



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

“Diseño de alimentador en media tensión 10 – 22.9 KV y subestación compacta de 160 KVA para la empresa Servicio de Administración Tributaria de Trujillo - SATT”

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

AUTOR:

James Luis Alvarez Castañeda

ASESOR METODOLÓGICO:

Ing. Javier León Lescano

ASESOR ESPECIALISTA:

Ing. Mg. Raúl Paredes Rosario

LINEA DE INVESTIGACION:

Generación, transmisión y distribución del área de energía

**TRUJILLO – PERÚ
2019**

PÁGINA DE JURADO

Mg. Martin Sifuentes Inostroza
PRESIDENTE

Ing. Javier León Lescano
SECRETARIO

Ing. Roger León Díaz
VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres: Melitón Álvarez y Esperanza Castañeda

Por darme la vida y la salud, por apoyarme siempre de manera incondicional, por hacer de mi persona, alguien con deseos de seguir adelante, por su paciencia y por sus sabios consejos.

A mi padre por mostrarme siempre el camino correcto, por enseñarme siempre a pensar y tener deseos de superación.

A mi madre (Q.E.P.D.) que me guio con su gran fe en DIOS, cuyo amor y cariño me sigue acompañando desde su último destino.

AGRADECIMIENTO

A mi querida esposa Olga Plasencia

Por brindarme su apoyo incondicional, por estar conmigo en las buenas y en las malas, por hacerme una mejor persona, por haberme dado a mis dos más grandes orgullos, mis hijos, por regalarme una vida plena de felicidad y comprensión, por haberme ayudado a decidirme a estudiar una carrera universitaria, por su paciencia infinita y su amor eterno, durante estos 25 años de matrimonio.

A mis queridos Hijos Paolo y Leandro

Jóvenes universitarios y futuros ingenieros, por ser mi motor de lucha, por hacerme sentir siempre orgulloso, por darme alegría y felicidad, y sobre todo la esperanza de un mejor futuro.

A la Universidad Cesar Vallejo y a mis profesores

Por haberme dado la oportunidad al igual que a muchas personas mayores que trabajan, creando un programa para sábados y domingos, por contribuir a la superación de muchos y por hacer del Perú un mejor país, a mis queridos profesores que con sus enseñanzas y conocimientos han sabido hacer profesionales capaces, que tanto se necesitan en el país.

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo James Luis Alvarez Castañeda, con DNI No. 17978134, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, Marzo del 2019

James Luis Alvarez Castañeda

PRESENTACION

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, presento ante ustedes la tesis titulada: “Diseño de alimentador en media tensión 10 – 22.9 KV y subestación compacta de 160 KVA para la empresa Servicio de Administración Tributaria de Trujillo - SATT”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

El Autor

INDICE

CARATULA	i
PAGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACION.....	vi
INDICE	vii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCION	1
1.1. Realidad problemática.....	2
1.2. Trabajos previos	3
1.2.1. Antecedente nacional 1	3
1.2.2. Antecedente nacional 2	6
1.2.3. Antecedente internacional.....	7
1.3. Teorías relacionadas al tema	9
1.3.1. Subestación eléctrica.....	9
1.3.2. Trafomix.....	12
1.3.3. Medidor electrónico de media tensión	13
1.3.4. Aisladores de media tensión.....	14
1.3.5. Cuchillas seccionadoras sin carga.....	15
1.3.6. Cuchillas seccionadoras con carga.....	16
1.3.7. Cuchillas de puesta a tierra	17
1.3.8. Porta fusibles	18
1.3.9. Fusibles limitadores de corriente	19
1.3.10. Apartarrayos	20
1.3.11. Transformador.....	21
1.3.12. Transformadores secos.....	22
1.3.13. Factor de potencia	23
1.3.14. Potencia aparente, efectiva y reactiva	23

1.3.15. Efectos de un bajo factor de potencia	24
1.3.16. Ventajas de la corrección del factor de potencia.....	25
1.3.17. Compensación	26
1.3.18. Tipos de compensación	27
1.3.19. Banco de condensadores o capacitores	28
1.3.20. Sistemas de tierras de la subestación eléctrica MT	30
1.3.21. Fórmulas para cálculos de ingeniería	34
1.4. Formulación del problema	37
1.5. Justificación del estudio	38
1.6. Hipótesis.....	38
1.7. Objetivos	38
1.7.1. Objetivo general	38
1.7.2. Objetivos específicos	39
II. METODO	39
2.1. Diseño de investigación	39
2.2. Variables, operacionalización	39
2.2.1. Variables	39
2.2.1.1. Variable independiente.....	39
2.2.1.2. Variable dependiente.....	39
2.2.2. Operacionalización de variables	40
2.3. Población y muestra	40
2.3.1. Población.....	40
2.3.2. Muestra.....	40
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	41
2.5. Métodos de análisis de datos	41
2.6. Aspectos éticos.....	42
III. RESULTADOS	42
3.1. Diseño... ..	42
3.1.1. Alimentador subterráneo en media tensión.....	43
3.1.2. Zanjas para alimentador MT subterráneo	44

3.1.3. Cinta de señalización.....	44
3.2. Cálculos de ingeniería.....	44
3.2.1. Determinación de la confiabilidad actual del sistema eléctrico del SATT	45
3.2.2. Determinación de la confiabilidad (según la disponibilidad)	48
3.2.3. Demanda máxima de potencia	48
3.2.4. Dimensionamiento del conductor de media tensión 10 – 22.9 KV	49
3.2.5. Cálculo de los fusibles para media tensión	51
3.2.6. Dimensionamiento del conductor en baja tensión 220/380 V	51
3.2.7. Cálculo de fusibles en baja tensión	52
3.3. Selección de alimentadores y subestación	52
3.3.1. Selección del cable de alimentación de media tensión	52
3.3.1.1. Cabezas terminales para cable de media tensión	53
3.3.1.2. Terminales de conexión para cable de media tensión.....	53
3.3.1.1. Cabezas terminales para cable de media tensión	53
3.3.2. Selección del cable de alimentación de baja tensión	54
3.3.3. Selección de la subestación eléctrica	55
3.3.3.1. Unidad de media tensión.....	55
3.3.3.2. Unidad del transformador	56
3.3.3.3. Cálculo de los ventiladores de la subestación eléctrica compacta	57
3.3.3.3.1. Cálculo de la rejilla de ingreso de aire	57
3.3.3.3.2. Cálculo de la rejilla de salida de aire	57
3.3.3.4. Cálculo del banco de condensadores.....	58
3.3.3.4.1. Cálculo de potencia reactiva con implementación de subestación	58
3.3.3.5. Cálculo de la resistencia de una puesta a tierra (en cada barra).....	58
3.3.3.5.1. Elementos y materiales para la puesta a tierra	59
3.3.3.5.1.1. Conductor de puesta a tierra.....	59
3.3.3.5.1.2. Electrodo de puesta a tierra	59
3.3.3.5.1.3. Relleno de la puesta a tierra	59
3.3.3.5.1.4. Borne para electrodo de puesta a tierra	59
3.3.3.5.1.5. Caja de registro	59

3.3.3.5.1.6. Conexión de la línea a tierra.....	60
3.4. Confiabilidad electrica final.....	60
3.5. Cálculos de costos de la implementación de la subestación electrica.....	61
IV. DISCUSION	63
V. CONCLUSIONES	65
VI. RECOMENDACIONES.....	66
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	67
ANEXOS	69

RESUMEN

El estudio y el conocimiento de una subestación eléctrica, utilizada en el ámbito comercial o industrial, tiene suma importancia, ya que todo profesional que trabaja en el área eléctrica, tarde o temprano se encontrará con el diseño, instalación y mantenimiento de las mismas.

Es por ello que este trabajo de graduación se enfoca en el diseño del alimentador en media tensión 10 – 22.9 KV y subestación compacta de 160 KVA para mejorar la confiabilidad de las instalaciones eléctricas, con el adecuado suministro de energía eléctrica y brindar cobertura al incremento de carga eléctrica de la empresa Servicio de Administración Tributaria de Trujillo - SATT.

Primeramente, se determinará cual es la confiabilidad actual de la energía eléctrica del SATT, para poder realizar una evaluación y cuantificar lo que se desea mejorar.

En segundo lugar, se realizará un levantamiento de información del inventario de equipos que requieren de energía eléctrica para realizar el cuadro de máxima demanda de potencia eléctrica, así mismo se realizara las consultas a fin de calcular la carga proyectada para un crecimiento a futuro.

Con estos datos de potencia ya se puede realizar cálculos de corriente a fin de seleccionar los conductores del alimentador en media tensión, recurriendo a técnicas de la máxima corriente, caída de tensión según el material y la distancia, también cálculos de corriente en corto circuito para dimensionar correctamente frente a esta contingencia.

Igualmente, con la potencia obtenida se realizará el dimensionamiento del cable de baja tensión y se seleccionara debidamente la subestación eléctrica más apropiada, y se harán los cálculos para las rejillas de ventilación del SE MT

Finalmente, y como parte de la subestación eléctrica se diseñará el sistema de puesta a tierra.

Cabe resaltar que todos los cálculos se basan en la normatividad vigente y el Código Nacional de Electricidad Utilización 2006. Para así obtener la factibilidad eléctrica, del proyecto.

Palabras clave: Sub estación eléctrica, media tensión, máxima demanda.

ABSTRACT

The study and knowledge of an electrical substation, used in commercial or industrial, are very important, as all professional working in the electrical field, sooner or later will meet the design, installation and maintenance thereof.

That is why this graduation work focuses on the design of feeder medium voltage 10 - 22.9 KV and compact substation of 160 KVA to improve the reliability of electrical installations, with an adequate supply of electricity and provide coverage to increase electric of the company Tributary Administration Service Trujillo - SATT.

First it is determined what the current reliability of the electric power SATT, to assess and quantify what is to be improved.

Second gathering information inventory of equipment that require electricity to make the box maximum electric power demand was made, likewise the consultations be held in order to calculate the projected future load growth.

With these power data and can perform calculations power to select drivers feeder medium voltage, using techniques of the maximum current, voltage drop depending on the material and distance, also current calculations short circuit sized properly address this contingency.

Also with power obtained sizing low voltage cable is properly conducted and select the appropriate electrical substation, and calculations are made to the vents of the SE MT.

Finally, as part of the electrical substation grounding system be designed.

Significantly, all calculations are based on the current regulations and the National Electrical Code Utility 2006. And to obtain the electrical feasibility of the project.

Keywords: Sub electric station, medium voltage, maximum demand.

I. INTRODUCCIÓN

Es muy importante para todo profesional dedicado a la ingeniería eléctrica y mecánica eléctrica contar con una base metodológica que sea sencilla y a la vez directa con la cual pueda elaborar el diseño de una subestación eléctrica de media tensión. Dicha metodología debe reflejar las especificaciones técnicas de los componentes a utilizarse, las mismas que están regidas por las normas competentes a nivel nacional, como también cumplir con los estándares internacionales.

A través de este informe de tesis se presentan los procedimientos para el diseño de una subestación tipo compacta de media tensión con su correspondiente alimentador subterráneo en media tensión, involucrando los cálculos eléctricos, el dimensionamiento de los conductores y la selección de los elementos que componen la subestación requerida.

El desarrollo de este informe tiene como base y fundamentación científica el marco teórico, utilizando bibliografía de la especialidad y material obtenido a través del internet, se describe la realidad problemática formulando para ello el problema y los objetivos sobre los cuales se basa la investigación.

Teniendo como antecedentes otros trabajos de tesis similares, se han realizado las comparaciones correspondientes a fin de poder verificar los resultados obtenidos.

Para el dimensionamiento de los cables de media y baja tensión se realizaron los cálculos con la formulación obtenida de libros y los antecedentes.

Para poder hacer el cuadro de máxima demanda de potencia eléctrica se realizó una visita a la empresa SATT para realizar un levantamiento de información de todo el equipamiento eléctrico con los datos de consumo de cada uno de ellos.

Para seleccionar la subestación se realizó el dimensionamiento de la carga actual existente y de la proyección para un crecimiento futuro.

Para mejorar la confiabilidad eléctrica del SATT, se hizo basándose en la disponibilidad y la fiabilidad de la energía a través de la subestación eléctrica proyectada.

1.1. Realidad problemática

La empresa Servicio de Administración Tributaria de Trujillo – SATT, ha incrementado su consumo de energía eléctrica, debido al crecimiento en el número de equipos y artefactos eléctricos, lo que conlleva consecuentemente una mayor demanda de potencia eléctrica, tal es así que se ha excedido en el uso de la potencia contratada a Hidrandina.

Pese a que el concesionario ya ha incrementado por 02 oportunidades la potencia eléctrica, la respuesta a la tercera solicitud presentada para una potencia eléctrica de 160 KVA ha sido rechazada, planteándose la implementación de una SUB ESTACION de media tensión propia.

El SATT actualmente presenta múltiples problemas eléctricos:

- Fluctuaciones de tensión que hace parpadear y apagarse las luminarias
- Equipos de aire acondicionados que no pueden estar operativos generando olas de calor para los trabajadores y clientes del SATT
- Cortes continuos del cable alimentador principal
- Se queman varios de los equipos de cómputo por fluctuaciones de tensión
- Recalentamiento de los equipos de protección eléctrica (transformadores de aislamiento y estabilizadores)
- Perdidas económicas por horas de no atención a los contribuyentes
- Baja confiabilidad de las instalaciones eléctricas

Problema

Realizar los cálculos necesarios para diseñar el alimentador en media tensión y seleccionar la subestación de media tensión para suministrar la energía eléctrica y garantizar la operatividad de las instalaciones eléctricas del SATT, desde el punto de diseño hasta la subestación proyectada.

1.2. Trabajos previos

Se tomó como antecedentes a las siguientes tesis:

1.2.1. Antecedente nacional 1:

Marlo Arturo Espinoza López (2007), en su tesis “Proyecto de instalaciones eléctricas del Centro de Distribución Central Saga S.A.- 800 KVA” para obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú.

En su trabajo plantea la instalación del Sistema de Media Tensión desde el Punto de Medición a la intemperie (PMI) hasta la Subestación Convencional proyectada.

La instalación del sistema Eléctrico de alimentación y distribución para el alumbrado, tomacorrientes y fuerza en suministro normal y emergencia, desde la Subestación o desde el Grupo Electrónico de Emergencia. La instalación del Sistema de Comunicaciones contemplado en el siguiente proyecto comprende el entubado, así como la distribución de cajas y salidas desde las centrales respectivas o cajas de distribución hasta las salidas previstas en los ambientes. (Lopez, 2007)

Obteniendo los siguientes resultados:

Cálculo y selección del alimentador primario tipo N2XSY – unipolar, 10 KV

a) Cálculo de corriente nominal del sistema.

Para una potencia de 1600 KVA $I = 92.38 \text{ A}$

b) Cálculo por capacidad de conducción de corriente.

b.5) Factor de corrección equivalente $F e q = 0.759$

Calculo de la corriente corregida

Corriente Corregida = $92.380 / 0.75$ $I_c = 121.73 \text{ A}$

Este valor es inferior a la corriente de diseño del conductor, por lo que Se define un cable de 3- 1x 35mm² N2XSY 10kV

El conductor 3-1x35mm², 10kV, directamente enterrado soporta una Corriente de diseño de 187 A, según catálogo del fabricante.

c) Calculo de la caída de tensión del cable de 3-1x35mm² N2XSY.

Para una longitud de 0.1 km $\Delta V = 0.1\%$

La caída de tensión del punto de entrega de energía en 10kV hasta la subestación varía de 3.5 a 5% el resultado 0.1% está por debajo de estos valores. (Lopez, 2007)

d) Corriente de cortocircuito para el cable.

Para un tiempo de 0.02 segundos **I_{cc} = 35.39 KA**

e) Cálculo de la corriente de corto circuito y P_{cc}.

P_{cc} = 56.77 MVA **I_{cc} = 3.277 KA**

Con lo que se cumple que la corriente de cortocircuito admisible por el cable es mayor que la corriente de cortocircuito probable en la subestación.

