



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS
ELÉCTRICOS DE POTENCIA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“REPOTENCIACIÓN DEL PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES PARA LA
EJECUCIÓN DE ENSAYOS Y MANIOBRAS EN LA CARRERA EN
ELECTRICIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**

Proyecto de titulación presentada previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos De Potencia

Autores:

Fernández Unapucha Alex Daniel

López Cabrera Jordin Xavier

Tutor Académico:

Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena Ms.C

LATACUNGA - ECUADOR

2021

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

Nosotros **FERNÁNDEZ UNAPUCHA ALEX DANIEL** y **LOPEZ CABRERA JORDIN XAVIER** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“REPOTENCIACIÓN DEL PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES PARA LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS Y MANIOBRAS EN LA CARRERA EN ELECTRICIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, siendo el Ing. **CARLOS FRANCISCO PACHECO MENA** el tutor del presente trabajo; y se exime expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, se certifica que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....
Fernández Unapucha Alex Daniel
C.C. 0504470980


.....
López Cabrera Jordin Xavier
C.C.: 0706089356

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“REPOTENCIACIÓN DEL PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES PARA LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS Y MANIOBRAS EN LA CARRERA EN ELECTRICIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”, de **FERNÁNDEZ UNAPUCHA ALEX DANIEL** y **LOPEZ CABRERA JORDIN XAVIER**, de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, abril 2021


.....
Ing. CARLOS FRANCISCO PACHECO MENA MSc.
C.C. 0503072902

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes **FERNÁNDEZ UNAPUCHA ALEX DANIEL** y **LOPEZ CABRERA JORDIN XAVIER** con el título de Proyecto de titulación **“REPOTENCIACIÓN DEL PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES PARA LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS Y MANIOBRAS EN LA CARRERA EN ELECTRICIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, octubre 2021

Para constancia firman:



Firmado electrónicamente por:
GABRIEL NAPOLEON
PESANTEZ PALACIOS

.....
Ing. Gabriel Pesantez Palacios
C.C. 0301893889

.....
Ing. Franklin Vásquez Teneda
C.C. 1710434497

Edgar Roberto Salazar Achig Firmado digitalmente
por Edgar Roberto
Salazar Achig

.....
Ing. Edgar Salazar Achig
C.C. 0502847619

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de director de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi certifico que mediante al proyecto de investigación “**REPOTENCIACIÓN DEL PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES PARA LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS Y MANIOBRAS EN LA CARRERA EN ELECTRICIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**”, de los señores **FERNÁNDEZ UNAPUCHA ALEX DANIEL** y **LOPEZ CABRERA JORDIN XAVIER**, realizan la entrega de los componentes para la alimentación del transformador, accesorios y equipos eléctricos implementados para el Patio de entrenamiento de Construcción de Redes., para el laboratorio de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, Octubre 2021



Ing. Eduardo Hinojosa
C.C. 0502365810

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios, por estar siempre a mi lado y permitirme llegar hasta este gran logro en mi vida.

A mi madre Griselda Acosta, por confiar en mí y nunca dejar que me rinda, por ser la persona más fuerte que yo conozco, por siempre luchar para hacer de mí una persona de bien, por ser siempre la motivación constante en mi vida, pero más que nada por su amor incondicional.

A mis tíos Patricio, Grima y Javier, por sus ejemplos de respeto, por creer en mí y ayudarme a sacar este trabajo de titulación adelante.

A mi compañero de Tesis Jordin, por todos los momentos compartidos, por su gran amistad incondicional desde el primer momento y sobre todo por brindarme su ayuda, apoyo y motivación.

A mis amigos, Yessenia, Fernanda, Christopher, André, Juan, Kevin, Mauricio, David y Fabián por siempre aceptarme como soy y por sus palabras de aliento en los momentos difíciles.

El sacrificio es por ustedes porque admiro sus fortalezas y lo que han hecho de mí.

Alex Fernández

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la voluntad, fuerza y sabiduría para seguir adelante en todo este proceso de realización personal.

A mi Familia por ser un pilar fundamental, por confiar en mí y por ser la motivación constante en mi vida.

A mi hermano Walter Lopez y mi tía Jenny Cabrera, por su respetado modelo a seguir, confianza en mí y ayudarme a avanzar en el trabajo de este grado.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, y la Facultad de CIYA por abrirme sus puertas y a sus docentes por su enseñanza de calidad y excelencia. A nuestro tutor Ing. Carlos Pacheco y Ing. Eduardo Hinojosa por ser personas con gran paciencia y profesionalismo han sabido guiarnos. A mi compañero de tesis Alex, por su gran amistad incondicional desde el primer momento.

Jordin López

DEDICATORIA

Desde lo más profundo de mi corazón, deseo dedicar esta tesis principalmente a mi querida madre Griselda Acosta por ser mi motivación todos los días, y por darme la fortaleza y el apoyo incondicional para enfrentar las adversidades que se presentaron.

Alex Fernández

DEDICATORIA

Dedico con todo corazón este mi tesis a mis padres Walter lopez y Enma Cabrera, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes, y este sin duda se incluye.

A mis Hermanos, Walter Lopez, Emily Sánchez y sobrinos Deyker y Helen López, por brindarme su cariño incondicional.

A mi demás familia en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria.

A mis amigos, André, Kevin, Christopher, Michelle, Juan, Mauricio, Alejandro, Paul, David, Fabián y Carlos a todos ellos por sus palabras de aliento en tiempos difíciles y mi novia Nicole Román, La ayuda que me brindas es muy importante, incluso en los momentos y situaciones más difíciles, siempre has estado a mi lado y perenemente me has ayudado y motivado. No existen palabras en el mundo que se acerquen a lo agradecido que estoy.

Jordin López

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “REPOTENCIACIÓN DEL PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES PARA LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS Y MANIOBRAS EN LA CARRERA EN ELECTRICIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”.

Autor/es: Fernández Unapucha Alex Daniel

Lopez Cabrera Jordin Xavier

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica fue realizada en el Patio de Construcción de Redes, de Universidad Técnica de Cotopaxi ubicada en la ciudad de Latacunga. La intención de este proyecto repotenciar este lugar de prácticas con la intención de habilitarlo, para cual se define las etapas que se van a realizar, siendo la primera etapa la alimentación del transformador elevador tipo pedestal con el nivel de voltaje de 220 / 480 V, dicha etapa se realizó empleando la norma NTE INEN 2684, que hace referencia a los transformadores tipo pedestal con potencias menores o iguales a 2000 kVA y con voltaje de serie del devanado de medio voltaje menor o igual a 34,5kV y del devanado de bajo voltaje de 480 V, posteriormente se realizó la evaluación de funcionamiento del transformador empleando los equipos de medida descritos en el documento, luego se realiza la alimentación de la red de distribución desde el lado secundario del transformador para que de esta forma se pueden realizar ensayos y maniobras en la misma.

Con la finalidad de que los estudiantes realicen el análisis del sistema de repotenciación se ha desarrollado algunas prácticas de laboratorio, cada práctica conlleva un manual para la correcta ejecución de esta. Se ha tomado en consideración las debidas precauciones para que las prácticas propuestas sean seguras y confiables. Además, para elevar el confort y seguridad de los estudiantes de pregrado se ha diseñado un circuito de señalización de funcionamiento del seccionador, así, se cerciorará que el transformador está desenergizado para realizar cualquier práctica, en suma, se ha realizado la automatización de las luminarias del Patio de Construcción de redes.

Palabras clave: Repotenciación, Transformador tipo pedestal, equipos de medición, guías prácticas.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: "REPOWERING OF THE NETWORK CONSTRUCTION YARD FOR THE EXECUTION OF TESTS AND MANEUVERS IN THE ELECTRICAL CAREER OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI".

Author(s): Fernández Unapucha Alex Daniel

Lopez Cabrera Jordin Xavier

ABSTRACT

The present technological proposal was carried out in the Network Construction Yard of the Technical University of Cotopaxi located in the city of Latacunga. The intention of this project is to repower this place of practices with the intention of enabling it, for which the stages to be performed are defined, being the first stage the power supply of the step-up transformer with the voltage level of 220 / 480 V, this stage was performed using the standard NTE INEN 2684, which refers to step-up transformers with powers less than or equal to 2000 kVA and with series voltage of the winding of medium voltage less than or equal to 34,5kV and the low voltage winding of 480 V, then the transformer operation evaluation was performed using the measuring equipment described in the document, then the distribution network is fed from the secondary side of the transformer so that in this way tests and maneuvers can be performed on it.

In order for the students to perform the analysis of the repowering system, some laboratory practices have been developed, each practice includes a manual for its correct execution. Due precautions have been taken into consideration so that the proposed practices are safe and reliable. In addition, to increase the comfort and safety of the undergraduate students, a circuit has been designed to signal the operation of the disconnecting switch, thus, it will be ensured that the transformer is de-energized to perform any practice, in short, the automation of the luminaires of the Network Construction Yard has been carried out.

Key words: Repowering, pad-mounted transformer, measuring equipment, practical guides.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés de la Carrera de Pedagogía de los Idiomas Nacionales y Extranjeros Ingles de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los Señores Egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS: FERNÁNDEZ UNAPUCHA ALEX DANIEL** y **LOPEZ CABRERA JORDIN XAVIER**, cuyo título versa “REPOTENCIACIÓN DEL PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES PARA LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS Y MANIOBRAS EN LA CARRERA EN ELECTRICIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI” lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, octubre del 2021



.....
Mg. José Ignacio Andrade M.

DOCENTE UTC
CC:05030101040



Firmado electrónicamente por:
MARCO PAUL
BELTRAN
SEMBLANTES



CENTRO
DE IDIOMAS

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1. EL PROBLEMA	3
2.1.1. Situación Problema.....	3
2.1.2. Formulación del Problema	3
2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.2.1. Objeto de Estudio	3
2.2.2. Objeto de Acción.....	4
2.3. BENEFICIARIOS	4
2.3.1. Beneficiarios Directos	4
2.3.2. Beneficiarios Indirectos.....	4
2.4. JUSTIFICACIÓN.....	4
2.5. HIPÓTESIS	5
2.6. OBJETIVOS.....	5
2.6.1. Objetivo General	5
2.6.2. Objetivos Específicos.....	5
2.6.3. Sistemas de Tareas	6
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	7
3.2. MARCO TEÓRICO	9
3.2.1. Fundamentación Legal	9
3.2.2. El Transformador	9
3.2.3. Transformador Elevador.....	10
3.2.4. Modelamiento del Transformador Trifásico	10
3.2.5. Tipos de Conexión del Transformador Trifásico	15
3.2.6. Ensayos en los Transformadores	17
3.2.7. Índice Horario.....	19
3.2.8. Transformador Pad Mounted o de Pedestal.....	19
3.2.9. Componentes para una estructura una línea de distribución	20
3.2.10. Resistividad del terreno.....	23
4. MATERIALES Y MÉTODOS	24
4.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO	24
4.2. INTRODUCCIÓN.....	24
4.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	24
4.3.1. Método Deductivo e inductivo	24
4.3.2. Método Científico.....	25
4.4. TIPOS DE INVESTIGACIÓN.....	25
4.4.1. Investigación Bibliográfica	25

4.4.2. Investigación Experimental	25
4.4.3. Investigación Descriptiva	26
4.4.4. Investigación Explicativa	26
4.5. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	26
4.5.1. Observación Directa y Participativa	26
4.5.2. Instrumentos de Investigación.....	26
4.6. REPOTENCIACIÓN DEL PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES	26
4.6.1. Etapa 1.-Normativa para el trabajo con transformador tipo pedestal.	27
4.6.2. Etapa 2.- Selección de los elementos para la alimentación del transformador.....	28
4.6.3. Etapa 3.- Alimentación del transformador tipo pedestal	29
Breaker Trifásico 10 Amperios	29
Barra de Bronce.....	30
Conector tipo Codo Adaptador con Punta de Prueba Para el Transformador Tipo Pedestal.	30
Conductores.....	30
Puntas de Prueba y conector machinado	31
Conector tipo codo para transformadores tipo pedestal	32
4.6.4. Etapa 4.- Valores de voltaje de cada uno de los Taps del transformador.....	33
4.6.5. Etapa 5.- Alimentación de la red de Distribución.	34
Tubería Conduit	34
4.6.6. Etapa 6.- Puesta a tierra.....	36
Barra Conductora Puesta a Tierra, Cobre.....	36
Varilla Acero Cobrizado 5/8’’	37
Conectores Mecánicos en Cobre	37
Terminales de Conexión Tipo Talón.....	38
4.6.7. Etapa 7.- Modulo de Señalización del estado del seccionador.....	39
Caja de Distribución Eléctrica.....	39
Contactador LS Electric	39
4.6.8. Etapa 8.- Automatización de Iluminarias	41
KG316T Microcomputer Timer Switch	41
4.6.9. Etapa 9.- Instrumentos de medición para las prácticas en el Patio de Construcción de Redes ..	43
Megger MIT520/2 (5kv insulation tester).....	43
TTR 100	44
Telurómetro.....	44
PMM1 44	
Megger TR-8703	45
4.6.10. Etapa 10.- Desarrollo de guías para la realización de pruebas en el Patio de Construcción de Redes	46
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	48
5.1. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL SISTEMA DE REPOTENCIACIÓN	49

5.1.1. Valores de Tensiones en el Transformador	49
5.1.2. Aislamiento del Transformador.....	50
5.1.3. Ensayos en Vacío y Cortocircuito del Transformador	56
5.1.4. Prueba de relación de transformación con el TR – 8703.....	59
5.1.5. Prueba del Sistema de Puesta a Tierra con el Telurómetro	62
5.2. MODELADO DEL TRANSFORMADOR Y LÍNEA PARA EL SISTEMA DE REPOTENCIACIÓN	63
5.2.1. Transformador.....	63
5.2.2. Línea de Distribución.....	64
5.2.3. Resultados de la simulación	66
5.3. MODELADO DEL SISTEMA DE REPOTENCIACIÓN.....	67
5.3.1. Prueba en vacío	68
5.3.2. Prueba con carga	68
5.3.3. Elementos empleados para el modelado.....	69
5.4. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	70
5.4.1. Presupuesto.....	70
5.4.2. Análisis de Impacto	70
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
6.1. CONCLUSIONES.....	71
6.2. RECOMENDACIONES	72
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1. Transformador Trifásico. Autor.....	10
Figura 3. 2. Bobinados del transformador elevador.....	10
Figura 3. 3. Transformador de 3 columnas.....	11
Figura 3. 4. Circuito eléctrico equivalente para la fase k de un transformador trifásico $k = (a, b, c)$..	12
Figura 3. 5. Circuito equivalente magnético de un transformador trifásico de tres columnas.....	13
Figura 3. 6. Características para la curva de saturación propuesta.....	14
Figura 3. 7. Conexión estrella – delta [22].....	16
Figura 3. 8. Transformador Pad Mounted, MARCA: SUNBELT TRANSFORMER [25].....	20
Figura 3. 9. Placa de características del transformador.....	20
Figura 3. 10. Cruceta recta [27].....	21
Figura 3. 11. Porcelana [27].....	22
Figura 3. 12. Esteatita y resinas epoxi [27].....	23
Figura 4. 1. Ubicación del proyecto.....	24
Figura 4. 2. Diagrama de flujo de pruebas en el patio de construcción de redes.....	27
Figura 4. 3. Breaker trifásico 10 amp [42].....	29
Figura 4. 4. Barra de Bronce de 17mm.....	30
Figura 4. 5. Conector tipo Codo.....	30
Figura 4. 6. Puntas de conexión.....	31
Figura 4. 7. Conector tipo codo.....	32
Figura 4. 8. Alimentación del lado primario del Transformador.....	33
Figura 4. 9. Pinza amperimétrica de verdadero valor eficaz Fluke 323.....	33
Figura 4. 10. Cable de Acometida de Aluminio [36].....	34
Figura 4. 11. Tubería Conduit [41].....	34
Figura 4. 12. Conexión del lado secundario del transformador.....	35
Figura 4. 13. Alimentación de la línea de distribución, desde el transformador Pau Mounted.....	36
Figura 4. 14. Cable desnudo de Electrocables [37].....	36
Figura 4. 15. Barra de cobre para conexión de terminales talón.....	37
Figura 4. 16. varilla para puesta a tierra de un poste [39].....	37
Figura 4. 17. Conector tipo ojo [40].....	37
Figura 4. 18. Terminales eléctricos tipo talón [26].....	38
Figura 4. 19. Barra de puesta a tierra para el transformador de pedestal.....	38
Figura 4. 20. Caja de distribución eléctrica [43].....	39
Figura 4. 21. Contactor LS Electric [44].....	40

