

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



TESIS

**“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE PROTECCIÓN
PARA INCREMENTAR LA CONFIABILIDAD DE LA
SUBESTACIÓN TIPO SUPERFICIE, UBICADO EN LA
COMPAÑÍA ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., DISTRITO ATE,
LIMA”**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA

AUTORES:

Bach. LAZÓN DELGADO, Danny Braian

Bach. MITMA DURAND, Miguel Jhonatan

Callao, 2021

PERÚ

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

PRESIDENTE: Dr. Ing. Marcelo Nemesio Damas Niño

SECRETARIO: Dr. Ing. Santiago Linder Rubiños Jiménez

VOCAL : Mg. Ing. Ernesto Ramos Torres

ASESOR : Dr. Ing. César Augusto Santos Mejía

DEDICATORIA

Es nuestro deseo como sencillo gesto de agradecimiento, dedicar este trabajo de Grado a nuestros padres que sin ellos nada de esto sería posible ya que ellos siempre estuvieron a nuestro lado en los buenos y malos momentos apoyándonos siempre para poder lograr cada objetivo trazado; también dedicarlo a nuestros profesores que sin conocimientos y motivación brindada no hubiésemos podido ampliar nuestros horizontes como profesionales.

ÍNDICE

ÍNDICE	1
TABLAS DE CONTENIDO	3
TABLAS DE GRÁFICOS.....	4
TABLA DE FIGURAS.....	5
TABLA DE FOTOS	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
INTRODUCCIÓN.....	8
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	9
1.2 Formulación del Problema	10
1.2.1 Problema General.	10
1.2.2 Problema Específico.....	10
1.2.3 Problema Específico.....	10
1.3 Objetivos.....	10
1.3.1 Objetivo General:	10
1.3.2 Objetivo Específico.....	10
1.3.3 Objetivo Específico.....	11
1.4 Limitantes de la investigación	11
1.4.1 Teórico	11
1.4.2 Temporal	12
1.4.3 Espacial.....	13
II. MARCO TEÓRICO	14
2.1 Antecedentes.....	14
2.1.1 Antecedentes Internacionales	14
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	15
2.2 Bases Teóricas	39
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	58
3.1 Hipótesis.....	58
3.1.1 Hipótesis General.....	58

3.1.2	Hipótesis Específicos	58
3.2	Definición de las variables	58
3.2.1	Operacionalización de variables	59
IV.	DISEÑO METODOLÓGICO	60
4.1	Tipo y Diseño de investigación.....	60
4.1.1	Tipo de investigación.....	60
4.1.2	Diseño de la investigación	60
4.2	Método de investigación	61
4.3	Población y muestra	61
4.4	Lugar de estudio y periodo desarrollado	61
4.4.1	Lugar de estudio.....	61
4.4.2	Periodo desarrollado	62
4.5	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	63
4.5.1	Técnicas de recolección de Información.....	63
4.5.2	Instrumentos de recolección de Información	63
4.6	Análisis y procesamiento de datos.....	64
V.	RESULTADOS.....	65
	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS CON ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA E INFERENCIAL.....	65
5.1	Resultados Descriptivos.....	65
5.2	Resultados Inferenciales.....	65
5.3	Otro tipo de resultados estadísticos	66
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	68
6.1	Contrastación y demostración de la Hipótesis con los resultados.....	68
6.2	Contrastación de los resultados con otros estudios similares	70
6.3	Responsabilidad ética.....	70
	CONCLUSIONES	71
	RECOMENDACIONES	72
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
	ANEXOS:.....	74
	Anexo 1. Matriz de consistencia	75
	Anexo 2. Instrumento Validado.....	76

TABLAS DE CONTENIDO

Tabla 1 <i>Datos técnicos de los transformadores secos recomendados para subestación tipo superficie, ubicado en la Co Estrella del Perú S.A.C., distrito Ate, Lima.....</i>	487
Tabla 2. <i>Datos obtenidos del Dig SILENT</i>	5465
Tabla 3. <i>Datos de N° de Interrupciones y duración.....</i>	65
Tabla 4. <i>Datos de N° de Interrupciones para determinar JI CUADRADA, método inferencial, comparación de proporciones</i>	66
Tabla 5. <i>Datos de N° de Interrupciones para determinar, mediante otros métodos estadísticos resultados de operaciones</i>	67

TABLAS DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1</i> Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico en Media y Baja Tensión de CO ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, Lima.....	16
<i>Gráfico 2</i> Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico en Media Tensión a instalar en CO ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, Lima	41
<i>Gráfico 3</i> Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico en Media Tensión a instalar en CO ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, Lima	41
<i>Gráfico 4</i> Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico en Media Tensión a instalar en CO ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, Lima	42
<i>Gráfico 5</i> Diagrama Unifilar de CELDAS ELECTRICAS del Sistema Eléctrico en Media Tensión a instalar en CO ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, Lima	42
<i>Gráfico 6</i> División de Malla de Puesta a Tierra	51
<i>Gráfico 7</i> División horizontal y vertical de Malla de Puesto a tierra	52
<i>Grafico 8</i> Valores de corriente de falla en el sistema eléctrico.....	53
<i>Grafico 9</i> Valores de corriente de falla en el sistema eléctrico.....	55

TABLA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Interruptor trifásico para Media Tensión, tipo ABB	14
<i>Figura 1.</i> Transformador trifásico para Media Tensión, tipo ABB, tipo Seco, encapsulado	15
<i>Figura 3.</i> Transformador Trifásico Seco Encapsulado 1600kVA	32

TABLA DE FOTOS

<i>Foto 1.</i> Grupo electrógeno para	17
<i>Foto 2.</i> Tablero en B.T. para señal.....	17
<i>Foto 3.</i> Maquinaria de enrollado	17
<i>Foto 4.</i> Maquinaria de producción de.....	17
<i>Foto 5.</i> Sistema de compensación	18
<i>Foto 6.</i> Sistema de redes eléctricas en bandeja.....	18
<i>Foto 7.</i> Supervisión de operación	18
<i>Foto 8.</i> Sistema de operación de transformador	18
<i>Foto 9.</i> Transformador N° 1 en	20
<i>Foto 10.</i> transformador N° 2 en aceite con.....	19
<i>Foto 11.</i> Sistema de Llegada con	20
<i>Foto 12.</i> Cables de comunicación	19
<i>Foto 13.</i> Transformador en aceite	21
<i>Foto 14.</i> Seccionador de Potencia	20
<i>Foto 15.</i> Interruptores de B.T.	21
<i>Foto 16.</i> Celda de Interruptores sin.....	20
<i>Foto 17.</i> Transformador Trifásico Seco Encapsulado 1600Kva.....	32
<i>Foto 18.</i> Tablero de control autosoportado	34

RESUMEN

La presente tesis realiza el análisis para la optimización del sistema eléctrico de protección para incrementar la confiabilidad de la subestación de la compañía Estrella del Perú S.A.C., mediante el uso de las diferentes herramientas de medición y con los indicadores obtenidos propondremos una subestación que cumpla con los parámetros de seguridad, así mismo una nueva selección de equipos de protección, que garantizará la reducción de fallas del sistema eléctrico en la subestación.

Con estos indicadores podremos simular el desempeño de la nueva subestación junto con los nuevos equipos de protección y la implementación de un sistema de puesta a tierra, comparándolo con el actual sistema eléctrico, demostrando así la confiabilidad del nuevo sistema eléctrico.

En la primera parte describimos las deficiencias encontradas en el sistema eléctrico actual, haciendo énfasis en la necesidad de contar con nuevas tecnologías basado en la protección y maniobra del sistema eléctrico mediante un fluido eléctrico constante. Se plantea el problema, establecemos el objetivo general y los objetivos específicos de la presente tesis, así como la justificación, los alcances y los límites que presenta. En la segunda parte nos referimos al marco teórico y los nuevos equipos de protección existentes en el mercado actual. En la tercera parte exponemos las hipótesis y definiremos las distintas variables encontradas, describiendo las posibles soluciones para nuestro problema. En la cuarta parte exponemos el diseño metodológico aplicado en la presente tesis, alcanzamos los objetivos demostrando mediante suministro de energía eléctrica de manera confiable dando solución al problema, usando la experiencia adquirida con el uso de tecnología moderna, también realizaremos el análisis de fallas pasadas y mediante el programa Digsilent realizaremos pruebas que den conformidad de obtener la optimización del sistema eléctrico de protección para la confiabilidad de la subestación tipo superficie. En la quinta parte contrastamos los resultados obtenidos con las estadísticas descriptivas e inferenciales, basados en el número de interrupciones y la duración de las mismas. En la sexta y última parte se presenta la contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados obtenidos, asimismo presentaremos la conclusión a la que se llegó con el presente estudio.

INTRODUCCIÓN

En la presente tesis hablaremos de las deficiencias encontradas en la empresa CO ESTRELLA DEL PERU SAC, la cual presenta interrupciones o fallas debido a la falta coordinación de los equipos de protección, esto se ve refleja en la operación de la producción de la planta industrial.

Formulado el problema plantearemos la optimización del sistema eléctrico y aumento de la confiabilidad de la subestación, como base teórica nos basaremos en las normas nacionales (CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD) e internacionales (IEEE) y en los actuales equipos de protección existente en el mercado eléctrico.

Se usaran diferentes equipos de medición para la sustracción de datos y análisis de los mismos, con la finalidad de poder optimizar el sistema eléctrico de protección y aumentar la eficiencia en la subestación se propondrán el cambio de los equipos de protección.

La contrastación de nuestra hipótesis se lograra, debido a la reducción de fallas y salida de servicio por maniobra y mantenimiento, valores que se encontraran en la Tabla de interrupciones, con actuaciones que son en número menor a los ocurridos según análisis de datos, programándose actuaciones rápidas, evitando el deterioro de equipos eléctricos.

Se podrá observar en los resultados estadísticos, que se ha obtenido valores permisibles para el uso de nuevas tecnologías.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

El estudio realizado al interior de la empresa CO ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., indica que cuenta actualmente con cargas eléctricas para máquinas, compresoras, retorcedora e iluminación, alimentados en baja tensión en 220V y 380V, desde la Subestación Particular Tipo Superficie, ubicado al interior de la Planta Industrial, con **interrupciones constantes** que no son controlados por los equipos de protección, instalados y en operación.

El Sistema de Utilización conformado por la red de Media Tensión en 10 kV, de igual forma la red de baja tensión, tiene actuaciones fortuitas, motivado posiblemente por la coordinación de actuación sin parámetros bien seleccionados, debido también a la falta de equipos seleccionados para otra condición de operación. Perjudicando la operación de la producción de la planta industrial, reduciendo la entrega de los materiales procesados.

Las interrupciones eléctricas tienen el origen en la falta del cumplimiento de Normas y Reglamentos eléctricos, como inyección de armónicos, tensiones inducidas como tensión de Paso y Torque, sistema de Puesta a Tierra incompleta.

La falta de aislamiento origina descargas a tierra con calentamiento en el sistema eléctrico, de carácter temporal o permanente, en las redes de baja tensión, debiendo optarse por contar con una coordinación de aislamiento para las tensiones a utilizar en la distribución de energía al interior de la planta CO ESTRELLA DEL PERÚ SAC.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General.

¿Se ha comprobado la deficiente operación del Sistema Eléctrico de protección no permitiendo incrementar la confiabilidad de la Subestación tipo superficie, ubicada en la compañía **ESTRELLA DEL PERÚ SAC, Distrito Ate, Lima?**

1.2.2 Problema Específico

¿La falta de implementación de interruptores de media y baja tensión origina fallas en la subestación tipo superficie, ubicada en la compañía **ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, Lima?**

1.2.3 Problema Específico

¿La falta de un Sistema Puesta a Tierra provoca el deterioro de los equipos e inseguridad del personal en la subestación tipo superficie, ubicado en la compañía **ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito Ate, Lima?**

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General:

Optimizar el Sistema Eléctrico de protección para incrementar la confiabilidad de la subestación tipo superficie, ubicado en la compañía **ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., distrito Ate, Lima.**

1.3.2 Objetivo Específico

Implementar interruptores de media y baja tensión para reducir las fallas en la subestación tipo superficie, ubicado en la compañía **ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito Ate, Lima.**

1.3.3 Objetivo Específico

Implementar un Sistema de Puesta a Tierra para protección de equipos y personal en la subestación tipo superficie, ubicado en la compañía **ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, Lima.**

1.4 Limitantes de la investigación

1.4.1 Teórico

El Sistema Eléctrico al interior de la empresa es del tipo subterráneo, trifásico, tres conductores.

Ha sido necesario mantener un balance en la distribución de la energía eléctrica, evitando sobrecargas en fases similares y complementarias.

Los transformadores de distribución son en aceite, protegido por fusibles, en el Seccionador de Potencia, debiendo considerarse un Interruptor de Potencia, con mayor rapidez de actuación, debido a los tiempos cortos de actuación programada. El Sistema Eléctrico secundario se deriva desde la Subestación, realizando las coordinaciones de protección y aislamiento, buscando la entrega de energía durante la operación continua del sistema eléctrico integral.

El valor de la resistencia de las Puestas a Tierra del sistema de Media Tensión y Sistema de Puesta a Tierra de Baja Tensión de Tierra, podrán tener valores aceptables, en la Sub Estación, no debe ser mayor a 25 Ohmios en el lado primario, ni de 15 Ohmios en el lado secundario, según indicación del C.N.E. Utilización

El desarrollo de la presente Tesis, ha tenido como sustento teórico las presentes normas eléctricas:

- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos
- Código Nacional de Electricidad Suministro 2011
- VDE 210 (VERBAND DEUTSCHER ELECTROTECHNIKER)
- IEEE (INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS)
- IEC (INTERNATIONAL ELECTROTECNICAL COMISSION)
- DGE – 009 – T – 3 [3]

- DGE – 019 – T – 3 [4]
- NESC (NATIONAL ELECTRIC SAFETY CODE)
- VDE 210 (VERBAND DEUTSCHER ELECTROTECHNIKER)
- IEEE (INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERS)
- CIGRE (CONFERENCE INTERNATIONALE DES GRANDS RESEAUX ELECTRIQUES)
- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos
- Código Nacional de Electricidad Suministro 2011
- **Ley** de Concesiones Eléctricas D.L. N° 25844 y su Reglamento.