3.277KA < 35.39KA

f) Calculo de pozo a tierra en media tensión

R = 22.65 Ohmios

g) Calculo de compensación de energía reactiva

Características principales de los bancos de condensadores:

Tipo:	Automático trifásico
Potencia:	300 KVAR
Nivel de tensión:	380 V
Frecuencia:	60 Hz
Pasos:	37.5 KVAR (8u)

Conclusiones:

1. El punto de medición a la intemperie (PMI) está diseñado de acuerdo a norma de seguridad ante riesgo eléctrico para lo cual se ha tenido en cuenta las distancias mínimas y la instalación de un pozo de puesta a tierra.
2. El diseño de los cables de alimentación de energía eléctrica considera las cargas para futura ampliación.
3. El dimensionamiento de los cables se ha calculado teniendo en cuenta la caída de tensión y la capacidad de corriente.
4. La caída de tensión ($\pm 5\%$ Un) para los alimentadores está diseñado de acuerdo al Código Nacional de Electricidad Suministro.
5. El diseño del cable de alimentación principal está calculado de acuerdo a la potencia de cortocircuito y el tiempo de apertura entregada por la concesionaria
6. Las corrientes de cortocircuito traen efectos perjudiciales en las redes de distribución para lo cual se ha diseñado los interruptores con una capacidad de ruptura adecuada. (Lopez, 2007)

7. El horario de operación de saga son desde las 09:00 horas hasta las 20:00 horas, consumiendo mayor energía en horas fuera de punta. siendo más conveniente la MT3 a potencia variable.
8. El proyecto contempla el diseño de una subestación convencional en media tensión 10KV, esta decisión de implementar una subestación de media tensión se justificó mediante cuadros comparativos entre las tarifas de media tensión y baja tensión (MT2, MT4, MT3 y BT3).
9. De acuerdo a los cuadros comparativos la tarifa óptima es la MT3 lográndose un ahorro anual de 1.871 dólares con un retorno de inversión de 2 años y medio
10. Se ha diseñado un banco de condensadores con el objetivo de reducir la energía reactiva con las siguientes características 300KVAR, 380V, 60HZ y 08 pasos de 37.5KVAR c/u.
11. Los reflectores considerados en el proyecto tiene un balastro electrónico de alta eficiencia con factor de potencia de 0.9
12. El diseño del banco de condensadores se tomó en cuenta la corriente de inserción que se produce cuando ingresan los condensadores, para lo cual se ha considerado contactores especiales para condensadores. Estos contactores están equipados con un bloque de tres contactos auxiliares en serie con seis resistencias de pre-inserción, 2 por fase, para limitar los picos de corriente a valores nominales de los condensadores.
13. Los reflectores considerados en el proyecto tiene un balastro electrónico de alta eficiencia con factor de potencia de 0.9
14. Ante la ausencia de energía eléctrica por parte de la concesionaria los grupos electrógenos de Saga asumirán las cargas previamente seleccionadas.
15. Se ha diseñado la subestación y un gabinete conteniendo todos los equipos de seguridad para las operaciones con energía.
16. Se ha diseñado una malla de puesta a tierra en baja tensión para el sistema estabilizado con el método Schwarz; Con el objetivo de lograr una resistencia de 2 ohmios en el tiempo.
17. Todas las unidades a instalarse a intemperie tendrán como mínimo protección IP55
18. El presente proyecto ha contemplado en especial atención las normas de calidad y seguridad en el trabajo. (Lopez, 2007)

1.2.2. Antecedente nacional 2:

Martínez Bonilla Daniel y Núñez Rojas Johann Gonzalo (2015) en su trabajo de investigación “Suministro eléctrico a una planta procesadora de fruta y el diseño de una cámara de conservación” de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Chiclayo – Perú. Proponen desarrollar el suministro de energía eléctrica en una planta procesadora de fruta, analizando las diversas etapas, así como los equipos que se necesitan, haciendo los cálculos de cargas de los equipos y máquinas a utilizar en la planta procesadora para posteriormente hacer la selección de un transformador. Asimismo se incluirá al final algunos planos de distribución eléctrica e iluminación.

Sus resultados:

a) Cálculo de la corriente nominal

Potencia Instalada = 50 KVA, Tensión nominal = 10 KV

$$I_n = 2.887 \text{ A}$$

b) Caída de tensión para media tensión

Longitud del cable: 20 m, Impedancia de la línea = 0.018882 Ω

$$V = 0.095v = 0.001\%$$

c) Cálculo de la corriente de cortocircuito (I_{cc})

Potencia de cortocircuito (S_{cc}) = 170 MVA, tensión nominal (V_n) = 10 KV

$$I_{cc} = 9.815 \text{ KA}$$

d) Corriente de cortocircuito soportada por el cable N2XSY (MT)

Tiempo de actuación de la protección (t) = 0,10 segundos

$$I_{cc} = 11.305 \text{ KA}$$

Es decir, que la corriente de cortocircuito que puede soportar el cable de 25 mm² seleccionado (I_{cc}) es mayor que la corriente de un eventual cortocircuito (I_{cc}).

e) Cálculo de los cables de puesta a tierra

$$S = 22.61 \text{ mm}^2$$

f) Selección de conductor NYY (BT)

Para una potencia de 50 KVA, Tensión de 0.22 KV y factor de potencia de 0.85

$$I_{cNYY} = 196.83 \text{ A}$$

Seleccionamos conductor NYY, 1x95 mm², cuya capacidad de corriente es 258 A

g) Calculo de la resistencia de puesta a tierra

$$R = 20.8836969 \text{ Ohmios}$$

Conclusiones:

Con el presente informe damos por culminado el diseño de la planta, la selección de equipos para la planta procesadora de fruta y todo el suministro de energía en media tensión (10 KV). En cuanto al transformador se ha instalado una reserva del 20% en función a la carga máxima de la planta instalada actualmente.

La cámara de conservación está diseñada para una capacidad de 6 toneladas, cabe recalcar que se llegó a la conclusión de que el compresor tiene que ser de 4KV.

El presente proyecto se ha desarrollado bajo las normas legales que rigen actualmente en el país, así como también las normas de seguridad para salvaguardar el bienestar en cuanto a equipos y personal que va a laborar en la planta.

1.2.3. Antecedente internacional:

Anyiston Nasid Blanco y Luz Andrea Rueda Díaz (2011) en su tesis “Diseño de la subestación eléctrica del edificio de Administración I bajo los lineamientos del reglamento técnico de instalaciones eléctricas - RETIE” para la obtención de su título de Ingeniero Electricista de la Universidad Industrial de Santander - Bucaramanga – Colombia.

Exponen un plan de mejoramiento de las instalaciones eléctricas del edificio de Administración I de la Universidad Industrial de Santander, ya que esta ha tenido en los últimos años un crecimiento significativo de la demanda de energía eléctrica, lo cual ha generado una adecuación no planificada de sus instalaciones eléctricas para abastecer el suministro de energía requerido por estas nuevas cargas sin contemplar un crecimiento futuro.

De acuerdo con lo anterior, se plantea el diseño de la Subestación Eléctrica bajo los lineamientos del RETIE, de uno de los edificios más importantes de la Universidad. (Diaz, 2011)

Resultados:

a) Selección del conductor de media tensión para 13.2 Kv

$I_{75\text{ KVA}} = 3.28\text{ A}$

$I_{200\text{ KVA}} = 8.75\text{ A}$

$I_{\text{Total}} = 12.03\text{ A}$

Según Norma Técnica Colombiana NTC 2050, cable No 2 AWG con capacidad de 155 A

b) Selección del conductor de baja tensión para transformador de 200 KV

It conductor = 264.35 A

c) Selección del conductor de baja tensión para transformador de 75 KV

It conductor = 99.133 A

d) Ventilación para transformador de 75 y 200 KVA

Área de Ventilación = 0.5324 m²

e) Ventilación para transformador de 300 KVA

Área de Ventilación = 0.5808 m²

f) Corrección del factor de potencia para transformador de 200 KVA

Banco de condensadores de 40 KVAR ajustable en pasos de 10 KVAR a 220 VAC con controlador automático

g) Corrección del factor de potencia para transformador de 300 KVA

Banco de condensadores de 50 KVAR ajustable en pasos de 10 KVAR a 220 VAC con controlador automático incorporado.

Conclusiones:

1. El cumplimiento de la reglamentación y normatividad vigente mejoran la calidad en el servicio y la seguridad de las personas en la manipulación de las instalaciones eléctricas.
2. De acuerdo con el análisis de pérdidas en el cobre y en el núcleo, se encontró que la propuesta más viable es la de tener un solo transformador en la subestación y los otros dos transformadores se tienen como respaldo para los mantenimientos.
3. La implementación de las celdas SM6 es una excelente alternativa para la construcción de Subestaciones de Tipo Interior.
Aunque es una excelente solución, hay que tener en cuenta que en las celdas del fabricante Schneider Electric, existe la desventaja que no se tiene un corte visible, para cumplir con las reglas de oro de la seguridad.
4. Para el cálculo de la corriente de corto circuito requerida en el cálculo del sistema de puesta a tierra, se debe realizar un estudio para referir la corriente desde la subestación principal ubicado en el edificio de eléctrica antigua hasta los bornes del transformador de la subestación en diseño, con el propósito de optimizar el cálculo de la malla de Puesta a Tierra.
5. Para la corrección del factor de potencia, es necesario conocer la forma de onda de la corriente de neutro, puesto que si tiene componentes armónicas, es necesario realizar un estudio de calidad de la energía para realizar el diseño del Filtro y evitar que el

sistema entre en resonancia provocando sobretensiones en el sistema eléctrico de la Universidad y de la Subestación. (Díaz, 2011)

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Subestación eléctrica

Una subestación eléctrica es un conjunto de elementos o dispositivos que permiten cambiar las características de energía eléctrica (tensión, corriente, frecuencia, etc.), o bien, conservarla dentro de ciertas características. (www.voltimum.es, s.f.)

Las subestaciones eléctricas están destinadas a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica. (Díaz, 2011)

Subestaciones compactas

En estas subestaciones los aparatos y las máquinas están bien protegidos, y el espacio necesario es reducido, se utilizan en fábricas, hospitales, auditorios, edificios y centros comerciales que requieran poco espacio para su instalación, generalmente se utilizan en tensiones de utilización. (docslide.us)

En este tipo de subestaciones los interruptores, seccionadores, transformadores y todos los componentes de conexión están encapsulados, y puede ir instalada en un ambiente interior o a la intemperie.

Son para servicio interior del tipo Nema 1 y Nema 12, y para servicio **intemperie** tipo Nema 3R, construidas en lámina de acero rolado en frío calibre 12 o 14 con acabados de pintura electrostática. (docplayer.es)

Generalidades de las subestaciones eléctricas compactas

Las Subestaciones Compactas “PP” (Plug and Play), son fabricadas en secciones modulares de fácil armado por medio de tornillería, lo que proporciona una gran versatilidad cuando se requiere de ampliaciones.

Las Subestaciones Compactas “PP” integran equipos para conexión y desconexión de la energía, así como aditamentos de protección como apartarrayos y sistema de tierras:

- Cuchilla seccionadora de operación sin carga.
- Seccionador de operador con carga.
- Aisladores de poliéster para soporte de barras conductoras.

- Barras de cobre electrolítico conductoras de energía.
- Protección contra sobretensiones a través de apartarrayos Poliméricos.
- Protección contra corto circuito por medio de fusibles limitadores de corriente.

Las Subestaciones Compactas “PP” cuentan con un sistema de bloqueo que impide el cierre o apertura de las cuchillas de desconexión cuando estas se encuentran en una condición indeseable que puede dañar los equipos o puede poner en riesgo la seguridad del operario.

También cuenta con un sistema de bloqueo de puerta que evita tener acceso del operario a partes vivas (con energía) cuando estas se encuentran aún energizadas, condición indeseable que puede dañar los equipos o puede poner en riesgo la seguridad del operario.

La cuchilla de operación con carga, cuenta con un accionamiento de cierre rápido que garantiza el cierre total de la cuchilla a pesar de su disposición inadvertida en el techo, independientemente de la fuerza o velocidad con que el operario la cierre. (illuminati70.blogspot.com, s.f.)

En la figura No. 1 Se muestra una subestación compacta tipo intemperie.



Figura No. 1: Subestación compacta tipo intemperie

Fuente: Linkografía

http://static.wixstatic.com/media/91a050_5fedd9c1ff7f258110d98972668244cb.png/v1/fill/w_363,h_342,al_c,lg_1/91a050_5fedd9c1ff7f258110d98972668244cb.png

Partes que componen una subestación MT tipo compacta

Las subestaciones compactas están constituidas, por módulos o unidades, que tienen básicamente tres componentes: (www.scrib.com, s.f.)

- ✓ Celda de seccionamiento en media tensión
- ✓ Celda del transformador de potencia
- ✓ Celda en baja tensión

Formando una unidad integral, con el propósito de ahorrar espacio, material de interconexión y tiempo de montaje. (www.grupotemi.com, s.f.)

Por lo general, son de diseño modular con las ventajas siguientes:

- ✓ Los módulos se diseñan para su conexión en distintos arreglos y se pueden equipar con distintos tipos de equipos. (www.scrib.com, s.f.)
- ✓ Se pueden instalar en recintos de acceso general, con restricciones mínimas.
- ✓ Están protegidos contra efectos o agentes externos. (docplayer.es)

En la figura No. 2 Se muestra los componentes internos.



Figura No. 2: Componentes de una Subestación compacta tipo intemperie

Fuente: Linkografía

http://static.wixstatic.com/media/c90ef3_dbce40b3210e4a408f1cf7beb56320ea.jpg_srz_47_9_392_85_22_0.50_1.20_0.00_jpg_srz

1.3.2. Trafomix

Es un Transformador Mixto, que combina en un mismo equipo, las funciones de Transformador de medida de Voltaje y Transformador de medida de Corriente, utilizado como reductor de tensión y corriente. (search.navegaki.com.br, s.f.)

Lo que hace el trafomix es disminuir las magnitudes nominales a valores proporcionales menores a estas, en los que se pueda trabajar con instrumentos de medición o de protección de bajo alcance. Separan eléctricamente el circuito medido de los aparatos de medición pudiendo también ubicarlos en lugares muy distantes al circuito medido. (prezi.com, s.f.)

Su función principal es reflejar con la mayor exactitud las señales de la red de Media tensión hacia el medidor.

En la figura No. 3 se muestra un trafomix.



Figura No. 3: Trafomix trifásico de media tensión

Fuente: Linkografía http://www.cea.com.pe/images/portfolio_big/p3.jpg

1.3.3. Medidor electrónico de media tensión

Los medidores electrónicos de energía eléctrica, miden la energía activa y reactiva consumida y suministrada así como la demanda media de las redes trifásicas.

Los medidores deben funcionar en locales y/o cajas cerradas en los cuales no debe haber polvo, gases y vapores dañinos.

El medidor posee un reloj interno autónomo que registra el tiempo real (horas, minutos y segundos), la fecha (año, mes, día y día de la semana) y genera señales de control.

Para subestaciones eléctricas de media tensión se utiliza el medidor A3, el cual como sus predecesores, utiliza técnicas de medición digital, las cuales ofrecen una gran exactitud y bajos costos de mantenimiento. Entre otras de sus características incluye medición avanzada de los cuatro cuadrantes, compensación de pérdidas por líneas de transmisión y transformadores, y grabación de datos de instrumentación. El medidor A3 incorpora una fuente polifásica que permite al medidor ser energizado de cualquiera de las fases, de esta manera si alguna de las fases es desconectada, el medidor se alimenta de cualquiera de las fases restantes, ya sea línea- línea o línea neutro. (www.promelsa.com.pe, s.f.)

En la figura No. 4 se muestra un medidor electrónico A3



Figura No. 4: Medidor electrónico A3

Fuente: Linkografía

<http://www.realimexperu.com/images/productos/normal/elster/medidor-trifasico-electronico-a3raln.jpg>

1.3.4. Aisladores de media tensión

Dentro de la unidad de Media tensión los aisladores, son de vital importancia, estos encuentran su aplicación en soportes para barras conductoras de buses y circuitos derivados, soportes para cables, bases aisladas para mordazas, para fusibles y otros dispositivos similares, para soportar partes vivas en equipos y accesorios de MT.

Una de sus características principales es que están fabricados a base de resina epóxica de formulación exclusiva para uso en media tensión.

La fabricación se realiza mediante un proceso de inyección a presión que impide deformaciones y esfuerzos internos. Están diseñados para montaje horizontal o vertical y soportar el peso de barras conductoras en cualquier posición y por su robusto diseño soporta los esfuerzos dinámicos producidos por corrientes de cortocircuito. Su bajo peso y reducidas tolerancias de manufactura, dan como resultado excelentes características mecánicas, así como una alta resistencia a la degradación en ambientes húmedos y corrosivos. (docplayer.es)

En la figura No. 5 se muestra los aisladores de media tensión



Figura No. 5: Aisladores MT

Fuente: Linkografía <http://integras.mx/wp-content/uploads/2015/07/S300715.pdf>

1.3.5. Cuchillas seccionadoras sin carga

Son utilizadas como dispositivos de seccionamiento de circuitos, para operar sin carga, en sistemas de media tensión.

Están construidas sobre un bastidor de acero con acabado galvanizado anticorrosivo. La flecha de accionamiento gira dentro de bujes de material anticorrosivo de baja fricción, previniendo así el desgaste y oxidación, manteniéndose en óptimas condiciones aún después de un largo período de instalación y uso. (docplayer.es)

A pesar de la presión de contacto, las cuchillas seccionadoras son de operación sencilla y ligera en forma manual. (driwisa.com, s.f.)

En la figura No. 6 se muestra las cuchillas seccionadoras sin carga



Figura No. 6: Cuchillas seccionadoras sin carga

Fuente: Linkografía <http://integras.mx/wp-content/uploads/2015/07/S300715.pdf>

1.3.6. Cuchillas seccionadoras con carga

Las cuchillas seccionadoras con carga, son equipos tripolares de operación en grupo, utilizados para operar con carga y seccionar redes de media tensión de hasta 38 KV, conectar y desconectar líneas o cables, seccionar circuitos en anillo así como para conectar y desconectar transformadores con o sin carga.

