191ef/content>
- Peñafiel, J. (2021). *Análisis de la influencia de armónicos en el transformador trifásico de potencia de 20mva – 69/13,8kv de la empresa eléctrica de Ambato (E.E.A.S.A)*. Obtenido de Universidad Técnica Estatal de Quevedo:
<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7963a031-f547-4240-a414-9241fe848986/content>
- Pérez, M., Santos, A., & Silvio, H. (2021). *La importancia de la factura de electricidad. Un estudio de caso*. Obtenido de Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría:
https://www.researchgate.net/publication/355090490_La_importancia_de_la_factura_de_electricidad_Un_estudio_de_caso

- Petroenergía. (2020). *El Gobierno Nacional inauguró nuevo sistema de transmisión La Concordia – Pedernales*. Obtenido de <https://www.petroenergia.info/post/el-gobierno-nacional-inaugur%C3%B3-nuevo-sistema-de-transmisi%C3%B3n-la-concordia-pedernales>
- Regalado, D., & Rodas, D. (2023). *Ubicación óptima de reconectores y/o seccionadores a través de modelación y programación lineal en el alimentador 121 de la empresa eléctrica de Azogues (EEA)*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25010/1/UPS-CT010568.pdf>
- Regalado, E. (2021). *Ubicación óptima de reconectores y seccionalizadores en alimentadores urbanos en redes de distribución eléctrica para mejorar los indicadores de calidad del servicio técnico*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20374>
- Rockwill. (2024). *Reconector automático*. Obtenido de <https://www.cnrockwill.com/es/automatic-circuit-recloser/auto-recloser>
- Rojas, B. (2022). *Control de voltaje en redes de distribución mediante el uso de cambiadores de toma bajo carga empleando el software Open DSS*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21871>
- Segovia, J., Aguirre, P., & Pino, D. (2024). *Estudio de coordinación de las protecciones eléctricas por métodos computarizados aplicados a la subestación Guayacanes*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica del Litoral: <https://www.collegesidekick.com/study-docs/6165115>
- Vasquez, J. (2023). *Localización de fallas y reconfiguración automática en una red eléctrica de distribución de energía utilizando redes de petri*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica del Litoral: <https://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/58502/1/T-113826%20V%C3%83%C2%A1squez%20Arriaga.pdf>
- Zeceña, D. (2018). *Impacto de la generación distribuida renovable en el circuito de media tensión de 13.8 KV La Tinta del departamento de Alta Verapaz*. Obtenido de Universidad de San Carlos de Guatemala : <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12205/1/Douglas%20Eduardo%20Zece%C3%B1a%20Aguirre.pdf>

Anexos

Anexo 1. Demanda energética de la subestación Playas

EMPRESA ELECTRICA PUBLICA ESTRATEGICA CORPORACION NACIONAL DE ELECTRICIDAD CNEP UNIDAD D																		
SUBESTACION PLAYAS SU																		
BREAKER PRINCIPAL																		
VOLTAJE																		
2024																		
ENERO																		
DÍA	HORAS	69 KV			13.8 KV			CORRIENTES			DESBALANCE		POTENCIA		FACTOR		ENERGIA	
		A-B	B-C	C-A	A-B	B-C	C-A	A	B	C	%	ERROR	KW	KVAR	F.P	PERDIDAS	KW-H	KVARH
	16:00:00	OUT	OUT	OUT							ERROR				ERROR			
	17:00:00	70.5	70.0	70.5	14.1	14.0	14.1	445	480	510	7.61%	ERROR	11141	3659	0.95	0.63	4882445	9638784
	18:00:00	70.0	70.0	70.0	14.0	14.0	14.0	432	474	497	7.63%		10846	3437	0.95	0.59	4831351	9647155
	19:00:00	70.0	69.5	70.0	14.0	13.9	14.0	510	549	605	9.07%		12744	4119	0.95	0.82	4902970	9645346
	20:00:00	70.0	70.0	70.0	14.0	14.0	14.0	519	557	613	8.88%		13023	4144	0.95	0.86	4915558	9649382
	21:00:00	70.5	70.5	70.5	14.1	14.1	14.1	503	540	599	9.44%		12764	4050	0.95	0.82	4929065	9653667
	22:00:00	71.0	70.5	71.0	14.2	14.1	14.2	491	531	574	7.89%		12384	4080	0.95	0.77	4941880	9657834
	23:00:00	71.0	70.5	71.0	14.2	14.1	14.2	480	499	531	7.38%		11574	3914	0.94	0.69	4953465	9661596
	00:00:00	70.5	70.0	70.5	14.1	14.0	14.1	434	472	497	7.20%		10743	3875	0.94	0.59	4955541	9665667
	1:00:00	69.5	69.5	70.0	13.9	13.9	14.0	404	447	484	7.83%		9999	3503	0.94	0.51	4976395	9669468
	2:00:00	70.0	70.0	70.5	14.0	14.0	14.1	394	433	453	7.66%		9708	3663	0.93	0.50	4985326	9672735
	3:00:00	70.0	70.5	70.5	14.0	14.1	14.1				ERROR	ERROR			ERROR			
	4:00:00	70.5	70.5	70.5	14.1	14.1	14.1				ERROR	ERROR			ERROR			
	5:00:00	70.5	70.5	70.5	14.1	14.1	14.1	354	386	416	8.32%		8758	3561	0.92	0.41	5012875	9683500
	6:00:00	70.5	70.5	70.5	14.1	14.1	14.1	347	383	402	8.04%		8516	3554	0.92	0.39	502166	968735
	7:00:00	69.5	70.0	70.0	13.9	14.0	14.0	295	329	337	7.31%		7310	2572	0.94	0.27	5029319	9688922
	8:00:00	69.5	69.5	70.0	13.9	13.9	14.0	302	342	354	9.22%		7605	2613	0.94	0.30	5035096	9691916