1.4.2 Temporal

Las mejoras para los sistemas eléctricos en Media y Baja Tensión para la empresa CO. ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., da lugar a la estabilidad de operación en condiciones de suministro de energía a todas las cargas eléctricas, cumpliendo legalmente con los clientes, reduciendo la salida fuera de servicio, permitiendo, la actuación de los equipos de maniobra mediante la programación de cada equipo eléctrico de interferencias a través de la **OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE PROTECCIÓN PARA LA CONFIABILIDAD DE LA SUBESTACIÓN TIPO SUPERFICIE, UBICADO EN LA COMPAÑÍA ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., DISTRITO ATE, LIMA.**

El ingreso de nuevos equipos electrónicos, equipos de fuerza, equipos de rotación, mejoras de alumbrado, mejoras ambientales, a las instalaciones de LA COMPAÑÍA ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., con la finalidad de optimizar la producción, tiempo de entrega, trae consigo, equipos de última generación, obligando a la compañía a realizar estudios técnicos constantes en el tiempo. Debiendo entenderse que los estudios, sobretodo técnicos, tienen limitaciones en el tiempo

La implementación de una nueva tecnología en la **COMPAÑÍA ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C.**, basado en la protección y maniobra del sistema eléctrico mediante un fluido eléctrico constante, debido a la implementación de equipos con una ventaja tecnológica y un sistema integrado de fabricación en línea, permite ofrecer a sus clientes un producto de calidad de manera efectiva.

1.4.3 Espacial

El espacio de actuación, involucra las materias primas, en su mayoría, son importadas de Colombia y Corea. La maquinaria que ayuda en el proceso de fabricación es exclusiva de Corea, todas las maquinas con uso de energía eléctrica.

Exportación:

Para poder exportar los productos solo se necesita el certificado de origen, ya que países que están dentro la Comunidad Andina y en este caso se trabaja por la Cámara de Comercio de Lima, la cual acredita que los productos se fabricaron en el Perú.

La fabricación de productos de exportación se realiza con el uso de energía eléctrica proveniente de la Subestación Eléctrica, en condición de trabajo continuo, al contar con equipos de Protección, maniobra, buena coordinación de aislamiento, superando las anomalías que se presenten durante la operación normal y operación fuera de limite, garantizando a Los pobladores que serán alimentados de la Línea Primaria en doble terna, con una mínima salida fuera de servicio de estos

La implementación de una nueva tecnología de protección y maniobra, para el Sistema Eléctrico existente, garantiza solo el aislamiento de la Subestación existente al interior de la fábrica, evitando interrupciones en subestaciones próximas, garantizando que el Medio Social del Área de Influencia del Proyecto, cuente con fluido eléctrico de ocurrir imponderables en el Sistema Eléctrico de CO **ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, lima**, mejorando el medio de vida en cada uno de las viviendas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Actualmente la tecnología aplicada Internacionalmente, es con reducción de espacio y actuación instantánea, coordinada mediante operación de Reles



Figura 1. Interruptor trifásico para Media Tensión, tipo ABB

Fuente.- ASEA BROWN BOVERI, catalogo 2018, Interruptores de maniobra

Los envolventes ABB están hechas de planchas metálicas atornilladas con paneles extraíbles para acceder fácilmente a las conexiones y las tomas. El acabado puede ser galvanizado, pintado o galvanizado y pintado dependiendo de la aplicación y sus requisitos. El diseño ha sido optimizado a fin de garantizar la refrigeración del transformador en todos los niveles de protección. Las envolventes pueden enviarse incorporadas al transformador o separadas para ser ensambladas en el lugar de utilización. La entrada del cable se encuentra en la parte posterior y opcionalmente en la parte superior o en un lateral a través de las cajas de conexiones.

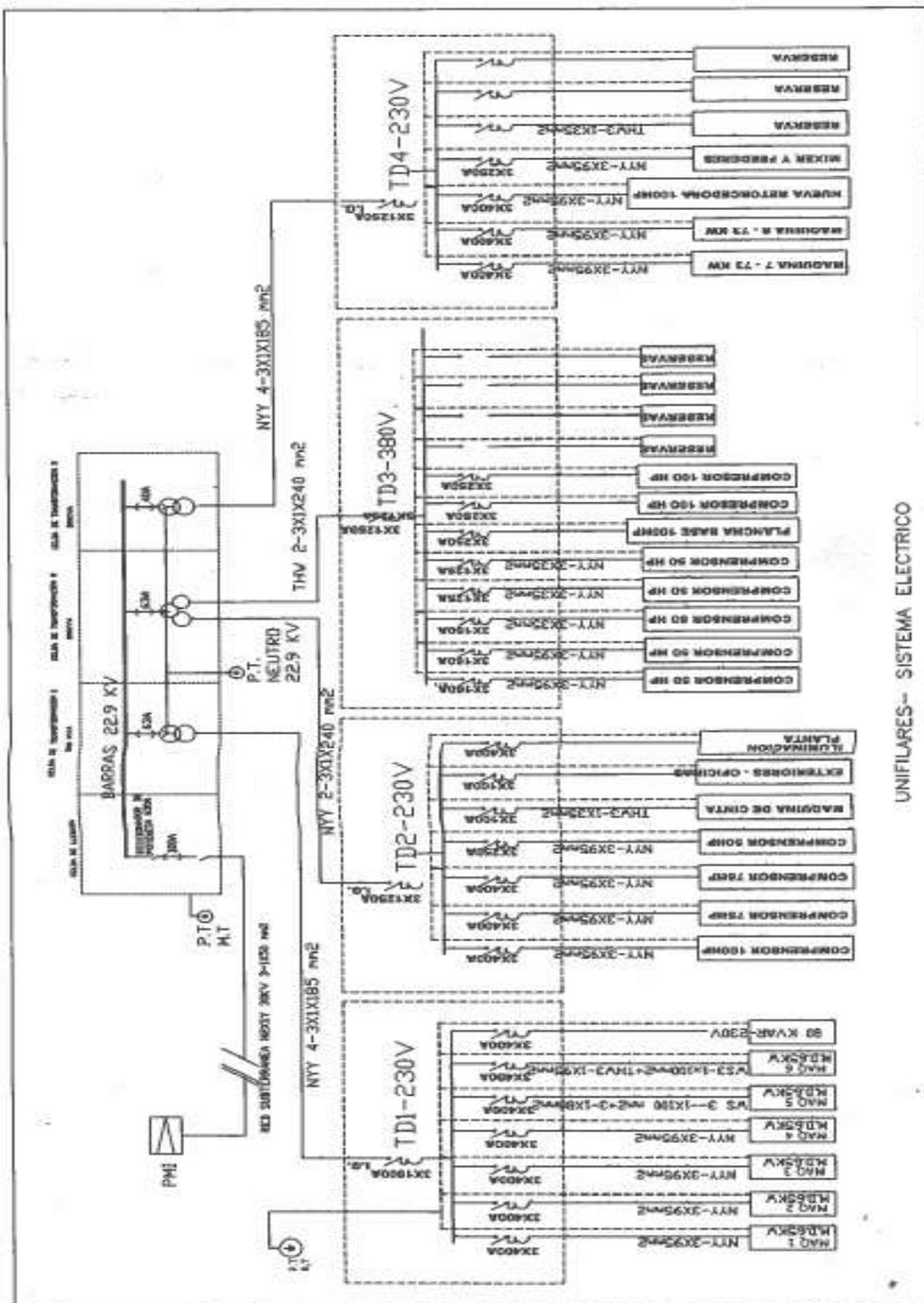


Figura 2. Transformador trifásico para Media Tensión, tipo ABB, tipo Seco, encapsulado

2.1.2 Antecedentes Nacionales.

El presente documento conformado por la presente tesis está basado en Normas y Reglamentos del Código Nacional de Electricidad, Código Nacional de Utilización, la reglamentación de las Empresas Concesionarias locales, reglamentación implantada en el Perú y de cumplimiento obligatorio.

En este punto fue necesario conocer los componentes de las instalaciones eléctricas, las mejoras a realizar tendrán como base teórica, las instalaciones existentes, las cuales están con tecnología de dos décadas anteriores, debiendo contar actualmente con actuación instantáneas, previa coordinación de protección, nuevas tecnologías que involucran la reducción de impactos ambientales negativos, con la finalidad de tomar las acciones para cumplir con las normas técnicas actualizadas y la aplicación reciente de cálculos, metrado, valorización, selección de alternativas técnicas, económicas y sostenibilidad en el tiempo



UNIFILARES-- SISTEMA ELECTRICO

Gráfico 1 Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico en Media y Baja Tensión de CO ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, Lima

Fuente, elaboración propia por graduandos de la Tesis, 2019



Foto 1. Grupo electrógeno para actuación ante interrupciones
Fuente.- Graduandos de Tesis



Foto 2. Tablero en B.T. para señal de arranque
Fuente.- Graduandos de Tesis



Foto 3. Maquinaria de enrollado en conos Control de Calidad
Fuente.- Graduandos de Tesis



Foto 4. Maquinaria de producción de hilos
Fuente.- Graduandos de Tesis



Foto 5. Sistema de compensación por condensadores
Fuente.- Graduandos de Tesis



Foto 6. Sistema de redes eléctricas en bandeja
Fuente.- Graduandos de Tesis



Foto 7. Supervisión de operación De transformador al interior de la planta por Autor de Tesis
Fuente.- Graduandos de Tesis



Foto 8. Sistema de operación de transformador al interior de la planta por autor de Tesis
Fuente.- Graduandos de Tesis



Foto 9. Transformador N° 1 en Aceite, con aislamiento bajo
Fuente.- Graduandos de Tesis



Foto 10. transformador N° 2 en aceite con aislamiento bajo
Fuente.- Graduandos de Tesis



Foto 11. Sistema de Llegada con Equipo de protección, Seccionador de Potencia
Fuente.- Graduandos de Tesis



Foto 12. Cables de comunicación NYY, sistema desactualizado
Fuente.- Graduandos de Tesis



Foto 13. Transformador en aceite Girado 90°, ocupara menos espacio

Fuente.- Graduandos de Tesis



Foto 14. Seccionador de Potencia con 30 años de operación, aislamiento bajo

Fuente.- Graduandos de Tesis



Foto 15. Interruptores de B.T. No cuenta con regulación ante Sobrecargas y Cortocircuito
Fuente.- Graduandos de Tesis



Foto 16. Celda de Interruptores sin mantenimiento

Fuente.- Graduandos de Tesis

EQUIPOS A INSTALAR EN LA SUBESTACIÓN ESTRELLA

Descripción de las celdas

Generalidades

Las celdas 8DJH son celdas de media tensión montadas en fábrica, con ensayos de tipo y libres de mantenimiento, con sistema de embarrado simple. Están diseñadas con envolvente metálica tripolar y aislamiento por gas. Las celdas cumplen con las estipulaciones de la norma IEC 62271-200.

La gama de productos abarca celdas individuales y bloques de celdas, con los cuales se puede realizar casi cualquier disposición de circuitos. La oferta funcional está concebida para múltiples posibilidades de aplicación. Centros de transformación sencillos, centros de transferencia al cliente, amplias instalaciones de celdas para la industria con derivaciones con interruptor de potencia sólo son algunos ejemplos de la gran variedad de aplicaciones.

La cuba de las celdas aisladas en gas 8DJH está clasificada según IEC como "sistema de presión sellado" (sealed pressure system). Es estanco al gas de por vida.

Diseño de celdas individuales y de bloques de celdas

Las celdas individuales y los bloques de celdas constan de los componentes funcionales siguientes:

Bastidor con frente de mando uniforme revestido con chapa de aceroX

Cuba de la celda para alojar los dispositivos de maniobra (tales como el interruptor de potencia al vacío, interruptor de tres posiciones para seccionamiento y puesta a tierra) y el sistema de embarrado

Compartimento de cables

Cuba de la celda

La cuba de la celda está fabricada con acero inoxidable resistente a la corrosión. Las paredes de la cuba y los pasatapas para las conexiones eléctricas y los mecanismos de funcionamiento se unen mediante procesos de soldadura modernos, formado así un sistema sellado. Los dispositivos de

maniobra y los embarrados integrados en la cuba están protegidos contra influencias externas tales como humedad, contaminación, polvo, gases agresivos y animales pequeños. Por este motivo, las celdas también son adecuadas para su empleo en climas extremos o bajo condiciones ambientales agresivas.

Cada celda individual contiene su propia cuba. En bloques de celdas, los dispositivos de maniobra de varias celdas comparten una cuba.

La cuba es llenada en fábrica con hexafluoruro de azufre (SF₆). Este gas no es tóxico, es químicamente inerte y presenta una gran rigidez dieléctrica. No es necesario efectuar trabajos de gas en la obra. Tampoco se precisa controlar el estado del gas o rellenar durante el servicio.

Para supervisar la densidad del gas, cada cuba va equipada con un indicador de disposición de servicio en el frente de mando. La indicación es roja/verde, autoverificante e independiente de la temperatura y de las variaciones de la presión atmosférica del entorno.

Sistema de embarrado

El embarrado está alojado dentro de la cuba bajo envolvente tripolar. En celdas individuales, y opcionalmente también en bloques de celdas, puede ser interconectado con los embarrados de las celdas adyacentes a través de acoplamientos con aislamiento sólido situados a los lados hasta formar un sistema continuo. No es necesario efectuar trabajos de gas ni durante este proceso ni para ampliaciones posteriores.

Compartimento de cables

En todas las derivaciones de anillo, cables, transformador e interruptor de potencia, los cables se conectan a través de pasatapas de resina colada que conducen al interior de la cuba. Los pasatapas están diseñados como sistema de cono exterior según DIN EN 50181.

El compartimento de cables es accesible por delante. Un enclavamiento mecánico asegura que la cubierta del compartimento de cables sólo pueda retirarse si el interruptor de tres posiciones está en la posición A TIERRA. Opcionalmente puede disponerse de otros enclavamientos: El bloqueo de

cierre en las derivaciones de anillo y con interruptor de potencia impide conmutar el interruptor de tres posiciones a la posición CERRADO si la cubierta del compartimento de cables está abierta. De esta manera sigue siendo posible desconectar la puesta a tierra para ensayos de cables. En las salidas a transformador, el bloqueo de desconexión de la puesta a tierra se encarga de mantener la posición A TIERRA mientras esté abierta la cubierta del compartimento de cables.

Los pasatapas en las derivaciones de anillo, cables e interruptor de potencia corresponden al tipo de interfaz C (DIN EN 50181). Son adecuados para la conexión de cables con conectores de cables con aislamiento sólido en el contacto atornillado M16.

Si se utilizan conectores de cables en T adecuados, los ensayos de cables pueden efectuarse directamente en la terminación del cable. No se precisa ninguna toma de ensayo separada.

En la ejecución estándar, las salidas a transformador van equipadas con pasatapas del tipo de interfaz A con contacto enchufable. Opcionalmente también son posibles pasatapas para tipo de interfaz C.