A pesar de la presión de contacto, los seccionadores eléctricos con carga son de operación sencilla y ligera, mediante accionamientos a resorte de cierre y apertura rápidos para garantizar las características de cierre y de capacidad interruptiva bajo carga, gracias a la velocidad de operación lograda por los mecanismos, asegurando así que su velocidad, su repetibilidad y por ende su confiabilidad sean independientes del operador. En las versiones con porta fusibles, la capacidad interruptiva de cortocircuito está determinada por el fusible empleado. (docplayer.es)

En la figura No. 7 se muestra las cuchillas seccionadoras con carga

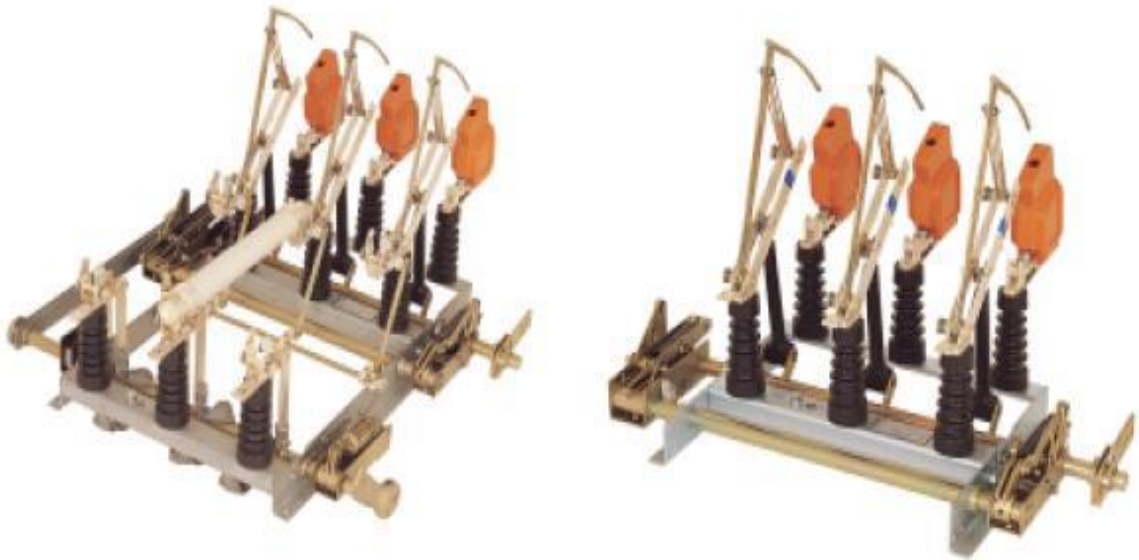


Figura No. 7: Cuchillas seccionadoras con carga

Fuente: Linkografía <http://integras.mx/wp-content/uploads/2015/07/S300715.pdf>

1.3.7. Cuchillas de puesta a tierra

Son utilizadas como elementos para conectar a tierra barras colectoras, circuitos derivados, capacitores y cualquier otro equipo, de manera segura y firme, los cuales hayan sido previamente desconectados de la red de alimentación por medio de seccionadores, cuchillas o interruptores. (docplayer.es)

Se emplean principalmente para propósitos de mantenimiento o inspección, representando un medio más seguro y confiable que la utilización de cables y pinzas para conectar a tierra, asegurando de esta forma que el personal que trabaje en estas áreas esté adecuadamente protegido, reduciendo la posibilidad de recibir una descarga a través de alguna parte de la instalación que haya permanecido energizada o con potencial debido a cargas eléctricas acumuladas, por ejemplo en capacitores, cables subterráneos y líneas largas.

Las cuchillas de puesta a tierra están construidas sobre un bastidor de acero con acabado galvánico anticorrosivo. (www.temelec.com.mx, s.f.)

Emplean aisladores de resina epóxica, sobre los que están soportadas las partes vivas.

Las navajas están conectadas directamente a la flecha de accionamiento.

Las partes conductoras son fabricadas con cobre electrolítico. (docplayer.es)

En la figura No. 8 se muestra las cuchillas de puesta a tierra



Figura No. 8: Cuchillas de puesta a tierra

Fuente: Linkografía <http://integras.mx/wp-content/uploads/2015/07/S300715.pdf>

1.3.8. Porta fusibles

Son empleados como elementos de soporte y conexión para fusibles de media tensión y alta capacidad interruptiva están construidas sobre un bastidor de acero con acabado galvánico anticorrosivo y están provistas con terminales de cobre plateado para conectar directamente barras de cobre o cables con conectores y zapatas.

Las mordazas por su diseño, ejercen una presión alta de contacto sobre los casquillos de los fusibles, garantizando no sólo un área amplia de contacto, sino una resistencia óhmica mínima en esta zona, evitando así calentamiento y manteniendo a los fusibles firmemente sujetos, sin peligro de desprendimiento en cualquier posición. A pesar de la alta presión, la inserción y extracción de los fusibles es sencilla y sin complicaciones

Los porta fusibles están diseñados para soportar las corrientes nominales y la disipación de potencia de los fusibles limitadores de corriente de media tensión.

En caso de corrientes de cortocircuito, los porta fusibles por su robusto diseño, soportan los esfuerzos térmicos y dinámicos provocados por las altas corrientes, tanto en las partes conductoras como en los aisladores. (driwisa.com, s.f.)

En la figura No. 9 se muestra los porta fusibles



Figura No. 9: Porta fusibles

Fuente: Linkografía <http://integras.mx/wp-content/uploads/2015/07/S300715.pdf>

1.3.9. Fusibles limitadores de corriente

Los fusibles limitadores de corriente son dispositivos, para protección contra corto-circuito en redes de media tensión, proporcionan protección contra los daños térmicos y dinámicos que ocurrirían en caso de cortocircuito si no se dispone de esta protección, gracias a su respuesta y a la característica de limitación de corriente de cortocircuito a los valores previstos en el diseño del fusible, al interrumpir la corriente de cortocircuito antes de que el primer semiciclo de la onda de corriente llegue a su valor natural máximo. (docslide.us)

Al ocurrir una condición de cortocircuito en una red eléctrica, se producen efectos térmicos y dinámicos muy apreciables a causa de las elevadas magnitudes que alcanza la corriente. La interrupción de estas corrientes en el menor tiempo posible es de suma importancia puesto que se evitan o cuando menos se minimizan los daños ocasionados por el sobrecalentamiento de partes conductoras y por los esfuerzos dinámicos. (docslide.us)

Para media tensión se utilizan un dispositivo de alta capacidad de ruptura, denominado HH, posee corrientes nominales desde 0,5 A hasta 400 A, y tensiones nominales desde 2,3 KV hasta 33 KV. (www.elistas.net, s.f.)

En la figura No. 10 se muestra los fusibles limitadores de corriente



Figura No. 10: Fusibles limitadores de corriente

Fuente: Linkografía <http://integras.mx/wp-content/uploads/2015/07/S300715.pdf>

1.3.10. Apartarrayos

El apartarrayos es un dispositivo cuyo principal elemento activo son los varistores de óxido metálico, cuando está trabajando a tensión nominal, la corriente que fluye a través de éste es de aproximadamente 1 mA. A medida que la tensión aumenta, su resistencia disminuye drásticamente, permitiendo que fluya más corriente y que la energía de la sobretensión se drene a tierra.

El apartarrayos es un dispositivo que sirve para eliminar sobretensiones transitorias de las líneas de distribución eléctrica. Estas sobretensiones se producen por descargas atmosféricas sobre las líneas o por cambios repentinos en las condiciones del sistema (como operaciones de apertura/cierre, fallas, cierre de cargas, etc.). (docslide.net, s.f.)

Las ondas que se presentan durante una descarga atmosférica viajan a la velocidad de la luz y dañan al equipo si no se tiene protegido correctamente.

El apartarrayos es un dispositivo que se encuentra conectado permanentemente en el sistema, opera cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud, descargando la corriente a tierra. (Diaz, 2011)

Deben instalarse apartarrayos, especialmente en lugares donde las tormentas son frecuentes y de gran intensidad. Su instalación debe estar fuera de pasillos y alejados de otro equipo, así como de partes combustibles del edificio. Además, deben resguardarse, ya sea por su elevación o por su localización, en sitios inaccesibles a personas no idóneas, o bien protegidos por defensas o barandales adecuados. (docslide.net, s.f.)

En la figura No. 11 se muestra un apartarrayos



Figura No. 11: Apartarrayos

Fuente: Linkografía <http://integras.mx/wp-content/uploads/2015/07/S300715.pdf>

1.3.11. Transformador

Se denomina transformador a una máquina eléctrica que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia.

La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal, esto es, sin pérdidas, es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño, tamaño, etc. (tecnologiabara.blogspot.com, s.f.)

El transformador, es un dispositivo que no tiene partes móviles, el cual transfiere energía de un circuito a otro, bajo el principio de inducción electromagnética. La transferencia de energía la hace con cambios en las tensiones y corrientes. (www.scrib.com, s.f.)

Un transformador elevador entrega la tensión a un valor más elevado, en tanto que un transformador reductor entrega la tensión a un valor bajo. Sustancialmente se puede decir que un transformador está constituido por un núcleo de material magnético que forma un circuito cerrado, y sobre de las columnas o piernas se localizan los devanados, uno denominado “primario” que recibe la energía y el otro secundario, que se cierra sobre un circuito de utilización al cual entrega la energía. (tsuelectricidadcegi2915.blogspot.com, s.f.)

Los devanados se encuentran eléctricamente aislados entre sí.

Un transformador consta de dos partes esenciales:

- El núcleo magnético.
- Los devanados.

Otros elementos están destinados a las conexiones mecánicas y eléctricas entre distintas partes al sistema de enfriamiento, al medio de transporte y a la protección de la maquina en general, en cuanto a las disposiciones constructivas, el núcleo determina características relevantes, de manera que se establece una diferencia fundamental en la construcción de transformadores, dependiendo de la forma del núcleo, y puede ser llamado “núcleo tipo columnas” y el “núcleo tipo acorazado”, existen otros aspectos que establecen diferencias entre tipos de transformadores, como lo es el sistema de enfriamiento, que establece la forma de disipación del calor producido en los mismos, o bien en término de su potencia y tensión. (tsuelectricidadcegi2915.blogspot.com, s.f.)

1.3.12. Transformadores secos

Para reducir la contaminación medioambiental y el peligro de incendio, se utilizan cada vez más transformadores de tipo seco. (kapekinternacional.com, s.f.)

Estos transformadores cumplen estrictos parámetros con respecto a las demandas de los sistemas eléctricos y operan en áreas con extremas condiciones climáticas. Los transformadores secos encapsulados al vacío, están prácticamente libres de mantenimiento y se fabrican de acuerdo a las normas internacionales como la ISO 9001. (prezi.com, s.f.)

Ventajas del Uso de Transformadores Secos:

- Son seguros, confiables, eficientes y amigables con la naturaleza.
- No se queman y ante un incendio externo, se auto-extinguen. Sin humos tóxicos.
- No hay riesgo de explosión.
- Se pueden instalar en los techos o entre pisos en un edificio (www.schneider-electric.com.co, s.f.)

En la figura No. 12 se muestra un transformador de potencia de media tensión



Figura No. 12: Transformador de potencia de media tensión

Fuente: Linkografía http://imagenes.mailxmail.com/cursos/imagenes/5/1/transformador-hermetico-transformador-en-seco-resina-epoxi_24015_12_1.jpg

1.3.13. Factor de potencia

El Factor de Potencia se define como la relación entre la potencia activa (kW) usada en un sistema y la potencia aparente (KVA) que se obtiene de las líneas de alimentación.

Todos los equipos electromecánicos que están constituidos por devanados o bobinas, tales como motores y transformadores necesitan la denominada corriente reactiva para establecer campos magnéticos necesarios para su operación.

La corriente reactiva produce un desfase entre la onda de tensión y la onda de corriente, si no existiera la corriente reactiva la tensión y la corriente estarían en fase y el factor de potencia sería la unidad.

El desfase entre las ondas de tensión y corriente, producido por la corriente reactiva se anula con el uso de condensadores de potencia, lo que hace que el funcionamiento del sistema sea más eficaz y, por lo tanto, requiera menos corriente lo que técnicamente se denomina compensación. (www.si3ea.gov.co, s.f.)

1.3.14. Potencia aparente, efectiva y reactiva.

La potencia eléctrica es el producto de la tensión por la corriente correspondiente.

Podemos diferenciar los tres tipos:

- Potencia aparente (KVA), $S = V.I$

Potencia efectiva (kW), $P = V.I. \cos\phi$

- Potencia reactiva (KVAR), $Q = V.I. \sin\phi$

La potencia efectiva P se obtiene de multiplicar la potencia aparente S por el "Cosφ", el cual se le denomina como "factor de potencia".

El ángulo formado en el triángulo de potencias por P y S equivale al desfase entre la corriente y la tensión y es el mismo ángulo de la impedancia; por lo tanto el Cosφ depende directamente del desfase. (docslide.us)

En la figura No. 13 se muestra un triángulo de potencias

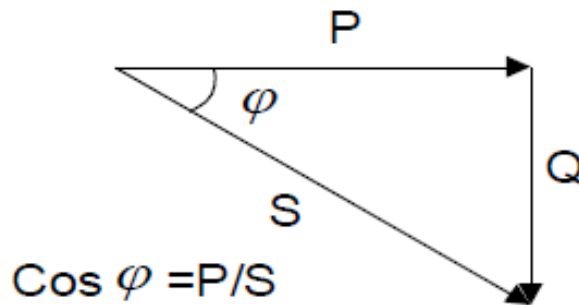


Figura No. 13: Triangulo de Potencias

Fuente: Universidad del Atlántico, Grupo de Gestión eficiente de energía “Corrección del factor de potencia y control de la demanda”

1.3.15. Efectos de un bajo factor de potencia.

Un bajo factor de potencia implica un aumento de la corriente aparente y por lo tanto un aumento de las pérdidas eléctricas en el sistema, (Díaz, 2011), es decir indica una eficiencia eléctrica baja, lo cual siempre es costoso, ya que el consumo de potencia activa es menor que el producto VI (potencia aparente). (www.scrib.com, s.f.)

Veamos algunos efectos de un bajo factor de potencia:

- Un bajo factor de potencia aumenta el costo de suministrar la potencia activa a la compañía de energía eléctrica, porque tiene que ser transmitida más corriente, y este costo más alto se le cobra directamente al consumidor industrial por medio de cláusulas del factor de potencia incluidas en las tarifas.
- Un bajo factor de potencia también causa sobrecarga en los generadores, transformadores y líneas de distribución dentro de la misma planta industrial, así como también las caídas de voltaje y pérdidas de potencia se tornan mayores de las que deberían ser. Todo esto representa pérdidas y desgaste en equipo industrial. (www.scrib.com, s.f.)

a. Generadores: La capacidad nominal de generadores se expresa normalmente en KVA. Entonces, si un generador tiene que proporcionar la corriente reactiva requerida por aparatos

de inducción, su capacidad productiva se ve grandemente reducida, Una reducción en el factor de potencia de 100% a 80% causa una reducción en los kW de salida de hasta un 27%.

b. Transformadores: La capacidad nominal de transformadores también se expresa en KVA, en forma similar a la empleada con generadores. Así, a un factor de potencia de 60%, los kW de potencia disponible son de un 60% de la capacidad de placa del transformador. Además, el % de regulación aumenta en más del doble entre un factor de potencia de 90% y uno de 60%. Por ejemplo: Un transformador que tiene una regulación del 2% a un factor de potencia de 90% puede aumentarla al 5% a un factor de potencia del 60%.

c. Líneas de Transmisión y Alimentadores: En una línea de transmisión, o alimentador, a un factor de potencia de 60%, únicamente un 60% de la corriente total produce potencia productiva. Las pérdidas son evidentes, ya que un factor de potencia de 90%, un 90% de la corriente es aprovechable, y a un factor de potencia de 100% toda es aprovechable. (www.scrib.com, s.f.)

1.3.16. Ventajas de la corrección del factor de potencia.

De manera invertida, lo que no produce un efecto adverso produce una ventaja; por lo tanto, el corregir el factor de potencia a niveles más altos, nos da como consecuencia:

a. Un menor costo de energía eléctrica. Al mejorar el factor de potencia no se tiene que pagar penalizaciones por mantener un bajo factor de potencia.

b. Aumento en la capacidad del sistema. Al mejorar el factor de potencia se reduce la cantidad de corriente reactiva que inicialmente pasaba a través de transformadores, alimentadores, tableros y cables. (www.scrib.com, s.f.)

c. Mejora en la calidad del voltaje. Un bajo factor de potencia puede reducir el voltaje de la planta, cuando se toma corriente reactiva de las líneas de alimentación. Cuando el factor de potencia se reduce, la corriente total de la línea aumenta, debido a la mayor corriente reactiva que circula, causando mayor caída de voltaje a través de la resistencia de la línea, la cual, a su vez, aumenta con la temperatura. Esto se debe a que la caída de voltaje en una línea es igual a la corriente que pasa por la misma multiplicada por la resistencia en la línea.

d. Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores, líneas y generadores.

e. Aumento de la vida útil de las instalaciones. (www.si3ea.gov.co, s.f.)