Figura 4. 22. Conexión del contactor para el control de la señalización.....	40
Figura 4. 23. Señalización del funcionamiento de seccionador	41
Figura 4. 24. Microcomputer Timer Switch KG316T [22].....	41
Figura 4. 25. Temporizador de serie KG316T para el control de luminarias.....	42
Figura 4. 26. Esquema de conexión de luminarias.....	42
Figura 4. 27. Luminarias Activas.....	42
Figura 4. 28. Megger en funcionamiento conectado al transformador Pau Mounted.....	43
Figura 4. 29. TTR-100 en funcionamiento.....	44
Figura 4. 30. Telurómetro en funcionamiento en el patio de Construcción de redes.....	44
Figura 4. 31. PMM-1 en funcionamiento conectado al transformador Pau Mounted.....	45
Figura 4. 32. TR-8703 medidor de relación de espiras de transformador.....	46
Figura 5. 33. Prueba de Aislamiento respecto a H1.....	51
Figura 5. 34. Prueba de Aislamiento respecto a H2.....	51
Figura 5. 35.. Prueba de Aislamiento respecto a H3.....	52
Figura 5. 36. Prueba de Aislamiento respecto a los fusibles.....	53
Figura 5. 37. Diagrama de Conexión Bajo voltaje-tierra.....	55
Figura 5. 38. Diagrama de Conexión Medio voltaje-tierra.....	55
Figura 5. 39. Diagrama de Conexión Medio-Bajo voltaje.....	56
Figura 5. 40. Diagrama de conexión de cortocircuito con el trifásico fase A.....	58
Figura 5. 41. Diagrama de conexión de cortocircuito con la trifásica fase B.....	59
Figura 5. 42. Diagrama de conexión de cortocircuito con el trifásico fase C.....	59
Figura 5. 43. Resistencia de los devanados Trifásicos.....	60
Figura 5. 44. Diagrama de relación de transformación con el transformador trifásico fase A.....	62
Figura 5. 45. Diagrama de relación de transformación con el transformador trifásico fase B.....	62
Figura 5. 46. Diagrama de relación de transformación con el transformador trifásico fase C.....	62
Figura 5. 47. Modelo de la red de distribución en ATPDraw.....	63
Figura 5. 48. Datos del transformador trifásico tipo pedestal.....	64
Figura 5. 49. Grafica del transformador en funcionamiento.....	64
Figura 5. 50. Datos de la Línea trifásica con una longitud de 10km.....	65
Figura 5. 51. Grafica de la línea en funcionamiento.....	65
Figura 5. 52. Grafica de resultado del voltaje.....	66
Figura 5. 53. Grafica de resultado de la corriente.....	67
Figura 5. 54. Prueba de Aislamiento respecto a H3.....	67
Figura 5. 55. Resultado de TAPS sin carga.....	68
Figura 5. 56. Resultado de TAPS con carga.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de Aceptación de Pérdidas en Transformadores Trifásicos	18
Tabla 2. Valores del transformador	28
Tabla 3. Conductores de cobre Tipo AWG.	31
Tabla 4 Formato de las guías prácticas	47
Tabla 5. Valores de voltaje.....	49
Tabla 6. Resultados de la Prueba de Aislamiento	50
Tabla 7. Interpretación de Resultados de la Resistencia	55
Tabla 8. Funcionamiento del PMM-1 y el Variador del Módulo de Pruebas para Transformador Trifásico de 2kva.....	58
Tabla 9. DATOS DEL TRANSFORMADOR TRIFÁSICO	59
Tabla 10. Presupuesto del proyecto.	70

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título:

Repotenciación del Patio de Construcción de Redes para la ejecución de ensayos y maniobras en la carrera en electricidad de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Fecha de inicio:

05 de abril del 2021

Fecha de entrega:

01 de octubre del 2021

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus La Matriz

Facultad que auspicia:

CIYA

Carrera que Auspicia:

Ingeniería Eléctrica

Equipo de Trabajo:

TUTOR

DATOS PERSONALES

Nombres y Apellidos: Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena. Ms.C

Fecha de Nacimiento: 2 de octubre de 1986

Cédula de Ciudadanía: 0503072902

E-MAIL: carlos.pacheco2902@utc.edu.ec

Títulos

Pregrado: INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN
(ESPOJ)

Posgrado: MAGISTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS (UTC)

DATOS PERSONALES (POSTULANTE 1):

DATOS PERSONALES

Nombres: Alex Daniel

Apellidos: Fernández Unapucha

Cédula de Ciudadanía: 0504470980

E-MAIL: alex.fernandez0980@utc.edu.ec

Estudios Realizados

Nivel secundario: Instituto Superior Tecnológico Francisco de Orellana (ISTFO)

DATOS PERSONALES (POSTULANTE 2):

DATOS PERSONALES

Nombres: Jordin Xavier

Apellidos: Lopez Cabrera

Cédula de Ciudadanía: 0706089356

E-MAIL: jordin.lopez9356@utc.edu.ec

Estudios Realizados

Nivel secundario: Colegio Nacional “26 de noviembre”

Área de conocimiento:

Sistemas Eléctricos de Potencia

Calidad de energía

Sistemas de control

Línea de investigación:

Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental.

Sublínea de la investigación de la carrera de Ingeniería Eléctrica:

Control y optimización en el uso de la energía del sector industrial, comercial y residencial

2. INTRODUCCIÓN

2.1. EL PROBLEMA

2.1.1. Situación Problema

Los sistemas de distribución admiten la energía eléctrica que proviene de la red de subtransmisión y la conducen hasta el punto de conexión de los consumidores. Planificar estos sistemas tiene la finalidad de garantizar la atención de la demanda al menor coste posible, considerando criterios de confiabilidad, seguridad y calidad. Para alcanzar una planificación conveniente se toma en consideración la ubicación o reubicación de nuevos elementos y repotenciación de los elementos existentes [1].

En este contexto, la Universidad Técnica de Cotopaxi ha ocupado el patio de construcción de redes para repotenciar los espacios de prácticas de distribución de redes y bajo voltaje, esta acción será de gran utilidad para que los estudiantes puedan realizar un mayor número de prácticas en el campo de la construcción de redes y analizar la implementación del sistema de repotenciación [2], [3].

La componente teórico-practico en la carrera de Ingeniería Eléctrica no se desarrolla de manera eficiente, debido a que se enfoca a los conocimientos teóricos de las determinadas materias de la carrera en el área de distribución de redes y bajo voltaje, por lo cual es necesario repotenciar estos espacios de prácticas que se encuentran deshabilitados como es el caso del patio de construcción de redes.

2.1.2. Formulación del Problema

Repotenciar el patio de construcción de redes y bajo voltaje para que los estudiantes de pregrado puedan aplicar sus conocimientos teóricos de manera práctica, implementando guías para el desarrollo de prácticas las cuales se aplicaran en el sitio anteriormente mencionado.

2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1. Objeto de Estudio

El objeto del presente estudio es la repotenciación del patio de construcción de redes y bajo voltaje de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.2.2. Objeto de Acción

Repotenciar los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi para que los estudiantes realicen más prácticas y analicen el sistema de repotenciación implementado. El campo de acción de este estudio será 330000 Ciencias Tecnológicas/ 3306 Ingeniería y tecnología Eléctricas / 330602 Aplicaciones Eléctricas.

2.3. BENEFICIARIOS

2.3.1. Beneficiarios Directos

Los beneficiarios directos de la propuesta tecnológica son los estudiantes de pregrado de la carrera de ingeniería eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ya que se les ayudará a consolidar sus conocimientos en el área de redes y alto voltaje.

2.3.2. Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios indirectos son los docentes a cargo de impartir la asignatura en cuestión, ya que, esto ayudará sobremedida a compartir mejor sus conocimientos a los estudiantes y que estos logren captarlos con facilidad.

2.4. JUSTIFICACIÓN

En la Universidad Técnico de Cotopaxi, como parte de su malla académica en la carrera de Ingeniería Eléctrica, se ofrecen materias de nivel superior como son:

- Redes de distribución eléctrica.
- Alto Voltaje.
- SEP (Sistemas eléctricos de Potencia)

La repotenciación del Patio de Construcción de Redes es importante debido a que permitirá la alimentación del transformador y habilitación de la red de distribución que tiene el único y primordial propósito de que el estudiante se familiarice con los equipos existentes en los laboratorios y comprenda el correcto funcionamiento de los mismos.

En este contexto, se ha realizado un proyecto técnico de Repotenciación del Patio de Construcción de Redes, con la finalidad de que los estudiantes de pregrado puedan realizar un mayor número prácticas en el espacio anteriormente mencionado y además analizar el sistema de repotenciación implementado. Esto ayudará de sobremanera a los estudiantes a consolidar sus conocimientos en el área de redes y bajo voltaje, con la finalidad de que los estudiantes realicen el análisis del sistema de repotenciación se desarrollan algunas prácticas de laboratorio, cada práctica conlleva un manual para la correcta ejecución de esta. Se ha tomado en consideración las debidas precauciones para que las prácticas propuestas sean seguras y confiables.

2.5. HIPÓTESIS

La repotenciación del Patio de Construcción de Redes permitirá realizar ensayos y maniobras, mediante la habilitación del transformador y la línea de distribución en la Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus la Matriz en el periodo 2021.

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. Objetivo General

Realizar la repotenciación del Patio de Construcción de Redes de la Universidad Técnica de Cotopaxi para la ejecución de prácticas de ensayos y maniobras de los estudiantes de pregrado de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

2.6.2. Objetivos Específicos

- Recopilar información bibliográfica de investigaciones realizadas sobre los diferentes aspectos que intervienen en la repotenciación de un sistema distribución considerando el transformador.
- Realizar la alimentación del transformador principal en el Patio de prácticas de Construcción de Redes y evaluar el funcionamiento utilizado en la repotenciación.
- Desarrollar las guías para la realización de las prácticas del Patio de Construcción de Redes.

2.6.3. Sistemas de Tareas

Estas son actividades que se realizarán para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos planteados.

Objetivos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad
<p>Recopilar información bibliográfica de investigaciones realizadas, sobre los diferentes aspectos que intervienen en la repotenciación</p>	<p>a) Búsqueda Bibliográfica de la conexión de los transformadores en una red de distribución. b) Entrevista con los profesionales (Ingenieros con experiencia en el tema y docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi).</p>	<p>a) Sistema de repotenciación implementados en redes de distribución b) Identificación de los elementos idóneos para realizar la repotenciación de una red</p>
<p>Realizar la alimentación del transformador principal en el Patio de prácticas de Construcción de Redes y evaluar el funcionamiento utilizado en la repotenciación</p>	<p>a) Investigar las normas para la alimentación de un transformador reductor y su respectiva puesta a tierra. b) Medición de valores nominales obtenidos del transformador. c) Prueba de los equipos de medición, para verificar el óptimo funcionamiento del transformador. d) Modelado del transformador</p>	<p>a) Adquisición de datos para la viabilidad que tiene la instalación del sistema en cuestión del lugar seleccionado. b) Los valores nominales que debe tener el transformador deben ser los ideales para realizar las prácticas correspondientes. c) Correcto funcionamiento de los equipos, para las pruebas en el transformador y obtención de los resultados. d) Modelado del transformador y línea en</p>

		ATPDraw y los TAPS del transformador en el software DigSilent Power Factory
Desarrollar las guías para la realización de las prácticas del Patio de Construcción de Redes.	<ul style="list-style-type: none"> a) Realización de las diferentes pruebas de funcionamiento al sistema de repotenciación b) Elaboración de guías que otorguen toda la información necesaria para su correcta comprensión. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Resultados de pruebas y ensayos del sistema de repotenciación sumamente satisfactorios. b) Elaboración de 10 guías prácticas para los estudiantes de pregrado.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Incrementar la habilidad práctica de los estudiantes de pregrado es sumamente fundamental para su posterior desarrollo en el ámbito laboral, con el presente documento se pretende desarrollar la parte práctica de los estudiantes en el área de Redes y alto voltaje mediante el estudio y análisis de un sistema de repotenciación de red. La repotenciación de una red en el ámbito eléctrico es sumamente importante, ya que, otorga confiabilidad y seguridad al sistema eléctrico de potencia ante cualquier crecimiento de la demanda. En este caso en particular se ha desarrollado este sistema de repotenciación con fines de estudios prácticos del mismo de los estudiantes de pregrado de la Universidad Técnica de Cotopaxi, carrera de Ingeniería Eléctrica. A continuación, se presentan una serie de documentos que están estrechamente relacionados con la mejora de calidad y repotenciación de la energía eléctrica:

En [4] se propone una mejora de la calidad del servicio eléctrico de la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná mediante la elaboración de nuevas instalaciones eléctricas, se instaló un nuevo tablero secundario para alojarlas, tomando en consideración facilidad de acceso y seguridad, además, se implementa un generador eléctrico para evitar pérdidas de actividades académicas y administrativas por falta de energía.

En [5] se expone el estudio del sistema de distribución y acometidas para ello se ha construido un banco de pruebas de acometidas en baja tensión, el mismo que facilita la comprensión del

comportamiento de las redes de distribución en baja tensión, tanto en operación normal como en caso de fallas en el sistema.

En [6] se presenta un enfoque documentado y un análisis de evidencia, centrado en reportes alcanzado de un estudio de carga eléctrica para la repotenciación del circuito eléctrico de baja tensión del transformador existente número 27078 del Barrio Santa Martha de Chone, de esta manera se otorga confiabilidad y seguridad a los usuarios del sector bajo estudio.

En [7] se presenta la implementación de soluciones no convencionales, como la reconfiguración de la red y / o la repotenciación de los activos de red existentes (líneas o transformadores) para la reducción de costos en la planificación de expansión del sistema eléctrico. Se toma en consideración modelado de ecuaciones necesarias, utilizando expresiones lineales, para incluir soluciones candidatas no convencionales en el modelo lineal disyuntivo del problema de expansión.

En [8] se propone la repotenciación y expansión de los parque eólicos marinos, se analiza en primer lugar los posibles beneficios de combinar repotenciación y expansión de piezas en el diseño de topología del sistema colector, que es seguido por un análisis más detallado y matemático con verificaciones de ventajas económicas y de fiabilidad para la aplicación.

En [9] se propone un enfoque novedoso para el problema de planificación de expansión de transmisión estableciendo un nuevo modelo matemático que permite una planificación multietapa considerando dentro de su formulación el cálculo de pérdidas técnicas de potencia activa y el rediseño y repotenciación de la red existente y agregada. El modelo toma como base la formulación del modelo disyuntivo que luego se complementa con tres grupos principales de restricciones en relación con los criterios mencionados.

En [10] se presenta un nuevo enfoque de modelado para la planificación de la expansión de la red de transmisión considerando la repotenciación de circuitos y la integración de generación a pequeña escala. Este consiste en determinar los nuevos activos que se necesitarán en la red para atender una demanda prevista.

3.2. MARCO TEÓRICO

3.2.1. Fundamentación Legal

Los métodos, procedimientos, mecanismos y especificaciones técnicas para la ejecución del presente trabajo investigativo están sujetos por la normativa que a continuación se detalla.

3.2.1.1. Normativa

El transformador es uno de los elementos primordiales para la repotenciación de una red, este debe cumplir con los requisitos que sirven de apoyo para determinar el rendimiento, la intercambiabilidad y la seguridad de este. El transformador que se implementará en el proyecto es uno elevador, marca RVR, tipo Pad Mounted o pedestal de una potencia de 2 kVA, con relación de voltaje de 220/480 V. Por ello, se tomará en consideración la normativa NTE INEN 2684 [11] que hace referencia a transformadores de distribución trifásicos tipo pedestal o Pad Mounted y autorefrigerados con potencias menores o iguales a 2000 kVA y con voltaje de serie del devanado de medio voltaje menor o igual a 34 500 V y del devanado de bajo voltaje de 480 V. El transformador que se empleará en el proyecto deberá cumplir a cabalidad cada uno de los requisitos denotados en la normativa.