La profundidad de montaje disponible en el compartimento de cables facilita la conexión de cables dobles y simples con descargadores de sobretensión en todos los tipos de celdas y si se utilizan sistemas enchufables actuales. Además, opcionalmente se dispone de cubiertas del compartimento de cables profundizadas, p.ej. para transformadores de tensión en la derivación o sistemas de cables enchufables más antiguos

Dispositivos de maniobra

Interruptores de potencia

Los interruptores de potencia de las celdas 8DJH trabajan en base a la moderna tecnología del corte en vacío. La unidad de corte al vacío está montada en la cuba de la celda conjuntamente con el interruptor de tres posiciones, quedando así protegida contra las influencias medioambientales. Los mecanismos de funcionamiento de los interruptores de potencia se encuentran fuera de la cuba. Tanto los tubos de maniobra como los mecanismos de funcionamiento son libres de mantenimiento.

Los interruptores de potencia disponen del equipamiento básico siguiente:

Mecanismo de funcionamiento libre de mantenimiento para el interruptor de potencia (accionamiento manual, con motor como opción).

Indicador de posición

Maniobra mecánica de CIERRE y APERTURA con pulsadores

Contador de ciclos de maniobra (opción para el interruptor de potencia tipo 2)

Disparo libre (trip-free) según IEC

El interruptor de potencia al vacío tipo LS 1.1 está diseñado para 25 operaciones de corte con corriente asignada de corte en cortocircuito, y facilita la reconexión automática (ARE) con la secuencia de maniobras asignada O-0,3 s-CO-3 min-CO.

Interruptor de tres posiciones

El interruptor de tres posiciones combina las funciones de SECCIONAMIENTO y PUESTA A TIERRA en un dispositivo de maniobra. El número de componentes se reduce considerablemente; el enclavamiento entre las funciones resulta automáticamente debido a su diseño constructivo.

Los polos del interruptor están montados en la cuba de la celda, sin embargo, el mecanismo de funcionamiento se encuentra en el exterior, en la caja del mecanismo frontal. El interruptor se acciona a través de dos aberturas de mando separadas situadas en el frente de mando, lo cual facilita una selección clara de las funciones de SECCIONAMIENTO y PUESTA A TIERRA.

El interruptor de tres posiciones está disponible con las características de equipamiento siguientes:

Mecanismo a resorte libre de mantenimiento

Mecanismo a resorte/con acumulación de energía libre de mantenimiento en combinados interruptor-fusibles

Accionamiento manual para SECCIONAMIENTO y PUESTA A TIERRA mediante palanca giratoria; sólo un sentido de maniobra según

recomendación VDN/VDEW (mecanismo motorizado para SECCIONAMIENTO como opción)

Accionamiento manual para SECCIONAMIENTO y PUESTA A TIERRA mediante palanca giratoria; sólo un sentido de maniobra según recomendación VDN/VDEW (mecanismo motorizado para SECCIONAMIENTO como opción)

Indicadores de posición mecánicos para las funciones de SECCIONAMIENTO y PUESTA A TIERRA

Dispositivo de inmovilización (opción) para impedir maniobras no autorizadas o no intencionadas

Bloque de contactos auxiliares (opción) con 1 inversor + 1 NA + 1 NC para la función de SECCIONAMIENTO, así como 1 inversor + 1 NA + 1 NC para la función de PUESTA A TIERRA

El interruptor de tres posiciones puede realizar la función de SECCIONAMIENTO con corriente asignada bajo carga (seccionamiento bajo carga); la función de PUESTA A TIERRA es con capacidad de cierre.

La interrupción de la corriente en servicio continuo corre a cargo del interruptor de potencia. La función de PUESTA A TIERRA es con capacidad de cierre.

Combinado interruptor-fusibles

Las salidas a transformador tipo T y las celdas de seccionamiento longitudinal tipo H trabajan con un combinado interruptor-fusibles. Este combinado está compuesto por un interruptor-seccionador tal como está descrito en 1.3.2 Además va equipado con un módulo de fusibles aislado en resina colada ubicado debajo de la cuba de la celda. El acceso es posible a través del compartimento de cables. Las tres cámaras de fusibles separadas están conectadas con el interruptor de tres posiciones a través de pasatapas soldados en la cuba y barras de conexión. El combinado interruptor-fusibles está concebido para cartuchos fusibles con aislamiento unipolar con percutor (tipo "medio" según IEC 60282-1). Al dispararse el fusible, el percutor acciona un mecanismo en la celda, que a su vez produce el disparo tripolar del interruptor de tres posiciones. La APERTURA del mecanismo a resorte/con

acumulación de energía también puede realizarse a través de un disparador shunt de apertura (opción).

Transformadores de corriente y de tensión

Los transformadores de corriente en las derivaciones y en el embarrado son de tipo toroidal. Están montados fuera de la cuba a potencial de tierra. De este modo no hay solicitaciones dieléctricas.

Sistema detector de tensión capacitivo

Para verificar la ausencia de tensión, las celdas 8DJH ofrecen varios sistemas detectores de tensión capacitivos para su selección. Las salidas a cables de las derivaciones de anillo, cables e interruptor de potencia siempre van equipadas con un sistema de este tipo; en salidas a transformador puede obtenerse opcionalmente. Los sistemas detectores de tensión para el embarrado pueden instalarse en celdas de seccionamiento o acoplamiento longitudinal, o bien en las extensiones libres del embarrado en las celdas finales del conjunto.

Los sistemas detectores de tensión utilizados en las celdas están descritos a continuación.

Sistema LRM para indicador integrado VOIS+

El sistema LRM es una interfaz de baja resistencia para indicadores capacitivos. El indicador VOIS+ (marca Kries) está firmemente integrado en el frente de la celda.

Este equipo tiene las características siguientes:

Libre de mantenimiento

Indicación de tensión LCD

No precisa tensión auxiliar ni batería

Tomas de ensayo integradas (p.ej. para conectar un comparador de fases)

El sistema requiere ensayos de repetición y funcionamiento regulares (IEC 61243-5). Los intervalos de ensayo están definidos por normas nacionales

NORMAS

		Norma IEC	Norma VDE
Aparamenta (celdas)	8DJH	IEC 62 271-1	VDE 0671-1
		IEC 62 271-200	VDE 0671-200
Aparamenta (dispositivos)	Interruptores de potencia	IEC 62 271-100	VDE 0671-100
	Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra	IEC 62 271-102	VDE 0671-102
	Lasttrennschalter	IEC 60 265-1	VDE 0670-301
	Combinado interruptor-fusibles	IEC 62 271-105	VDE 0671-105
	Fusibles ACR	IEC 60 282-1	VDE 0670-4
	Sistemas detectores de tensión	IEC 61 243-5	VDE 0682-415
Grado de protección	-	IEC 60 529	VDE 0470-1
Aislamiento	-	IEC 60 071	VDE 0111
Transformadores de medida	Transformadores de corriente	IEC 60 044-1	VDE 0414-1
	Transformadores de tensión	IEC 60 044-2	VDE 0414-2
Instalación, montaje	-	IEC 61 936-1/HD 637- S1	VDE 0101

Datos técnicos

Tensiones

Tensión asignada	24.0 kV
Tensión de servicio	10.5 kV
Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial	50 kV
Tensión soportada asignada de impulso tipo rayo	125 kV
Frecuencia asignada	60 Hz

Valores de cortocircuito

Corriente admisible asignada de corta duración I _k	20.0 kA
Duración de cortocircuito asignada	1 s
Valor de cresta de la corriente admisible asignada I _p	52 kA

Valores de corriente

Corriente asignada en servicio continuo del embarrado	630 A
-------------------------------------------------------	-------

Dimensiones

Altura de las celdas (sin absorbedor de presión, compartimento de baja tensión)	1400 mm
Profundidad de la celda (estándar)	775 mm
Distancia lateral a la pared	> 50 mm
SpezifikationText217	> 200 mm
Distancia trasera a la pared para montaje junto a la pared	> 15 mm
Ancho del pasillo de servicio (dependiente de disposiciones nacionales)	
• Recomendado para Alemania	> 800 mm
• Recomendado para ampliación o sustitución de celdas	> 1000 mm
Profundidad del sótano de cables o de la zanja de cables (según el radio de flexión de los cables)	... > 600 mm

Envolvente de las celdas

Clase de separación	PM
Clasificación de arco interno	IAC A FL 20 kA/1 s
Grado de protección de las celdas aisladas en gas (parte primaria)	IP 2X
Grado de protección de la cuba de la celda	IP 67
Grado de protección del compartimento de baja tensión	IP 3X

ISO 9001:2008

Pérdida de continuidad de servicio

Categoría de pérdida de continuidad de servicio LSC (Loss of service continuity)	LSC 2B
• Celdas sin fusibles ACR	LSC 2A
• Celdas con fusibles ACR	

Pérdida de continuidad de servicio

Altitud de emplazamiento	< 3500 m
Temperatura máxima del aire ambiente (valor de la media de 24 h, máximo 35 °C)	55 °C
Temperatura mínima del aire ambiente	-5 °C

Aislamiento

Nivel de llenado asignado (valor absoluto) para aislamiento pre	150 kPa
Nivel de llenado mínimo (valor absoluto) para aislamiento pre	130 kPa

ITEM 02: SUMINISTRO DE TRANSFORMADORES

Transformador de Trifásico Encapsulado marca ELETTROMECCANICA COLOMBO-Italia, fabricado con núcleo de FeSi de grano orientado de elevada permeabilidad magnética y con pérdidas específicas aislado en ambos lados con una capa fina de material inorgánico (Carlyte), y **devanados de aluminio** de alta conductividad impregnados y encapsulados al vacío.

Los transformadores secos ELETTROMECCANICA COLOMBO están certificados con la categoría **E2, C2 y F1** en clase ambiente, condición climática y comportamiento frente al fuego estas categorías aseguran que el transformador puede operar sin problemas en las condiciones más exigentes.

Item 1.1: Transformador Trifásico Seco Encapsulado 1600kVA, 20-10/0.230KV.

Características

Tipo de Transformador	:	Transformador	Trifásico	Seco	Encapsulado
Norma de fabricación	:	IEC60076			
Marca	:	E. COLOMBO			
Potencia	:	1600 kVA			
Tensión Nominal Primario	:	20000± 2x2.5% - 10000± 2x5.00% V			
Tensión Nominal Secundario en vacío	:	230 V			
Grupo de Conexión	:	Dyn5			
Numero de Aisladores Primario	:	3			
Numero de Aisladores Secundario	:	4			
Numero de Fases	:	3			
Clase de aislamiento Prim./Sec.	:	F/F			
Nivel de Aislamiento Primario	:	24/50/125KV			
Nivel de Aislamiento Secundario	:	1.1/3.0KV			
Montaje	:	Interior			
Perdida en vacío	:	1815W.			
Perdida de c.c. 75°C	:	6609W.			
Tensión de c.c. a 75°C	:	6 %			
Corriente de vacío	:	1,3 %			

Nivel de ruido	:	< 60 dB
Frecuencia	:	60Hz
Nivel de descargas parciales	:	< 10 pC
Material de bobinado Prim./Sec.	:	Aluminio/Aluminio
Temperatura ambiental	:	-25 ÷ 40 °C
Altura de operación	:	1000 msnm
Dimensiones ancho x prof. x altura	:	1470 x 800 x1570 mm. (aprox.)
Peso	:	1550 Kg. (aprox.)

Accesorios:

- Caja de centralización lado MT con tablilla de conexiones contactos auxiliares.
- Controlador electrónico de temperatura para el control y visualización de las temperaturas en las bobinas.
 Posibilidad de configuración para alarma y desconexión.
- Tres (03) sondas PT100 para el control de temperatura de los devanados.
- Tablilla de conexiones para la regulación de tensión del $\pm 2 \times 2.5\%$ (para ser maniobrado sin tensión).
- Accesorio para el cambio de media tensión en el lado primario.
- Bornes de entrada en el lado MT.
- Salidas BT con barras.
- Cuatro (04) argollas de elevación.
- Cuatro (04) argollas de traslado.
- Ruedas orientables ortogonalmente.
- Dos (02) bornes de puesta a tierra.
- Placa de características eléctricas.

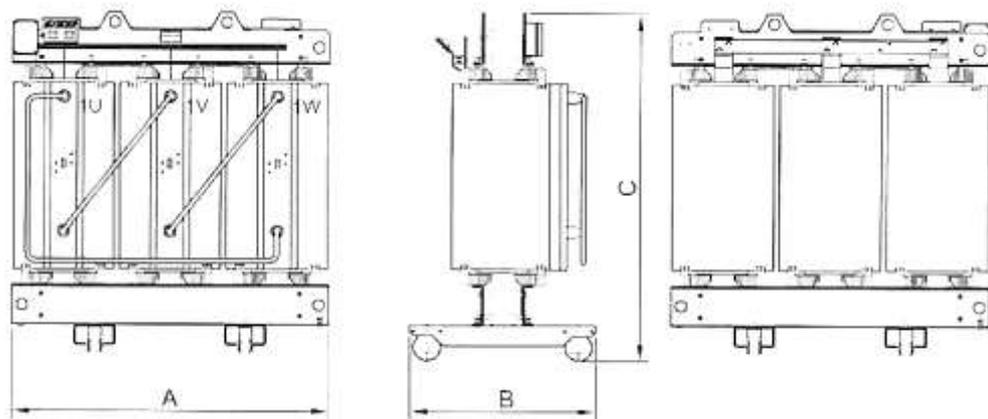


Figura 3. Transformador Trifásico Seco Encapsulado 1600kVA



Foto 17. Transformador Trifásico Seco Encapsulado 1600kVA

PRUEBAS EN FÁBRICA

El Transformador se entregará con sus respectivas certificaciones, manual de instalación del transformador, manual de configuración del relé de temperatura, carta de garantía y los respectivos protocolos de pruebas realizados en la fábrica italiana.

A la vez se realizarán pruebas de rutina en los laboratorios de PROMELSA, conforme indica las normas IEC, y serán presenciales de ser requeridas por el usuario o representante designado.

Se emitirán los respectivos protocolos de prueba.

De acuerdo a la norma IEC 60076, se consideran los siguientes ensayos

Ensayos de Rutina

- * Medida de la resistencia de aislamiento
- * Medida de la resistencia óhmica de los devanados.
- * Medida de la relación de transformación y verificación del acoplamiento
- * Medida de la impedancia de cortocircuito y pérdidas debida a la carga.
- * Medida de las perdidas y de la corriente de vacío
- * Ensayos Dieléctricos Individuales (Tensión aplicada e Inducida).

Ensayos Tipo

Se realizarán a pedido particular del cliente. Prueba de calentamiento e Impulso Eléctrico.

ITEM 03:

SUMINISTRO DE TABLERO DE CONTROL AUTOSOPORTADO

TABLERO AUTOSOPORTADO - PROMELSA

TIPO A.- Tablero metálico de ejecución auto soportado, uso interior. Estructura fabricada con perfiles de plancha doblada de acero de 2mm de espesor; tapas laterales, posterior y techo con plancha metálica de 2mm.