1.3.17. Compensación

Los transformadores, motores, etc. son consumidores inductivos. Para la formación de su campo magnético estos toman potencia inductiva o reactiva de la red de alimentación, Esto significa para las plantas generadores de energía eléctrica una carga especial, que aumenta cuanto más grande es y cuanto mayor es el desfase. Esta es la causa por la cual se pide a los consumidores o usuarios mantener una factor de potencia cercano a 1. Los usuarios con una alta demanda de potencia reactiva son equipados con contadores de potencia reactiva (Vatiómetro o vatímetro de potencia).

La demanda de potencia reactiva se puede reducir sencillamente colocando condensadores en paralelo a los consumidores de potencia inductiva QL.

Dependiendo de la potencia reactiva capacitiva Qc de los condensadores se anula total o parcialmente la potencia reactiva inductiva tomada de la red. A este proceso se le denomina compensación.

Después de una compensación la red suministra solamente (casi) potencia real.

La corriente en los conductores se reduce, por lo que se reducen las pérdidas en éstos.

Así se ahorran los costos por consumo de potencia reactiva facturada por las centrales eléctricas.

Con la compensación se reducen la potencia reactiva y la intensidad de la corriente, quedando la potencia real constante, es decir, se mejora el factor de potencia. (www.scrib.com, s.f.)

En la figura No. 14 se muestra un triángulo de potencias con compensación

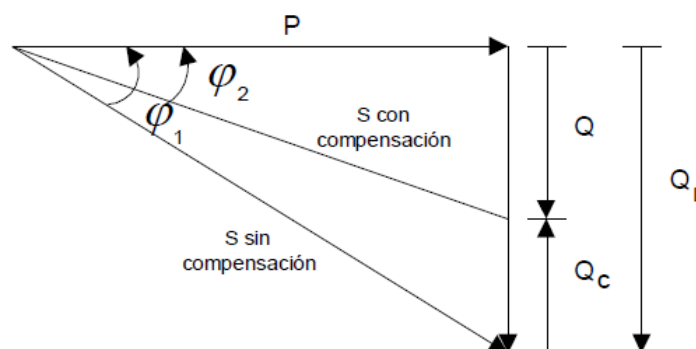


Figura No. 14: Triangulo de Potencias con compensación

Fuente: Universidad del Atlántico, Grupo de Gestión eficiente de energía “Corrección del factor de potencia y control de la demanda”

1.3.18. Tipos de compensación.

Las inductancias se compensan con la conexión en paralelo de capacitancias, conocida como compensación en paralelo. Esta forma de compensación es la más usual, especialmente en sistemas trifásicos.

Los tres tipos de compensación en paralelo más usados son:

a. Compensación Individual: A cada consumidor inductivo se le asigna el condensador necesario. Este tipo es empleado ante todo para compensar consumidores grandes de trabajo continuo.

b. Compensación en Grupos: Los grupos se conforman de varios consumidores de igual potencia e igual tiempo de trabajo y se compensan por medio un condensador común. Este tipo de compensación es empleado, por ejemplo para compensar un grupo de lámparas fluorescentes. (www.si3ea.gov.co, s.f.)

c. Compensación Central: La potencia reactiva inductiva de varios consumidores de diferentes potencias y diferentes tiempos de trabajo es compensada por medio de un banco de condensadores.

Una regulación automática compensa según las exigencias del momento. (biblioteca.uns.edu.pe, s.f.)

En la figura No. 15 se muestra las conexiones para los tipos de compensación

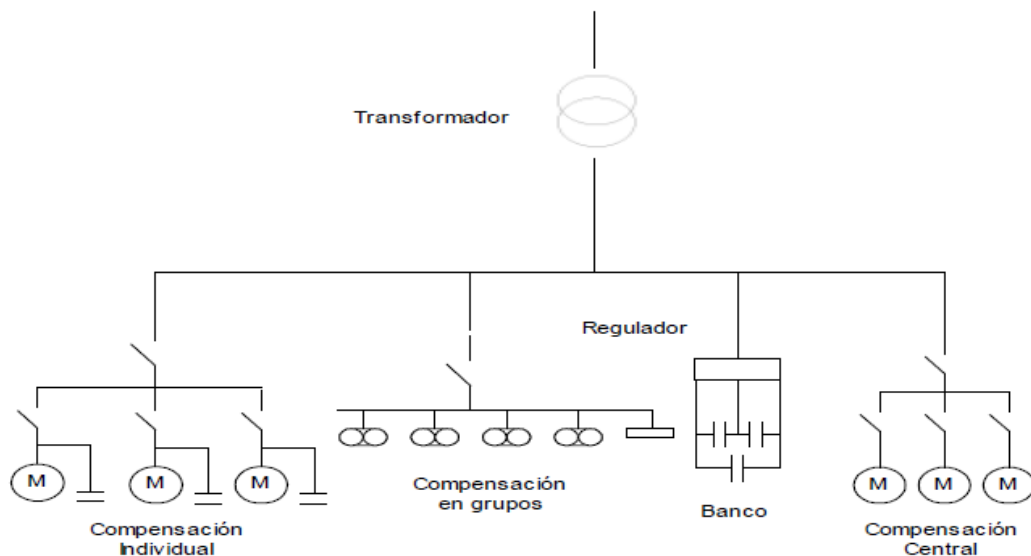


Figura No. 15: Conexión de capacitancias para los tipos de compensación más usados

Fuente: Universidad del Atlántico, Grupo de Gestión eficiente de energía “Corrección del factor de potencia y control de la demanda”

1.3.19. Banco de condensadores o capacitores

Los bancos de capacitores son equipos que regularmente se instalan en los sistemas eléctricos, tanto en baja como en mediana y alta tensión, ya que son de utilidad para corregir el factor de potencia y evitar las penalizaciones que la empresa suministradora impone, mejorar el perfil de voltaje, principalmente durante condiciones de arranque de motores o conexión de cargas de gran magnitud. Cuando se emplean como parte de los filtros de armónicos, ayudan a reducir las corrientes armónicas que circulan por la red eléctrica, evitando pérdidas eléctricas y desgaste en los equipos.

Los bancos de capacitores se han usado por más de 40 años para la compensación de los requerimientos de potencia reactiva y elevación de tensión en los sistemas de potencia. Los capacitores son dispositivos que consisten de dos superficies conductoras separadas por un dieléctrico. Éstos tienen la capacidad de almacenar energía electrostática, la cual se halla en un campo eléctrico y se debe relacionar directamente con la carga eléctrica que se almacena en el dispositivo.

Es de suma importancia que se tomen en cuenta diversas variables cuando se selecciona un banco de capacitores, ya que de no hacerse o no evaluarse por un especialista podrían ocasionar problemas. Entre estas variables, cabe mencionar: designar el objetivo de la instalación (ayudar durante el arranque de los motores, corregir el factor de potencia, mejorar el perfil de voltaje, filtrar armónicos, etcétera), la localización, el tipo de cargas que se tienen en el punto de conexión, si será un banco fijo o ajustable.

En el caso del banco fijo, por ejemplo, siempre se encontrará conectado a la línea de alimentación; pero, dependiendo de la aplicación que se le dé, puede ser conectado o desconectado con los arrancadores de los motores. Los bancos fijos son, además, bastante útiles cuando se requiere mejorar el factor de potencia de una carga o un grupo de cargas cuya demanda de potencia reactiva sea esencialmente constante. En contraste, el banco automático de capacitores consta de un conjunto de celdas capacitivas de valores distintos y también idénticos, según el arreglo, los cuales se encuentran agrupados para obtener el factor de potencia con variaciones de carga.

Para la corrección del factor de potencia, intervienen únicamente las demandas de P (potencia real) y Q (potencia reactiva), las cuales son suministradas hacia la carga. Después de registrar los datos, el factor de potencia se calcula de la relación que hay entre la potencia real y la reactiva. La corrección del factor de potencia consiste en disminuir la potencia reactiva que demanda la carga, de forma que los KVA tiendan a ser igual a los kW.

En general, la utilización de los bancos de capacitores repercutirá en mejorar el desempeño del sistema eléctrico por los factores previamente descritos, los cuales tendrán un impacto económico positivo para el propietario de la instalación. (reflexplus.net, s.f.)

Un banco de capacitores es un conjunto de capacitores que mediante un equipo electrónico que mide el $\text{Cos}\phi$, agrega capacitores a medida que aumenta la carga inductiva y los desconecta si baja la carga inductiva, por eso se lo llama banco, pues son varios capacitores que se conectan y desconectan controlados por un cerebro electrónico. (www.vacmaringeneria.com, s.f.)

En la figura No. 16 se muestra un banco de condensadores con control automático



Figura No. 16: Banco de condensadores con módulo de control automático
Fuente: Linkografía <http://guiacolombia.com.co/Imagenes/b/21110290-2-bancos-automaticos-de-condensadores-power-y-control-systems.jpeg>

1.3.20. Sistema de tierras de las subestaciones eléctricas MT

Un sistema de tierras es el conjunto de elementos interconectados que tiene como objetivo evitar diferencias de potencial peligrosas en una instalación eléctrica y que al mismo tiempo, permita el paso de las corrientes de falla o de las descargas atmosféricas a tierra, logrando con esto, proporcionar seguridad al personal, equipos e instalaciones eléctricas, asegurando una buena calidad de la energía.

Bajo el nombre genérico de sistema de tierra se conoce tanto a la conexión a tierra del sistema de distribución, como a la conexión o puesta a tierra del equipo eléctrico y no eléctrico. (docplayer.es)

La puesta a tierra de instalaciones eléctricas está relacionada en primer lugar con la seguridad, y se diseña normalmente para cumplir dos funciones:

La primera

Es establecer conexiones equipotenciales.- Toda estructura metálica conductiva expuesta que puede ser tocada por una persona, se conecta a través de conductores de conexión eléctrica.

La mayoría de los equipos eléctricos se aloja en el interior de cubiertas metálicas y si un conductor energizado llega a entrar en contacto con éstas, la cubierta también quedará temporalmente energizada. La conexión eléctrica es para asegurar que, si tal falla ocurriese, entonces el potencial sobre todas las estructuras metálicas conductivas expuestas sea virtualmente el mismo. En otras palabras, la conexión eléctrica iguala el potencial en el interior del local, de modo que las diferencias de potencial resultantes son mínimas. De esta forma, se crea una “plataforma” equipotencial.

Si una persona está en contacto simultáneamente con dos piezas diferentes de una estructura metálica expuesta, el conductor de conexión eléctrica debiera garantizar que la persona no reciba un choque eléctrico, haciendo que la diferencia de potencial entre los equipos sea

insuficiente para que esto ocurra. El mismo principio se aplica en el interior de grandes subestaciones eléctricas, industrias y casas.

En industrias, la conexión eléctrica de estructuras metálicas expuestas garantizará normalmente que una falla eléctrica a la carcasa de la máquina no generará una diferencia de potencial entre ella y la estructura metálica puesta a tierra en una máquina adyacente.

En la casa, la conexión eléctrica garantiza que si ocurriese una falla a la cubierta metálica de una máquina lavadora u otro electrodoméstico, cualquier persona que estuviese tocando en el momento de falla simultáneamente uno de estos equipos y el estanco metálico, no experimentaría un choque eléctrico. (www.scrib.com, s.f.)

La segunda

Es garantizar que, en el evento de una falla a tierra, toda corriente de falla que se origine, pueda retornar a la fuente de una forma controlada. Por una forma controlada se entiende que la trayectoria de retorno está predeterminada, de tal modo que no ocurra daño al equipo o lesión a las personas.

La conexión a tierra no es de capacidad infinita e impedancia nula. Sin embargo, la impedancia del sistema de tierra debiera ser lo bastante baja de modo que pueda fluir suficiente corriente de falla a tierra para que operen correctamente los dispositivos de protección, los cuales a su vez provocarán la operación de interruptores o fusibles para interrumpir el flujo de corriente.

El diseñador de la protección calcula normalmente el valor requerido de impedancia a través de programas de análisis de fallas y este valor debe comunicarse a los responsables del diseño del sistema de puesta a tierra. (www.scrib.com, s.f.)

Importancia de los sistemas de tierra

Una gran parte de los accidentes personales en la industria, subestaciones y en cualquier otra parte donde se tenga un sistema eléctrico, debidos a causas eléctricas, están relacionados con el contacto directo con partes metálicas.

Se ha encontrado que la causa de estos accidentes, ha sido la falta de un sistema de tierra o sistemas de tierra adecuados.

Los incendios originados en las Instalaciones Eléctricas se deben a fallas en los sistemas de tierras. Por ésta razón, se deduce que desde el diseño de cualquier instalación eléctrica se le debe dar gran importancia y atención al sistema de tierras.

El disponer de una red de tierra adecuada es uno de los aspectos principales para la protección contra sobretensiones en las subestaciones. A ésta red se conectan los neutros de los equipos eléctricos, pararrayos, cables de guarda y todas aquellas partes metálicas que deben estar a potencial de tierra. Las necesidades de contar con una red de tierra en las subestaciones es la de cumplir con las siguientes funciones:

- a) Proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes de tierra.
- b) Evitar que, durante la circulación de éstas corrientes de falla, puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos de la subestación (ya sea sobre el piso o con respecto a partes metálicas puestas a tierra), significando un peligro para el personal, considerando que las tensiones tolerables por el cuerpo humano deben ser mayores que las tensiones resultantes en la malla.
- c) Facilitar la operación de los dispositivos de protección adecuados, para la eliminación de las fallas a tierra en los sistemas eléctricos.
- d) Dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio eléctrico.
- e) Evitar la aparición de potencial en el neutro en un sistema en estrella aterrizado.
- f) Proveer una conexión a tierra para el punto neutro de los equipos que así lo requieran (transformadores, reactores, etc.).
- g) Proporcionar un medio de descarga en los equipos, ya que estos almacenan energía por inducción magnética o capacitancia, antes de proceder a tareas de mantenimiento.

Los elementos principales de un sistema de tierras son los siguientes:

- Electroodos
- Conductores
- Conectores. (docplayer.es)

En la figura No. 17 se muestra un sistema de puesta a tierra

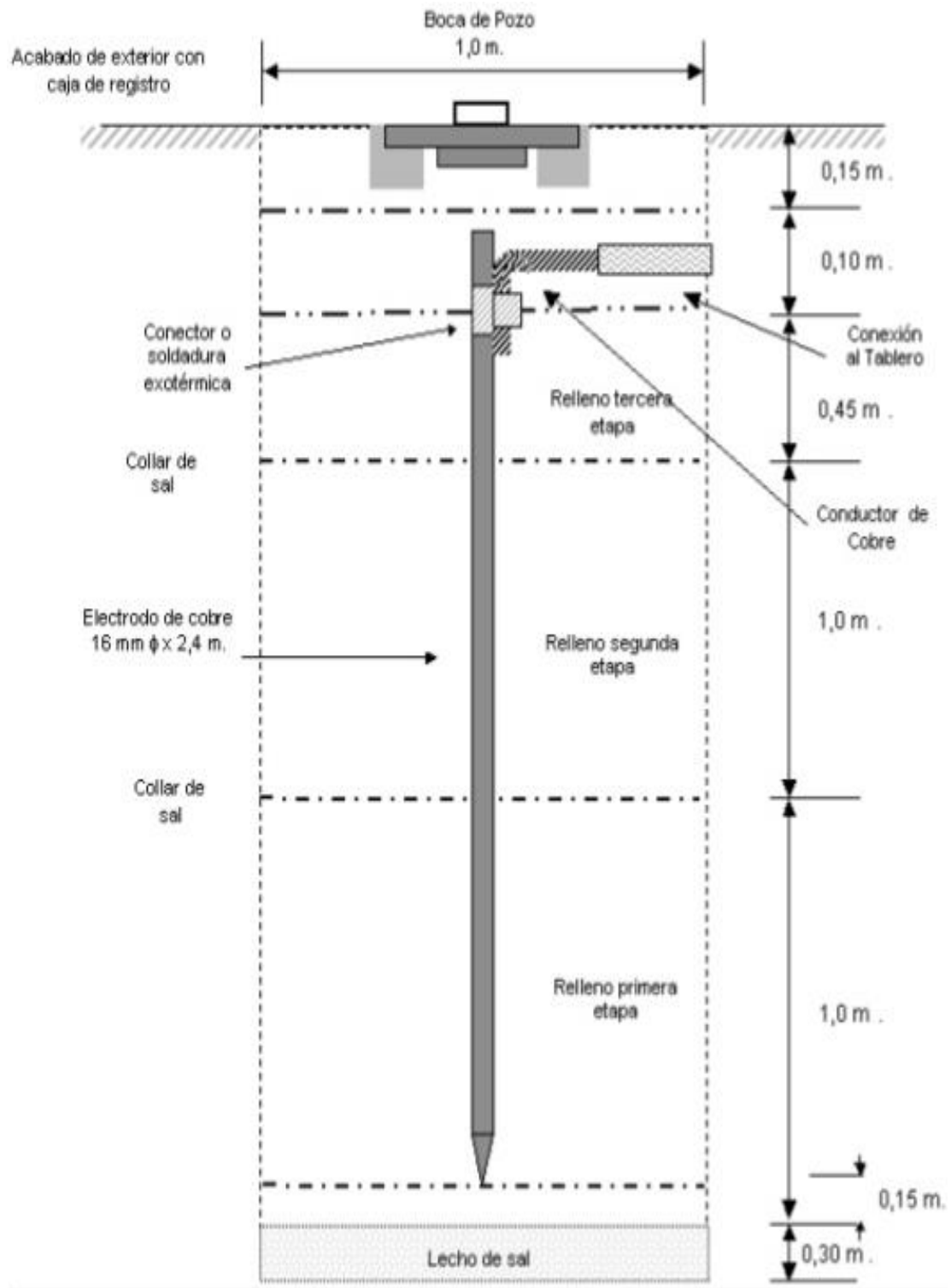


Figura No. 17: Sistema de puesta a tierra

Fuente: Norma Técnica peruana

1.3.21. Fórmulas para cálculos de Ingeniería

a) Cálculo y dimensionamiento del conductor en media tensión

Por capacidad de corriente

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} * V * \cos\phi} \quad \dots (1.1)$$