3.2.2. El Transformador

Es un componente fundamental en los sistemas eléctricos de potencia y además es una de las máquinas que conceptualmente ha cambiado en menor medida de su invención y no se proveen grandes cambios en su concepto en el futuro. Por lo tanto, cualquier aporte realizado para mejorar y optimizar los procesos actuales de construcción y operación constituyen una contribución para los sistemas eléctricos actuales y del futuro. Este es un dispositivo eléctrico estático, que transfiere energía eléctrica de un circuito a otro, con perfiles de tensión e intensidad distintas o iguales, mediante el principio de inducción electromagnética, sin cambio de frecuencia [12]. En el mercado existen transformadores monofásicos, bifásicos y trifásicos, la diferencia radica en la cantidad de fases que alimenta a cada uno de estos, para el primero se requiere una fase, en el segundo dos fases y en el tercero tres fases. En este proyecto se hará énfasis al estudio de transformadores trifásicos, ya que, ese será el transformador que se utilizará para realizar la repotenciación del Patio de Construcción de Redes. En la Figura 3.1, se aprecia las partes de un transformador trifásico.

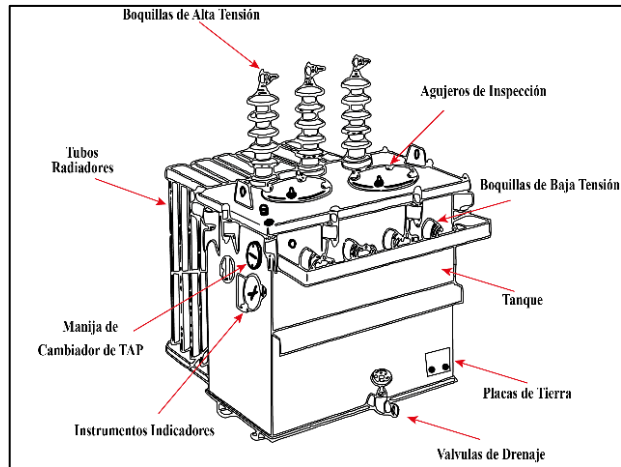


Figura 3. 1. Transformador Trifásico. Autor.

3.2.3. Transformador Elevador

Si la tensión del bobinado secundario es menor que la del primario, se alude a un transformador reductor, y si es más alta, el transformador será elevador. Al referirse a la repotenciación de una red, se vincula a la utilización de un transformador elevador, por ello, se explicará a detalle el funcionamiento de este. El transformador elevador aumenta la fuerza electromotriz aplicada en el primario (V_p), es decir, aumenta la tensión de salida en relación con la tensión de entrada. Además, la razón de vueltas del secundario al primario N_s/N_p es mayor que 1, lo que lleva a que el bobinado secundario tenga más vueltas que el primario [13]. En la Figura 3.2, se evidencia los bobinados del transformador elevador.

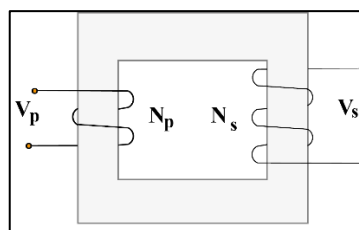


Figura 3. 2. Bobinados del transformador elevador.

3.2.4. Modelamiento del Transformador Trifásico

En la repotenciación del Patio de Construcción de Redes se utilizará un transformador trifásico, por ende, es necesario conocer su modelamiento matemático y así comprender su funcionamiento. Para este modelamiento se determina un transformador de 3 columnas como se muestra en la figura 3.3.

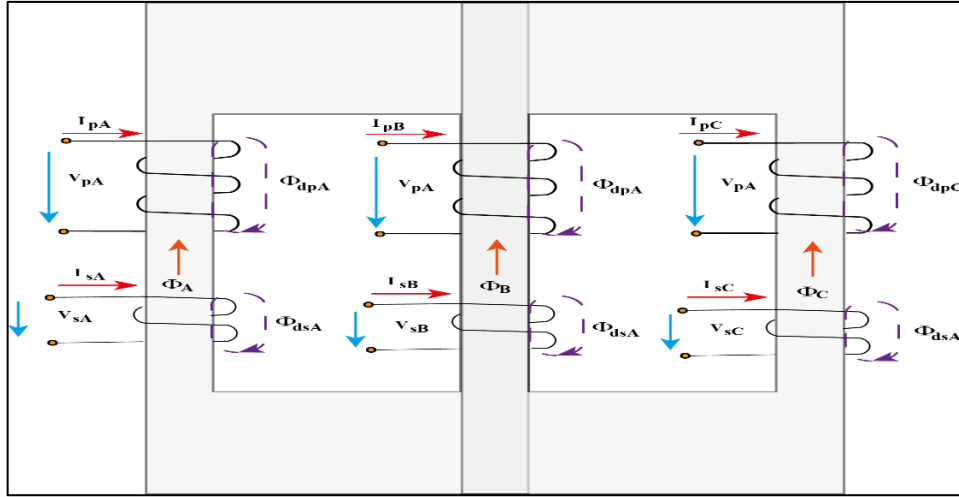


Figura 3. 3. Transformador de 3 columnas.

3.2.4.1. Modelo del circuito eléctrico

$$\left. \begin{aligned} u_{pk} &= R_p * i_{pk} + \frac{d\lambda_{pk}}{dt} = R_p * i_{pk} + N_p * \frac{d\Phi_{pk}}{dt} \\ u_{sk} &= R_s * i_{sk} + \frac{d\lambda_{sk}}{dt} = R_s * i_{sk} + N_s * \frac{d\Phi_{sk}}{dt} \end{aligned} \right\} k = (a, b, c) \quad (3.1)$$

Donde:

u_{pk}, u_{sk} : Tensiones de devanados primario y secundario respectivamente.

R_p, R_s : Resistencias de devanados primario y secundario respectivamente.

i_{pk}, i_{sk} : Intensidades de devanados primario y secundario respectivamente.

$\lambda_{pk}, \lambda_{sk}$: Flujos magnéticos concatenados.

N_p, N_s : Número de espiras de cada devanado del transformador.

Φ_{pk}, Φ_{sk} : Flujos magnéticos por espira concatenados.

$$\left. \begin{aligned} \lambda_{pk} &= N_p * \Phi_{pk} = N_p * (\Phi_{dpk} + \Phi_k) = \lambda_{dpk} + N_p * \Phi_k \\ \lambda_{sk} &= N_s * \Phi_{sk} = N_s * (\Phi_{dsk} + \Phi_k) = \lambda_{dsk} + N_s * \Phi_k \end{aligned} \right\} (3.2)$$

Donde:

Φ_k : Flujo magnético por espira a través de las columnas.

Φ_{dpk}, Φ_{dsk} : Flujos magnéticos de dispersión por espira en primario y secundario respectivamente.

$\lambda_{dpk}, \lambda_{dsk}$: Flujos de dispersión totales en primario y secundario respectivamente.

El aire es el encargado de cerrar los circuitos de dispersión, para estos se considera que posee un comportamiento lineal analizado del aire respecto al flujo magnético, donde los flujos totales de dispersión, se determinan como producto de coeficientes de dispersión constantes por intensidades [14].

$$\begin{aligned}\lambda_{dpk} &= L_{dp} * i_{pk} \\ \lambda_{dsk} &= L_{ds} * i_{sk}\end{aligned}\quad (3.3)$$

Donde:

L_{dp}, L_{ds} : Coeficientes constantes autoinducción del primario y secundario respectivamente.

Dando como resultado la siguiente expresión a partir de (2):

$$\begin{aligned}\lambda_{pk} &= L_{dp} * i_{pk} + N_p * \Phi_k \\ \lambda_{sk} &= L_{ds} * i_{sk} + N_s * \Phi_k\end{aligned}\quad (3.4)$$

Para determinar los coeficientes de autoinducción se utiliza las siguientes expresiones matemáticas.

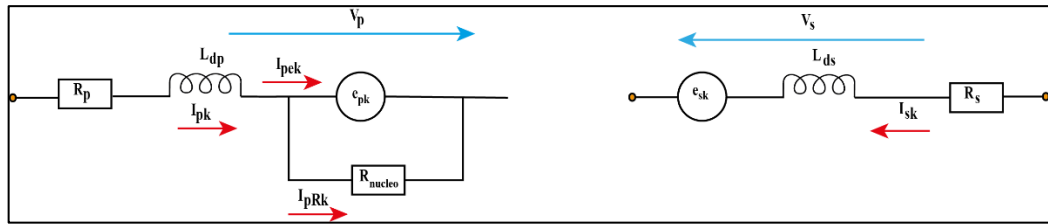


Figura 3. 4. Circuito eléctrico equivalente para la fase k de un transformador trifásico k = (a, b, c).

$$L_{dp} = \frac{N_p^2}{R_{dp}}; L_{ds} = \frac{N_s^2}{R_{ds}}\quad (3.5)$$

Donde:

R_{dp}, R_{ds} : Reluctancias magnéticas de circuitos por los que se cierran los flujos de dispersión en primario y secundario respectivamente.

Por último, el transformador maneja las siguientes expresiones.

$$\begin{aligned}u_{pk} &= R_p * i_{pk} + \frac{d}{dt} (L_{dp} * i_{pk} + N_p * \Phi_k) \\ u_{sk} &= R_s * i_{sk} + \frac{d}{dt} (L_{ds} * i_{sk} + N_s * \Phi_k)\end{aligned}\quad (3.6)$$

Que también se puede expresar como:

$$\begin{aligned}
u_{pk} &= R_p * i_{pk} + L_{dp} * \frac{di_{pk}}{dt} + e_{pk} \\
u_{sk} &= R_s * i_{sk} + L_{ds} * \frac{di_{sk}}{dt} + e_{sk}
\end{aligned}
\tag{3.7}$$

Donde:

e_{pk} , e_{sk} : Tensiones inducidas en los devanados primario y secundario respectivamente, a razón de variaciones de flujo en la columna k .

3.2.4.2. Modelo del circuito magnético

En la figura 3.5, se detalla un circuito magnético del transformador trifásico de tres columnas mostrado previamente en este documento [15].

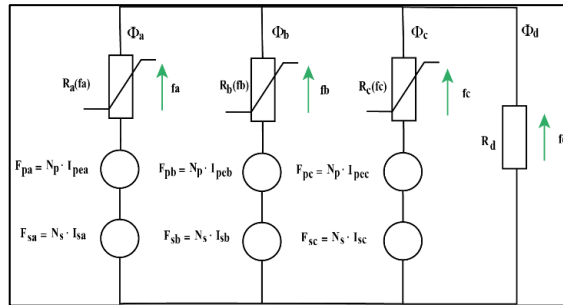


Figura 3. 5. Circuito equivalente magnético de un transformador trifásico de tres columnas.

Para el modelamiento de este tipo de circuitos es necesario el acople de una reluctancia de yugo justamente en la reluctancia de columna, y la reluctancia del camino a través del aire, R_d , se la toma como un valor constante, una vez explicado estas nuevas modificaciones se dan las expresiones [15]:

$$\left. \begin{aligned}
N_p * i_{pek} + N_s * i_{sk} &= f_k - f_d \\
\Phi_a + \Phi_b + \Phi_c + \Phi_d &= 0
\end{aligned} \right\} \quad k = (a, b, c)
\tag{3.8}$$

Donde:

$N_p * i_{pek} = F_{pk}$, $N_s * i_{sk} = F_{sk}$: Fuerzas magnetomotrices del primario y el secundario respectivamente, donde cabe destacar que la fuerza magnetomotriz del primario es dependiente de la intensidad $i_{pek} = i_{pk} - i_{pRk}$, donde i_{pRk} se refiera a la corriente que circula por la resistencia de pérdidas en el hierro.

$f_k = R_k(f_k) * \Phi_k$: Potencial magnético a través de la columna k .

$R_k(f_k)$: Reluctancia no lineal de la columna k , dependiente de su propio potencial magnético.

$f_d = R_d * \Phi_k$: Potencial magnético a través de la columna correspondiente al aire.

3.2.4.3. Curva de saturación

Para la determinación de esta curva existen algunas alternativas que permiten establecer el comportamiento magnético no lineal del transformador, algunos de estos métodos son por series de potencia como específica [16], tramos lineales [17]–[20], e incluso arcotangentes [21].

El circuito equivalente se ve representado por cada columna y rama del circuito magnético, se establece la función $f_k = \mathcal{R}_k(f_k) * \Phi_k$, para determinar dicho comportamiento no línea del hierro y su relación entre el potencial magnético y el flujo que atraviesa en cada columna.

La inclusión de parámetros experimentales que permiten reflejar la forma de la curva de saturación viene dada por: K_{1k}, K_{2k}, p_k y f_{0k} , con estos parámetros se establece la siguiente expresión.

$$\mathcal{R}_k(f_k)^{-1} = \frac{K_{1k}}{\left(1 + \left(\frac{|f_k|}{f_{0k}}\right)^{p_k}\right)^{1/p_k}} + K_{2k} \quad (3.9)$$

Donde:

K_{1k} y K_{2k} : Definidas por la pendiente lineal, no lineal específicamente en la zona $(\Phi - f)$.

p_k : Influyente directo en la forma que toma la curva.

f_{0k} : Potencial magnético en el lugar que comienza a saturar.

En la figura 3.6, se aprecia las características de una curva de saturación.

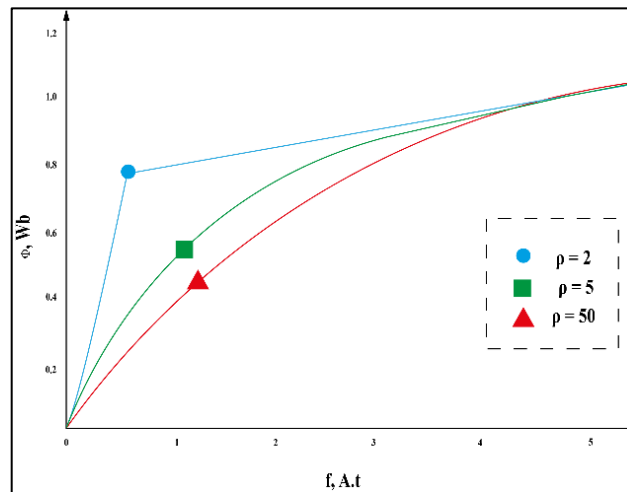


Figura 3. 6. Características para la curva de saturación propuesta.

3.2.5. Tipos de Conexión del Transformador Trifásico

Los devanados primarios y secundarios de cualquier transformador trifásico pueden conectarse independientemente en estrella (Y) o en delta (D). Esto da lugar a cuatro conexiones posibles para un transformador trifásico.

3.2.5.1. Estrella-Estrella

En una conexión Y-Y, el voltaje primario de cada fase se expresa por $V_{FP} = V_{LP}/\sqrt{3}$. El voltaje de la primera fase se enlaza con el voltaje de la segunda fase por la relación de espiras del transformador. El voltaje de fase secundario se relaciona, entonces, con el voltaje de la línea en el secundario por $V_{LS} = \sqrt{3} * V_{FS}$. Por tanto, la relación de voltaje en el transformador es

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{\sqrt{3} * V_{FP}}{\sqrt{3} * V_{FS}} = a \quad (3.10)$$

3.2.5.2. Delta-Delta

La relación entre los voltajes de línea primario y secundario es:

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{V_{FP}}{V_{FS}} = a \quad (3.11)$$

Esta conexión se utiliza frecuentemente para alimentar sistemas de alumbrado monofásicos y carga de potencia trifásica simultáneamente, presenta la ventaja de poder conectar los devanados primario y secundario sin desfaseamiento, y no tiene problemas de cargas desbalanceadas o armónicas. Sin embargo, circulan altas corrientes a menos que todos los transformadores sean conectados con el mismo tap de regulación y tengan la misma razón de tensión.