Puerta ciega de plancha metálica de 2mm con cerradura tipo cremona con llave y manija que proporcionan 03 puntos de enganche. Todas las superficies metálicas son pintadas con pintura liquida, color RAL 7032. El ángulo de apertura de las puertas es de 120°. Todo el perímetro de las puertas y paneles incluye empaquetadura que brinda un grado de protección IP54.

Marca PROMELSA.

Características Técnicas.-

Altura de trabajo	:	Hasta 1000 m.s.n.m.
Tensión de aislamiento	:	660Vac
Tensión de servicio	:	380/220Vac
Fases	:	3F+N+T
Frecuencia	:	60 Hz
Grado de Protección	:	IP54
Accesorios	:	Barra a tierra.



Foto 18. Tablero de control autosoportado

Interruptores Automáticos protección de sistemas de 2000A hasta 5000

A

Los interruptores automáticos para protección de circuito general de hasta 5000A, deberán del tipo bastidor abierto (En aire y de ejecución fija), deberán ser fabricados según la norma IEC 60947-2. La regulación térmica de los interruptores con relé electrónico será de 0.4 – 1 In del interruptor.

Características técnicas

- Corriente permanente asignada, In : 5000A/2000A
- Polos : 3 polos
- Tensión asignada de empleo : hasta 1150V/690V
- Ue Frecuencia : 50-60 Hz.
- Tensión asignada de aislamiento Ui : 1250/1000 Volt
- Tensión asignada soportada a impulso : 12kV
- Uimp Poder asignado de corte último : 65kA/30kA (Hasta 1000V)
- Icu Poder asignado de corte de servicio Ics : 100% Icu
- Relé de protección con microprocesador electrónico con regulación
- Protección contra sobrecarga regulable (L) : 0.4 - 1In.
- Protección contra cortocircuito selectivo (S) : 1 - 10In
- Protección contra cortocircuito Instantáneo(I): 1 - 10In
- Categoría de empleo (IEC 60947-3) : B
- Ejecución para instalación : Fija
- Operación : Manual
- Durabilidad mecánica 5000A/2000A : 12 000/25 000 maniobras
- Vida eléctrica 5000A/2000A : 3 000/15 000 maniobras
- Accesorios
- Contactos auxiliares

Interruptores Automáticos protección de sistemas de 1200A

Los interruptores automáticos para protección en las instalaciones para circuito 1200A, deberán estar dotados de un sistema de protección con microprocesado electrónico con regulación, cuyo umbral de protección térmica regulable será acorde a la carga a proteger y la protección magnética regulable deberá no ser inferior a $10I_n$.

Características técnicas

- Corriente permanente asignada, I_n : 1200A
- Polos : 3 polos
- Tensión asignada de empleo U_e : hasta 690V
- Frecuencia : 50-60 Hz.
- Tensión asignada de aislamiento U_i : 1000 Volt
- Tensión asignada soportada a impulso : 8kV
- U_{imp} Poder asignado de corte último I_{cu} : 50kA (Hasta 440V)
- Poder asignado de corte de servicio I_{cs} : 100% I_{cu} (hasta 440V)
- Relé de protección con microprocesador electrónico con regulación
- Protección contra sobrecarga regulable (L) : 0.4 - $1I_n$.
- Protección contra cortocircuito selectivo (S): 1 – 10 I_n o Protección contra cortocircuito Instantáneo(I): 1 - 10 I_n
- Categoría de empleo : B
- Ejecución para instalación : Fija
- Operación : Manual
- Durabilidad mecánica
- De 1000 A a 1600A : 10 000 maniobras
- Vida eléctrica
- De 1000 A a 1600A : 2000 maniobras
- Accesorios
- Contactos auxiliares

ALCANCE DEL SERVICIO

Item	Descripción	Unidad	Cantidad
1.00	Trabajos Preliminares		
1.02	Traslado de equipos, herramientas y materiales	glb	1.00
1.03	Gestión ante concesionaria y municipalidad, incluye pago de permisos	glb	1.00
1.04	Almacén e instalaciones provisionales	glb	1.00
1.05	Movilización y desmovilización	glb	1.00
1.06	Seguridad y Prevención de Riesgos en Obra, expediente de seguridad	glb	1.00
2.00	Suministro de Materiales		
2.01	Cable N2XSY 3x50 mm2 18/30 Kv	m	370.00
2.02	Terminaciones Interiores Termocontraibles 3-1x50mm2 - 25KV	kit	8.00
2.03	Ductos de 2 vías	und	255.00
2.04	Cable N2XSY 3x50 mm2 18/30 Kv (Para Interconexión)	m	22.00
2.05	Bandeja y soportaría	m	25.00
2.06	Cable N2XOH 3-1x300 mm2	m	108.00
2.07	CABLE NH-80 750V 95mm2 TIERRA	m	80.00
2.08	Materiales de puesta a tierra	und	2.00
2.09	Kit de seguridad (guantes dieléctricos, Pértiga, revelador de tensión, banqueta aislante, botas dielectricas, casco + gabinete metálico)	und	1.00
2.10	Consumibles	glb	1.00
3.00	Obras civiles - Red Subterránea de MT 20kV		
	Obras Preliminares		
3.01	Movilización de Equipos, Herramientas y maquinarias	glb	1.00
3.02	Trazo y replanteo para Subestación	glb	1.00
3.03	Implementos de Seguridad	glb	1.00
3.04	SCTR	glb	1.00
3.05	Baño Portatil DISAL	glb	1.00
	Subestación Eléctrica / Refacción		
	Estructura Metálico		
3.06	Mantenimiento y Refacción de puertas metálicas	und	2.00
3.07	Acondicionamiento de bases civiles, para nuevos equipos	glb	1.00
3.08	Soportes para celdas y transformadores, suministro e instalación	glb	1.00
	Recorrido de Red (Tendido Cables MT)		
3.09	Trazo y Replanteo para excavación	ml	290.00
3.10	Corte de vereda para zanja	glb	1.00
3.11	Demolición de vereda	glb	1.00
3.12	Eliminación de desmontaje de producto de demoliciones y retiro	glb	1.00
3.13	Excavación de zanja recorrido de Red	m3	232.00
3.14	Solado concreto para zanja Fc= 175 kg/cm2	m3	9.00
3.15	Ductos de concreto 2 vías	ml	255.00
3.16	Tierra cernida compactada	m3	70.00
3.17	Base afirmado	m3	25.00
3.18	Ladrillo	und	1,500.00

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
3.19	Cinta de seguridad (Señalización)	ml	242.67
3.20	Reposicion de vereda	glb	1.00
3.21	Eliminacion de Desmonte producto de excavacion	m3	68.00
Buzones			
3.22	Excavacion para buzones (17m3)	und	3.00
3.23	Armadura de acero para buzón	kg	285.00
3.24	Encofrado y Desencofrado	m2	18.20
3.25	Concreto Fc=210kg	m3	2.48
3.26	Tapa de Concreto con acero	und	3.00
3.27	Eliminacion de Desmonte producto de excavacion	glb	1.00
4.00	Red Eléctrica Subterránea en Media Tensión		
4.01	Tendido de cable N2XSY 3x70mm2 18/30kV	m	392.00
SUBESTACION N°1			
4.02	Montaje de Celda de Remonte 24kV SE01	m	2.00
4.03	Montaje de Celda de Protección c/Int. 630A 24kV a SE01	kit	1.00
4.04	Montaje de Celda de Secc/Fusible de Salida Transformador 630kVA	m	2.00
4.05	Montaje de Celda de Transformacion de 630kVA	m	2.00
4.06	Montaje de Tablero General BT TG SE01	und	1.00
4.07	Montaje de Transformador Trifasico Seco 630kVA, 20-10/0.230kV, incluye rieles tipo "C"	und	2.00
4.08	Instalacion de Terminaciones interiores p/cable N2XSY de 70mm2 25kV	und	6.00
4.09	Cableado de Sistema de Puesta a Tierra	und	1.00
4.10	Construccion de Pozo a Tierra	und	2.00
4.11	Conexionado de Señales de Control y Fuerza	und	1.00
4.12	Conexionado a Tablero existente	und	1.00
4.13	Montaje de Kit de Seguridad	cjto	1.00
4.14	Alquiler de grua para ingreso de equipos	glb	1.00
4.15	Alquiler de grupo electrogeno para corte de energia	glb	1.00
4.16	Instalacion de bandejas y soporteria	cjto	1.00
DESMONTAJE DE EQUIPOS EXISTENTES			
Desmontaje de la Subestación N°01			
4.17	Desmontaje de Transformador Existente	glb	2.00
4.18	Desmontaje de Celdas	glb	1.00
4.19	Desmontaje de sistemas de barras	glb	1.00
4.20	Desconexionado y retiro de equipos	glb	1.00
4.21	Traslado de equipos a almacen del cliente, en el hospital	glb	1.00
5.00	Trabajos Finales Conforme a Obra		
5.01	Seteo y configuracion de relés de proteccion	glb	1.00
5.02	Pruebas y Puesta en Servicio	glb	1.00
5.03	Capacitacion a personal Hospital	glb	1.00
5.04	Elaboracion de Expediente Conforme a Obra	glb	1.00

2.2 Bases Teóricas

a) El sistema de protección y maniobra

El sistema de protección de los equipos y/o instalaciones del sistema eléctrico tiene como objetivos:

1. Detectar las fallas para aislar los equipos o instalaciones falladas tan pronto como sea posible
2. Detectar y alertar sobre las condiciones indeseadas de los equipos para dar las alertas necesarias; y de ser el caso, aislar al equipo del sistema
3. Detectar y alertar sobre las condiciones anormales de operación del sistema; y de ser el caso, aislar a los equipos que puedan resultar perjudicados por tales situaciones. El sistema de protección debe ser concebido para atender una contingencia doble; es decir, se debe considerar la posibilidad que se produzca un evento de falla en el sistema eléctrico, al cual le sigue una falla del sistema de protección, entendido como el conjunto Relé-Interruptor. Por tal motivo, se debe establecer las siguientes instancias:
 - 3.1. Las protecciones principales (primaria y secundaria) que constituyen la primera línea de defensa en una zona de protección y deben tener una actuación lo más rápida posible (instantánea).
 - 3.2. Las protecciones de respaldo que constituyen la segunda instancia de actuación de la protección y deberán tener un retraso en el tiempo, de manera de permitir la actuación de la protección principal en primera instancia. Estas protecciones son las siguientes:
 - 3.2.1. La protección de falla de interruptor que detecta que no ha operado correctamente el interruptor que debe interrumpir la corriente de falla y, por tanto, procede con la apertura de los interruptores vecinos para aislar la falla.
 - 3.2.2. La protección de respaldo, la cual detecta la falla y actúa en segunda instancia cuando no ha actuado la protección principal. Para ser un verdadero respaldo, este relé debe ser físicamente diferente de la protección principal.

El Sistema de Protección está constituido por las protecciones antes mencionadas y, además, por las protecciones preventivas y las protecciones incorporadas en los equipos. Para cada uno de ellos se debe definir su operación, de manera de detectar las condiciones antes mencionadas, las cuales requieren de su inmediata intervención; pero, asimismo, no causando ninguna perturbación al sistema con ninguna actuación indebida durante la operación normal del sistema, bajo todas las condiciones de generación y demanda, así como en cualquier configuración posible del sistema eléctrico.

En general, las protecciones son diseñadas para operar en dos formas distintas: como Protecciones Unitarias para detectar fallas en una zona de protección o como Protecciones Graduadas para detectar fallas en más de una zona de protección.

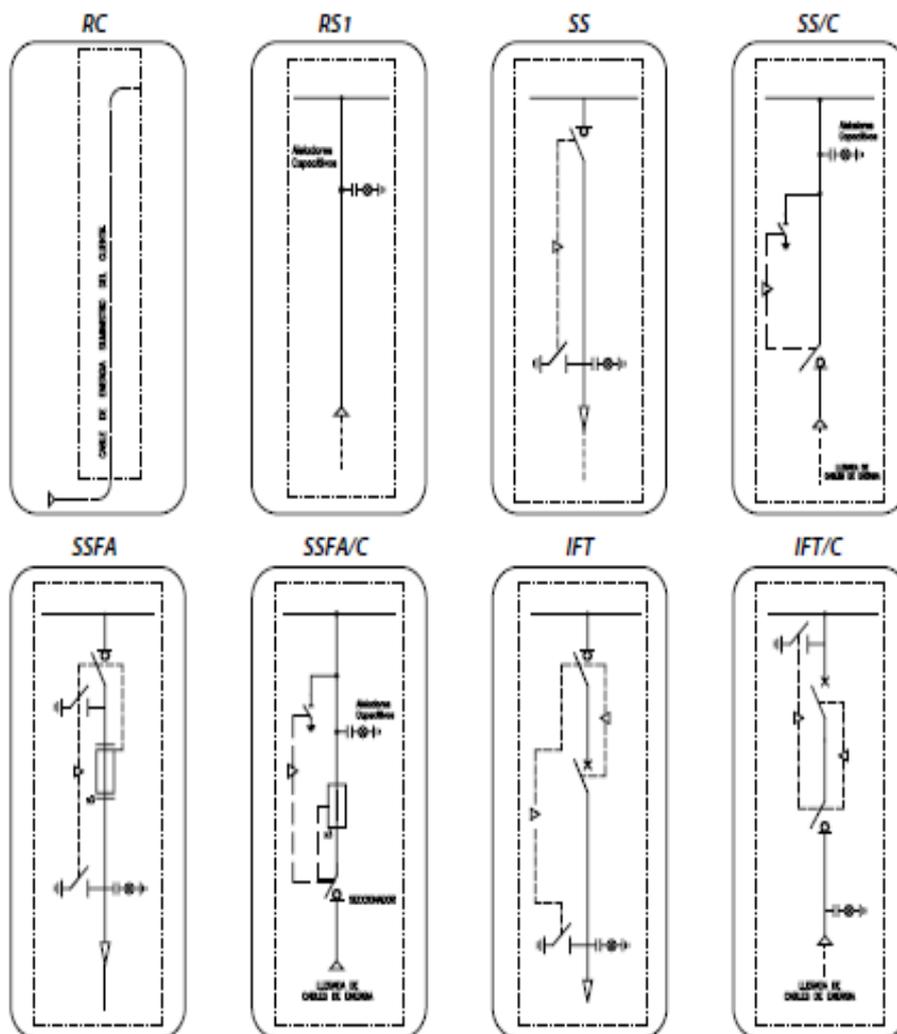


Gráfico 2 Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico en Media Tensión a instalar en CO ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, Lima
Fuente.- Catalogo de Soluciones Eléctricas Industriales, 2019 ver www.promelsa.com.pe

Principales Unidades	
Modelo	Descripción
RC	Celda de remonte de cables, sin barras
RS1	Celda de remonte de cables, con barras, aisladores capacitivos e indicadores de tensión.
SS	Celda de salida con seccionador bajo carga, seccionador de puesta a tierra, aisladores capacitivos e indicadores de tensión.
SS/C	Celda de llegada con seccionador invertido, seccionador de puesta a tierra, aisladores capacitivos e indicadores de tensión.
SSFA	Celda de protección/salida con seccionador bajo carga combinado con base portafusibles, seccionador de puesta a tierra, aisladores capacitivos e indicadores de tensión.
SSFA/C	Celda de protección/llegada con seccionador invertido, combinado con base portafusibles, seccionador de puesta a tierra, aisladores capacitivos e indicadores de tensión.
IFT	Celda de protección/salida con Interruptor en vacío, seccionador bajo carga, seccionador de puesta a tierra, aisladores capacitivos, indicadores de tensión, relé de protección, TCs de protección, cargador de baterías y baterías
IFT/C	Celda de protección/llegada con Interruptor en vacío, seccionador invertido, seccionador de puesta a tierra, aisladores capacitivos, indicadores de tensión, relé de protección, TCs de protección, cargador de baterías y baterías



Gráfico 3 Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico en Media Tensión a instalar en CO ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, Lima
Fuente.- Catalogo de Soluciones Eléctricas Industriales, 2019 ver www.promelsa.com.pe

Conceptual.-

Analizado las interferencias ocurridas constantemente, se pudo definir el equipamiento con nueva tecnología que permita la maniobra y protección, con riesgo mínimo, superando con esta nueva tecnología, la tecnología de retardo limitado en la actuación de los equipos de protección, uso de espacios menores, mejoras ambientales por el desuso del aceite en transformadores.