Dónde: I_n = Corriente nominal (A)
 P_n = Potencia nominal (KW)
 V = Voltaje de media tensión (KV)
 $\cos\phi$ = Factor de potencia

Por caída de tensión

$$\Delta V = \frac{P * L (R \cos\phi + X \sin\phi)}{(V)^2} \quad \dots (1.2)$$

Dónde: ΔV = Caída de tensión
 P = Potencia (KVA)
 R = Resistencia del conductor (Ω /Km)
 X = Reactancia inductiva (Ω /Km)
 V = Voltaje de media tensión (KV)

La caída de tensión es: $\Delta V < 5 \%$

Sección del conductor por cortocircuito

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} * V} \quad \dots (1.3)$$

Dónde: I_{cc} = Intensidad de cortocircuito trifásico (KA)
 P_{cc} = Potencia de cortocircuito trifásico (MVA)
 V = Voltaje de media tensión (KV)

$$I_{ctac} = \frac{\delta_{cc} * S}{\sqrt{t}} \quad \dots (1.4)$$

Dónde: I_{ctac} = Corriente de corto circuito térmicamente admisible por el cable
 Δ_{cc} = Densidad de corriente de cortocircuito del conductor
 S_c = Sección del conductor
 T = Tiempo de duración del cortocircuito
(Para cables de cobre: 0.143 A/mm²)

b) Cálculo de protección para media tensión (fusibles)

Para el seccionador de potencia (compacta de seccionamiento y medición)

$$I_f \geq 1.5 I_n \quad \dots (1.5)$$

Dónde: I_f = Corriente de fase

I_n = Corriente nominal de la formula (1.1)

c) Dimensionamiento del conductor en baja tensión 220/380 V

Por capacidad de corriente

$$I_n = \frac{P(\text{KVA})}{\sqrt{3} \cdot V} \quad \dots (1.6)$$

Dónde: I_n = Corriente nominal (A)

P = Potencia aparente (KVA)

V = Voltaje de media tensión (220V)

Por caída de tensión

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot I \cdot L \cdot \cos \phi}{S} \quad \dots (1.7)$$

Dónde: ΔV = Caída de tensión

ρ = Resistividad del conductor (Ohm*mm²)

I = Corriente (A)

L = Longitud (m)

S = Sección del conductor (mm²)

La caída de tensión es: $\Delta V < 5 \%$

d) Calculo de protección en BT 220/380 V (fusibles)

$$I_f \geq 1.5 I_n \quad \dots (1.8)$$

e) Cálculo de la Ventilación para la sub estación compacta tipo intemperie

Las dimensiones de la rejilla para el ingreso del aire en el centro de transformación están dadas por la siguiente fórmula:

$$S = 0.18 \times P / \sqrt{H} \quad \dots (1.9)$$

Dónde:

- P = Suma de las pérdidas de potencia del Transformador en KW
- S = Superficie de la rejilla de ingreso de aire en m²
- S` = Superficie de la rejilla de salida de aire en m²
- H = Altura entre centros de las rejillas de ventilación en m

f) Cálculo del banco de condensadores para compensación de potencia reactiva

Según la ley de Ohm, la corriente de un condensador es:

$$I_c = V/X_c$$

Como: $X_c = 1/\omega.C$

Por tanto: $I_c = V.\omega.C$

La potencia reactiva de un condensador es:

$$Q_c = V^2.\omega.C \quad \dots (1.10)$$

Para corriente monofásica $I_c = Q_c/V$

Para corriente trifásica $I_c = Q_c/\sqrt{3}.V$

g) Cálculo de la resistencia de una puesta a tierra (en cada Barra)

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{8L}{d}\right) - 1 \right] \quad \dots (1.11)$$

Dónde: R = Resistencia de la barra (Ohm)

ρ = Resistividad del suelo (Ohm*m)

L = Longitud de la barra (m)

D = Diámetro de la barra (m)

Los valores típicos de resistividad de los diferentes suelos se muestran en la tabla 1

Tabla No. 1: Resistividad de diferentes suelos

Naturaleza del terreno	Resistividad (Ohm-m)	Dosis THOR-GEL por m³
Terrenos cultivables y fértiles	50	1
Terraplenes compactos y húmedos	50	1
Terrenos cultivables poco fértiles	500	de 1 a 2
Suelos pedregosos desnudos arena seca, permeable	3000	2
Suelos rocosos fraccionados	6000	de 2 a 3
Suelos rocosos compactos	14000	3

Fuente: Linkografía <http://www.monografias.com/trabajos76/aspectos-generales-seguridad/image051.gif>

Resistencia total obtenida

Se debe obtener una resistencia de puesta a tierra en el sistema según el CNE de 25 Ohmios (Ω) y si fuera superior a este valor se aumentara el número de electrodos.

Los factores que influyen en la impedancia son:

- Las dimensiones físicas y atributos del sistema de electrodos de tierra.
- Las condiciones del suelo (composición, contenido de agua, etc.).

1.4. Formulación del problema

¿Cuáles son las características técnicas para el diseño de alimentador en media tensión 10 – 22.9 KV y subestación compacta de 160 KVA para la empresa Servicio de Administración Tributaria de Trujillo - SATT?

1.5. Justificación del estudio

Como ya se ha mencionado el suministro eléctrico actual no satisface la demanda de energía requerida por el SATT, esto genera la necesidad de implementar la subestación eléctrica con la potencia necesaria que permita la operación de toda la infraestructura de equipamiento eléctrico.

Con un sistema eléctrico en media tensión, el SATT contara con la potencia suficiente, para el uso eléctrico de equipos y maquinas existentes en sus instalaciones, incrementado sus niveles de producción económica, pues se tendría mayor continuidad de atención al público y comodidad para los trabajadores.

Como valor teórico, este proyecto aporta a la solución de uno de los tantos problemas de potencia de energía eléctrica que existe en las empresas e instituciones con alta demanda de consumo de energía eléctrica.

Este proyecto se considera perfectamente viable de ser ejecutado por lo siguiente:

- Cumple con el marco legal de la normatividad vigente.
- Es conveniente para la empresa desde el punto de vista de sus operaciones y expectativas económicas.

Se cuenta con financiamiento propio para la ejecución del proyecto

1.6. Hipótesis

El cálculo y dimensionamiento de la línea de alimentación subterránea en media tensión y de la subestación compacta, permitirá la implementación de la subestación de media tensión para su utilización en la empresa Servicio de Administración tributaria de Trujillo - SATT

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Diseñar el alimentador en media tensión 10 – 22.9 KV y subestación compacta de 160 KVA para mejorar la confiabilidad eléctrica, con el adecuado suministro de energía eléctrica y brindar cobertura al incremento de carga de la empresa Servicio de Administración Tributaria de Trujillo - SATT.

1.7.2. Objetivos específicos

- 1.- Determinar la confiabilidad de energía eléctrica actual del SATT
- 2.- Calcular la máxima demanda de potencia eléctrica del SATT
- 3.- Diseñar el alimentador de media tensión subterráneo de 10 – 22.9 KV subterránea desde el punto de entrega hasta la subestación proyectada
- 4.- Diseñar el alimentador de baja tensión de 0.22 – 0.38 KV
- 5.- Seleccionar la subestación tipo compacta para la demanda máxima de potencia requerida por el SATT
- 6.- Calcular la ventilación adecuada para la subestación eléctrica
- 7.- Diseñar y calcular el banco de condensadores para mejorar la eficiencia energética del SATT, cuando se encuentre trabajando todo el equipamiento eléctrico.
- 8.- Diseñar el sistema de puesta a tierra para la subestación de media tensión.
- 9.- Mejorar la confiabilidad de las instalaciones eléctricas con el adecuado suministro de energía eléctrica y brindar cobertura al incremento de carga del Servicio de Administración Tributaria de Trujillo - SATT.
- 10.- Calculo de costos de la implementación de la subestación eléctrica para el SATT.

II. METODO

2.1. Diseño de investigación

Es una investigación pre experimental, pues se realiza el diseño y el cálculo del alimentador en media tensión para 10 y 22.9 KV, y la selección de una subestación compacta, como aporte de solución a los problemas eléctricos actuales de la empresa Servicio de Administración Tributaria de Trujillo - SATT.

2.2. Variables, operacionalización

2.2.1. Variables

2.2.1.1. Variable independiente:

- Potencia eléctrica (demanda máxima de potencia)

2.2.1.2. Variables dependientes:

- Subestación eléctrica compacta de media tensión
- Línea de alimentación subterránea de media tensión

2.2.2. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
<u>Independiente:</u> Potencia eléctrica	Potencia es la capacidad que tiene un dispositivo eléctrico para realizar un trabajo.	Capacidad de la Subestación eléctrica para suministrar al SATT potencia para su demanda eléctrica.	KVA	0 ~ 160
<u>Dependiente:</u> Sub estación eléctrica compacta MT	Una subestación eléctrica compacta consiste en un cerramiento común, En cuyo interior se encuentra el transformador de potencia y las secciones de corte y protección para la entrada y salida de la energía eléctrica.	Unidad compacta de potencia para alimentar de energía eléctrica al SATT.	KV	0.22 ~ 30
<u>Dependiente:</u> Línea de alimentación MT	Viene a ser el cable que transporta tensiones entre 1 y 36 KV	Son los conductores que transmiten la MT del punto de entrega hasta la subestación del SATT	mm ²	50 ~ 240

Fuente y elaboración: Propia.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

Subestaciones de media tensión de Trujillo

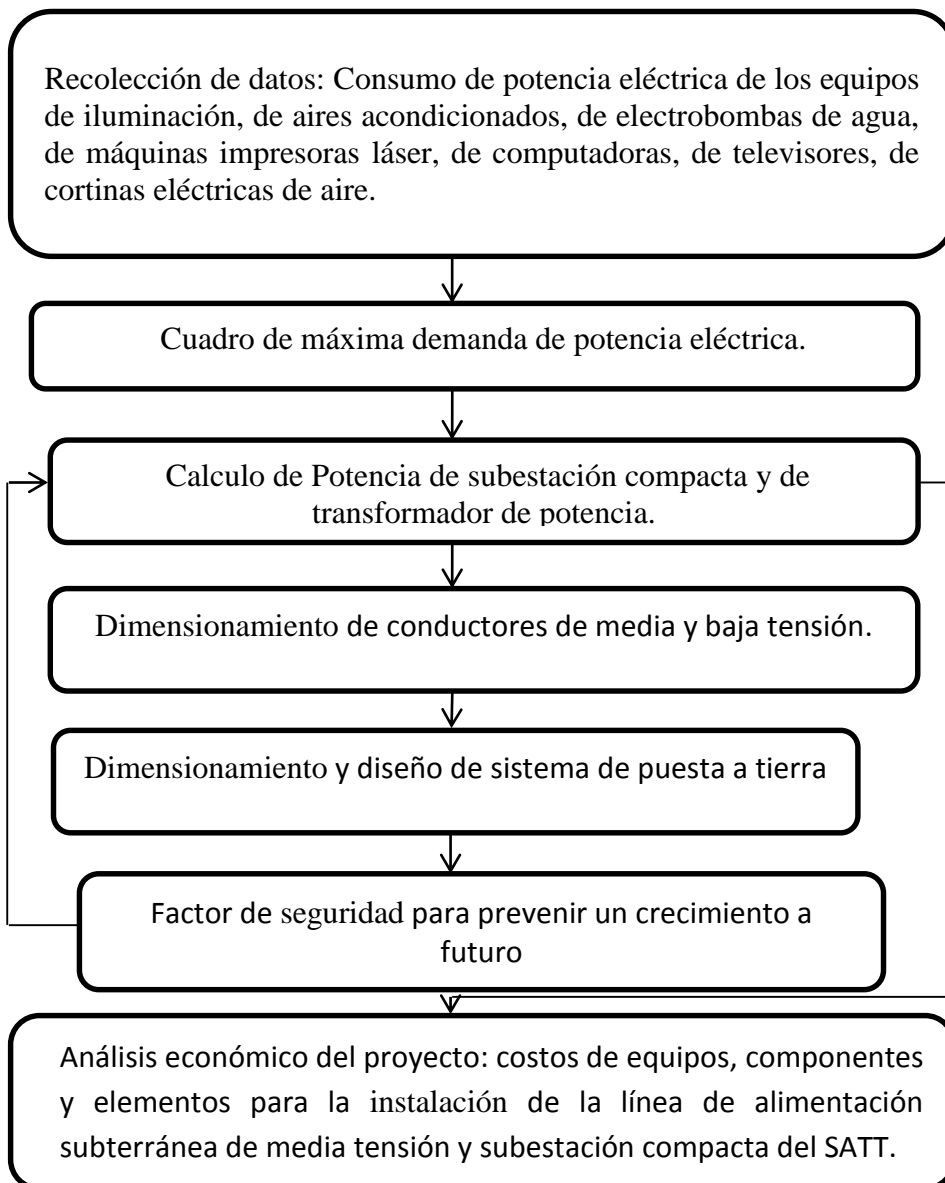
2.3.2. Muestra

Subestación compacta de 160 KVA para la Empresa Servicio de Administración tributaria de Trujillo – SATT

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Fichas técnicas de los fabricantes
- Tablas de especificaciones técnicas de los diversos componentes
- Multitester para medición de voltajes
- Pinza amperimétrica para medición de amperajes
- Telurómetro para medir la resistencia de la puesta a tierra

2.5. Métodos de análisis de datos



Fuente y elaboración: Propia.

2.6. Aspectos éticos.

Los resultados de los datos obtenidos a través de los instrumentos de recolección, son altamente confiables, ya que se procedió con equipos calibrados y las mediciones realizadas fueron en presencia de personas de la empresa, como testigos del estudio. En cuyo caso mi compromiso a respetar la autenticidad de los valores obtenidos por dichos instrumentos.

III. RESULTADOS

3.1. Diseño

A fin de atender el incremento de potencia eléctrica del SATT, se efectuara el diseño del cableado de alimentación en media tensión 10 – 22.9 KV desde el punto de diseño, realizando su traslado a través de ductos Subterráneos hasta la subestación proyectada.

Asimismo se efectuara el dimensionamiento y selección de la subestación eléctrica de media tensión con una potencia suficiente para abastecer la demanda eléctrica requerida por el SATT.

Se harán los cálculos y la selección de todos los componentes, indicando las especificaciones técnicas y características de cada uno de ellos.

El diseño general consta de las siguientes secciones:

- a) Punto de entrega de la compañía suministradora, por medio de cables y mufas, que son unas piezas de hierro fundido en que se alojan las conexiones.
- b) La instalación del trafomix y el equipo de medición de la compañía suministradora.
- c) Sección de comprobación, en la cual se alojan los juegos de cuchillas seccionadores, que servirán para que la compañía suministradora verifique comprobaciones del servicio eléctrico en general.
- d) Alimentador de media tensión (subterránea).
- e) Subestación eléctrica compacta en la azotea del edificio del SATT.

3.1.2. Zanjas para alimentador MT subterráneo

Los alimentadores de media tensión, se instalarán en una zanja de 0.60 m de ancho por 1.20 m de profundidad, sin considerar el espesor de vereda ni pista, los cables serán instalados en tubos de PVC-SAP de 2" de diámetro por cada fase.

Los tubos se colocarán sobre una capa de tierra cernida o arena, levantándolos de tal manera que quede 0.20 m; posteriormente se echará otros 0.20 m de arena, se colocará una capa de ladrillo corriente, seguirá relleniéndose la zanja con una capa de tierra de 0.50 m, sin piedras y compactando; a 0.30 m del borde superior se tenderá la cinta señalizadora de polietileno a lo largo del cable, y se complementará el relleno con tierra debidamente compactada. (www.feban.net, s.f.)

En el caso necesario de realizar curvas, estas deberán tener un radio suficientemente grande como para evitar causar daño al cable. (www.osinerg.gob.pe, s.f.)

Se construirán los buzones necesarios como para realizar una buena instalación.