3.2.5.3. Delta-Estrella

En una conexión D - Y, el voltaje de línea primario es igual al voltaje de fase primario $V_{LP} = V_{FP}$, en tanto que los voltajes secundarios se relacionan por $V_{LS} = \sqrt{3} * V_{FS}$, por tanto, la relación de voltaje línea a línea de esta conexión es:

$$(3.12)$$

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{V_{FP}}{\sqrt{3} * V_{FS}}$$

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (3.13)$$

3.2.5.4. Estrella-delta

Esta conexión es la que se utilizará en el transformador del proyecto, por lo tanto, se realizará un análisis más detallado. El voltaje primario de línea se relaciona con el voltaje primario de fase mediante $V_{LP} = \sqrt{3} * V_{FP}$, y el voltaje de línea secundario es igual al voltaje de fase secundario $V_{LS} = V_{FS}$. La relación de voltaje de cada fase es:

$$\frac{V_{FP}}{V_{FS}} = a \quad (3.14)$$

De tal manera que la relación total entre el voltaje de línea en el lado primario del grupo y el voltaje de línea en el lado secundario del grupo es:

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{\sqrt{3} * V_{FP}}{V_{FS}} \quad (3.15)$$

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = (\sqrt{3} * a) \quad (3.16)$$

En la figura 3.7, se aprecia la conexión estrella-delta.

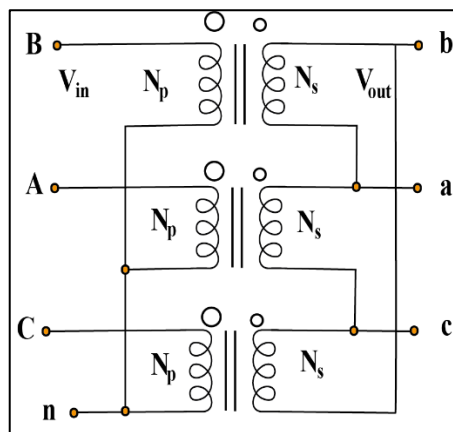


Figura 3. 7. Conexión estrella – delta [22].

- **Ventajas**

- Esta conexión no exterioriza inconvenientes con los elementos en sus tensiones de terceros armónicos, debido a que se absorbe una corriente que se propaga en el lado de la delta.
- Es adecuado para los transformadores reductores de tensión, debido a las particularidades propias de los bobinados en estrella para tensiones elevadas y de los bobinados en triángulo para las tensiones reducidas.
- El neutro del primario se conserva inalterable por el secundario en delta
- Es inalterable en contexto con demandas desequilibradas, ya que, la delta racionará cualquier desequilibrio.

- **Desventajas**

- Esta conexión tiene como desventaja que el voltaje secundario se desplaza en retraso de 30° con respecto al voltaje primario del transformador.
- No se puede disponer de un neutro en el secundario para conectar con la tierra o para una distribución de 4 cables, a menos que se disponga de un aparato auxiliar.
- Un defecto en una fase hace que no pueda funcionar la unidad trifásica hasta que se le repare [22].

3.2.6. Ensayos en los Transformadores

Los ensayos en vacío y cortocircuito sirven para determinar los valores de los parámetros del circuito equivalente.

3.2.6.1. Ensayo en vacío

El ensayo estriba en dejar abierto uno de los devanados mientras se alimenta con la tensión sinusoidal y frecuencia nominal el otro devanado. Lo usual es alimentar el devanado de menor tensión nominal, con el objetivo de aminorar la tensión del ensayo. Los datos del transformador conseguidos con el ensayo en vacío son la potencia absorbida en vacío por el transformador, que coincide con las pérdidas en el hierro, los parámetros de la rama en paralelo del circuito equivalente y la relación de transformación [23].

3.2.6.2. Ensayo en cortocircuito

Se fundamenta en cerrar en cortocircuito uno de los devanados, mientras se alimenta a una tensión reducida el otro devanado, comúnmente se alimenta el devanado de mayor tensión nominal, con el objetivo de no tener que medir intensidades excesivamente altas y alcanzar con mayor simplicidad la tensión reducida de alimentación. La tensión reducida se adquiere aumentando progresivamente la tensión de alimentación, desde cero hasta que por los devanados circule la corriente nominal.

Los aparatos analógicos de medida se fabrican para medir corrientes de 5A. Cuando la corriente a medir es mayor se puede decidir por desarrollar el ensayo con una intensidad menor que la nominal o emplear transformadores de intensidad [23].

Tabla 1. Valores de Aceptación de Pérdidas en Transformadores Trifásicos

TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS, CLASE MEDIO					
VOLTAJE ≤ 25 Kv CLASE BAJO VOLTAJE ≤ 1.2 Kv					
REFERIDOS A 85° C					
POTENCIA KVA	I_o (% de I_n)	P_o (W)	P_c (W)	P_t (W)	UZn
15	4.4	80	313	393	3.0
30	3.6	134	514	648	3.0
45	3.6	182	711	893	3.0
50	3.4	197	776	973	3.0
75	2.6	266	1094	1360	3.5
100	2.6	330	1393	1723	3.5
112.5	2.6	361	1539	1900	3.5
125	2.6	390	1682	2072	3.5
225	2.1	618	2892	3510	4.0
250	2.1	666	3153	3819	4.0
300	2.0	758	3677	4435	4.5
350	2.0	846	4200	5046	4.5
500	1.7	1090	5770	6860	5.0
800	1.6	1521	8909	10430	5.0

3.2.7. Índice Horario

Dependiendo del modelo de conexión, las tensiones simples del primario y del secundario pueden o no estar en fase, situación que constantemente acontece en los transformadores monofásicos. Para señalar el desfase existente entre las tensiones simples, se suele utilizar el llamado índice horario (ángulo formado por la aguja grande y la pequeña de un reloj cuando marca una hora exacta), expresado en múltiplos de 30° (ángulo entre dos horas consecutivas, $360^\circ/12=30^\circ$). El entendimiento del desfase (índice horario) es relevante al momento de conectar transformadores en paralelo, debido a que, todos los transformadores deben poseer el mismo índice horario, para impedir que puedan ocasionarse corrientes de circulación entre los transformadores cuando se realice la conexión.

En este caso el particular, el transformador que se utilizará en la repotenciación posee específicamente el grupo de conexión YnD1, lo que indica que tiene un bobinado de alta tensión en estrella y un bobinado de baja tensión en delta, y el número "1" especifica el desfase en adelanto del bobinado de baja respecto al bobinado de alta que existe en el diagrama fasorial siendo $1=30^\circ$ [15].

COMPONENTES DEL SISTEMA DE REPOTENCIACIÓN

3.2.8. Transformador Pad Mounted o de Pedestal

Es el tipo de transformador que se utilizará en el proyecto de repotenciación, se he tomado este ya que tiene compartimientos de seguridad sellados de alta y baja tensión, así se podrá evitar cualquier tipo de accidente mientras realizan las prácticas los estudiantes de pregrado.

Dependiendo del tipo de circuito a instalar, el transformador base tiene dos configuraciones básicas: configuración radial y configuración de anillo o malla. En este caso en particular, se ha configurado en radial el transformador, es decir, el alimentador primario llega a cada transformador (bobina) de forma independiente, por lo que hay un terminal de media tensión para cada fase y un seccionador de 2 posiciones para media tensión [24]. En la figura 3.8, se aprecia el transformador de pedestal.



Figura 3. 8. Transformador Pad Mounted, MARCA: SUNBELT TRANSFORMER [25].

En la Figura 3.9, se evidencia la placa de información del transformador que se utilizará para la repotenciación del patio de Construcción de Redes.

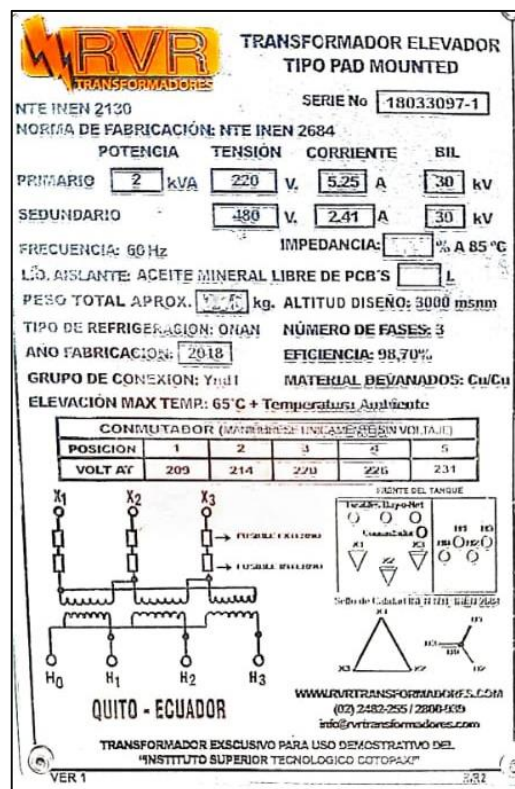


Figura 3. 9. Placa de características del transformador.

3.2.9. Componentes para una estructura una línea de distribución

Otro elemento importante para realizar la repotenciación son las redes de distribución aéreas estas se soportan en estructuras tales como: torres, torrecillas, postes de concreto. En el proyecto se presentan las redes de distribución sobre postes de concreto. Los componentes que se tienen en el poste de concreto que alimenta al transformador son: las crucetas, los seccionadores y aisladores, cada uno de estos de detalla a continuación:

3.2.9.1. Crucetas

Las crucetas son las encargadas de sostener los aisladores y el conductor de la línea aérea.

Se pueden clasificar de varias formas [26]:

Por sus materiales, los pilares se pueden utilizar para pilares de madera, vigas de madera o hierro, columnas de hormigón, vigas de acero galvanizado y columnas metálicas, perfiles de acero laminado. Por su forma, puede ser una cúpula, una línea recta, una forma de bandera, un triángulo o una cruz de bolsillo. En el proyecto se utilizará una cruz recta de acero galvanizado., apreciar Figura 3.14.



Figura 3. 10. Cruceta recta [27].

3.2.9.2. Aisladores

Son componentes que se utilizan para aislar el conductor del hilo de soporte que lo soporta. Cuando se usa un conductor, se requiere que el aislante tenga buenas propiedades dieléctricas, porque la tarea básica del aislador es evitar que la corriente fluya desde el conductor hasta el soporte. La combinación del conductor y el aislante y la combinación de estos y el soporte se realizan a través de piezas metálicas llamadas accesorios. [28].

Los aisladores deben tener ciertas cualidades antes de que se puedan usar. Al verificar algunas de estas cualidades, deben probarse:

- **Tensión de contorneamiento.** - Es la capacidad de un aislante, por lo que no genera arcos alrededor de su estructura y en sus contornos, de ahí el nombre. Para probar esta calidad, el aislante se somete a un aumento de voltaje, y si el voltaje generador de arco está dentro del rango del parámetro, el lote es válido.
- **Tensión de perforación.** - Es la capacidad de resistir altas tensiones sin que se produzca una línea de fuga a través del cuerpo del aislador. En esta prueba también se

someta el aislador a una tensión hasta que quiebra.

- **Resistencia mecánica.** - es la capacidad del aislador a la hora de soportar una carga o fuerza mecánicas. La prueba de esta cualidad se realiza sometiendo durante 24h una fuerza mecánica al aislador, si aguanta se da por válido.
- **Rigidez dieléctrica.** Hay materiales que, al pasar una determinada tensión, pasan de ser aislantes a Conductores; esta es la capacidad que tiene el aislador para seguir manteniéndose como aislante ante altas.
- **Resistencia a la temperatura.** - El nombre lo dice todo.
- **Envejecimiento.** - Como se puede suponer, es la vida que tiene el aislador.

Los materiales empleados en la fabricación de aisladores son:

- **Porcelana.** -

constituida por caolín y cuarzo, con un tratamiento de cocción a 1400 °C, se recubre de una capa de silicato, recociéndose posteriormente para obtener un vidriado en caliente que hace impermeable los aisladores y dificulta la adherencia de polvo y humedad [26].



Figura 3. 11. Porcelana [27].

- **Esteatita y resinas epoxi.** –

Se emplean cuando los aisladores han de soportar grandes esfuerzos mecánicos, debido a que su resistencia mecánica es el doble que la de la porcelana.



Figura 3. 12. Esteatita y resinas epoxi [27].

En este proyecto se utilizarán aisladores de porcelana, que pueden soportar tensiones y sobretensiones en condiciones normales y anormales para lograr la máxima probabilidad esperada de ocurrencia definida por la coordinación de estudios de aislamiento.

3.2.9.3. Seccionadores

Son interruptores de seguridad empleados, especialmente, en subestaciones o industrias con equipos de alta potencia para proteger o aislar equipos eléctricos de tensiones considerables. La función primordial de estos es permitir ejecutar maniobras de operación o de mantenimiento en las instalaciones, evitando riesgos, ello mediante el aislamiento de tramos de circuitos eléctricos de manera visible.

3.2.10. Resistividad del terreno

Es imprescindible que la resistividad del terreno puede comprobarse de manera exacta, debido a que el valor de resistencia a tierra del electrodo es directamente proporcional a la resistividad del terreno. De esta manera, si se usa un valor incorrecto de resistividad del terreno en el periodo de diseño, la medida de impedancia del sistema de puesta a tierra puede resultar considerablemente diferente a lo planificado [29].

Para medir la resistividad del terreno se puede aplicar las siguientes metodologías:

- **Método de Wenner:** El método de los cuatro puntos de Wenner es el método más preciso y popular. Debido a que el método obtiene la resistividad del suelo para capas profundas sin enterrar los electrodos a dichas profundidades, además no es necesario un equipo pesado para realizar las medidas y los resultados no son afectados por la resistencia de los electrodos auxiliares o los huecos creados para hincarlos en el terreno [30].

en establecer conclusiones a partir de generalizaciones mientras que el segundo generaliza a partir de observaciones. En este contexto, aplicamos el método deductivo en las regulaciones y normativas empleadas en el documento, ya que, se visualizará de manera general las normativas, sin embargo, hay que tener en consideración cuales son o no aplicables a nuestro caso en particular. Por otro lado, se implementará el método inductivo en los diferentes elementos y dispositivos utilizados para la repotenciación de patio de Construcción de redes de medio y bajo voltaje, ya que, sabiendo que se utiliza se buscará ampliar la información para que el lector en curso tenga conocimiento de toda la información relacionada con el objeto en cuestión. Este último es aplicable también a la elaboración de las diferentes prácticas de laboratorio relacionadas con el sistema de repotenciación

4.3.2. Método Científico

Es el procedimiento planteado que se sigue en la investigación para descubrir las formas de existencia de los procesos objetivos, en relación al enfoque cuantitativo, para generalizar y profundizar los conocimientos así adquiridos y llegar a demostrarlos con rigor racional y con ello comprobarlos en el experimento y con las técnicas de su aplicación. En el desarrollo de la propuesta, se aplicó el método científico mediante un conjunto de pasos ordenados que se emplean en la obtención de un nuevo conocimiento y así se determinan los parámetros eléctricos en un transformador tipo pedestal

4.4. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

4.4.1. Investigación Bibliográfica

La investigación se llevó a cabo mediante búsqueda bibliográfica en libros, revistas y artículos científicos, páginas webs y repositorios de universidades a nivel nacional e internacional, obteniendo así información de fuentes fiables que proporcionaron la teoría suficiente para sustentar el tema y los métodos de análisis empleados en la obtención de resultados.

4.4.2. Investigación Experimental

Se hizo referencia, que la investigación experimental consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada (Diagnostico de los parámetros eléctricos del transformador y la línea), en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o porque causa se produce una situación o acontecimiento en particular. Mediante este procedimiento se detalló cada uno de los equipos y materiales a utilizar, instrumentos de

medición y sus características, así se estimó cada una de las magnitudes evaluadas.

4.4.3. Investigación Descriptiva

Permitió describir las variables de forma separada, es decir la determinación de cada implemento usados en un transformador tipo pedestal con sus definiciones, características, normativas de selección y los parámetros eléctricos de igual forma.

4.4.4. Investigación Explicativa

Este nivel de investigación, va más allá de la descripción de conceptos y características establecidas de las variables; están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar las condiciones del voltaje, la corriente, la potencia, la frecuencia y la energía a causa de la medición de los parámetros dentro del transformador, es decir causa y efecto de las variables.

4.5. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

4.5.1. Observación Directa y Participativa

A través del uso de esta técnica se logró tener un contacto directo con la Universidad Técnica de Cotopaxi, dentro de la institución con los encargados de los equipos quienes colaboraron con la identificación de los laboratorios donde se necesita hacer una repotenciación, permitiendo la habilitación del transformador, al igual que la línea de alimentación de los postes de distribución, enfocados en el aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Eléctrica.