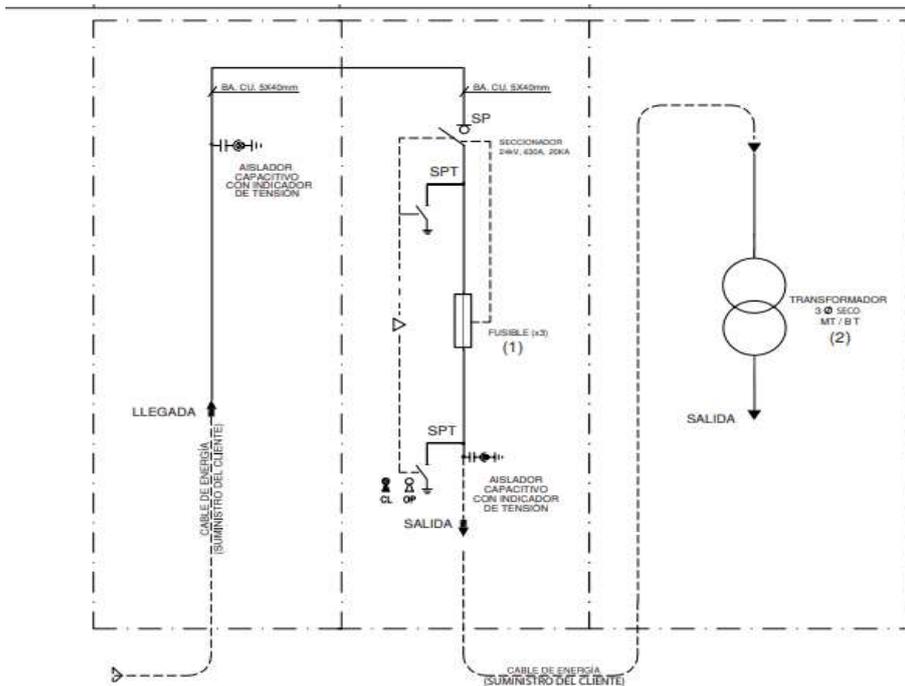


Gráfico 4 Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico en Media Tensión a instalar en CO ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, Lima
 Coordinado con personal técnico de Promelsa
 Fuente.- Catalogo de Soluciones Eléctricas Industriales, 2019 ver www.promelsa.com.pe

Celda de remonte, Celda con Interruptor de Potencia y Celda con Transformador Seco

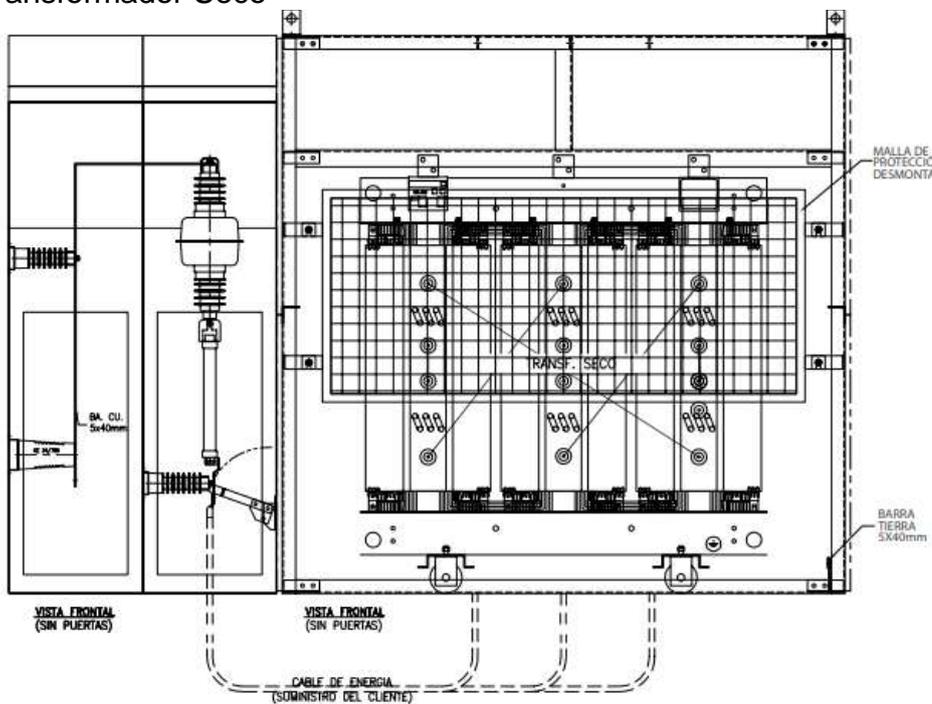


Gráfico 5 Diagrama Unifilar de CELDAS ELECTRICAS del Sistema Eléctrico en Media Tensión a instalar en CO ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, Lima
 Fuente.- Graduandos de Tesis

b) Transformadores secos

Concepto básico de transformadores:

Permite elevar o reducir la tensión en un sistema eléctrico de corriente alterna. La energía eléctrica es transformada de un cierto nivel de tensión, a un nivel menor de tensión por medio de interacciones electromagnéticas.

Concepto de transformadores secos:

Los transformadores de tipo seco proporcionan una fuente de energía segura y confiable que no requiere bóvedas a prueba de incendios, recipientes de recolección o ventilación de gases tóxicos. Estos importantes factores de seguridad permiten la instalación de transformadores de tipo seco en zona industrial, como es el presente caso, mejorando la regulación general del sistema y reduciendo las costosas pérdidas en la línea secundaria (Baja tensión).

Este tipo de transformadores han demostrado a lo largo de los años ser altamente confiables, "Tipo seco" simplemente significa que se enfría con la ventilación de aire normal. El transformador de tipo seco no requiere un líquido como aceite o silicona o cualquier otro líquido para enfriar el núcleo eléctrico y las bobinas. Los transformadores de tipo seco cambian la tensión y el dispositivo de aislamiento se enfría por aire en lugar de refrigerarse por líquido. La carcasa del transformador está ventilada para permitir que el aire fluya y enfríen las bobinas.

Tipo de transformadores secos

Transformadores secos abiertos

Los transformadores de distribución tipo seco abierto son transformadores en los cuales el núcleo y devanado no están sumergidos en líquido aislante; son tipo abierto porque ninguno de sus devanados es encapsulado con aislamiento sólido, por lo cual sus devanados tienen contacto directo con el aire.

Transformadores encapsulados al vacío

Los transformadores de tipo seco encapsulado al vacío están diseñados a prueba de humedad y son adecuados para funcionar en ambientes húmedos o muy contaminados. Son los transformadores idóneos para funcionar en ambientes que presenten una humedad superior al 95 % y en temperaturas por debajo de los -25 °C.

Transformadores con fibra de vidrio

Transformadores con fibra de vidrio reforzada que ofrece un diseño extremadamente robusto y alto desempeño para soportabilidad a esfuerzos por corto circuito, operando en condiciones y procesos críticos en diferentes segmentos de la industria, con un desarrollo tecnológico de más de 40 años.

c) Seccionadores de Potencia

Concepto básico:

Aparato mecánico de maniobra sin carga que, por razones de seguridad, asegura, en posición de abierto, una distancia de aislamiento y que se emplea para aislar un elemento de una red eléctrica o una parte de la misma del resto de la red, con el fin de ponerlos fuera de servicio, o para llevar a cabo trabajos de mantenimiento.

Capacidad de ruptura de los aparatos

El poder o capacidad de ruptura de los aparatos se expresa en amperios (KA eficaces) para las diferentes sobreintensidades que se pueden producir en los mismos.

Corriente de ruptura: es la corriente que puede cortar un interruptor o disyuntor siendo medido este valor, por convención, en el preciso instante en que se separan los contactos de corte.

El poder de ruptura de un aparato, designa la mayor intensidad de corriente que puede cortar un aparato en unas condiciones de empleo dadas, aunque se distingue el poder de ruptura en servicio normal y en cortocircuito.

El poder de conexión expresa la mayor corriente que este aparato es capaz de cerrar a una temperatura dada y en las características prescritas de empleo y

funcionamiento sin que existan deterioros, aunque se distingue el poder de conexión en servicio normal y en cortocircuito.

Nivel de aislamiento

Representa la aptitud del aparato para aguantar las sobretensiones a frecuencia industrial, las sobretensiones de origen atmosférico y las sobretensiones de maniobra de frente escarpado.

Esta aptitud o nivel de aislamiento vienen definidos por: la tensión de ensayo a la frecuencia industrial, la tensión de ensayo a impulso tipo rayo y la tensión de ensayo de impulso tipo maniobra.

Representa la aptitud del aparato para aguantar las sobretensiones a frecuencia industrial, las sobretensiones de origen atmosférico y las sobretensiones de maniobra de frente escarpado.

Esta aptitud o nivel de aislamiento vienen definidos por: la tensión de ensayo a la frecuencia industrial, la tensión de ensayo a impulso tipo rayo y la tensión de ensayo de impulso tipo maniobra.

- Seccionador de cuchillas giratorias
- Seccionador de cuchillas deslizantes
- Seccionadores de columnas giratorias
- Seccionadores de pantógrafo

FORMULAS PARA EL CALCULO DE LLAVES Y CONDUCTORES PARA LA SUBESTACIÓN TIPO SUPERFICIE, UBICADO EN LA CO ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., DISTRITO ATE, LIMA

Para el cálculo de las llaves tendremos en cuenta la coordinación de las protecciones entre un ITM (interruptor termomagnético) con un contactor y un relé térmico. Ya que el objetivo de la misma es interrumpir, a tiempo y sin peligro para el personal y las instalaciones, una corriente de sobrecarga de 1 a 10 veces la corriente nominal del motor o una corriente de cortocircuito menos a 10 veces la corriente nominal del motor.

Aplicaremos la norma IEC 947-6-2 o Coordinación total, esta norma nos dice que no debe existir ningún peligro para las personas y para las instalaciones.

No se permite ningún daño o soldadura en los componentes del sistema de arranque. Se puede en servicio nuevamente sin precauciones particulares. Mantenimiento reducido y rápida puesta en servicio después de la falla.

Cuando se tiene una maquina con una muy alta criticidad es conveniente protegerlo contra todo posible daño, para ello se tendrá que gobernar los siguientes parámetros: Corriente, Tensión, Frecuencia, Temperatura, etc.

Los sensores de los circuitos deben ser instalados en las 3 fases, además de tener un circuito de gobierno común (consola), que permita controlar la totalidad de la característica de la máquina.

El diseño deberá considerar que cuando actúen los elementos de protección, no deberán ser reseteados automáticamente, es recomendable detectar cual ha sido la causa o motivo por el cual ha actuado. Esta nueva norma formaliza el concepto de “continuidad de servicio”.

- **Para el cálculo del ITM:**

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_n \times FP \times EF}$$

$$I_{dis} = 1.2 \times I_n$$

Donde:

I_{dis} : Corriente de diseño

I_n : Corriente nominal

V_n : Voltaje nominal

FP : Factor de potencia

EF : Eficiencia de la maquina

P : Potencia del motor en KW

- **Para el cálculo de los conductores:**

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_n \times FP \times EF}$$

$$I_{dis} = 1.25 \times I_n$$

Donde:

I_{dis} : Corriente de diseño

I_n : Corriente nominal

V_n : Voltaje nominal

FP : Factor de potencia

EF : Eficiencia de la maquina

P : Potencia del motor en KW

También tendremos en cuenta para el cálculo de los conductores la caída de tensión a corriente nominal y cálculo de caída de tensión por corriente de arranque, para ello usaremos la siguiente formula:

- **CAÍDA DE TENSIÓN A CORRIENTE NOMINAL:**

$$S_{cu} = \frac{0.0309 \times L \times I_n \times FP}{2.5\% V_n}$$

- **CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN POR CORRIENTE DE ARRANQUE**

$$\Delta V = \frac{0.0309 \times L \times I_n \times FP}{V_n}$$

Donde:

S_{cu} : Sección del conductor

ΔV : Valor de caída de tensión.

I_n : Corriente nominal

V_n : Voltaje nominal

FP : Factor de potencia

L : Distancia del ITM al motor.