3.1.3. Cinta de señalización:

La cinta de señalización utilizada para MT presenta las siguientes características:

- Cinta de polietileno de alta calidad
- Resistente a los ácidos, álcalis, grasas y aceites (docs.seace.gob.pe)
- Elongación 250 %
- Tiene 5" de ancho y 1/10 mm de espesor
- Color rojo brillante
- Esta impreso con letras negras "**peligro cables de alta tensión**" que no pierden su color con el tiempo, recubiertas de plástico. (repositorio.unsa.edu.pe)

3.2. Cálculo de ingeniería

Para el cálculo de las redes eléctricas se ha considerado las prescripciones estipuladas en el Código Nacional de Electricidad Suministro 2011, las Normas de la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas, la Ley N° 25844 de Concesiones Eléctricas y su Reglamento, ITINTEC, ANSI, IEC y demás consideraciones para estos fines. (docs.seace.gob.pe)

Parámetros considerados:

- a) Caída de tensión máxima:
- Red de Distribución Primaria : 5 % de la tensión nominal.
 - Tensión Nominal : 10 - 22.9 KV.
- b) Factor de potencia:
- $$\text{Cos}\varphi = 0,90$$
- c) Factor de Simultaneidad:
- $$\text{f.s} = 1.0$$
- d) Potencia de Cortocircuito:
- $$\text{Pcc} = 200 \text{ MVA.}$$
- e) Tiempo de actuación de protección:
- $$t = 0.02 \text{ segundos}$$

3.2.1. Determinación de la confiabilidad actual del sistema eléctrico del SATT

La confiabilidad de los sistemas eléctricos, puede afectar negativamente la productividad y la seguridad de los procesos y personas en una empresa. Por esta razón, la disponibilidad del fluido eléctrico se ha vuelto un tema de vital importancia para las compañías.

La confiabilidad, es la probabilidad de que un equipo o un sistema, cumpla con su misión específica en un periodo determinado. (Diaz, 2011)

El nivel de confiabilidad requerido por un sistema debe ser establecido de acuerdo con la criticidad de las cargas del mismo y debe basarse en estudios que contemplen las necesidades o características del proceso en términos de disponibilidad, seguridad, mantenimiento y fiabilidad.

Las cargas de un sistema se deben clasificar de acuerdo con su sensibilidad a la pérdida de continuidad de servicio:

1. Cargas que aceptan paradas prolongadas. Una o más horas (No prioritarias)
2. Cargas que aceptan paradas por varios minutos (Prioritarias)
3. Cargas que deben alimentarse de nuevo en cuestión de segundos (Esenciales)
4. Cargas que no aceptan ninguna interrupción (Vitales) (docplayer.es)

Determinación del tipo de cargas:

ITEM	TIPO DE CARGA	EQUIPOS	PROTECCION ELÉCTRICA	OBSERVACION
1	no prioritarias	equipos de: aire acondicionado, cortinas de aire, sonido	ninguna	climatización de los ambientes
2	prioritarias	computadoras e impresoras de oficinas, iluminación	estabilizadores de voltaje	servicio interno
3	esenciales	computadoras e impresoras de áreas de caja y plataforma	estabilizadores de voltaje, ups, grupo generador	atención al público
4	vitales	servidores principales y secundarios, equipos de aire acondicionado del data center	estabilizadores de voltaje, ups de alta autonomía, grupo generador	base de datos

Fuente y elaboración: Propia.

A continuación en la figura No. 20 se muestra los componentes de la garantía de funcionamiento, para determinar la confiabilidad eléctrica.

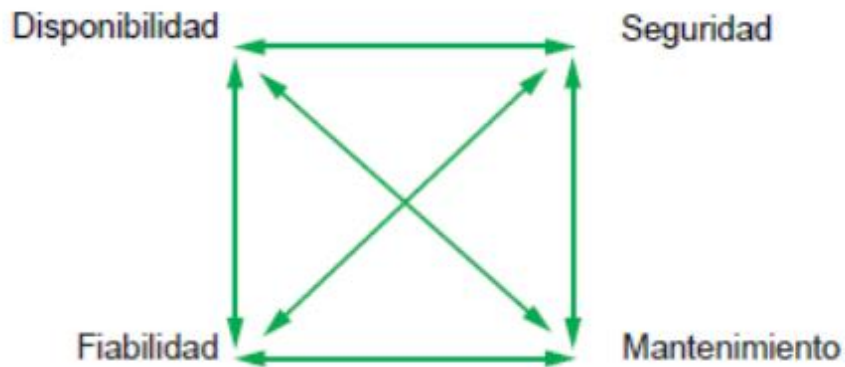


Figura No. 20: Componentes de la garantía de funcionamiento

Fuente: Orjuela, Juan Carlos. "La confiabilidad en los sistemas eléctricos" Schneider Electric

La disponibilidad:

Representa el porcentaje del tiempo en el que el sistema eléctrico funciona correctamente.

La fiabilidad:

Es la aptitud de un sistema o de un equipo a funcionar correctamente durante la mayor parte de tiempo posible bajo condiciones establecidas.

La Mantenibilidad:

Se refiere a la aptitud del sistema a ser reparado rápidamente. (docplayer.es)

La Seguridad:

Es la probabilidad de evitar un suceso catastrófico que genere daños graves o ponga en riesgo la vida de las personas. (biblioteca.uns.edu.pe, s.f.)

El estado actual de las cargas eléctricas del SATT

Oficinas administrativas..... De 7 am hasta las 3 pm de lunes a viernes

Caja y Plataforma..... De 7 am hasta las 7 pm de lunes a sábado

Determinación de la disponibilidad de equipos:

Ítem	Equipos	Cantidad de equipos	Horas de falla en un total de 2000 horas/año	Disponibilidad %
1	Aire acondicionado, cortinas de aire	20	1600	20
2	Iluminación	118	700	65
3	Sonido y video	8	800	60
4	Computadoras e impresoras de oficina	190	400	80
5	Computadoras e impresoras de áreas de caja y plataforma	25	100	95
6	Servidores principales y secundarios, equipos de aire acondicionado del data center	20	0	100

3.2.2. Determinación de la confiabilidad eléctrica (según la disponibilidad):

Confiabilidad = Promedio de la sumatoria de la disponibilidad (%)

$$C = (20 + 65 + 60 + 80 + 95 + 100) / 6 \dots\dots\dots C = 70 \%$$

Con los datos mostrados en el cuadro anterior se ha llegado a determinar que la confiabilidad eléctrica de la empresa Servicio de Administración Tributaria de Trujillo – SATT, es 70 %, según la disponibilidad de su equipamiento eléctrico.

3.2.3. Demanda máxima de potencia

La demanda máxima se realiza teniendo en cuenta las cargas de los equipos y maquinas, que se detallan en cuadro adjunto, y que es la base de datos necesaria para el cálculo y dimensionamiento de toda la subestación eléctrica.

En la tabla No. 2 se muestra el cuadro de máxima demanda eléctrica

Tabla 2: Cuadro de máxima demanda de potencia eléctrica

Descripción	Tipo de equipo	Cantidad	Potencia Unitaria en KW	Potencia Total en KW	FS	FD	Máxima Demanda en KW
Luminarias	Fluorescente 2 x 36	100	0.072	7.2	1	1	7.2
	Fluorescente 1 x 32	10	0.032	0.32	1	1	0.32
	Farola 1 x 150	4	0.15	0.6	1	1	0.6
	Ahorrador 1 x 25	4	0.025	0.1	1	1	0.1
Equipos de aire acondicionado	36000 BTU	8	2.5	20	1	0.6	12
	48000 BTU	6	3.75	22.5	1	0.6	13.5
	60000 BTU	4	5	20	1	0.6	12
	Cortinas de aire	3	0.8	2.4	1	0.6	1.44
Equipos de computo	Computadoras	180	0.3	54	1	1	54
	Impresora laser	15	1	15	1	0.5	7.5
	Impresora matricial	20	0.15	3	1	0.5	1.5
Electrobombas	1.5 HP	2	1.12	2.24	1	0.5	1.12
Televisores	Led 32"	6	0.1	0.6	1	1	0.6
TOTAL				147.96			111.88

FS = Factor de Simultaneidad
FD = Factor de Demanda

Fuente y elaboración: propia

A la potencia eléctrica de la máxima demanda calculada en la tabla No. 2, se ha considerado un factor para ampliación de crecimiento futuro del 25%.

$$\begin{aligned} \text{Es decir:} & \quad 111.88 * 1.25 = 139.85 \text{ KW} \\ \text{Factor de potencia de 0.9} & \quad 139.85 / 0.9 = 155.39 \text{ KVA} \end{aligned}$$

Por lo cual nuestro diseño se basa en una subestación comercial de **160 KVA**

$$\text{Siendo la potencia nominal:} \quad P_n = 160 * 0.9 = 144 \text{ KW}$$

3.2.4. Dimensionamiento del conductor de media tensión 10 – 22.9 KV

Por capacidad de corriente

De la formula (1.1)

Para 10 KV, $\cos\varphi = 0.9$

$$I_n = \frac{144 \text{ KW}}{\sqrt{3} * 10 \text{ KV} * 0.9} = 9.24 \text{ A}$$

Para 22.9 KV, $\cos\varphi = 0.9$

$$I_n = \frac{144 \text{ KW}}{\sqrt{3} * 22.9 \text{ KV} * 0.9} = 4.03 \text{ A}$$

Por caída de tensión

Cálculos previos:

$$S = 160 \text{ KVA} , \quad P = 144 \text{ KW}$$

$$Q = \sqrt{(S^2 - P^2)}, \quad Q = 69.74 \text{ KVAR}$$

$$\text{Sen}\varphi = \frac{Q}{S} = 0.436$$

La temperatura del conductor, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible. (deeea.urv.cat)

La temperatura se detalla en las especificaciones del cable, en este caso es de 90 °C

Según tabla No. 3 de datos del fabricante (INDECO) para cable N2XSY 18/30 KV de 50 mm², se recoge los siguientes valores:

Resistencia a 20 °C = $\rho_{Cu20} = 0.494 \Omega/Km$

Coefficiente de variación con la temperatura a 20 °C: $\alpha_{Cu} = 0,00393/^\circ C$

Por lo que la fórmula para cálculo de la resistividad de un conductor de cobre a cualquier temperatura T quedaría:

$$\rho_{CuT} = \rho_{Cu20} [1 + \alpha_{Cu}(T-20)]$$

$$\rho_{CuT} = 0.494 [1 + 0.00393 (90 - 20)]$$

$$\rho_{CuT} = 0.6299 \Omega/Km$$

Cálculo de caída de tensión:

Para un cable de 50 mm²: Longitud = 200 m, R 90° = 0.6299 Ω/km , X = 0.2761

De la formula (1.2)

Para 10 KV

$$\Delta V = \frac{160 \text{ KVA} * 0.2 \text{ Km} (0.6299*0.9 + 0.2761*0.436)\Omega/km}{(10)^2 \text{ KV}} = \mathbf{0.2199 \text{ V}}$$

Para 22.9 KV

$$\Delta V = \frac{160 \text{ KVA} * 0.2 \text{ Km} (0.6299*0.9 + 0.2761*0.436)\Omega/km}{(22.9)^2 \text{ KV}} = \mathbf{0.0419 \text{ V}}$$

En ambos casos: $\Delta V < 5 \%$

Por cortocircuito

De la formula (1.3)

$$I_{cc} = \frac{200 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 22.9 \text{ KV}} = \mathbf{5.042 \text{ KA}}$$

De la formula (1.4)

$$I_{ccta} = \frac{0.143 * 50}{\sqrt{0.2}} = \mathbf{15.987 \text{ KA}}$$

Ya que $I_{ccta} > I_{cc}$, la selección del cable de 50 mm² es la correcta

3.2.5. Cálculo de los fusibles para media tensión

De la formula (1.5)

Para 10 KV

$$I_f \geq 1.5 (9.24) \text{ A} = \mathbf{13.86 \text{ A}}$$

Para 22.9 KV

$$I_f \geq 1.5 (4.03) \text{ A} = \mathbf{6.05 \text{ A}}$$

3.2.6. Dimensionamiento del conductor en baja tensión 220/380 V

Por capacidad de corriente

De la formula (1.6)

$$I_n = \frac{160 \text{ KVA}}{\sqrt{3} * 380 \text{ V}} = \mathbf{243.09 \text{ A}}$$

Por caída de tensión

Según tabla No. 4 de datos del fabricante (INDECO) para cable NYY Triple 0.6/1 KV de 95 mm² para 265 A en ducto:

ρ = Resistividad del cobre a 20°C = $\rho_{Cu20} = 0.0172 \Omega * \text{mm}^2/\text{m}$

Coefficiente de variación con la temperatura a 20 °C: $\alpha_{Cu} = 0,00393/^\circ\text{C}$

Siendo la temperatura para este caso de 80 °C

$$\rho_{CuT} = \rho_{Cu20} [1 + \alpha_{Cu}(T-20)]$$

$$\rho_{CuT} = 0.0172 [1 + 0.00393 (80 - 20)]$$

$$\rho_{CuT} = 0.02125 \Omega * \text{mm}^2/\text{m}$$

Con longitud $L = 50$ m, y sección $S = 95$ mm²

De la formula (1.7)

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} * 0.02125 * 243.09 * 50 * 0.9}{95} = 4.238 \text{ V}$$

$$\Delta V < 5 \%$$

3.2.7. Cálculo de fusibles en BT 220/380 V

De la formula (1.8)

$$I_f \geq 1.5 * 243.09 \text{ A} = 364.64 \text{ A}$$

3.3. Selección de alimentadores y subestación

3.3.1. Selección de cable de alimentación de media tensión

Se seleccionó el cable Seco N2XSY – 18/30 KV INDECO de 50 mm², porque según tablas de diferentes fabricantes para el voltaje requerido 18/30 KV la sección mínima existente es de 50 mm² (para 10 KV bastaría con utilizar un cable de 16 mm² el cual cumple con los cálculos eléctricos de potencia y corriente)

Descripción:

Conductor de cobre electrolítico recocido, cableado compactado. Compuesto semiconductor extruido sobre el conductor. Aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE), compuesto semiconductor extruido y cinta o alambres de cobre electrolítico sobre el conductor aislado. Cubierta externa de PVC. (kapekinternacional.com, s.f.)

Características:

Temperatura del conductor de 90°C para operación normal, 130°C para sobrecarga de emergencia y 250°C para condiciones de corto circuito. Excelentes propiedades contra el envejecimiento por calor. Resistencia al impacto y a la abrasión. Resistente a la luz solar, intemperie, humedad, ozono, ácidos, álcalis y otras sustancias químicas a temperaturas normales, Retardante a la llama. (kapekinternacional.com, s.f.)

3.3.2. Selección de cable de alimentación de baja tensión

Para tensión de 0.22 -0.38 KV seleccionamos Cable NYY – 0.6/1 KV INDECO de 95 mm²

Descripción:

Conductores de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado (comprimido, compactado), aislamiento y cubierta individual de PVC. En la conformación dúplex los dos conductores son trenzados entre sí. En la conformación triple, los tres conductores son ensamblados en forma paralela mediante una cinta de sujeción. (kapekinternacional.com, s.f.)

Características:

Buenas propiedades eléctricas y mecánicas. La cubierta exterior de PVC le otorga una adecuada resistencia a los ácidos, grasas, aceites y a la abrasión. Facilita empalmes, derivaciones y terminaciones. Menor peso que los cables NYY convencionales y mejor disipación de calor permitiendo obtener una mayor intensidad de corriente admisible, Retardante a la llama. (kapekinternacional.com, s.f.)

En la figura No. 22 se muestra un cable NYY



Figura No. 22: Cable de baja tensión NYY

Fuente: Catalogo de Indeco

3.3.3. Selección de la subestación eléctrica

Por el cálculo de la demanda máxima de potencia se ha seleccionado una subestación eléctrica compacta tipo intemperie (NEMA 3R) de 160 KVA, para uso en exteriores.

Las consideraciones que se han tenido en cuenta son:

- Demanda máxima de potencia actual
- Crecimiento a futuro de 25 %
- La ubicación física de la subestación sobre la azotea
- Exposición a condiciones climáticas del medio ambiente (sol, humedad, aire, polvo)

Subestación de media tensión compacta intemperie de 160 KVA, 10-22.9 KV, 0.22-0.38 KV

3.3.3.1. Unidad de media tensión

a) Terminal de cable

Será para instalación de 18/30 KV, previsto para cable 3-1x50 mm² N2XSY

b) Seccionador tripolar de potencia

Estará previsto de base porta fusible tripolar para montaje de 3 fusibles limitadores de corriente.

El seccionador deberá actuar automáticamente sobre los 3 polos, accionado por un mecanismo de disparo que actúa al fundir cualquiera de los fusibles y sistema de apagado del arco eléctrico por medio de soplo de aire, pero también deberá poderse accionar manualmente por medio de un mecanismo de palanca (manivela) y varilla desde el exterior frontal de la celda. (Lopez, 2007)

Deberá tener las siguientes características:

- | | |
|---|----------|
| - Tensión máxima de servicio: | 18/30 KV |
| - Corriente nominal: | 630 A |
| - Poder de ruptura: | 75 KA |
| - Nivel de aislamiento a frecuencia industrial: | 38 KA |
| - Nivel de aislamiento al impulso: | 95 KA |

c) Seccionador tripolar sin carga

Deberá instalarse 1 seccionador tripolar para apertura sin carga, de montaje vertical y accionamiento con pértiga, de 18/30 KV, 400 A.