4.5.2. Instrumentos de Investigación

Los instrumentos de investigación utilizados en la propuesta tecnológica fueron:

- **Fotografías y grabaciones:** Se realizaron fotográficas y grabaciones de cada una de las guías implementadas en el Patio de Construcción de Redes, además de la parte estética del antes y después de comenzar la implementación, para con ello anexar en los resultados.
- **Diagramas de conexión:** Se realizó la investigación de cada uno de los equipos de medición implementados en la propuesta tecnológica para indagar en sus diagramas de conexión y como ponerlos en práctica en el Patio de Construcción de redes.

4.6. REPOTENCIACIÓN DEL PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES

Para la repotenciación del patio de construcción de redes de la universidad técnica de Cotopaxi, se utilizarán varios equipos con los que cuentan los laboratorios como el Megger Mit 520, el cual realiza la prueba de aislamiento del transformador, como también el PMM-1 y modulo de pruebas que nos ayuda con la prueba de vacío y cortocircuito, además el Megger TR-8703 que nos ayudara con la prueba de relación de transformación. El método para seleccionar y utilizar el patio de construcción de redes se muestra en la Figura 4.2.

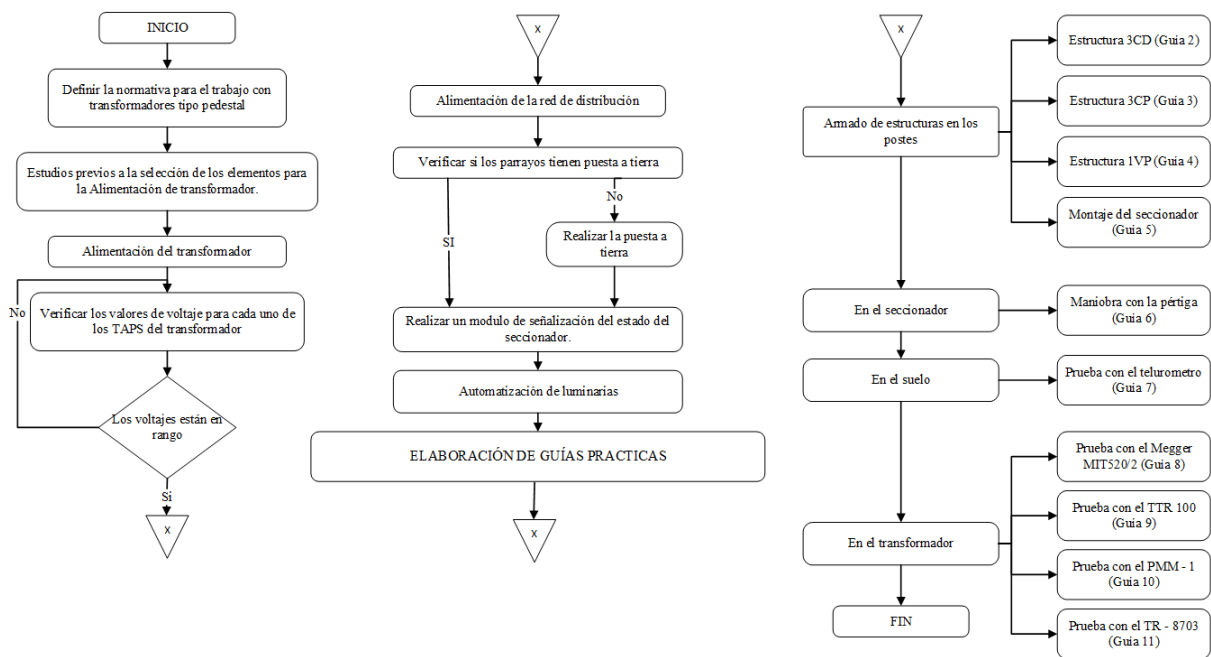


Figura 4. 2. Diagrama de flujo de pruebas en el patio de construcción de redes.

4.6.1. Etapa 1.-Normativa para el trabajo con transformador tipo pedestal.

Según la normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2684 (2013-10) Esta norma menciona las características eléctricas, de tamaño, mecánicas y algunas especificaciones de seguridad eléctrica que deben cumplir los transformadores de distribución trifásicos de tipo base. Es autoenfriante, sumergido en refrigerante líquido, con compartimentos y conectores flexibles de media tensión, aislado, y separable Con potencia menor o igual a 2000 kVA, la tensión en serie del devanado de media tensión es menor o igual a 34500 V, la tensión en serie del devanado de baja tensión es menor o igual a 480 V, y el voltaje en serie es superior a 15 kV. [45].

4.6.2. Etapa 2.- Selección de los elementos para la alimentación del transformador.

4.6.2.1. Estudios previos para selección de elementos adicionales en el sistema de repotenciación

Antes de poner en marcha el sistema de repotenciación del patio de construcción de redes es imprescindible realizar una serie de cálculos que evalúen la viabilidad, seguridad y confiabilidad de este, así, posteriormente los estudiantes de pregrado podrán realizar sus prácticas en el sistema de repotenciación de manera idónea, consolidando los conocimientos teóricos en el campo de Redes y Alto Voltaje.

4.6.2.2. Cálculo para la selección del interruptor de alimentación

Es sumamente importante el correcto dimensionamiento del interruptor que alimentará al transformador, ya que, al cerrar o interrumpir el flujo de corriente del circuito protege el equipo de daños que puedan generar los cortocircuito o sobrecargas, así, alargando la vida útil de este. En suma, protege a las personas que estén trabajando o realizando una inspección de rutina en el equipo, en este caso en particular, a los estudiantes de pregrado que estén realizando sus prácticas de laboratorio. Para determinar la capacidad de este, se debe primero conocer la corriente primaria del equipo a alimentar, en este caso, del transformador Pad Mounted. Para ello se realiza los siguientes cálculos.

- **Corriente del transformador Pad Mounted**

Para calcular la corriente de línea de un transformador se debe utilizar la fórmula adecuada para sistemas trifásicos, apreciar (3.17):

$$I = \frac{VA}{VOLTAJE * \sqrt{3}} \quad (3.17)$$

Los datos del transformador para resolver la corriente requerida se los detalla en la siguiente tabla.

Tabla 2. Valores del transformador

DATOS DEL TRANSFORMADOR PAU MOUNTED			
LADO	POTENCIA	TENSIÓN	BIL
PRIMARIO	2KV	220V	30KV
SECUNDARIO		480V	30KV

Así, con los datos recopilados y aplicando (3.17) se podrá determinar la corriente primaria (I_p) del transformador Pad Mounted.

$$I_p = \frac{2kv}{220v * \sqrt{3}} = 5.2486A$$

Ya con este resultado, se procede a calcular la capacidad que debe poseer el interruptor de alimentación, se debe tener en consideración el factor de seguridad de 1.25, así se obtendrá lo siguiente:

$$I_{Breiker} = I_p * 1.25 = 6.5625A$$

El resultado matemático denota que se requiere de un interruptor tripolar de 6.5625 A. Sin embargo, en el mercado dicho interruptor no existe, la capacidad más baja que se encuentra en interruptores tripolares es de 10 A, por lo tanto, se ha optado por usar este último.

Otro aspecto para considerar en este contexto es la intensidad secundaria del transformador. Ya que nos indicará y nos servirá de apoyo para saber qué tipo de carga podremos conectar a este. El cálculo es idéntico al anterior utilizando (3.17).

$$I_s = \frac{2kv}{480v * \sqrt{3}} = 2.4056A$$

4.6.3. Etapa 3.- Alimentación del transformador tipo pedestal

4.6.3.1. Materiales Para la alimentación del transformador.

Breaker Trifásico 10 Amperios

La función principal de los disyuntores (disyuntores) es proporcionar protección para equipos eléctricos y cableados. [42].



Figura 4. 3. Breaker trifásico 10 amp [42].

Barra de Bronce

Técnicamente hablando, el bronce es cualquier aleación a base de cobre, que es el componente principal. Hay bronce de estaño, bronce de latón y bronce de aluminio, así como silicio y hierro.



Figura 4. 4. Barra de Bronce de 17mm

Conector tipo Codo Adaptador con Punta de Prueba Para el Transformador Tipo Pedestal.

El conector tipo codo es un conector de operación de carga de 200Amp 15Kv, 25Kv y 35Kv. Proporcionar una interfaz entre el cable y el transformador para conectarlo y desconectarlo de la línea energizada utilizando las herramientas adecuadas. [35].

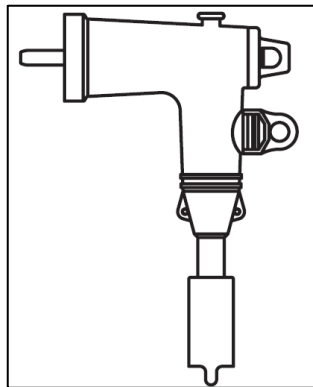


Figura 4. 5. Conector tipo Codo

Conductores

Los conductores deben ser escogidos de acuerdo con la capacidad indicada por el fabricante como lo indica la siguiente Tabla

Tabla 3. Conductores de cobre Tipo AWG.

CONDUCTORES DE COBRE TIPO AWG							
Tipo de aislante		TW		RHW, THW, THWN		THHN, XHHW-2	
AWG	Sección mm ²	60° C		75°C		90 °C	
4/0	107,513	195	A	230	A	260	A
3/0	84,9489	165	A	200	A	225	A
2/0	67,346	145	A	175	A	195	A
1/0	53,456	125	A	150	A	170	A
1	42,593	110	A	130	A	145	A
2	33,593	95	A	115	A	130	A
3	26,695	85	A	100	A	115	A
4	21,156	70	A	85	A	95	A
6	13,267	55	A	65	A	75	A
8	8,347	40	A	50	A	55	A
10	5,269	30	A	30	A	30	A
12	3,3	20	A	20	A	20	A
14	2,087	15	A	15	A	15	A

4.6.3.2. Alimentación del transformador.

Puntas de Prueba y conector machinado

Para las conexiones del lado primario del transformador, se realizó las puntas empleando una barra de bronce de diámetro de 17 mm, modelándola mediante un torno con la finalidad de recrear tanto la punta de prueba como el conector machinado, usados en la alimentación de transformadores de tipo pedestal de media tensión y alta tensión. En la Figura 4.6, se aprecia las puntas de conexión.



Figura 4. 6. Puntas de conexión.

Conector tipo codo para transformadores tipo pedestal

Los conectores tipo codo empleados para la alimentación de transformadores tipo pedestal de media y alta tensión, aíslan las partes energizadas como los conductores de alimentación los cuales se encuentran conectados mediante el conector machinado y la punta de prueba a los conectores de operación de carga (Inserto). Estos conectores de tipo codo fueron empleados en la alimentación del transformador ubicado en el Patio de Construcción de Redes de la UTC ya que brindan una alta seguridad al momento de realizar maniobras y mediciones dentro del transformador. En la Figura 4.7, se aprecia el conector tipo codo.



Figura 4. 7. Conector tipo codo.

Para la alimentación del lado primario del transformador tipo pedestal se empleó conductor de tipo TW número 2, el cual fue conectado al tablero principal que se encuentra ubicado en el interior del Laboratorio de Alto voltaje, mediante un breaker trifásico de 10 amperios, el nivel de voltaje con el que se alimentó el transformador fue de 220 V entre fases siguiendo las indicaciones de la placa de características del transformador, se llevó los conductores al interior del transformador empleando los ductos ya presentes en el lugar de ubicación. En la Figura 4.8, se aprecia la alimentación del devanado primario del transformador



Figura 4. 8. Alimentación del lado primario del Transformador.

4.6.4. Etapa 4.- Valores de voltaje de cada uno de los Taps del transformador.

se realizó la toma de medidas de los voltajes obtenidos en el lado secundario del transformador, considerando cada uno de los TAPS con los que cuenta el transformador, para ello se lo realizo con el Fluker 323 que soporta hasta los 400A. este quipo fue colocado en los terminales del secundario obteniendo valores entre fase- neutro y fase-fase, según la ubicación del Tap.

La medición de valor realmente efectiva y la ergonomía simplificada hacen que la pinza amperimétrica de la serie 320 sea la mejor herramienta general de resolución de problemas para electricistas comerciales y residenciales. Fluke 323 es especialmente adecuado para medir corrientes de hasta 400 A en espacios reducidos [34].



Figura 4. 9. Pinza amperimétrica de verdadero valor eficaz Fluke 323.

4.6.5. Etapa 5.- Alimentación de la red de Distribución.

4.6.5.1. Materiales Para la alimentación de la red de distribución.

Cable de Acometida de Aluminio AA (8000) para 600 V

Los cables de entrada multipolares tipo SE y tipo R están trenzados y están hechos de aleación de aluminio AA-8000 templado suave; los cables de fase están aislados por una capa uniforme de polietileno reticulado resistente a la humedad y a altas temperaturas (XLPE), que es neutra al desnudo. Se trenzan los alambres entre sí y se aplica el vidrio con una cinta de poliéster en espiral con una carga de fibra, y finalmente se instala la funda. Cable de bajada de aluminio de 600 V AA (8000), tipo SE, tipo R. Los conductores de fase se clasifican individualmente como XHHW-2. Revestimiento exterior de cloruro de polivinilo (PVC) resistente a la luz solar. Cloruro de polivinilo gris resistente a la luz (PVC)[36].



Figura 4. 10. Cable de Acometida de Aluminio [36].

Tubería Conduit

Están fabricados en acero galvanizado o aluminio y pueden utilizarse para instalaciones ocultas o visibles en cualquier tipo de entorno y cualquier condición climática. [41].



Figura 4. 11. Tubería Conduit [41].

4.6.5.2. Conexión del Lado Secundario del Transformador a la Línea de Distribución del Poste

Para la conexión del lado secundario del transformador a la línea de distribución del poste se empleó conductor preensamblado, el cual contiene en su interior dos conductores de aluminio aislados de calibre 8 y un conductor de aluminio de calibre número 10 el cual fue empleado como neutro del sistema, el conductor preensamblado fue dirigido del interior del transformador al poste empleando los ductos ya existentes y fue extraído en una caja de revisión de dimensiones 30 x 30 cm como se muestra en el Anexo “A” luego fue dirigido a la parte superior del poste con una tubería Conduit de 2 pulgadas de diámetro, para su posterior conexión en los terminales de los seccionadores. En la Figura 4.12, se aprecia la alimentación del devanado secundario del transformador



Figura 4. 12. Conexión del lado secundario del transformador.

4.6.5.3. Alimentación de la red de distribución

Para la alimentación de las líneas de distribución ubicadas en el poste del Patio de Construcción de redes se usó conductor preensamblado el cual fue conectado a dos líneas de distribución en los terminales de los seccionadores, el valor de voltaje inyectado en las líneas es de aproximadamente 450 V entre fases y de aproximadamente 250 V entre línea y neutro. En la Figura 4.13, se evidencia la alimentación de la red de distribución.



Figura 4. 13. Alimentación de la línea de distribución, desde el transformador Pau Mounted.

4.6.6. Etapa 6.- Puesta a tierra

4.6.6.1. Materiales a utilizar para la puesta a tierra.

Conductor de Cobre Desnudo

Los conductores de cobre desnudo pueden ser sólidos o trenzados y pueden proporcionar un templado duro, medio o blando. Los conductores trenzados están trenzados concéntricamente. Los conductores de cobre desnudo trenzados sólidos de tipo AA y A se utilizan para líneas de transmisión y distribución de energía; los conductores trenzados más suaves (tipo B y C) se utilizan para sistemas de puesta a tierra de equipos eléctricos y subestaciones., etc.[37].



Figura 4. 14. Cable desnudo de Electrocables [37].

Barra Conductora Puesta a Tierra, Cobre.

Varilla de tierra conductora, utilizada para la conexión a tierra en la entrada, tipo TMGB, material de cobre, número de terminales [37].

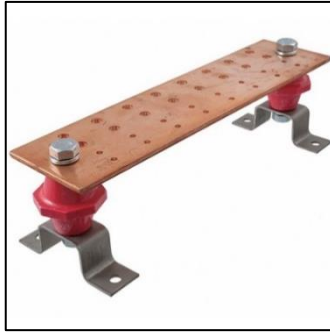


Figura 4. 15. Barra de cobre para conexión de terminales talón.