Anexo 2. Demanda máxima diaria

SUBESTACION PLAYAS									
CONTADORES DE OPERACIONES									
SECTOR CENTRO	DESCRIPCION	LECTURA INICIAL	00:00:00 - 08:00:00		08:00:00 - 16:00:00		16:00:00 - 00:00:00		LECTURA FINAL
			MANIOBRA	FALLA	MANIOBRA	FALLA	MANIOBRA	FALLA	FINAL
2093	DEMANDA MAXIMA DIARIA								
2086	DESCRIPCION	B. PRINCIPAL	INTERCONEXION	ENGABAO	COLA VICTORIA	CENTRAL PLAYAS SECTOR CENTRO			
2091	KW	15876	4199	3923	1873	3564	2375		
2048	HORAS	19:00:00	19:00:00	19:00:00	19:15:00	21:45:00	19:45:00		



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Solórzano Ibarra, Jordy Ivar**, con C.C: # **094138859-7** autor del trabajo de titulación: **Propuesta diseño de un sistema de automatización de reconectores a nivel 13.8kv en la vía a Posorja, subestación Playas, Ecuador**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 21 de agosto del 2024

Solórzano Ibarra, Jordy Ivar

C.C: 094138859-7



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Yagual Lázaro, William Hernán**, con C.C: # **092276184-6** autor del trabajo de titulación **Propuesta diseño de un sistema de automatización de reconectores a nivel 13.8kv en la vía a Posorja, subestación Playas, Ecuador**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 21 de agosto del 2024

Yagual Lázaro, William Hernán

C.C: 092276184-6



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Propuesta diseño de un sistema de automatización de reconectores a nivel 13.8kv en la vía a Posorja, subestación Playas, Ecuador		
AUTOR(ES)	Solórzano Ibarra, Jordy Ivar Yagual Lázaro, William Hernán		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Mero Vallas, Alexander Ronald. M.Sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electricidad		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Electricidad		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	21 de agosto del 2024	No. DE PÁGINAS:	73
ÁREAS TEMÁTICAS:	sistemas de distribución, automatización, scada		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	automático, arquitectura, electricidad, energía, reconector, scada		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): La presente investigación se desarrolló siguiendo el objetivo de proponer el diseño de un sistema de automatización de reconectores a nivel de 13.8 kV en la vía a Posorja, subestación Playas, Ecuador. Para lograr esto se utilizó una metodología que empleó la revisión bibliográfica, diagnóstico del sistema actual, diseño del sistema de automatización. En el análisis de red de distribución de la subestación, se identificaron 5 abastecedores, donde el denominado Interconexión Playas mostró puntuaciones elevadas en los indicadores FMIK y TTIK, siendo este el punto de trabajo para realizar la arquitectura del sistema de automatización. Se eligieron tres puntos estratégicos en la vía a Posorja para la ubicación de los reconectores automáticos, cajas de control y sistema de comunicación, del mismo modo se elaboró la arquitectura para realizar el control y supervisión desde la estación de trabajo. Se concluye que el actualizar el sistema de distribución de energía ayuda a mejorar el servicio de electricidad para garantizar la satisfacción de los usuarios.			
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593982079783, +593969416429	E-mail: jordy.solorzano@cu.ucsg.edu.ec william.yagual01@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Bohórquez Escobar, Celso Bayardo		
	Teléfono: +593995147293		
	E-mail: celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			