Maniobra para accionamiento manual sin carga, con soportes aisladores para 18/30 KV, con terminales metálicos para conexión con barras.

d) Aisladores porta barras 25 KV

Se utilizaran aisladores de porcelana de las siguientes características:

- Tensión nominal: 18/30 KV
- Esfuerzo de rotura: 750 Kg
- Línea de fuga: 235 mm

e) Barras colectoras

Las barras colectoras, de derivación y de tierra serán de sección rectangular, de cobre electrolítico con una pureza de 99.9 %, con alta conductividad eléctrica, alta resistencia a la corrosión, maquinabilidad y excelentes propiedades para ser trabajadas en frio o caliente.

Cada fase debe ser pintada con 2 capas de pintura de base de vinilo con colores distintos y de acuerdo al Código Nacional de Electricidad, cada tramo tiene extremos sin pintar, una longitud de 2 cm aproximadamente

- Dimensiones: 5x50 mm
- Normas de fabricación: ASTM

3.3.3.2. Unidad del transformador

De acuerdo a catálogos de fabricantes, seleccionamos un transformador de potencia trifásico de 160 KVA, 10-22.9/0.23-0.39 voltios, 60 Hz de frecuencia.

Unidad de baja tensión

En él se proporcionan barras de cobre para las fases y un neutro adecuado según la tensión y corriente del secundario del transformador, así como un bus de tierra vinculada al neutro.

Para voltaje nominales de 230/390 V en redes trifásicas:

- 230 V entre fase y neutro
- 390 V entre fases
- 60 Hz de frecuencia

3.3.3.3. Cálculo de la ventilación de la subestación eléctrica compacta

Ventilación natural de la sub estación de 160 KVA

Considerando como datos:

- Temperatura Media: 25°C
- Altitud: 1,000 m.s.n.m.
- Potencia del Transformador: 160 KVA (136 KW con Cosφ: 0,85)
- Pérdida en Cobre: 2.9784 KW (2,19% de 136 KW)
- Pérdida en Núcleo: 0.5984 KW (0,44% de 136 KW)
- Altura entre centros de rejillas de ingreso y salida de aire: 1.50 m

3.3.3.3.1. Cálculo de la rejilla de Ingreso de Aire

De la formula (1.9)

$$S = 0.18 \times (2.9784 + 0.5984) / \sqrt{1.5} = S = 1.22 \text{ m}^2$$

Para nuestro caso vamos a utilizar 4 rejillas para el ingreso del aire.

Las rejillas tendrán una superficie de 0,40 m x 0,80 m

3.3.3.3.2. Cálculo de la rejilla de salida de aire

La rejilla de salida del aire caliente debe ser un 10% mayor de la rejilla de ingreso.

$$S' = 1,10 \times S = S' = 1,10 \times 1.22 = S = 1.34 \text{ m}^2$$

Para nuestro caso utilizaremos 4 rejillas para la salida del aire.

Las rejillas tendrán una superficie de 0,40 m x 0,90 m

3.3.3.4. Cálculo del banco de condensadores

Según el recibo de facturación actual de Hidrandina, se tienen los siguientes datos:

Factor de medición = 30

Potencia Activa = 732 KW $732 * 30 = 21960$ KW

Potencia reactiva = 38.2 KVAR $38.2 * 30 = 1146$ KVAR

Con estos datos obtenemos un $\text{Cos}\phi$ de 0.9986

3.3.3.4.1. Cálculo de Potencia reactiva con implementación de subestación

$\text{Cos}\phi = 0.8$

Potencia Activa = 111.88 KW

Potencia Aparente = 139.85 KVA

Potencia Reactiva = 83.91 KVAR

Calculo del 30 % de la Potencia activa = 33.564 KW

Exceso de Potencia reactiva = $83.91 - 33.564 = 50.346$ KVAR

Se selecciona un banco de condensadores de **50 KVAR** ajustables en pasos de 10 KVAR, cada uno para 220 V, con controlador automático del factor de potencia reactiva

3.3.3.5. Cálculo de la resistencia de una puesta a tierra (en cada Barra)

En el centro histórico de Trujillo se considera como terreno compacto y húmedo.

Según tabla No. 1 tomamos como referencia una resistividad de:

$\rho = 50 \Omega$

La varilla (barra) de cobre usada tiene las siguientes medidas:

$L = 2.40$ m $d = 0.016$ m

De la formula (1.11)

$$R = \frac{50}{2 \pi 2.4} \left[\text{Ln} \left(\frac{8 * 2.4}{0.016} \right) - 1 \right] = 20.19 \Omega$$

Para mejorar el valor óhmico se tiene que construir 02 pozos de puesta a tierra en paralelo.

Con lo que se obtiene una medición final de 10.1 Ω

3.3.3.5.1. Elementos y materiales para la puesta a tierra

3.3.3.5.1.1. Conductor de puesta a tierra

Sera de cobre electrolítico de 99.9 % de pureza, conductividad 100% y con las siguientes características técnicas:

- Material: Cobre blando
- Calibre nominal: 35 mm²
- Diámetro del cable: 7.56 mm
- Resistencia a 20 °C: 0.524 Ohm/Km
- Carga de rotura: 871.86 Kg
- Peso: 317 Kg/Km

3.3.3.5.1.2. Electrodo de puesta a tierra

Sera de cobre electrolítico de 16 mm (5/8”) de diámetro y 2.40 m de longitud

3.3.3.5.1.3. Relleno de la puesta a tierra

El material utilizado para el relleno debe de ser tierra de cultivo vegetal cernida y con material compuesto ecológico para mejoramiento de conductividad del terreno y para asegurar el tiempo de operatividad de la puesta a tierra.

El compuesto utilizado en este sistema de puesta a tierra es la BENTONITA.

3.3.3.5.1.4. Borne para electrodo de puesta a tierra

El conexionado entre el electrodo de puesta a tierra de 5/8” con cables de cobre calibre 21 a 42 mm², se utilizaran grampas de bronce de alta conductividad eléctrica y alta resistencia a la corrosión, incluye tuercas y arandelas de presión de bronce silicoso DURIUM.

3.3.3.5.1.5. Caja de Registro

Las cajas de registro son parte del sistema de puestas a tierra según Norma Técnica Peruana NTP-370,052.

Permite el acceso fácil a la Puesta de Tierra para hacer la conexión del colector (cable a tierra), además de realizar mediciones y hacer mantenimiento. (www.para-rayos.com, s.f.)

3.3.3.5.1.6. Conexión de la línea a tierra

La puesta a tierra de la subestación se hará conectando las partes metálicas de los equipos y cajas del tablero de distribución a las respectivas varillas de tierra.

3.4. Confiabilidad eléctrica final

Al ejecutarse el presente proyecto, se obtendrá la potencia necesaria para garantizar el funcionamiento de los equipos eléctricos del SATT, logrando una disponibilidad de los mismos, durante las horas de atención al público cliente, del 100 % y los ambientes de trabajo estarían en óptimas condiciones de temperatura para el bienestar de los trabajadores.

Por otra parte el alto índice de fallas y cortes de energía estarían superados.

Adicionalmente aunque no es parte de este proyecto el SATT está adquiriendo un Grupo electrógeno, el cual servirá como plan de contingencia para operar cuando se presenten casos de corte programado por parte del concesionario. Dicho grupo va a tener arranque automático a través de un tablero de arranque automático TTA, para abastecer de energía prioritariamente a las áreas críticas como son: Los servidores del Data center, áreas de Caja y Plataforma.

Estas áreas mencionadas son las dedicadas para la atención al público cliente del SATT, asegurando de esta forma el 100 % de confiabilidad del sistema eléctrico.

3.5. Cálculo de costos de la implementación de la subestación eléctrica

Ítem	Descripción	UND	CANT.	Presupuesto S/.	
				Unitario	Total
	<u>OBRAS PRELIMINARES</u>				
1	OBTENCION DE PERMISOS DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE TRUJILLO	Glob.	1.00	850.00	850.00
					850.00
	<u>GASTOS GENERALES</u>				
2	INGENIERO RESIDENTE	Glob.	1.00	3,600.00	3,600.00
	PERSONAL AUXILIAR	Glob.	3.00	1,200.00	3,600.00
	PERSONAL DE APOYO	Glob.	4.00	850.00	3,400.00
	MOBILIARIO Y UNIDAD MOVIL	Glob.	1.00	2,300.00	2,300.00
	SEGUROS (pensión y salud)	Glob.	1.00	448.00	448.00
					13,348.00
	<u>EXCAVACION, RELLENO Y COMPACTACION</u>				
3	EXCAVACIÓN EN CIMIENTO DE CONCRETO	m ³	92.40	59.00	5,451.60
	RELLENO Y COMPACTACION PARA PUESTA A TIERRA	m ³	6.00	70.80	424.80
	RELLENO Y COMPACTACION DEL CABLE SUBTERRANEO TIPO N2SXY 18/30KV, 50 mm2	m ³	86.40	70.80	6,117.12
					11,993.52
	<u>MONTAJE DE CONDUCTORES</u>				
4	TENDIDO Y CONEXION DE CONDUCTOR PUESTA A TIERRA 35 mm ²	m	22.00	11.80	259.60
	INSTALACION DEL CABLE NYY-1KV, 3 - 1 x 95 mm ² .	m	16.00	23.60	377.60
	INSTALACIÓN CABLE DE MEDIA TENSION TIPO SECO N2XSY - 18/30 KV, 50 mm2	m	200.00	23.60	4,720.00
					5,357.20
	<u>INSTALACION DE PUESTA A TIERRA</u>				
5	INSTALACION DE PUESTA A TIERRA	Und	2.00	250.00	500.00
					500.00

	<u>PRUEBAS Y OTROS COMPLEMENTARIOS</u>				
6	POR DERECHO DE PRUEBAS DE TRAFOMIX	Glob.	1.00	600.00	600.00
	POR DERECHO DE CORTE Y CONEXIÓN EN CALIENTE	Glob.	1.00	1,200.00	1,200.00
	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	Glob.	1.00	961.47	961.47
					2,761.47
	<u>CONDUCTORES DE COBRE</u>				
7	CONDUCTOR DE COBRE, TEMPLE BLANDO, DE 35mm ² , PARA PUESTA A TIERRA	m	22.00	18.50	407.00
	CABLE DE COBRE TIPO NYY-1KV, 3 - 1 x 95 mm ²	m	16.00	130.23	2,083.68
	CABLE DE ENERGIA TIPO SECO UNIPOLAR N2XSY - 18/30 KV, 50 mm ²	m	800.00	44.00	35,200.00
					37,690.68
	<u>MATERIALES DE FERRETERIA</u>				
8	TERMINALES PARA CABLES N2XSY - 18/30 KV, 50 mm ²	Und	8.00	526.55	4,212.40
	TUBO PVC SAP 2" Ø x 3.0m	Und	44.00	16.50	726.00
	CINTA SEÑALIZADORA PARA MEDIA TENSION - COLOR ROJO	m	130.00	0.65	84.50
	CEMENTO (PARA RESANES)	Und	40.00	22.00	880.00
	LADRILLO K.K	Und	100.00	0.35	35.00
	AGREGADOS (GRAVILLA, ARENA, PIEDRA, ETC)	Glob.	1.00	1,250.00	1,250.00
					7,187.90
	<u>MATERIAL PARA PUESTA A TIERRA</u>				
9	VARILLA DE COBRE DE 5/8" Ø x 2,40 m	Und	2.00	142.00	284.00
	CAJA DE REGISTRO PARA PUESTA A TIERRA	Und	2.00	35.40	70.80
	CONECTOR DE COBRE AB	Und	2.00	7.50	15.00
	DOSIS DE THORGEL	Und	6.00	72.00	432.00
	SACO DE BENTONITA	Und	6.00	25.00	150.00
					951.80
	<u>SISTEMA DE MEDICIÓN Y PROTECCION EN MT</u>				
10	TRANSFORMADOR MIXTO, MONTAJE INTERIOR BUSHING LATERAL, 12/24KV, 220V DE 5A, CLASE DE PRECISION 0.2, 3 SISTEMAS, 06 AISLADORES,	Und	1.00	7,150.00	7,150.00

	GRUPO DE CONEXIÓN Y-Y, POT. TENSION 3x50VA, POT. CORRIENTE 3x30VA, 1000 m.s.n.m.				
	MEDIDOR POLIFASICO ELECTRONICO ELSTER ALPHA A3 TIPO A3RALN, 4 HILOS, PRECISIÓN 0.2, ACTUALIZACION "Q"	Und	1.00	3,675.00	3,675.00
	SECCIONADOR FUSIBLE TIPO EXPULSION (CUT-OUT) DE 27 KV, 100 A, 150 KV Bil, 15KA.	Und	3.00	295.00	885.00
	FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE DE 16 A, PARA 24 KV, TIPO HH	Und	3.00	111.00	333.00
					12,043.00
11	<u>SUBESTACION COMPACTA 160 KVA</u>				
	SUBESTACION COMPACTA TIPO INTEMPERIE DE 160 KVA	Und	1.00	136,125.00	136,125.00
	BANCO DE CONDENSADORES DE 50 KVAR EN 5 PASOS	Und	1.00	11,200.00	11,200.00
					194,350.00
TOTAL S/.					240,008.57

IV. DISCUSION

Mediante los cálculos desarrollados se han obtenido resultados de las dimensiones del alimentador de media tensión y de baja tensión, dentro de los rangos comerciales y normados con el Código Nacional de electricidad.

Haciendo la comparación de los resultados obtenidos con los resultados de los antecedentes, a pesar que las potencias utilizadas no son exactamente las mismas, se pudo comprobar que proporcionalmente estos resultados corresponden con los obtenidos en las tesis de referencia.

Antecedente Nacional 1	Antecedente Nacional 2	Antecedente Internacional	TESIS
“Proyecto de instalaciones eléctricas del centro de distribución central Saga S.A.- 800 KVA”	“Suministro eléctrico a una planta procesadora de fruta y el diseño de una cámara de conservación”	“Diseño de la subestación eléctrica del edificio de administración I bajo los lineamientos del reglamento técnico de instalaciones eléctricas - RETIE”	“Diseño de alimentador en media tensión de 10 – 22.9 KV y subestación compacta de 160 KVA para mejorar la confiabilidad eléctrica de la Empresa Servicio de Administración Tributaria de Trujillo - SATT”
800 KVA, 10 KV	50 KVA, 10 KV	75 - 200 KVA, 13.2 KV	160 KVA, 22.9 KV
Universidad Nacional de Ingeniería. Lima - 2007	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Chiclayo - 2015	Universidad Industrial de Santander. Colombia - 2011	Universidad Cesar Vallejo. Trujillo - 2016
CABLE MT	CABLE MT	CABLE MT	CABLE MT
N2XSY 35 mm ²	N2XSY 25 mm ²	2 AWG	N2XSY 50 mm ²
CABLE BT	CABLE BT	CABLE BT	CABLE BT
---	NYN 95 mm ²	---	NYN 95 mm ²
PUESTA A TIERRA	PUESTA A TIERRA	PUESTA A TIERRA	PUESTA A TIERRA
22.65 Ω	20.88 Ω	---	20.19 Ω
BANCO DE CONDENSADORES	BANCO DE CONDENSADORES	BANCO DE CONDENSADORES	BANCO DE CONDENSADORES
300 KVAR	---	40 KVAR	50 KVAR

Asimismo la potencia de la subestación compacta tipo intemperie seleccionada, se encuentra disponible en el mercado comercial de los fabricantes de subestaciones eléctricas.

El cálculo de los valores del sistema de puesta a tierra se encuentra enmarcado dentro de los lineamientos del Código Nacional de Electricidad.

Con el desarrollo de la tesis presentada se logró obtener una solución adecuada al problema de confiabilidad eléctrica del SATT.

Cabe resaltar que con la información y la formulación básica que se ha empleado en el presente trabajo se va a permitir que futuros especialistas e ingenieros puedan realizar cálculos para el dimensionamiento y selección de proyectos similares.

Respecto al conductor de media tensión de 50 mm², obedece a que los diferentes fabricantes para el voltaje seleccionado de 18/30 KV, la sección mínima es de 50 mm².

Para otros niveles de voltaje como por ejemplo 10 KV existen cables desde 16 mm² y para voltajes de 8/15 KV cables desde 25 mm².

V. CONCLUSIONES

Realizando el desarrollo de los objetivos de la tesis se extraen las siguientes conclusiones:

- 1.- Se determinó que la confiabilidad de energía eléctrica actual del SATT es de 70 %
- 2.- Se calculó que la máxima demanda de potencia eléctrica del SATT es de 160 KVA
- 3.- Se diseñó el alimentador de media tensión subterráneo de 10 – 22.9 KV subterránea desde el punto de entrega hasta la subestación proyectada.
Siendo este Tipo N2SXY 18/30 KV de 50 mm²
- 4.- Se diseñó el alimentador de baja tensión de 0.22 – 0.38 KV.
Siendo este Tipo NY 0.6/1 KV de 95 mm²
- 5.- Se seleccionó la subestación tipo compacta para la demanda máxima de potencia requerida por el SATT.
Siendo una subestación compacta tipo intemperie de 160 KVA 10-22.9 KV, 0.22-0.38 KV
- 6.- Se calculó la ventilación adecuada para la subestación eléctrica.
Siendo 04 rejillas de ingreso de aire de 0.40 * 0.80 m y 04 rejillas de salida de aire de 0.40 * 0.90 m
- 7.- Se calculó el banco de condensadores, para un factor de potencia de 0.8
Siendo el resultado de un banco para compensación de potencia reactiva de 50 KVAR

8.- Se diseñó el sistema de puesta a tierra para la subestación de media tensión.