Varilla Acero Cobrizado 5/8''

Fabricado según las normas ICONTEC 2206 y ANSI UL 467. Está fabricado en cobre refinado de alta conductividad para asegurar la perfecta conducción de descarga natural o inducida al suelo. Diámetro nominal 5/8 pulg. (14,3 mm) Diámetro nominal 3/4 pulg. (17,3 mm) [39].

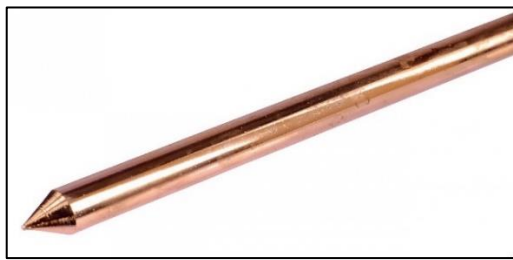


Figura 4. 16. varilla para puesta a tierra de un poste [39].

Conectores Mecánicos en Cobre

Los conectores que existen para los diferentes tipos de varillas cobrizados son los siguientes:[40]

- LG2 CV5802 5/8'' a Cable 2 AWG
- LG2 CV581/0 5/8'' a Cable 1/0 AWG
- LG2 CV582/0 5/8'' a Cable 2/0 AWG
- LG2 CV342/0 3/4'' a Cable 2/0 AWG



Figura 4. 17. Conector tipo ojo [40]

Terminales de Conexión Tipo Talón

Son componentes eléctricos industriales que se utilizan como conectores accesorios para conectar disyuntores o placas y cables de cobre. [26].



Figura 4. 18. Terminales eléctricos tipo talón [26].

4.6.6.2. Puesta a Tierra del Transformador y Seccionadores

Puesta a tierra del transformador tipo pedestal

En la puesta a tierra del transformador se usó una barra de cobre la cual tiene un ancho de 7 cm y esta diseñada para soportar una corriente de 160 amperios, esta se la ubico en la pared del lado derecho del transformador y se realizó la conexión a la malla de tierra con la que cuenta el laboratorio de alto voltaje y por otra parte se conectó a la barra de tierra con la que cuenta el transformador, mediante un conductor de cobre desnudo de calibre número 6 para ambos casos. En la Figura 4.19, se aprecia la puesta a tierra del transformador.



Figura 4. 19. Barra de puesta a tierra para el transformador de pedestal

Puesta a tierra de los seccionadores

Para la puesta a tierra realizada en el poste para los seccionadores primero se tomaron los valores de resistividad del suelo, siendo el resultado un valor aproximado a los 7 ohmios, se

realizó la ubicación de una varilla de cobre Cooper Wallace a una profundidad de 180 cm según la norma luego se realizó la conexión del conductor de cobre desnudo de calibre 12 para llevarlo por el interior de una tubería Conduit de $\frac{3}{4}$ (19 mm de diámetro) a la parte superior del poste donde se conectó en los terminales de puesta a tierra de los seccionadores.

4.6.7. Etapa 7.- Modulo de Señalización del estado del seccionador.

4.6.7.1. Materiales a utilizar.

Caja de Distribución Eléctrica

La caja de distribución es uno de los componentes principales del dispositivo, está dividida en cada circuito diferente por el fusible, la protección térmica magnética y el dispositivo de protección diferencial. [43].



Figura 4. 20. Caja de distribución eléctrica [43].

Contactador LS Electric

El contactor es un dispositivo eléctrico con control remoto, que puede cerrar o abrir el circuito cuando no hay carga o carga. Su principal aplicación es realizar las operaciones de apertura y cierre de circuitos relacionados con dispositivos de motor. [44].



Figura 4. 21. Contactor LS Electric [44].

4.6.7.2. Señalización del Seccionamiento de la Línea de Transmisión

Para la señalización del funcionamiento del seccionador se realiza el circuito presente en el Anexo “E” en el software CADe_SIMU, el cual emplea un contactor, apreciar Figura 4.22, y luces pilotos, visualizar Figura 4.23, las cuales mostraran el estado del seccionador de la línea de transmisión, siendo de color rojo si el seccionador se encuentra abierto lo que provoca que la línea de distribución este sin energía y de color verde cuando el seccionador se encuentre cerrado dando energía a la línea de distribución, las maniobras de apertura y cierre del seccionador serán realizadas con la ayuda de la pértiga. Este circuito incrementará el nivel de seguridad del sistema de repotenciación.



Figura 4. 22. Conexión del contactor para el control de la señalización.



Figura 4. 23. Señalización del funcionamiento de seccionador

4.6.8. Etapa 8.- Automatización de Iluminarias

4.6.8.1. Materiales a utilizar

KG316T Microcomputer Timer Switch

Este producto puede encender y apagar automáticamente todo tipo de equipos eléctricos según el tiempo establecido. Es ampliamente utilizado en todos los equipos eléctricos y electrodomésticos que necesitan ser controlados. Tales como farolas, luces de neón, luces de vallas publicitarias, equipos de producción, equipos de radio y televisión, etc.[38].



Figura 4. 24. Microcomputer Timer Switch KG316T [22].

4.6.8.2. Automatización de las Luminarias del Patio de Construcción de Redes

En la iluminación del Patio de Construcción de Redes se emplearon luminarias tipo ojo de Buey para 220 V, además de 2 reflectores de 50 W, conectados en paralelo entre sí, para su accionamiento se usó un temporizador de serie KG316T el cual nos permite realizar diferentes programaciones tanto para el encendido como para el apagado a horas determinadas por el programa. En la Figura 4.25, se aprecia el temporizador utilizado para la automatización.



Figura 4. 25. Temporizador de serie KG316T para el control de luminarias.

La automatización de las luminarias se la realiza programando el temporizador, no obstante, en la Figura 4.26 se aprecia la automatización de las luminarias en el programa CADe_SIMU para que sea más sencilla la visualización de lo realizado dentro del temporizador.

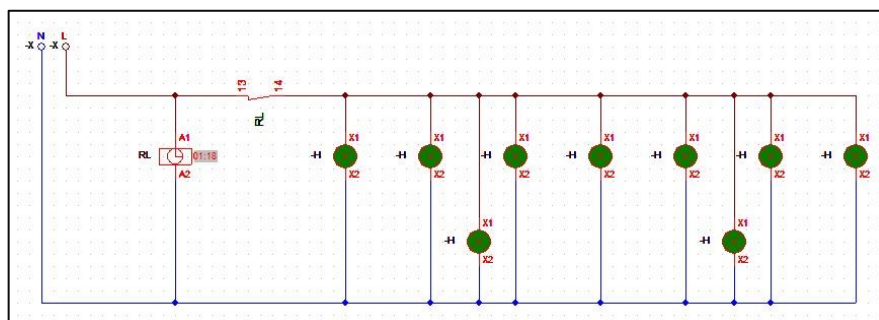


Figura 4. 26. Esquema de conexión de luminarias.

Esta automatización se ha realizado con la finalidad de incrementar el confort de los estudiantes de pregrado. En la Figura 4.27, se aprecia el Patio de Construcción de Redes, con las luminarias activadas.



Figura 4. 27. Luminarias Activas.

Se ha tomado en consideración los aspectos fundamentales para una iluminación exterior, estos son [46]:

- **Responsabilidad Medio ambiental:** Para mejorar este aspecto se ha optado por automatizar las luminarias y no gastar recursos en vano, es decir, evitar que las luminarias estén encendidas en el día, así, se podrá tener sustentabilidad energética y además seremos amigables con el medio ambiente.
- **Confort y agrado de una instalación de iluminación:** En este apartado se ha tomado en consideración el brillo, el color de las fuentes de luz, deslumbramiento e impacto visual.
- **Conocimiento y buen uso de las tecnologías:** Para cumplir con este aspecto, se ha realizado la elección idónea de la fuente de iluminación, analizando la placa de características que se ajuste a nuestras necesidades.

Nivel de iluminación: En este contexto se ha optado por utilizar el programa Dialux, para corroborar si la lámpara elegida cumple con los perfiles de iluminación óptimos para los estudiantes de pregrado.

4.6.9. Etapa 9.- Instrumentos de medición para las prácticas en el Patio de Construcción de Redes

Megger MIT520/2 (5kv insulation tester)

El Megger está diseñado específicamente para ayudarnos con las pruebas de aislamiento y el mantenimiento de equipos eléctricos de alto y medio voltaje, como transformadores, esto se lleva a cabo inyectando un voltaje que va desde los 250v-2000v en el lado primario del transformador con un tiempo determinado por el usuario y si la prueba da valor entre los Giga Ohm, el equipo eléctrico está en estado correcto de funcionamiento.



Figura 4. 28. Megger en funcionamiento conectado al transformador Pau Mounted.

TTR 100

TTR100-1 es nuestro instrumento de mano más completo, resistente, liviano y que funciona con baterías. Proporciona funciones adicionales como verificación de la resistencia del devanado, medición de polaridad, corriente de excitación y ángulo de fase. El TTR100-1 tiene una relación de vueltas de 20.000: 1, proporciona una excelente precisión de relación de vueltas de $\pm 0,2\%$ y está equipado con suficiente memoria integrada para almacenar hasta 200 resultados de prueba y 100 configuraciones de prueba de transformador definidas por el usuario. Acorde a las normas CEE 2004/108/EC y LVD 2006/95/EC [31].



Figura 4. 29. TTR-100 en funcionamiento

Telurómetro

Un termómetro es un dispositivo profesional que utiliza el método Wenner para medir parámetros de voltaje y resistencia en un sistema de puesta a tierra.

El método consiste en medir la resistividad del suelo, para lo cual se insertan 4 electrodos en el suelo. Los cuatro electrodos se colocan en línea recta ya la misma profundidad de penetración, la medida de resistividad dependerá de la distancia entre los electrodos y la resistividad del suelo.



Figura 4. 30. Telurómetro en funcionamiento en el patio de Construcción de redes.

PMM1

El multímetro (PMM-1) versión 2.12 representa una nueva generación de instrumentos multifunción para la medición de tensión de CA o CC, corriente CA primaria y secundaria,

potencia, potencia reactiva, El factor de potencia, el ángulo de fase y la frecuencia de un sistema de energía monofásico o trifásico. En modo monofásico, el PMM-1 se puede configurar fácilmente para medir la amplitud y el ángulo de fase entre dos entradas de voltaje y corriente. A continuación, las cantidades resultantes de la medición se muestran en una pantalla gráfica con un tamaño de fuente grande que facilita la lectura. En el modo trifásico, las cantidades resultantes de la medición se muestran simultáneamente en una pantalla gráfica amplia y fácil de leer [32].



Figura 4. 31. PMM-1 en funcionamiento conectado al transformador Pau Mounted.

Megger TR-8703

TR-8703 es un medidor de relación de espiras de transformador digital portátil, especialmente desarrollado para la medición in situ de transformadores de tensión, potencia y corriente. Cuando se conecta a un transformador sin alimentación, el dispositivo puede medir con precisión la relación de espiras y mostrar la polaridad y la corriente de excitación al mismo tiempo.

TR-8703 utiliza un método de prueba que cumple con IEEE C57.12-90TM-2006. No se requiere calibración o selección de rango. En cada medición, el dispositivo calibrará y verificará automáticamente si hay espiras / conexiones / disyuntores abiertos, cortocircuitos (corriente de excitación excesiva), conexiones deficientes de los cables de prueba y polaridad inversa. Medición rápida y precisa [33].



Figura 4. 32. TR-8703 medidor de relación de espiras de transformador

4.6.10. Etapa 10.- Desarrollo de guías para la realización de pruebas en el Patio de Construcción de Redes

Las prácticas de laboratorio se han ido realizando con el continuo progreso de la implementación del sistema de repotenciación, por lo tanto, la confiabilidad de estas es sumamente alta, ya que, se ha corroborado todas las mediciones y pruebas.

Las prácticas que se realizaron para los estudiantes de pregrado son las siguientes:

1. Protocolo de seguridad
2. Montaje de estructuras aéreas de soporte 3CD.
3. Montaje de estructuras aéreas de soporte 3CP
4. Montaje de estructuras aéreas de soporte 1VP
5. Montaje de seccionadores.
6. Uso de la pértiga para apertura y cierre del seccionador.
7. Medición de la resistividad del terreno en el Patio de Construcción de Redes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.
8. Medición de la resistencia del aislamiento en transformadores trifásicos de distribución.
9. Medición de la resistencia de los devanados, medición de la relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular en transformadores.
10. Prácticas de corto circuito utilizando el PMM – 1 y el módulo de pruebas para un transformador trifásico de distribución.
11. Practica de medidor de relación de transformación con el TR – 8703 para un transformador trifásico tipo pedestal 2 KVA.

Cada una de estas prácticas responde a un formato en general, apreciar la Tabla 6. En esta se detalla todas las partes necesarias para que una guía práctica de laboratorio sea idónea, de esta manera el estudiante de pregrado tendrá mucha facilidad para receptor y almacenar la información otorgada en cada praxis.

Tabla 4 Formato de las guías prácticas

GUÍA PRÁCTICA					
FACULTAD:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	CARRERA:	INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD		
ASIGNATURA:	REDES Y MEDIO VOLTAJE	PERÍODO ACADÉMICO:	2021-2022	NIVEL	
DOCENTE:		FECHA:	<u>dd/mm</u> /aa	PRÁCTICA N°:	
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:		PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES			
TEMA DE LA PRÁCTICA:					
INTRODUCCIÓN:					
Normativas					
OBJETIVOS:					
GENERAL					
ESPECÍFICOS					
LISTADO DE RECURSOS:					
ADVERTENCIAS					
INSTRUCCIONES:					
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:					
PROCEDIMIENTO					
RESULTADOS OBTENIDOS:					
CONCLUSIONES:					
RECOMENDACIONES:					
BIBLIOGRAFÍA					

Una vez detallada la guía práctica que empleará el estudiante de pregrado para realizar las prácticas de laboratorio, se detalla la metodología a utilizar en cada una de estas.

- En primer lugar, el imprescindible conocer y emplear las cinco reglas de oro de una electricidad, éstas son: Cortar de forma efectiva todas las fuentes de tensión y neutro, bloquear en posición de apertura los aparatos de corte, verificar la ausencia de tensión, poner a tierra y en cortocircuito y delimitar y señalar la zona de trabajo.
- Si se desea realizar prácticas de medición se procede a accionar el transformador (tipo Pad Mounted o pedestal de una potencia de 2 kVA, con relación de voltaje de 220/480 V). Posteriormente, se realiza la toma de datos con los diferentes equipos de medición que posee la Universidad Técnica de Cotopaxi, estos datos serán almacenados para su posterior análisis.
- Si se desea realizar prácticas que requieren la ausencia de tensión, se deberá aperturar el seccionador que alimenta al transformador, una vez abierto el seccionador se visualizará en un tablero de control la ausencia de tensión que dará mayor confiabilidad para que el estudiante puede realizar las prácticas de manera segura.
-

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Para el desarrollo del proyecto se han realizado numerosas actividades referentes a la aplicación de conocimientos eléctricos con el fin de repotenciar el patio de construcción de redes y crear guías prácticas que serán útiles para el aprendizaje de los estudiantes analizando parámetros eléctricos de distribución. Además, se ha tomado en consideración la seguridad de los estudiantes en la ejecución de cada práctica, para ello, se ha diseñado un circuito de señalización de funcionamiento del seccionador, así, se cerciorará que el transformador está desenergizado para realizar las cualquier práctica, en suma, se ha realizado la automatización de las luminarias del Patio de Construcción de redes para optimizar el gasto de energía del mismo, además, del confort ofrecido a los estudiantes, también se ha realizado el aterrizaje del transformador y del poste donde se encuentra el seccionador para evitar el daño de los mismo ante cualquier eventualidad.

5.1. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DEL SISTEMA DE REPOTENCIACIÓN

5.1.1. Valores de Tensiones en el Transformador

Una vez alimentado el transformador Pad Mounted desde el tablero principal ubicado en el laboratorio de Alto Voltaje, se realizó la toma de medidas de los voltajes obtenidos en el lado secundario del transformador, considerando cada uno de los TAPS con los que cuenta el transformador. En la Tabla 6, se aprecia los resultados.

Tabla 5. Valores de voltaje.