Tabla 1 *Datos técnicos de los transformadores secos recomendados para subestación tipo superficie, ubicado en la Co Estrella del Perú S.A.C., distrito Ate, Lima*

POTENCIA	5 KVA HASTA 30000KVA
LADO DE MEDIA TENSION	
TENSION NOMINAL	4.16,7.62,10,13.2,20,22.9,33kV
TENSION MAXIMA DE AISLAMIENTO	12,17.5,24,36kV
TENSION DE PRUEBA A 60 Hz	28,38,50,70
NUMERO DE TERMINALES	3,4
CONEXIÓN	Delta, Estrella
LADO DE BAJA TENSION	
TENSION NOMINAL	230,380,400,460,480,600
TENSION MAXIMA DE AISLAMIENTO	1.1kV
TENSION DE PRUEBA A 60Hz	3kV
NUMERO DE TERMINALES	3,4,6,7
CONEXIÓN	Delta, Estrella
GRUPO DE CONEXIÓN	Dyn5,Dd6,Dd0,Yyn6,Yyn0
FRECUENCIA	50, 60 Hz
TIPO DE MONTAJE	Exterior, Interior
RANGO DE ALTURA DE OPERACIÓN	Según pedido al fabricante
NORMAS DE REFERENCIA	
DISEÑO, FABRICACION Y PRUEBAS	IEC-60076, NTP 370.002

Fuente.- Graduandos de Tesis

CALCULO DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA PARA LA SUBESTACIÓN TIPO SUPERFICIE, UBICADO EN LA CO ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., DISTRITO ATE, LIMA

DATOS NECESARIOS

P ₀ = Resistividad del terreno	=	100 OHM-m
I _{CC} = Corriente de cortocircuito	=	10 KArnp.
ρ _{si} = Resistividad superficial del terreno dentro de la subestación	=	3,000 OHM-m
ρ _{SE} = Resistividad superficial del terreno al exterior de la subestación	=	1,000 OHM-m
T = Tiempo de apertura de los relés de potencia	=	0.1 71 seg.
L = Longitud de la subestación	:	40 m
A = Ancho de la subestación	:	36 mt
h = Profundidad de enterramiento	:	1 mt
ρ _H = Resistividad promedio del hombre entre ambos pies	:	1,000 OHM

CÁLCULOS

a) Máxima tensión de toque permisible

$$E_T = \rho \sqrt{\frac{0.027}{T}} \quad ; \quad \rho = \rho_H + 1.5\rho_{si}$$

$$E_T = (1,000 + 1.5 \times 3,000) \sqrt{\frac{0.027}{0.171}}$$

$$E_T = 2,185.48 \text{ V}$$

b) Máxima tensión de paso permisible

$$E_{\rho} = \frac{165 + \rho_{SE}}{\sqrt{T}}$$

$$E_{\rho} = \frac{165 + 1,000}{\sqrt{0.171}}$$

$$E_{\rho} = 2,817.27 \text{ V}$$

c) Cálculo de la resistencia de puesta a tierra teórica

Fórmula que es una simplificación de la fórmula de Schwarz

$$R_T = 0.443 \frac{\rho_o}{\sqrt{LxA}}$$

$$R_T = 0.443 X \frac{100}{\sqrt{40x36}}$$

$$R_T = 1.17 \text{ OHM}$$

d) Cálculo del conductor

Donde:

S = Sección en mm²

T_m = Máxima temperatura permisible en °C

T_a = Temperatura ambiente en °C = 30°

t = Tiempo de apertura de relés = 0.171 seg.

$$S = \frac{I_{cc}}{1973 \sqrt{\text{Log} \left(\frac{T_m - T_a}{\frac{234 + T_a}{33t}} + 1 \right)}}$$

La temperatura de fundición del cobre es de 1083°C. Para el cálculo recomendamos un factor de seguridad de 3.

Así:

$$T_M = \frac{1083}{3} = 361 \text{ °C}$$

Luego la sección del conductor será

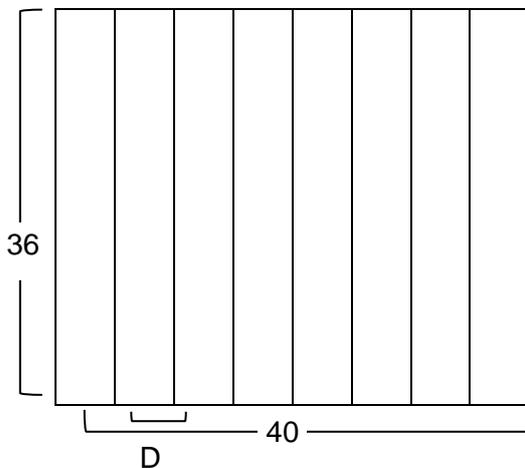
$$S = \frac{10,000}{1,973 \sqrt{\log \left(\frac{361-30}{234+30} + 1 \right) \frac{33 \times 0.171}{}}}$$

$S = 20.26 \text{ mm}^2$ que corresponde a un N° 4 AWG (21.2 mm^2)

Así tendremos, $d = 5.95 \text{ mm}$

Las Normas VDE indican que el valor máximo de temperatura permisible es de $200 \text{ }^\circ\text{C}$, lo que nos daría una sección de 25.9 mm^2 que corresponde a un N° 3 AWG ($6.7 \text{ mm } \Phi$) por no ser comercial este conductor pasaríamos al calibre superior N° 2 AWG. ($7.41 \text{ mm } \Phi$)

e) Con estos datos hacemos una configuración preliminar. Así escogemos lo siguiente que nos muestra 9 líneas paralelas.



Suponemos que el esparcimiento D es uniforme, así tendremos:

$$D = \frac{40}{8}$$

$$D = 5 \text{ metros}$$

Gráfico 6 División de Malla de Puesta a Tierra

Calculamos ahora la tensión toque:

$$E_T = KmKi \frac{\rho_0}{L} I_{cc}$$

Donde:

$$Km = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{D^2}{16hd} + \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{3}{4} \right) \left(\frac{5}{6} \right) \dots \left(\frac{2n-3}{2n-2} \right)$$

D = espaciamento entre conductores (m)

h = profundidad de enterramientos (m)

d = diámetro del conductor (m)

n = N° de conductores en paralelo

L = longitud total del conductor (m)

$$Km = \frac{1}{2\pi} Ln \frac{5^2}{16 \times 1.0 \times 0.00595} + \frac{1}{\pi} Ln \left(\frac{3}{4} \right) \left(\frac{5}{6} \right) \dots \left(\frac{2n-3}{2n-2} \right)$$

D = espaciamento entre conductores (m)

h = profundidad de enterramientos (m)

d = diámetro del conductor (m)

n = N° de conductores en paralelo

L = longitud total del conductor (m)

$$Km = \frac{1}{2\pi} Ln \frac{5^2}{16 \times 1.0 \times 0.00595} + \frac{1}{\pi} Ln \left(\frac{3}{4} \right) \left(\frac{5}{6} \right) \dots \left(\frac{15}{16} \right)$$

$$= 0.8866 - 0.2975$$

$$Km = 0.5891$$

$$Ki = 0.65 + 0.172n$$

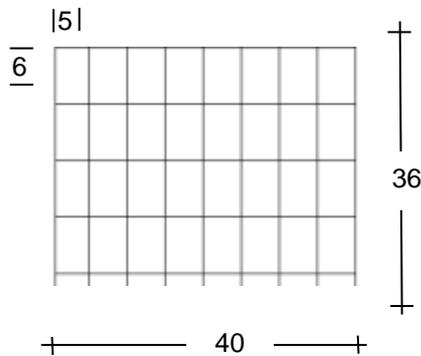
$$Ki = 2.198, \text{ como } Ki > 2, \text{ tomamos } Ki = 2$$

Luego:

$$E_T = 0.5891 \times 2.0 \times \frac{100}{404} \times 10,000$$

$$E_T = 2,916 \text{ V que es mayor } E_T \text{ permisible}$$

f) Aquí podemos incrementar la longitud del conductor. Podríamos tener entonces la siguiente configuración:



NOTA:

Obsérvese que no hemos incrementado el N° de conductores paralelos críticos y por tanto K_m y K_i tienen el mismo valor.

Luego:

$$E_T = 0.5891 \times 2.0 \times \frac{100}{604} \times 10,000$$

$E_T = 1950.66$ V que es menor E_T permisible.

Gráfico 7 División horizontal y vertical de Malla de Puesta a Tierra

Ahora calculamos la tensión de paso, la cual viene dada por la siguiente fórmula:

Donde:

$$E_p = K_s K_i \rho_0 \frac{I_{cc}}{L}$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \dots + \frac{1}{(n-1)D} \right]$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2 \times 1.0} + \frac{1}{5+1.0} + \frac{1}{5} + \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{5} \right) \right]$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} [0.5 + 0.1667 + 0.3436]$$

$$K_s = 0.3216$$

Luego:

$$E_p = 0.3216 \times 2.0 \times \frac{100}{604} \times 10,000$$

$E_p = 1064,80 \text{ V}$ Valor que es menor que E_p permisible

g) Cálculo de la resistencia de puesta a tierra real

$R_R = \frac{\rho_0}{L_R} + 0.443 \times \frac{\rho_0}{\sqrt{L \times A}}$ (Fórmula simplificada de Schwartz, introduciendo la longitud real).

donde:

$L_R =$ longitud real del conductor

$$R_R = \frac{100}{604} + 0.443 \times \frac{100}{\sqrt{40 \times 36}}$$

$$R_R = 1.3330 \text{ OHM}$$

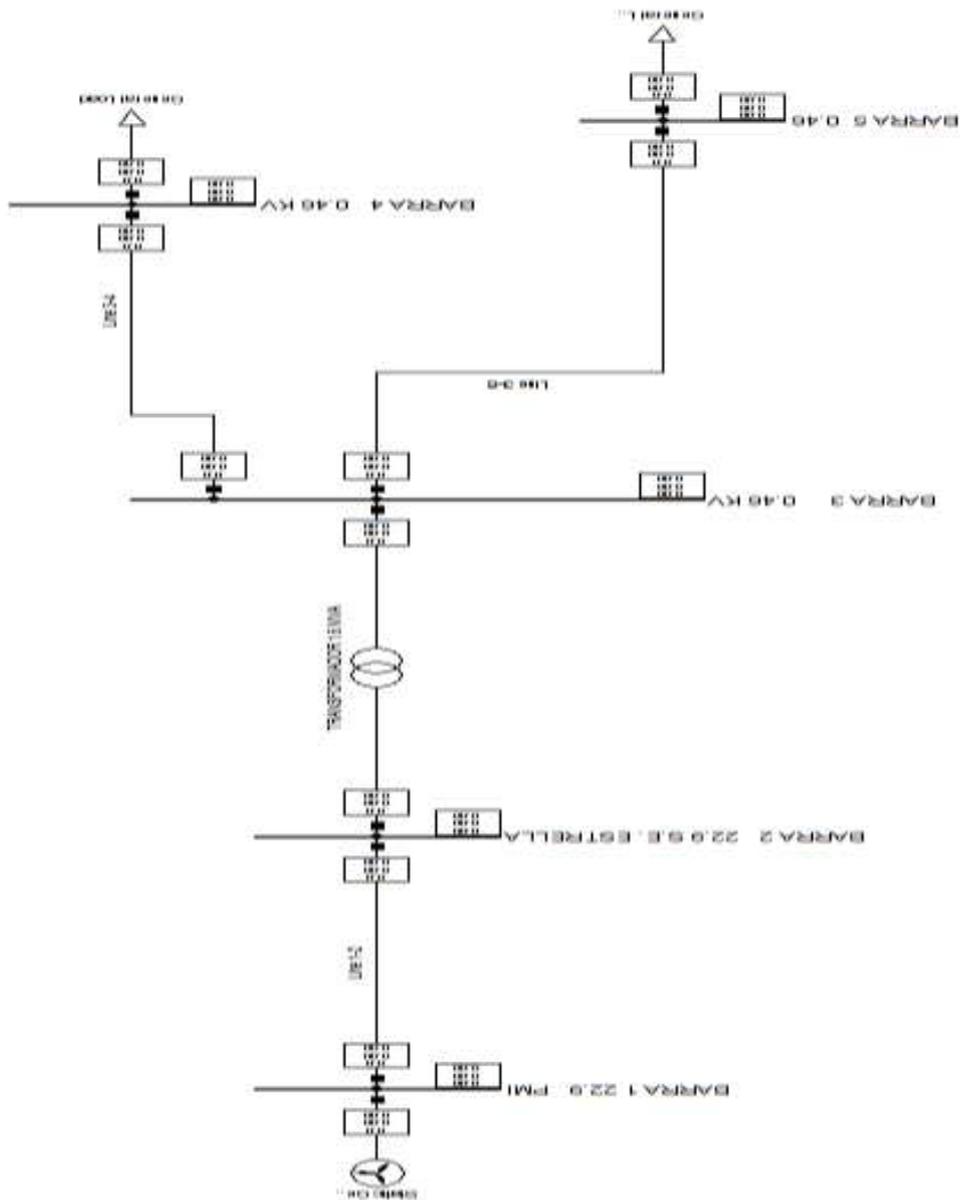


Grafico N° 8.- valores de corriente de falla en el sistema eléctrico
Fuente.- Graduados de Tesis

Tabla 2 Datos obtenidos por el Dig SILENT.

Dig Silent										Project		Co Estrella			
Fault Locations with Feeders					3-Phase Short-Circuit /Max. Short-Circuit Currents										
Short-Circuit Calculation according to VDE0102															
Asynchronous Motors		Grid Identification			Short-Circuit Duration										
Always Considered		Automatic			Break Time					0.10 s					
					Fault Clearing Time (lth)					1.00 s					
Decaying Aperiodic Component (IDC)		Conductor Temperature			c-Voltage Factor										
Using Method	B	User Defined	No	User Defined						No					
Grid: ESTRELLA.		System Stage: ESTRELLA.									Annex /1				
		rtd.V.		Voltage		c-	Sk"		Ik"		ip	lb	Sb	lk	lth
		[kV]		[kV]	[deg]	Factor	[MVA/MVA]	[kA/kA]	[deg]	[kA/kA]	[kA]	[MVA]	[kA]	[kA]	
BARRA 3		22.00		0.00	0.00	1.10	318.41 MVA	8.36 kA	-53.73	13.34 kA	8.36	318.41	8.36	8.37	
Linea 1.3		BARRA 2					318.41 MVA	8.36 kA	126.27	13.34 kA					
BARRA 2		22.00		0.00	0.00	1.10	363.22 MVA	9.53 kA	-56.07	15.51 kA	9.53	363.22	9.53	9.55	
Linea 12		BARRA 1					363.22 MVA	9.53 kA	123.93	15.51 kA					
Linea 1.3		BARRA 3					0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA					
BARRA 1		22.00		0.00	0.00	1.10	500.00 MVA	13.12 kA	-63.43	22.99 kA	13.1	500.00	13.1	13.1	
Linea 12		BARRA 2					0.00 MVA	0.00 kA	0.00	0.00 kA					
Generador							500.00 MVA	13.12 kA	-63.43	22.99 kA					