Siendo el resultado obtenido de 10.1Ω mediante la utilización de 02 pozos a tierra en paralelo.

9.- Con los cálculos realizados se logró mejorar la confiabilidad de las instalaciones eléctricas a un 100% obteniendo disponibilidad de energía eléctrica y brindar cobertura al incremento de carga del Servicio de Administración Tributaria de Trujillo - SATT.

10. Se calculó el costo de implementación de la subestación eléctrica compacta tipo intemperie de 160 KVA 10-22.9 KV, 0.22-0.38 KV del SATT.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar visitas guiadas a subestaciones eléctricas para tener una apreciación en situ de los componentes físicos de una subestación de media tensión.
- Participar activamente en la construcción de una puesta a tierra y su respectiva medición de parámetros.
- Realizar visitas a proveedores a fin de conocer los diferentes tipos de cables tanto de media como de baja tensión.
- Obtener toda la información posible de la empresa para la cual se van a dirigir los proyectos eléctricos.
- Agenciarse y leer las Normas Técnicas y Código Nacional eléctrico.
- Empaparse de la problemática de su cliente para enfocar una buena solución.
- Coordinar con algún contacto en Hidrandina, las necesidades y posibles soluciones, porque ellos a su vez están realizando cambios en el sistema eléctrico de Trujillo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bautista Ríos, Juan. “Líneas de transmisión de potencia”, Lima, 2001, pre edición.
- Catalogo INDECO
- Código Nacional de Electricidad Suministro R.M. No. 214-2011-MEM/DM
- Código Nacional de Electricidad Utilización RM. No. 037-2006-MEM/DM
- Fuentes Moreno, Juan Álvaro. “Calculo eléctrico de líneas I”, Cartagena, 2012, primera edición.
- Grainger, Jhon J. y Stevenson, William D. “Análisis de sistemas de potencia”, México, 1996, primera edición
- Martín, José Raúl. “Diseño de subestaciones eléctricas”, México: McGraw-Hill, 1992
- Mujal Rosas, Ramón. “Protección de sistemas eléctricos de potencia”, Barcelona, 2002, primera edición.
- Orjuela, Juan Carlos. “La confiabilidad en los sistemas eléctricos” Schneider Electric
- Stevenson, William. “Análisis de sistemas eléctricos de potencia”, México, 1975, segunda edición.
- Universidad del Atlántico, Grupo de Gestión eficiente de energía “ Corrección del factor de potencia y control de la demanda”
- (Diaz, 2011)
- (Lopez, 2007)
- (biblioteca.uns.edu.pe, s.f.)
- (deeea.urv.cat)
- (docslide.us)
- (docplayer.es)
- (docslide.net, s.f.)
- (docs.seace.gob.pe)
- (documents.tips)
- (driwisa.com, s.f.)
- (illuminati70.blogspot.com, s.f.)
- (kapekinternacional.com, s.f.)
- (prezi.com, s.f.)
- (reflexplus.net, s.f.)
- (repositorio.unsa.edu.pe)

- (search.navegaki.com.br, s.f.)
- (tecnologiabara.blogspot.com, s.f.)
- (tsuelectricidadcegi2915.blogspot.com, s.f.)
- (www.voltimum.es, s.f.)
- (www.scrib.com, s.f.)
- (www.osinerg.gob.pe, s.f.)
- (www.para-rayos.com, s.f.)
- (www.grupotemi.com, s.f.)
- (www.promelsa.com.pe, s.f.)
- (www.temelec.com.mx, s.f.)
- (www.elistas.net, s.f.)
- (www.schneider-electric.com.co, s.f.)
- (www.si3ea.gov.co, s.f.)
- (www.vacmaringeneria.com, s.f.)
- (www.feban.net, s.f.)
- <http://www.prysmianclub.es/es/articulo/calculos-de-caidas-de-tension-valores-oficiales-de-conductividad-para-cu-y-al>
- <http://www.elecinperu.com/pdf/SUBESTACIONES%20ELECTRICAS%20PARA%20USUARIOS%20EN%20MEDIA%20TENSION.pdf>
- [http://www02.abb.com/global/arabb/arabb101.nsf/bf177942f19f4a98c1257148003b7a0a/b19a5e75a2b205d7852571fe00435d7a/\\$FILE/Subestaciones+Compactas+y+Tableros+Dist+bs+As+\[S%C3%B3lo+lectura\].pdf](http://www02.abb.com/global/arabb/arabb101.nsf/bf177942f19f4a98c1257148003b7a0a/b19a5e75a2b205d7852571fe00435d7a/$FILE/Subestaciones+Compactas+y+Tableros+Dist+bs+As+[S%C3%B3lo+lectura].pdf)
- <http://www.equisseta.com/productos/docs/Subestacion.pdf>
- <http://www.promelsa.com.pe/pdf/02610073.pdf>
- <http://es.scribd.com/doc/136800098/Catalogo-Indeco#scribd>
- <http://luzycolor.com.pe/UserFiles/CABLE%20NYY.pdf>
- <http://www.promelsa.com.pe/pdf/02404106.pdf>

ANEXOS

Tabla No. 3 Especificaciones técnicas de cable de media tensión

TABLA DE DATOS TECNICOS N2XSJ 18/30 kV

PARAMETROS FISICOS

SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMET CONDUCT	ESPESOR		DIAMETRO EXTERIOR	PESO
			AISLAM.	CUBIERTA		
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km
50	19	8.15	8.0	2	33.5	1367
70	19	9.78	8.0	2.1	35.3	1636
95	19	11.55	8.0	2.1	37.1	1940
120	37	13	8.0	2.2	38.8	2235
240	37	18.51	8.0	2.4	44.7	3676
300	37	20.73	8.0	2.5	47.1	4350
500	61	26.57	8.0	2.9	59.1	7206

PARAMETROS ELECTRICOS

SECCION NOMINAL	RESISTENCIA DC a 20°C	RESISTENCIA AC		REACTANCIA INDUCTIVA		AMPACIDAD ENTERRADO (20°C)		AMPACIDAD AIRE (30°C)	
		(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
		Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	(A)	(B)	(A)
50	0.387	0.494	0.494	0.2761	0.1711	250	230	280	245
70	0.268	0.342	0.342	0.2638	0.1622	305	280	350	300
95	0.193	0.247	0.247	0.2528	0.1539	365	330	425	365
120	0.153	0.196	0.196	0.2439	0.1471	410	375	485	420
240	0.0754	0.098	0.098	0.2211	0.1317	580	545	720	630
300	0.0601	0.078	0.08	0.2143	0.1278	645	610	815	720
500	0.0366	0.05	0.052	0.2004	0.1194	770	765	1015	930

(A)= 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos paralelos con una separación de 7 cm.
 (B)= 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos, agrupados en triángulo, en contacto.

BAJO LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

- TEMPERATURA DEL SUELO = 20°C
- TEMPERATURA DEL AIRE = 30°C
- RESISTIVIDAD DEL SUELO = 1k.m/W
- PROFUNDIDAD DE INSTALAC. = 700 mm.

Fuente: Catalogo de Indeco

Tabla No. 4 Especificaciones técnicas de cable de baja tensión

TABLA DE DATOS TECNICOS NYY TRIPLE

CALIBRE	Nº HILOS	ESPEORES		DIMENSIONES		PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
		AISLAMIENTO	CUBIERTA	ALTO	ANCHO		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
Nº x mm ²		mm	mm	mm	mm	(Kg/Km)	A	A	A
3 - 1 x 6	1	1	1.4	7.8	23.2	324	72	54	58
3 - 1 x 10	1	1	1.4	8.6	25.7	455	95	74	77
3 - 1 x 16	7	1	1.4	9.8	29.1	672	127	100	102
3 - 1 x 25	7	1.2	1.4	11.4	33.9	992	163	131	132
3 - 1 x 35	7	1.2	1.4	12.4	37.1	1298	195	161	157
3 - 1 x 50	19	1.4	1.4	14.1	42	1707	230	196	186
3 - 1 x 70	19	1.4	1.4	15.7	46.8	2339	282	250	222
3 - 1 x 95	19	1.6	1.5	18.2	54.3	3209	336	306	265
3 - 1 x 120	37	1.6	1.5	19.9	59.5	3975	382	356	301
3 - 1 x 150	37	1.8	1.6	21.7	64.9	4836	428	408	338
3 - 1 x 185	37	2	1.7	24.1	72	6027	483	470	367
3 - 1 x 240	37	2.2	1.8	27	80.8	7825	561	562	426
3 - 1 x 300	37	2.4	1.9	29.8	89.3	9736	632	646	480
3 - 1 x 400	61	2.6	2	33.2	99.4	12336	730	790	555
3 - 1 x 500	61	2.8	2.1	36.9	110.4	15590	823	895	567

(*) Temperatura del suelo: 20°C
 Temperatura ambiente: 30°C
 Temperatura en el conductor: 80°C
 Resistividad del suelo: 1 %m/W

Fuente: Catalogo de Indeco

SUBESTACIONES

DESCRIPCION

Las subestaciones compactas fabricadas por EQUISET utilizan el esquema de celdas acopladas directamente a un transformador para la protección del mismo en alta y baja tensión.

Se fabrican tanto tipo interior como exterior, cumpliendo con las Normas tanto Nacionales como Internacionales.

Nuestros tableros ofrecen una alternativa económica a tableros estandarizados de otros fabricantes, ofreciendo además una construcción robusta y un mínimo tiempo de entrega.



APLICACIONES:

Instalaciones comerciales, industriales, residenciales.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Tensión de Servicio:	
Primaria	Desde 4,16 kV hasta 34,5 kV
Secundaria	120/208, 240, 277/480, max. 600 V.
Potencia Nominal:	Hasta 2.000 KVA
Corriente Nominal:	
Primaria	200, 400, 600 A
Secundaria	Hasta 6.300 A.
Capacidad de corriente de corta duración (1 seg.):	
Primaria	Hasta 40 KA
Secundaria	25, 42, 65 y 100 KA

CARACTERISTICAS TECNICAS

Sección de Media Tensión:

Celdas compactas con cerramiento metálico tipo interior o exterior, conteniendo seccionador fusible o interruptor en vacío, con barras de cobre, todo aislado en SF6, hasta 630 A., 36 Kv.

Mando manual o motorizado.

Opción de comunicación Modbus,

Relé de protección de sobrecorriente opcional.

Sección de Transformación:

Gabinete robusto con o sin ventilación forzada conteniendo transformadores secos o en resina encapsulada hasta 5 MVA,

Barras principales en baja tensión aisladas hasta 6300 A.

Sección de Baja Tensión:

Cerramiento metálico tipo interior o exterior con barras de cobre o aluminio aisladas hasta 6300 A., 100 Kacc, 600 V, conteniendo interruptores al aire, o de caja moldeada. Mando manual o motorizado.

Montaje fijo ó extraíble. Opción de comunicación Modbus

NORMAS:

- NEMA 1, para propósito general
- NEMA 12, a prueba de polvo y agua.
- NEMA 3R, para uso a la intemperie.
- NEMA 4X, para ambiente corrosivo.
- Además de cumplir con todas las normas de fabricación y protección de tableros nacionales del Código Eléctrico Nacional / COVENIN.

Tabla No. 5 Tipos de encerramiento NEMA

Tipos de Encerramientos NEMA		
Tipo	Descripción	Aplicaciones típicas
NEMA-1	Propósito general	Uso interior; Protección contra contacto incidental
NEMA-2	A prueba de goteo	Interiores
NEMA-3	Protección contra polvo esparcido por el viento, Resistente a la lluvia	Exteriores
NEMA-3R	A prueba de lluvia	Uso exterior para proteger contra lluvia, aguanieve, y protección contra hielo
NEMA-4	Sellado contra Agua y Sellado contra Polvo	Uso interior o exterior para proteger contra polvo y lluvia sopladados por el viento, salpicado y chorro directo de agua
NEMA-4X	Sellado contra agua, Sellado contra polvo, Resistente a la Corrosión	Interiores
NEMA-6	Sumergible, Sellado contra agua, Sellado contra polvo	Interiores y Exteriores
NEMA-7	Clase I (Area Peligrosa)	Uso interior en áreas Clase I, por NEC
NEMA-8	Clase I (Area Peligrosa)	Uso interior en equipo sumergido en aceite Clase I
NEMA-9	Clase II (Area Peligrosa)	Uso interior en áreas Clase II por NEC
NEMA-10	Oficina de Minas	
NEMA-11	Resistente a la Corrosion y a Prueba de goteo	Interiores sumergido en aceite
NEMA-12	Uso Industrial, Sellado contra polvo	Uso interior para proteger contra polvo, tierra que cae y goteo de líquidos no corrosivos
NEMA-13	Sellado contra aceite y contra polvo	Interiores

Fuente: Linkografía

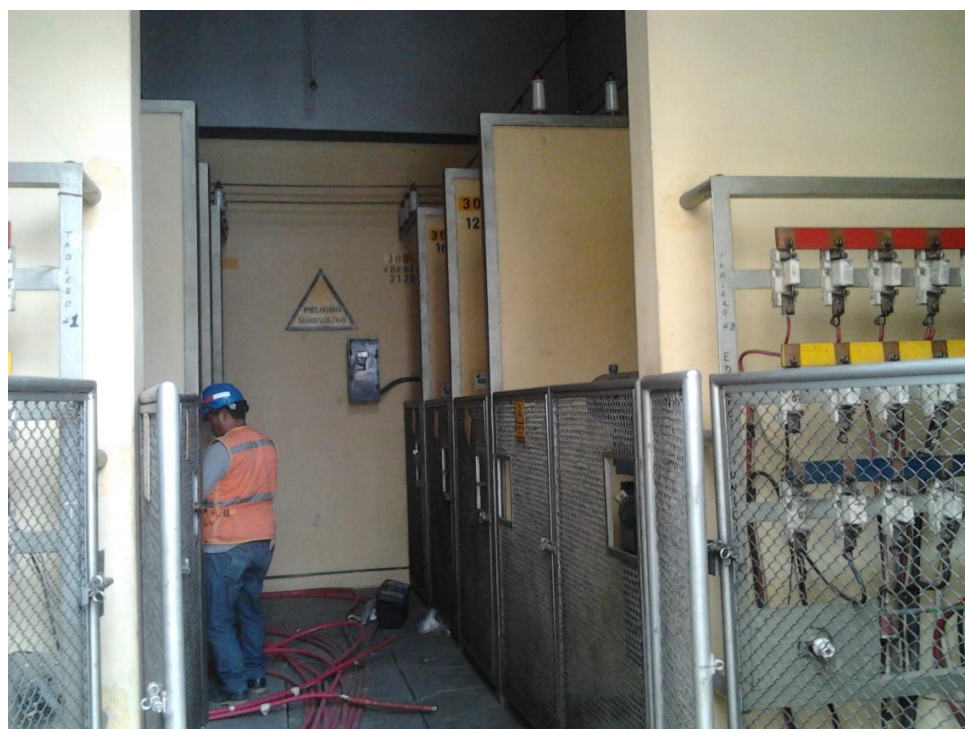
http://www.dirind.com/dae/imagenes/clasificaciones/monografias/botoneras/botoneras_1.j

Tabla 6: Ficha técnica de un trafomix

CARACTERISTICAS TECNICAS DEL TRAFOMIX	
Tensión nominal primaria	10/22.9 KV
Tensión nominal secundaria	110 V
Corriente nominal primaria en 10 KV	14.43 A
Corriente nominal primaria en 22.9 KV	6.30 A
Corriente nominal secundaria	5.0 A
Tensión máxima de servicio (Um)	12/24 KV
Tensión de prueba a 60 Hz x 1 minuto	34 KV
Bil Exterior	
Nivel de aislamiento BT	
Línea de fuga mínima	
Rango de altura de operación	1000 msnm
Frecuencia	60 Hz
Grupo de conexión primaria	Estrella
Grupo de conexión secundaria	Estrella
Clase de la bobina de tensión	0.2
Potencia de la bobina de tensión	3 x 50 VA
Factor de seguridad de la Bobina de tensión	1.5
Clase de la bobina de corriente	0.2
Potencia de la bobina de corriente	3 x 30 VA
Factor de seguridad de la Bobina de tensión	5
Tipo de aislador	Polimérico
Tipo de montaje	Interior

Fuente: Catalogo de CEA

Fotos de la subestación HI-164 de Hidrandina (punto de diseño)



 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo, James Luis Alvarez Castañeda, identificado con DNI N° 17978134, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, de la Universidad César Vallejo, autorizo la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

"Diseño de alimentador en media tensión 10 – 22.9 KV y subestación compacta de 160 KVA para la empresa Servicio de Administración Tributaria de Trujillo - SATT"

En el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33



FIRMA

DNI: 17978134

FECHA: 20 de Marzo del 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Yo, Javier León Lescano, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo de Trujillo, revisor de la tesis titulada

"Diseño de alimentador en media tensión 10-22.9 KV y subestación compacta de 160 KVA para la empresa Servicio de Administración Tributaria de Trujillo - SATT", del estudiante James Luis Alvarez Castañeda, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 26 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 18 de Marzo del 2019



Firma

ING. JAVIER LEON LESCANO

DNI: ...18857844

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------