Configuración	Terminales de conexión	Valor de Voltaje en Voltios (V) en vacío
TAP 1		
Línea – Neutro	$H_0 - H_1$	263,2
Línea – Neutro	$H_0 - H_2$	260,3
Línea – Neutro	$H_0 - H_3$	263,3
Línea – Línea	$H_1 - H_2$	453,1
Línea – Línea	$H_1 - H_3$	458,3
Línea – Línea	$H_2 - H_3$	453,5
TAP 2		
Línea – Neutro	$H_0 - H_1$	272,5
Línea – Neutro	$H_0 - H_2$	269,5
Línea – Neutro	$H_0 - H_3$	272,9
Línea – Línea	$H_1 - H_2$	468,3
Línea – Línea	$H_1 - H_3$	474,3
Línea – Línea	$H_2 - H_3$	470,0
TAP 3		
Línea – Neutro	$H_0 - H_1$	279,7
Línea – Neutro	$H_0 - H_2$	277,2
Línea – Neutro	$H_0 - H_3$	280,3
Línea – Línea	$H_1 - H_2$	482,7
Línea – Línea	$H_1 - H_3$	487,0
Línea – Línea	$H_2 - H_3$	482,2
TAP 4		
Línea – Neutro	$H_0 - H_1$	287,4
Línea – Neutro	$H_0 - H_2$	284,2
Línea – Neutro	$H_0 - H_3$	280,0
Línea – Línea	$H_1 - H_2$	495,3
Línea – Línea	$H_1 - H_3$	500,3
Línea – Línea	$H_2 - H_3$	494,4

5.1.2. Aislamiento del Transformador

En la prueba de aislamiento que se realizó en el transformador Pad Mounted se consideran dos variables que en este caso son el tiempo y el nivel de voltaje que se inyecta con el Megger MIT520/2. Los intervalos de tiempos usados en las pruebas de aislamiento fueron de 30 segundos y 60 segundos. En la Tabla 7, se evidencian los resultados obtenidos en la prueba de aislamiento cortocircuitando los bornes del lado primario del transformador y tomando como referencia cada uno de los bornes del lado secundario y también uno de los fusibles tipo bayoneta del transformador, para los valores de voltaje de 250 V, 500 V y 1000 V.

Tabla 6. Resultados de la Prueba de Aislamiento

Voltaje	Tiempo	30 segundos	60 segundos
Nivel de aislamiento con respecto a H1			
250 V		36,2 GΩ	87,8 GΩ
500 V		37,5 GΩ	62,4 GΩ
1000 V		33 GΩ	49,6 GΩ
Nivel de aislamiento con respecto a H2			
250 V		58,7 GΩ	108 GΩ
500 V		40,5 GΩ	67,7 GΩ
1000 V		34,9 GΩ	51,1 GΩ
Nivel de aislamiento con respecto a H3			
250 V		63,2 GΩ	155 GΩ
500 V		39,8 GΩ	63 GΩ
1000 V		34,1 GΩ	49,7 GΩ
Nivel de aislamiento con respecto al Fusible tipo Bayoneta			
250 V		68,5 GΩ	194 GΩ
500 V		144 GΩ	182 GΩ
1000 V		142 GΩ	165 GΩ

a) Representación gráfica de las pruebas de aislamiento del transformador respecto a H1.

En la Figura 5.33, se puede observar los resultados de las pruebas inyectando 250 V, 500 V y 1000 V a los devanados primarios que se encuentran cortocircuitados, para que refleje los valores en el rango de los Giga Ohm tanto para 30s como 60s tomando como referencia en el lado secundario el borne de conexión H1, dando a entender que está apto para entrar en funcionamiento.

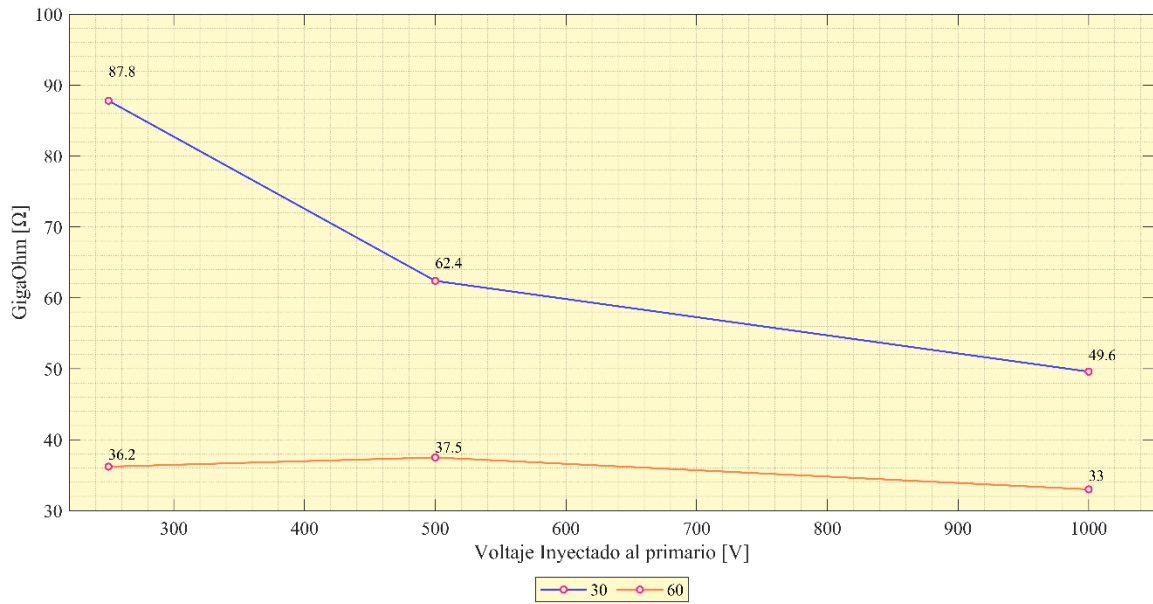


Figura 5. 33. Prueba de Aislamiento respecto a H1.

b) Representación gráfica de las pruebas de aislamiento del transformador respecto a H2.

En la Figura 5.34, se puede observar los resultados de las pruebas inyectando 250 V, 500 V y 1000 V a los devanados primarios que se encuentran cortocircuitados, para que refleje los valores en el rango de los Giga Ohm tanto para 30s como 60s tomando como referencia en el lado secundario el borne de conexión H2, permitiendo concluir que el nivel de aislamiento es el correcto y el transformador se encuentra en estado óptimo para entrar en funcionamiento.

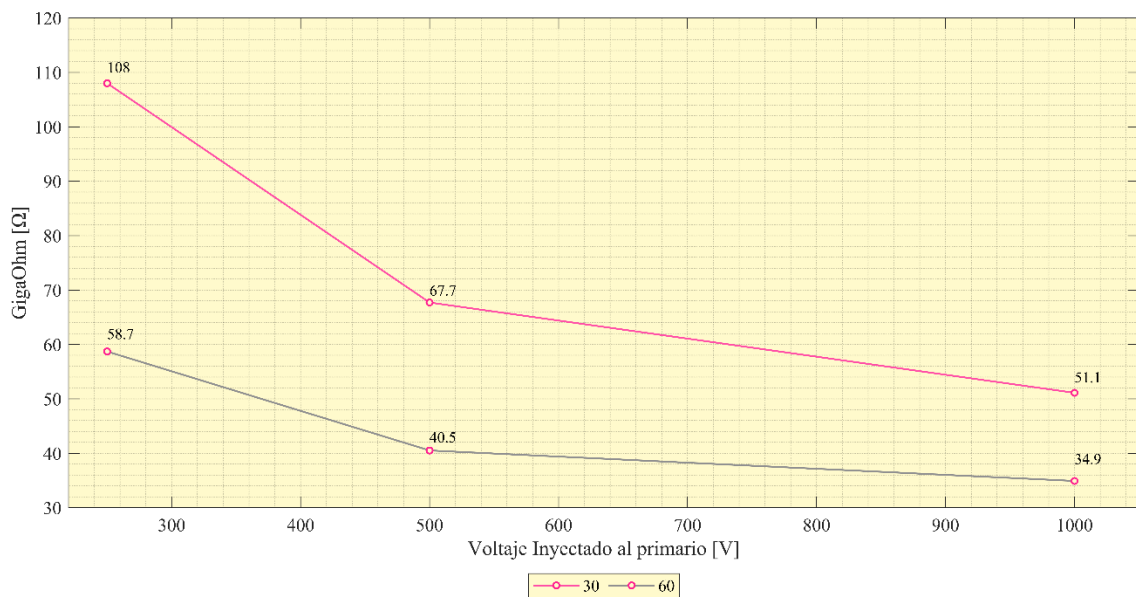


Figura 5. 34. Prueba de Aislamiento respecto a H2.

c) Representación gráfica de las pruebas de aislamiento del transformador respecto a H3.

En la Figura 5.35, se puede observar los resultados de las pruebas inyectando 250 V, 500 V y 1000 V a los devanados primarios que se encuentran cortocircuitados, para que refleje los valores en el rango de los Giga Ohm tanto para 30s como 60s tomando como referencia en el lado secundario el borne de conexión H3, permitiendo concluir que el nivel de aislamiento es el correcto y el transformador se encuentra en estado óptimo para entrar en funcionamiento.

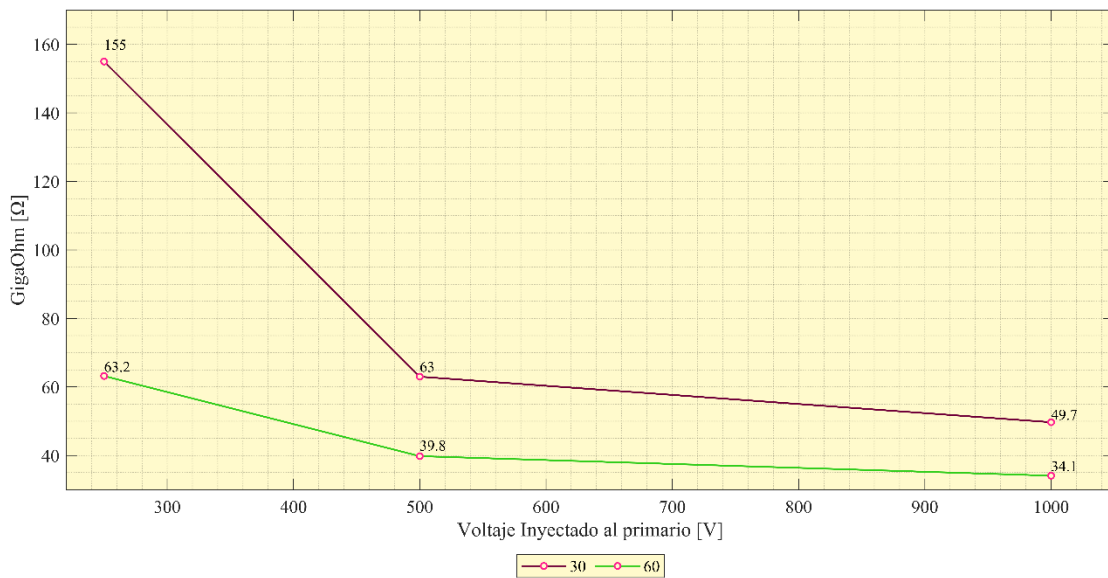


Figura 5. 35.. Prueba de Aislamiento respecto a H3.

d) Representación gráfica de las pruebas de aislamiento del transformador con respecto al Fusible tipo Bayoneta.

En la Figura 5.36, se puede observar los resultados de las pruebas inyectando 250 V, 500 V y 1000 V a los devanados primarios que se encuentran cortocircuitados, para que refleje los valores en el rango de los Giga Ohm tanto para 30s como 60s tomando como referencia el Fusible tipo Bayoneta, permitiendo concluir que el nivel de aislamiento es el correcto y el transformador se encuentra en estado óptimo para entrar en funcionamiento.

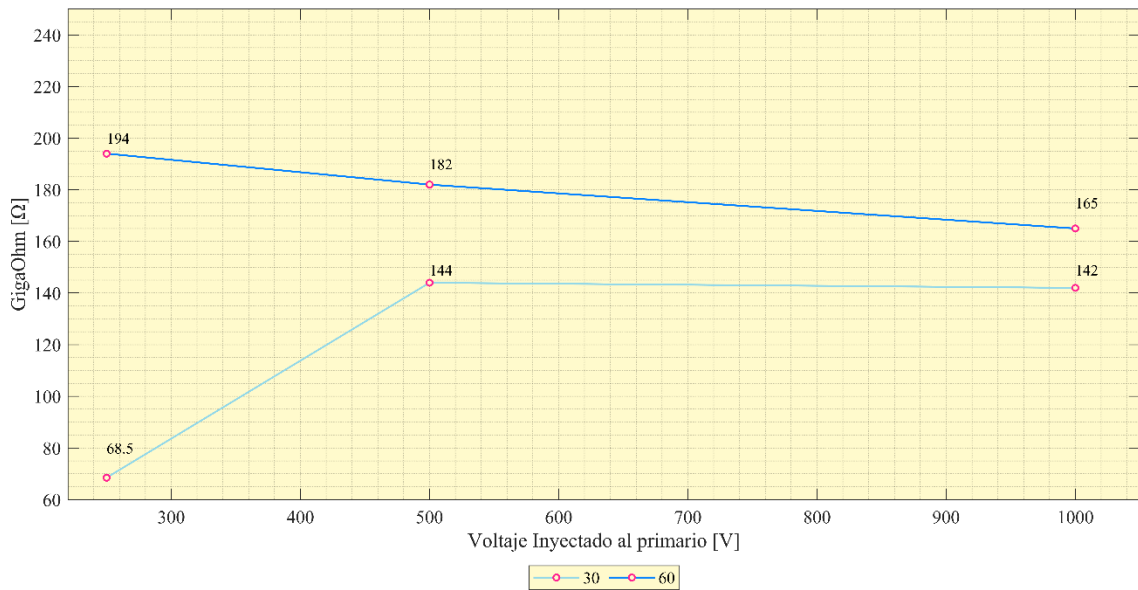


Figura 5. 36. Prueba de Aislamiento respecto a los fusibles.

5.1.2.1. Cálculos basados en el Megger MIT520/2

En este mismo contexto, con la utilización del Megger es posible calcular la relación de Absorción del Dieléctrico (RAD) y el índice de polarización (IP), se detallan cada uno de estos resultados a continuación:

a) Relación de absorción del dieléctrico

Se utiliza para aislamientos de poca absorción. Se realizan mediciones de 30 y 60 segundos obtenidos en la tabla 9.

$$RAD = \frac{R_{60sc}}{R_{30sec}} \quad (3.18)$$

b) Índice de polarización

Este índice otorgará la información sobre la aislación eléctrica del bobinado del transformador respecto a tierra, con este resultado será posible determinar el estado del equipo y verificar si cumple con la normativa. Si la resistencia de aislamiento en 1 minuto es menor a 5000MΩ, se recomienda realizar esta prueba, de lo contrario se recomienda realizar una prueba de relación de absorción dieléctrica. Se hacen mediciones de 1 a 10 minutos.

Se realiza los cálculos para la Relación de Absorción del Dieléctrico (RAD) en el transcurso

de 60 y 30 segundos para cada uno de los terminales H1, H2, H3 y fusible tipo Bayoneta. A continuación, se muestra los resultados correspondientes:

$$IP = \frac{R_{10min}}{R_{1min}} \quad (3.19)$$

1. Relación de Absorción del Dieléctrico (RAD) para H1 para un voltaje de entrada de 250v.

$$RAD = \frac{R_{60sc}}{R_{30sec}} = \frac{87,8}{36,2} = 2,425$$

2. Relación de Absorción del Dieléctrico (RAD) para H2 para un voltaje de entrada de 250v.

$$RAD = \frac{R_{60sc}}{R_{30sec}} = \frac{108}{58,7} = 1,839$$

3. Relación de Absorción del Dieléctrico (RAD) para H3 para un voltaje de entrada de 250v.

$$RAD = \frac{R_{60sc}}{R_{30sec}} = \frac{155}{63,2} = 2,452$$

4. Relación de Absorción del Dieléctrico (RAD) para fusible tipo Bayoneta para un voltaje de entrada de 250v.

$$RAD = \frac{R_{60sc}}{R_{30sec}} = \frac{194}{68,5} = 2,832$$

Con los resultados obtenido del RAD y del IP es posible determinar en qué condiciones de aislamiento se encuentra el transformador. Estos resultados se resumen en la Tabla 8. Se evidencia que la Absorción del Dieléctrico en todos los casos para los terminales H1, H2, H3 y el fusible tipo Bayoneta las condiciones de aislamiento son excelentes para el transformador Trifásico tipo Pedestal de 2KVA.