Fuente. - Graduandos de Tesis

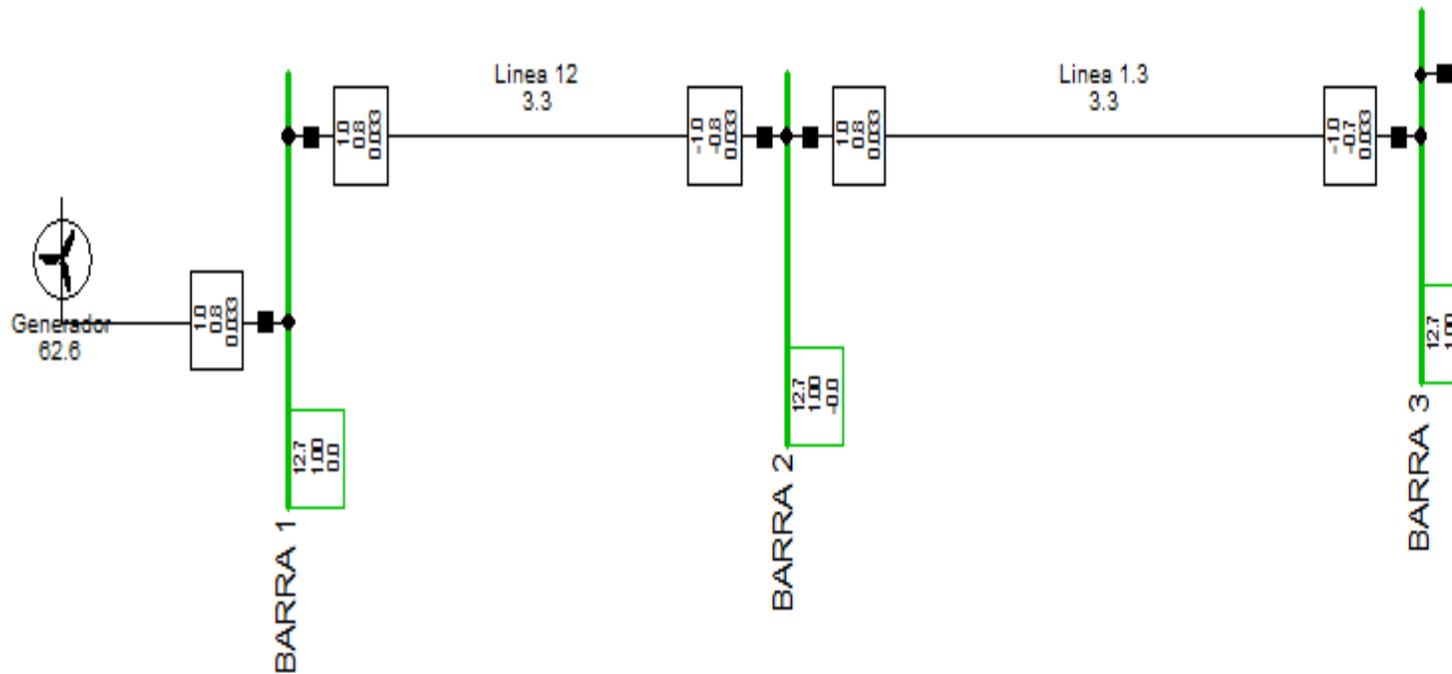


Gráfico N° 9.- valores de corriente de falla en el sistema eléctrico
Fuente. - Graduandos de Tesis

Para tener una mayor confiabilidad del sistema de protección instalado se simulo en Dig SILENT un generador con una potencia de cortocircuito 500 MVA en 20 kV, y se puso al sistema en LA PEOR CONDICIÓN DE TENSIÓN POSIBLE que en este caso es $\pm 5\%$ el punto de entrega de energía distante, y se puede observar que a pesar de estar en dicho caso el sistema de la planta se mantiene dentro de las condiciones de las NTCSE.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis General

La optimización del Sistema Eléctrico de protección permite incrementar la confiabilidad de la subestación tipo superficie, ubicado en la compañía **ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., DISTRITO ATE, LIMA.**

3.1.2 Hipótesis Específicos

a) Especifico

La implementación de interruptores eléctricos para el lado de media y baja tensión garantiza la reducción de fallas de los Sistemas Eléctricos en la Subestación tipo superficie, ubicado en la compañía **ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., DISTRITO ATE, LIMA.**

b) Especifico

La puesta en funcionamiento de un Sistema de Puesta a Tierra asegurara la protección de los equipos y del personal en la Subestación tipo superficie, ubicado en la compañía **ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., DISTRITO ATE, LIMA.**

3.2 Definición de las variables

Las mejoras realizadas a los equipos eléctricos de maniobra, protección, selectividad, aislamiento y demás parámetros eléctricos permiten obtener la **OPTIMIZACION DEL SISTEMA ELECTRICO DE PROTECCIÓN PARA LA CONFIABILIDAD DE LA SUBESTACION TIPO SUPERFICIE, UBICADO EN LA COMPAÑIA ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., DISTRITO ATE, LIMA,** mediante el estudio de la presente tesis, han permitido la elaboración de variables e hipótesis que definen el modelo de la presente investigación, conformando los siguientes términos.

3.2.1 Operacionalización de variables

La operacionalización de la hipótesis es el proceso a través del cual se determinarán las variables, los indicadores de cada variable y el número de preguntas a los encuestados, visitantes o trabajadores de la COMPAÑIA ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., DISTRITO ATE, LIMA.

a.- Variable independiente

X= OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE PROTECCIÓN

- **Indicadores**

- Implementar interruptores y Seccionador de Potencia en lado de Media Tensión.
- Implementar interruptores lado de Baja Tensión.
- Implementar Sistema de Puesto a Tierra.

b.- Variable dependiente

Y= CONFIABILIDAD DE LA SUBESTACIÓN TIPO SUPERFICIE

Indicadores

- Reducción de fallas en el Sistema Eléctrico.
- Protección de equipos y personal.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

Se alcanzará los objetivos, al explicar y demostrar mediante suministro de energía eléctrica de manera confiable dando solución al problema objeto de estudio formulado en la hipótesis, usando la experiencia adquirida con el uso de tecnología moderna.

Tecnologías modernas para protección y maniobra

El presente estudio tuvo como objetivo realizar el análisis de fallas pasadas y mediante el programa Digsilent realizar pruebas que den conformidad de obtener la optimización del sistema eléctrico de protección para la confiabilidad de la subestación tipo superficie, ubicado en la compañía **ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., distrito Ate, Lima.**

4.1 Tipo y Diseño de investigación

4.1.1 Tipo de investigación

El estudio realizado en la compañía **ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., distrito Ate, Lima.** corresponde al tipo: Investigación Científica, Aplicada-Transversal, en la cual se realizo la aplicación de tecnología reciente en cuanto a Sistemas Eléctricos, deduciéndose que es Experimental – Tecnológico, iniciándose el mes de Enero del año 2019 y cuyo término será en Diciembre del año en curso.

4.1.2 Diseño de la investigación

Se realizó el estudio del Diseño de la investigación, previo conocimiento de los equipos existentes, considerando la ubicación del sistema eléctrico el nivel de altura de operación, verificando el nivel de Aislamiento, la ventilación del área de trabajo de los sistemas eléctricos, área de uso para nuevos equipos, tiempo de operación y mantenimiento, considerando al nuevo sistema con tierra sólida en la Subestación y protección inmediata.

4.2 Método de investigación

El trabajo realizado en la presente Tesis se elaboró mediante el método de Análisis, es decir la descomposición de un todo en vista que el sistema eléctrico de la planta industrial, está compuesto por conductores, tableros, equipos de maniobra y protección, transformadores, cables, los cuales permiten conseguir la **OPTIMIZACION DEL SISTEMA ELECTRICO DE PROTECCIÓN PARA LA CONFIABILIDAD DE LA SUBESTACION TIPO SUPERFICIE, UBICADO EN LA COMPAÑIA ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., DISTRITO ATE, LIMA**

4.3 Población y muestra

La población son los empleados que laboran en la compañía de los cuales se tomaron datos sobre problemas de interrupciones eléctricas. Tomados en cuenta para las simulaciones, se aplicó los conocimientos técnicos y el apoyo de criterios estadísticos, los cuales han sido necesarios para obtener una optimización del sistema eléctrico de protección y maniobra, para incrementar la confiabilidad de la subestación tipo superficie, ubicado en la compañía **ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., DISTRITO ATE, LIMA**, mejorando la Subestación, motivando que se lleve adelante de esta manera las encuestas a personas de la planta industrial que hacen uso de energía eléctrica como se indica en la matriz desarrollada.

En consideración a los estudios realizados, se alcanzó los objetivos para probar, explicar y demostrar la hipótesis formulada; por lo que fue necesario aplicar también las técnicas estadísticas determinándose el tamaño de la muestra de la población (trabajadores técnicos y administrativos de la planta industrial) bajo muestreo de dichos usuarios, en las unidades de medida con los límites de confianza en función de la Distribución Normal Estándar.

4.4 Lugar de estudio y periodo desarrollado

4.4.1 Lugar de estudio

Se consideró para el análisis de estudio la delimitación de las instalaciones de la **SUBESTACION TIPO SUPERFICIE, UBICADO EN LA CO ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., DISTRITO ATE, LIMA**, con un estudio de las redes eléctricas y sus consecuencias por falta de energía eléctrica. Considerando también el área exterior relacionado con la producción de la planta.

El lugar de estudio está definido por áreas de influencia directa e indirecta, los cuales se detallan:

El Área de Influencia tendría dos niveles: el primero que corresponde a la zona donde se podrían producir los impacto directos producto de las actividades de mejoras de la planta industrial, realizando desmontaje y retiro, como consecuencia de fallas trasladadas a sistemas eléctricos alimentadores, de los nuevos equipos y un segundo nivel donde se producen los eventos de impacto indirecto, generado por actividades sinérgicas o conjuntas en el momento de desmontaje y/o retiro de las instalaciones.

El área de influencia está integrada por:

Área de Influencia Directa (AID)

Área de Influencia Indirecta (AII)

Esta subdivisión permite tener una mayor comprensión y facilidad de análisis de la situación del área de estudio

Área de Influencia Directa (AID)

El Área de Influencia Directa corresponde a las instalaciones de la planta industrial, así como visitantes con afinidad técnica-industrial, a ser consideradas para el suministro de energía eléctrica.

Área de Influencia Indirecta (AII)

El Área de Influencia Indirecta (AII) es el espacio físico en el que se manifiestan las perturbaciones o anomalías del sistema eléctrico.

4.4.2 Periodo desarrollado

El periodo desarrollado tuvo como fecha de inicio el mes de enero del 2019, con el término de la presente Tesis el mes de diciembre del mismo año.

Tamaño de la muestra

Se realizaron preguntas de afectación a los trabajadores de planta, con proximidad a las instalaciones eléctricas ya indicadas.

a. El diseño de la muestra probabilística

El diseño de la muestra probabilística a emplear es por sectores, ya que se ha tomado una fracción del total de los trabajadores, debido a que el inicio y final de cada sector de la planta industrial, está en función a la producción de hilos, pintado, comercialización, administración y otros.

b. Muestra Numérica

Para determinar la muestra numérica de una población infinita se tomó como universo a las personas que viven y circundan cerca de la Subestación de la planta **CO ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., DISTRITO ATE, LIMA**, y las localidades circundantes o próximas a la planta industrial, consideradas en el presente expediente, que por razones de desplazamiento para trabajo, estudio, visita u otros motivos se aproximan a estas instalaciones eléctricos, siendo estos pobladores seleccionados de los sectores indicadas anteriormente, con un valor estimado de 400 personas.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

4.5.1 Técnicas de recolección de Información

Se utilizó los datos históricos de la planta para poder tomar en cuenta en las simulaciones que se realizaran para comprobar la hipótesis.

4.5.2 Instrumentos de recolección de Información

Se usó un programa para la simulación experimental.

Los datos tomados en consideración fueron las mediciones. para lo cual se utilizó:

- Equipos para medición de parámetros eléctricos como analizador de redes

- Uso de Telurómetros, Megóhmetro.
- Medición de la Resistividad eléctrica al interior de la Subestación.

4.6 Análisis y procesamiento de datos

Para alcanzar los objetivos, explicar, demostrar, probar y plantear la solución al problema objeto de estudio formulado en la hipótesis, se desarrolló las actividades principales siguientes:

Acopio de las informaciones científicas tecnológicas referentes a los sistemas eléctricos aplicados a nivel mundial, normas y reglamentos eléctricos para Subestaciones, afines al problema objeto de investigación

La relación de los materiales, y trabajos realizados durante el estudio presente de Protección permitió conocer los valores de ajuste de equipos de protección y maniobra.

V. RESULTADOS

Contrastación de hipótesis con estadística Descriptiva e Inferencial

5.1 Resultados Descriptivos

Tabla 3. Datos de N° de Interrupciones y duración

N° horas interrupción	X	f	(x).(f)	
1-2	1.5	5	7.5	
2-4	3	4	12	
4-6	5	2	10	
6-8	7	3	21	
8-10	9	2	18	
10-12	11	2	22	
12-14	13	1	13	
Total	49.5	19	103.5	

Fuente.- Graduandos de Tesis

Mediana = 5.44

5.2 Resultados Inferenciales

- Comparar proporciones
- Variables Cualitativos
- Tablas de Contingencia
- Formula

$$X^2 = \sum (O-E)^2/E$$

Tabla 4. Datos de N° de Interrupciones para determinar Ji CUADRADA, método inferencial, comparación de proporciones

N° de interrupciones	X				TOTAL
En M.T.	4 (11)		16 (9)		20
En B.T.	18 (11)		2 (9)		20
Total					40

Fuente.- Graduandos de Tesis

$$\Sigma = 19.78$$

$$P < 0.05$$

Se puede deducir que, para Ji CUADRADA, Tabla A.4. Pag 371, Metodología de Investigación Científica. de C. Torres Bardales, para valores de 3.84 o mayor, el error es menor a 0.05

Se puede indicar que los valores programados, indicados en las tablas, tendrán un error menor a 0.05%, durante el funcionamiento del equipamiento.

5.3 Otro tipo de resultados estadísticos

Según lo indicado en la hipótesis: La optimización el Sistema Eléctrico de protección logra incrementar la confiabilidad de la subestación tipo superficie, ubicado en la compañía **ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., DISTRITO ATE, LIMA.**

Tabla 5. Datos de N° de Interrupciones para determinar, mediante otros métodos estadísticos resultados de operaciones

N° horas interrupción	x	f	F	(x).(f)	
1-2	1.5	5	5	7.5	
2-4	3	4	9	12	
4-6	5	2	11	10	
6-8	7	3	14	21	
8-10	9	2	16	18	
10-12	11	2	18	22	
12-14	13	1	19	13	
Total	49.5	19		103.5	

Fuente.- Graduandos de Tesis

$$Me = Li + A(n/2 - Fi-1)/fs$$

Li = Límite inferior

$$A = Ls - Li$$

n/2 = Posición

Fi-1 = anterior a Fi

Fs = frecuencia

$$Me = 5$$

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contratación y demostración de la Hipótesis con los resultados.

La hipótesis indica LA OPTIMIZACION DEL SISTEMA ELECTRICO DE PROTECCIÓN LOGRA INCREMENTAR LA CONFIABILIDAD DE LA SUBESTACION TIPO SUPERFICIE, UBICADO EN LA COMPAÑIA ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., DISTRITO ATE, LIMA, el cual se puede contrastar con las salidas de servicio del sistema eléctrico con sistema desactualizado, la cual asciende a 42 veces, por sobrecarga y retardo en la actuación, retardo que deteriora el aislamiento del equipamiento eléctrico.

La contratación se logra, debido a la reducción de fallas y salida de servicio por maniobra y mantenimiento, valores que se encuentran en la Tabla de interrupciones, con un total de 19, actuaciones que son en número menor a los ocurridos, programándose actuaciones rápidas, evitando el deterioro de equipos eléctricos.

Se puede observar en los resultados estadísticos, que se ha obtenido valores permisibles para el uso de nuevas tecnologías

6.2 Contratación del sistema de protección instalado.

Entre los aportes que se hicieron para la mejora de la planta tenemos la implementación de nuevos equipos por contar con una mayor confiabilidad, entre los cuales tenemos:

- ❖ **Celdas 8DJH:** Las cuales trabajan en media tensión montadas en fábrica, libres de mantenimiento, con sistema de embarrado simple, con esto obtendremos una mayor seguridad al momento de hacer un mantenimiento a la planta o dar solución a algún inconveniente que se pueda presentar.
- ❖ **Transformador seco:** El transformador seco al solo requerir una ventilación simple de aire para el enfriamiento tanto del núcleo como la bobina hace que la planta sea mucho más segura, debido a que no se contara con una bóveda a prueba de incendio y se evitara los riesgos

por derrame de sustancias peligrosas al medio ambiente, ya que este tipo de transformadores requiere ningún tipo de líquido para su refrigeración.

- ❖ **Interruptor de maniobra y seccionamiento S2SH:** Para la parte de maniobras optamos por este equipo ya que cuenta con tres posiciones: cerrado-abierto-tierra, que son fácilmente identificables desde la parte del mando, además cuenta con un porta fusibles conforme a normas DIN, dándonos una mayor seguridad, al momento de hacer un mantenimiento general a la planta.

6.3 Contratación del sistema de puesta a tierra.

El sistema de puesta a tierra que se ha decidido instalar en la planta es un sistema mallas, para el cual se tomaron 2 puntos fundamentales los cuales fueron: la protección de los trabajadores dentro de la planta y la protección de su sistema eléctrico.

Esto se logró calculando la máxima tensión de e toque permisible y la máxima tensión de paso permisible, debido a que estas tensiones nos indican cuantos voltios soportara una persona al momento de estar cerca o tocar la subestación, posteriormente con la colocación de las estacas a tierra en cada esquina de la malla obtendremos que la resistencia real del sistema de puesto a tierra obtenida se encuentra dentro de los valores permitidos por el CNE.

6.4 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Actualmente en la Universidad Nacional del Callao se viene realizando los cambios de equipos correspondientes a las Subestaciones tipo Superficie, cable de comunicación y equipos de salida en baja tensión, originado por las interrupciones constantes ocurridas desde 10 años anteriores. Interrupciones que han venido en aumento, hasta el punto de quedarse sin energía por una semana, perjudicando a todo el personal que labora en la UNAC, estudiantes y personas que interactúan por razones comerciales o de índole académico.

6.5 Responsabilidad ética de acuerdo a los Reglamentos vigentes (el autor de la investigación se responsabiliza por la emisión emitida en el informe)

En calidad de egresados de la UNAC somos conscientes de las interrupciones eléctricas ocurridas al interior de la UNAC.

Siendo el Mg. Ing. Ernesto Ramos Torres, el experto en Subestaciones y redes eléctricas a nivel nacional, ha intervenido constantemente en estas Subestaciones, poniendo en servicio, por orden de la DOIN de la UNAC.

Las recomendaciones dadas por este Experto, fueron el cambio de equipos con tecnología de punta, en vista del crecimiento de la infraestructura, antigüedad de los equipos eléctricos, los cuales perdieron el AISLAMIENTO, por interrupciones y Anomalías del sistema. Hemos tomado las recomendaciones de este profesional y otros profesionales del rubro.

Por medio del presente, a los usuarios de la presente Tesis, bajo cualquier modalidad, indicamos nuestra RESPONSABILIDAD ETICA en la elaboración, de la presente TESIS.

CONCLUSIONES

- La aplicación de equipos con nueva tecnología de protección y maniobras con Relés en la Subestación, para la protección propia de la subestación y el alimentador, mediante la coordinación de protección en función a la corriente presentada y tiempos reducidos, protegieron el equipamiento instalado, ante corrientes altas o con desbalance, pudiendo aislar por un tiempo corto el fluido y el restablecimiento en forma inmediata, por la actuación programada de los equipos de maniobra y protección en las diferentes barras, para el presente caso se encuentran en la Subestación **ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., DISTRITO ATE, LIMA.**
- La mayor cantidad de instalación de equipos de Protección y maniobra con Relés no fue un indicador de una protección requerida para proteger Subestaciones y Redes Eléctricas, debiendo realizarse una coordinación de corriente- tiempo, en función a los equipos a proteger.
- La implementación de un sistema de puesto a tierra para la subestación tipo superficie, nos aseguró una mayor protección tanto para los equipos de maniobra, como para el personal en planta.

RECOMENDACIONES

- Se recomendó utilizar equipos de protección, seleccionando cada equipo en función a las posibles ocurrencias, condiciones ambientales, reglamentación técnica nacional e internacional. Según los resultados hallados, se deberá tener presente que la línea primaria, así como los equipos de protección, necesitan un control permanente de actuación, en operación estable y ante perturbaciones en la propia Línea de energía eléctrica y las Subestaciones de salida y recepción.
- El circuito eléctrico con un nivel de Tensión, que alimentó en este caso a la S.E. de la compañía ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., DISTRITO ATE, LIMA, estuvo protegido por un interruptor con Relés para fallas y sobrecargas, contribuyendo a la protección del sistema integral seleccionado para la capacidad de la planta.
- La protección con el sistema de puesta a tierra es muy beneficiaria para la planta, ayudando a la reducción de fallas en los equipos y evitando algún accidente, se deberá hacer el mantenimiento adecuado para que el sistema conserve su eficiencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

De acuerdo a normas internacionales se ha tomado las normas ISO

Decreto Ley N° 25844.- Ley de Concesiones Eléctricas.

Ley N° 28832.- Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica.

Decreto Supremo N° 009-93-EM.- Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas.

Decreto Supremo N° 020-97-EM.- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

Resolución Directoral N° 014-2005- EM/DGE.- Norma Técnica para la Coordinación de la Operación en Tiempo Real de los Sistemas Interconectados.

Resolución OSINERGMIN N° 616-2008-OS/CD.- Base Metodológica para la Aplicación de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

Estatuto del COES.

Texto Único de Procedimientos Administrativos del Ministerio de Energía y Minas” vigente al 16.01.2015.

Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 111-2013-MEM/DM

ANEXOS:

Anexo 1. Matriz de consistencia

TITULO DE LA TESIS: OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE PROTECCIÓN PARA LA CONFIABILIDAD DE LA SUBESTACIÓN TIPO SUPERFICIE, UBICADO EN LA COMPAÑÍA ESTRELLA DEL PERÚ S.A.C., DISTRITO ATE, LIMA				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	MÉTODOS
<p>General: ¿Se ha comprobado la deficiente operación del Sistema Eléctrico de protección no permitiendo incrementar la confiabilidad de la Subestación tipo superficie, ubicada en la compañía ESTRELLA DEL PERÚ SAC, Distrito Ate, Lima?</p> <p>Específicos: 1. ¿La falta de implementación de interruptores de media y baja tensión origina fallas en la subestación tipo superficie, ubicada en la compañía ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito Ate, Lima?</p> <p>2. ¿La falta de un Sistema Puesta a Tierra provoca el deterioro de los equipos e inseguridad del personal en la subestación tipo superficie, ubicado en la compañía ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito Ate, Lima?</p>	<p>General: Optimizar el Sistema Eléctrico de protección para incrementar la confiabilidad de la subestación tipo superficie, ubicado en la compañía ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, Lima.</p> <p>Específicos: 1. Implementar interruptores de media y baja tensión para reducción de fallas en la subestación tipo superficie, ubicado en la compañía ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, Lima.</p> <p>2. Implementar un Sistema de Puesta a Tierra para protección de equipos y personal en la subestación tipo superficie, ubicado en la compañía ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, Lima.</p>	<p>General: La optimización el Sistema Eléctrico de protección logra incrementar la confiabilidad de la subestación tipo superficie, ubicado en la compañía ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, Lima.</p> <p>Específicos: 1. La implementación de interruptores eléctricos para el lado de media y baja tensión garantiza la reducción de fallas de los Sistemas Eléctricos en la Subestación tipo superficie, ubicado en la compañía ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, Lima.</p> <p>2. La puesta en funcionamiento de un Sistema de Puesta a Tierra asegurara la protección de los equipos y del personal en la Subestación tipo superficie, ubicado en la compañía ESTRELLA DEL PERÚ SAC, distrito ate, Lima.</p>	<p>Variable Independiente: X= OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE PROTECCIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> Indicadores Implementar interruptores lado de Media Tensión. Implementar interruptores lado de Baja Tensión. Implementar Sistema de Puesto a Tierra. <p>Variable dependiente: Y= CONFIABILIDAD DE LA SUBESTACIÓN TIPO SUPERFICIE</p> <ul style="list-style-type: none"> Indicadores Reducción de fallas en el Sistema Eléctrico. Protección de equipos y personal. 	<p>Técnicas e Instrumentos: No experimental:</p> <p>Se usará un programa para la simulación experimental.</p> <p>Los datos a tomar en consideración se tomarán de las mediciones en campo para lo cual se utilizará:</p> <ul style="list-style-type: none"> Equipos para medición de parámetros eléctricos como analizador de redes Uso de Telurómetros, Megóhmetro. Medición de la Resistividad eléctrica al interior de la Subestación.

Graduandos: - Bach. Lazón Delgado Danny Braian

Bach. Mitma Durand Miguel Jhonatan

Anexo 2. Instrumento Validado

A.4. DISTRIBUCION JI CUADRADA

g.l.	$\chi^2_{.995}$	$\chi^2_{.99}$	$\chi^2_{.975}$	$\chi^2_{.95}$	$\chi^2_{.90}$	$\chi^2_{.75}$	$\chi^2_{.50}$	$\chi^2_{.25}$	$\chi^2_{.10}$	$\chi^2_{.05}$	$\chi^2_{.025}$	$\chi^2_{.01}$	$\chi^2_{.005}$
1	7,83	6,63	5,02	3,84	2,71	1,32	0,455	0,102	0,0158	0,0039	0,0010	0,0002	0,0000
2	10,6	9,21	7,38	5,99	4,61	2,77	1,39	0,575	0,211	0,103	0,0506	0,0201	0,0100
3	12,8	11,3	9,35	7,81	6,25	4,11	2,37	1,21	0,584	0,352	0,216	0,115	0,072
4	14,9	13,3	11,1	9,49	7,78	5,39	3,36	1,92	1,06	0,711	0,484	0,297	0,207
5	16,7	15,1	12,8	11,1	9,24	6,63	4,35	2,67	1,61	1,15	0,831	0,554	0,412
6	18,5	16,8	14,4	12,6	10,6	7,84	5,35	3,45	2,20	1,64	1,24	0,872	0,676
7	20,3	18,5	16,0	14,1	12,0	9,04	6,35	4,25	2,83	2,17	1,69	1,24	0,989
8	22,0	20,1	17,5	15,5	13,4	10,2	7,34	5,07	3,49	2,73	2,18	1,65	1,34
9	23,6	21,7	19,0	16,9	14,7	11,4	8,34	5,90	4,17	3,33	2,70	2,09	1,73
10	25,2	23,2	20,5	18,3	16,0	12,5	9,34	6,74	4,87	3,94	3,25	2,56	2,16
11	26,8	24,7	21,9	19,7	17,5	13,7	10,3	7,58	5,58	4,57	3,82	3,05	2,60
12	28,3	26,2	23,3	21,0	18,5	14,8	11,3	8,44	6,30	5,23	4,40	3,57	3,07
13	29,8	27,7	24,7	22,4	19,8	16,0	12,3	9,30	7,04	5,89	5,01	4,11	3,57
14	31,3	29,1	26,1	23,7	21,1	17,1	13,3	10,2	7,79	6,57	5,63	4,66	4,07
15	32,8	30,6	27,5	25,0	22,3	18,2	14,3	11,0	8,55	7,26	6,26	5,23	4,60
16	34,3	32,0	28,8	26,3	23,5	19,4	15,3	11,9	9,31	7,96	6,91	5,81	5,14
17	35,7	33,4	30,2	27,6	24,8	20,5	16,3	12,8	10,1	8,67	7,56	6,41	5,70
18	37,2	34,8	31,5	28,9	26,0	21,6	17,3	13,7	10,9	9,39	8,23	7,01	6,26
19	38,6	36,2	32,9	30,1	27,2	22,7	18,3	14,6	11,7	10,1	8,91	7,63	6,84
20	40,0	37,6	34,2	31,4	28,4	23,8	19,3	15,5	12,4	10,9	9,59	8,26	7,43
21	41,4	38,9	35,5	32,7	29,6	24,9	20,3	16,3	13,2	11,6	10,3	8,90	8,03
22	42,8	40,3	36,8	33,9	30,8	26,0	21,3	17,2	14,0	12,3	11,0	9,54	8,64
23	44,2	41,6	38,1	35,2	32,0	27,1	22,3	18,1	14,8	13,1	11,7	10,2	9,26
24	45,6	43,0	39,4	36,4	33,2	28,2	23,3	19,0	15,7	13,8	12,4	10,9	9,89
25	46,9	44,3	40,6	37,7	34,4	29,3	24,3	19,9	16,5	14,6	13,1	11,5	10,5
26	48,3	45,6	41,9	38,9	35,6	30,4	25,3	20,8	17,3	15,4	13,8	12,2	11,2
27	49,6	47,0	43,2	40,1	36,7	31,5	26,3	21,7	18,1	16,2	14,6	12,9	11,8
28	51,0	48,3	44,5	41,3	37,9	32,6	27,3	22,7	18,9	16,9	15,3	13,6	12,5
29	52,3	49,6	45,7	42,6	39,1	33,7	28,3	23,6	19,8	17,7	16,0	14,3	13,1

FUENTE: MURRAY R, Spiegel. Estadística. Cali, Talleres Gráficos de Carvajal & Cía, 1976, p. 345.