Tabla 7. Interpretación de Resultados de la Resistencia

Condición de aislamiento	Absorción del Dieléctrico	Ind. De Polaridad
Pobre	Menos de 1	Menos de 1
Cuestionable	1,0 – 1,25	1,0 – 2
Bueno	1,4 – 1.6	2 – 4
Excelente	Más de 1,6	Más de 4

DIAGRAMAS DE CONEXIÓN

- Diagrama de conexión, Bajo voltaje – Tierra trifásico

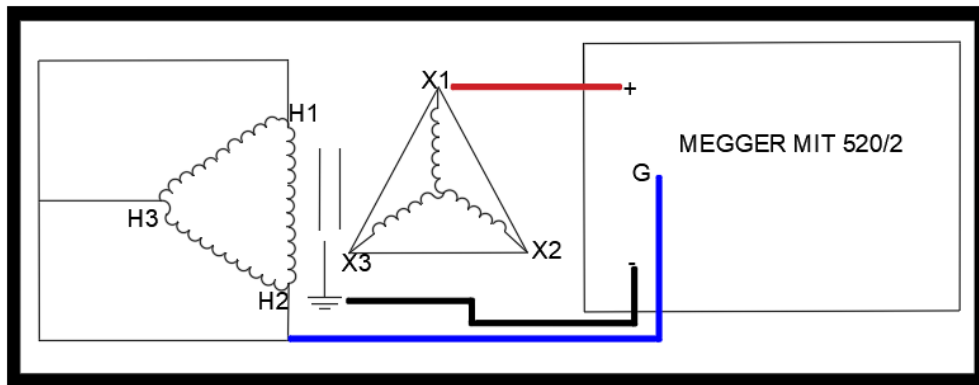


Figura 5. 37. Diagrama de Conexión Bajo voltaje-tierra.

- Diagrama de conexión. Medio voltaje – Tierra trifásico

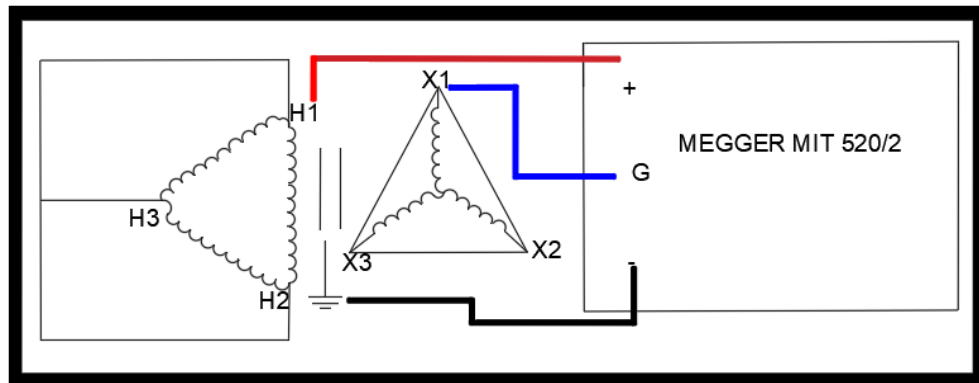


Figura 5. 38. Diagrama de Conexión Medio voltaje-tierra.

- Diagrama de conexión, Medio – Bajo voltaje trifásico

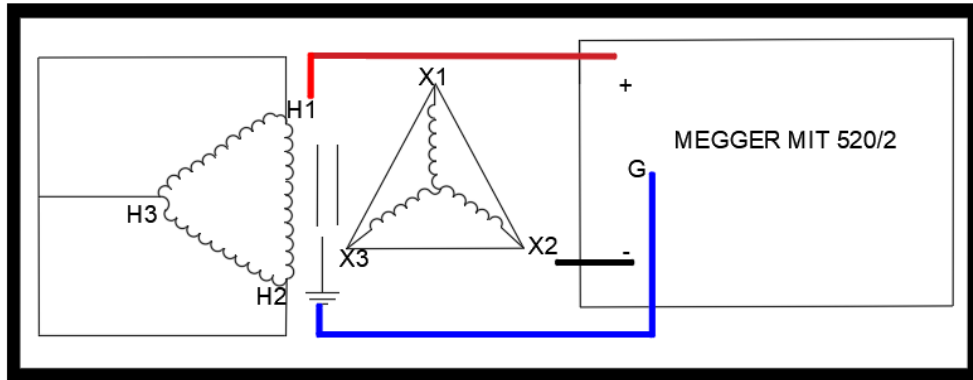


Figura 5. 39. Diagrama de Conexión Medio-Bajo voltaje.

5.1.3. Ensayos en Vacío y Cortocircuito del Transformador

Cada uno de estos ensayos ha sido realizado con el PMM-1 y el módulo de pruebas de la Universidad Técnica de Cotopaxi y mediante cálculos matemáticos teniendo como referencia los datos de placa del transformador.

Los cálculos necesarios para evaluar cada uno de estos ensayos son: Corriente nominal en el primario y secundario, pérdidas en el cobre, pérdidas en el secundario, pérdida total de cortocircuito, resistencia en vacío y las pérdidas en vacío, cada uno de estos cálculos se detallan a continuación:

1. Corriente nominal en el primario

$$I_p = \frac{VA}{V_p * \sqrt{3}}$$

I_p = Corriente nominal en el primario (A).

VA = Potencia aparente (VA).

V_p = Voltaje del primario (V).

$$I_p = \frac{VA}{VOLTAJE * \sqrt{3}}$$

$$I_p = \frac{2kv}{220v * \sqrt{3}} = 5.2486A$$

2. Corriente nominal en el secundario

$$I_s = \frac{VA}{V_s * \sqrt{3}}$$

I_s = Corriente nominal en el secundario (A).

VA = Potencia aparente (VA).

Vs = Voltaje del secundario (V).

$$I_s = \frac{VA}{VOLTAJE * \sqrt{3}}$$
$$I_s = \frac{2kv}{480v * \sqrt{3}} = 2.4056A$$

3. Perdidas en el cobre

$$P_{cmT} = I_p^2 * RH$$

P_{cmT} = Perdidas en el cobre en medio voltaje (W).

RH = Resistencia del primario (Ω).

$$P_{cmT} = (5.2486A)^2 * 2,84\Omega = 78.2358W$$

4. Perdidas en el secundario

$$P_{cbT} = I_s^2 * Rx$$

P_{cbT} = Perdidas en el cobre en bajo voltaje (W).

Rx = Resistencia del secundario (Ω).

$$P_{cbT} = (2.4056A)^2 * 0,967\Omega = 5.555W$$

5. Pérdida total de cortocircuito

$$P_{tc} = P_{cmT} + P_{cbT}$$

P_{tc} = Pérdida total de cortocircuito (W).

$$P_{tc} = 78.2358W + 5.555W = 83.7908W$$

6. Resistencia en Vacío

$$R_o = \frac{V_o}{I_o}$$

R_o = Resistencia en vacío (Ω).

V_o = Voltaje en vacío (V).

I_o = Corriente en vacío (A).

$$R_o = \frac{V_o}{I_o} = \frac{220V}{0,064A} = 3437.5\Omega$$

7. Pérdidas en Vacío

$$P_o = I_o^2 * R_o$$

Po = Pérdidas en vacío (W).

$$P_o = I_o^2 * R_o = (0.064A)^2 * 3437.5\Omega = 14.08W$$

Estos resultados se contrastan con los valores obtenidos con el PMM-1 y el módulo de pruebas. En la Tabla 9, se evidencia que los resultados con similares, con un porcentaje de error irrisorio, por lo tanto, el transformador está en óptimas condiciones de trabajo.

Tabla 8. Funcionamiento del PMM-1 y el Variador del Módulo de Pruebas para Transformador Trifásico de 2kva.

PRUEBA DE CORTOCIRCUITO Y CIRCUITO ABIERTO				
Pruebas	Resultados de las pérdidas con el PMM-1 y el Módulo de pruebas	Resultados de los cálculos	% error	Cumple
Cortocircuito	85.830W	83.7908W	2.375	Si
Circuito Abierto	12.935W	14.08W	8.85	Si

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

a) DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL TRIFÁSICO FASE A

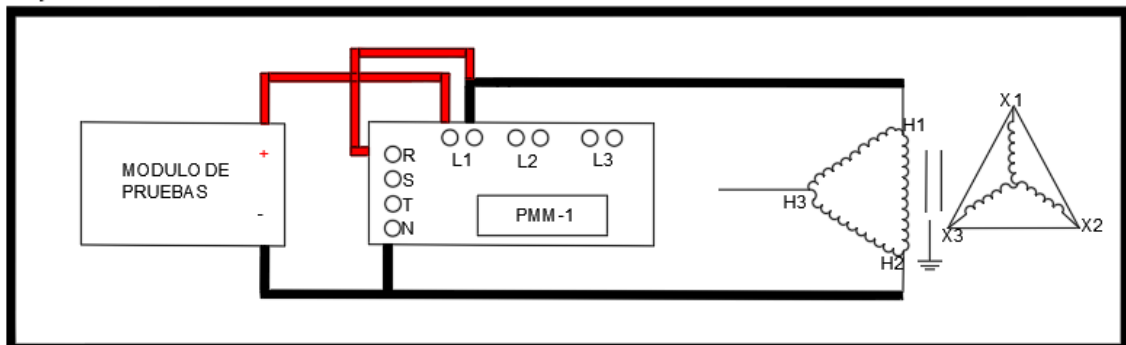


Figura 5. 40. Diagrama de conexión de cortocircuito con el trifásico fase A.

b) DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL TRIFÁSICO FASE B.

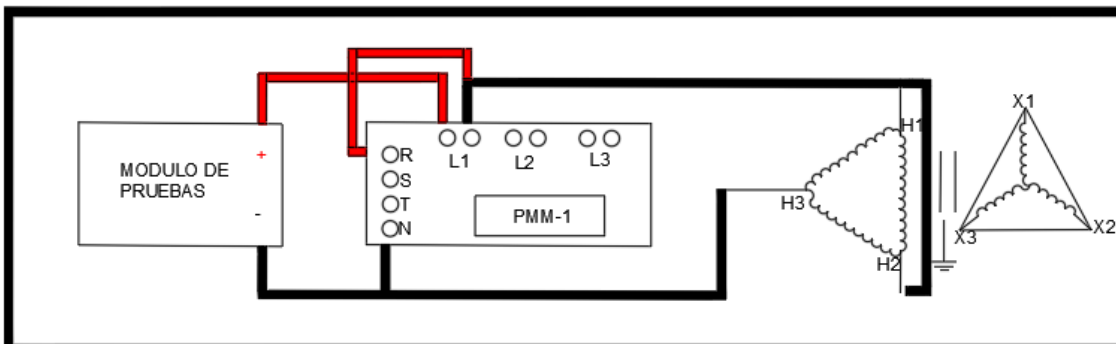


Figura 5. 41. Diagrama de conexión de cortocircuito con la trifásica fase B.

c) DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL TRIFÁSICO FASE C

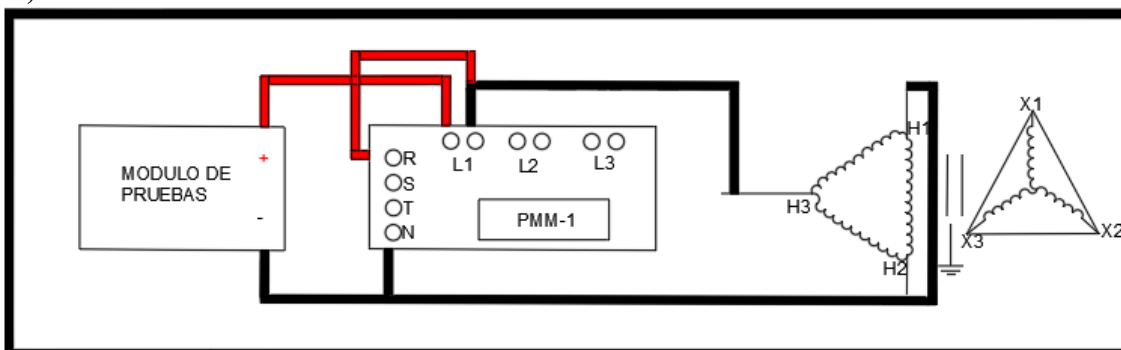


Figura 5. 42. Diagrama de conexión de cortocircuito con el trifásico fase C.

5.1.4. Prueba de relación de transformación con el TR – 8703

La prueba se realizó con un transformador tipo pedestal de distribución de 2Kva. Y los datos del transformador se encuentran a continuación.

Tabla 9. DATOS DEL TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

DATOS DEL TRANSFORMADOR					
No.	3097-018	Potencia	2000VA		
Serie	18033097-1	Marca	R.V.R Transformadores	Polaridad	
Impedancia	2.84%	Grupo Conx.	YnD1	Fecha	2018-01-11
Voltaje M.V.	480V	Voltaje B.V.	220V	Material de los Dev.	Cobre
Corriente M.V.	2.41A	Corriente B.V.	5.25A		

a) Relación de transformación.

$$a = \frac{V1}{V2}$$

$$a = \frac{480}{220} = 2.1818$$

a= Relación de transformación.

V1= Voltaje en el primario (V).

V2= Voltaje en el secundario (V).

b) Porcentaje de error de la relación de transformación (monofásico y trifásico)

$$\%ERROR = \frac{a \text{ MEDIDA} - a \text{ CALCULADA}}{a \text{ MEDIDA}} * 100$$

$$\%ERROR = \frac{2.1818 - 2.152}{2.1818} * 100 = 1.3658$$

MEDIDA= Relación de transformación medida.

CALCULADA=Relación de transformación calculada.

c) Resistencia de los devanados Trifásicos y Monofásicos

Para el cálculo de las resistencias de los devanados tanto para medio y bajo voltaje se desarrolla de la siguiente manera:

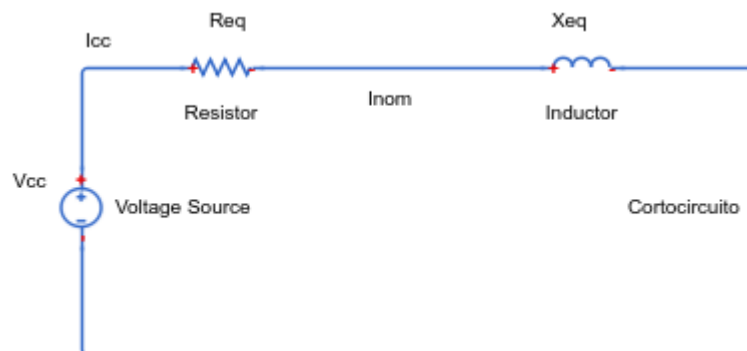


Figura 5. 43. Resistencia de los devanados Trifásicos

d) Corriente nominal de medio voltaje

$$I_1 = \frac{S_{KVA}}{V} = I_{cc}$$

$$I_1 = \frac{2000vA}{480v} = I_{cc} = 4.1666A$$

Skva: Potencia Aparente (KVA)

V: Voltaje Nominal (V)

Icc=II: Corriente de Cortocircuito (A).

e) **Resistencia de cortocircuito**

$$R_{cc} = \frac{P_{cc}}{I_{cc}^2} = Req1$$

$$R_{cc} = \frac{83.7908}{4.166^2} = Req1 = \mathbf{4.8279\Omega}$$

Pcc: Pérdidas de cortocircuito (W).

Req1: Resistencia equivalente de medio voltaje (Ω).

f) **Resistencia de medio y bajo voltaje**

$$R_H = \frac{Req1}{2}$$

$$R_H = \frac{4.8279\Omega}{2} = 2.4139\Omega$$

$$R_x = \frac{Req1}{2a^2}$$

$$R_x = \frac{4.8279\Omega}{2(2.1818^2)} = 0.50710\Omega$$

RH: Resistencia de medio voltaje (Ω).

Rx: Resistencia de bajo voltaje (Ω).

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

- **Diagrama de relación de transformación con el transformador trifásico fase A.**

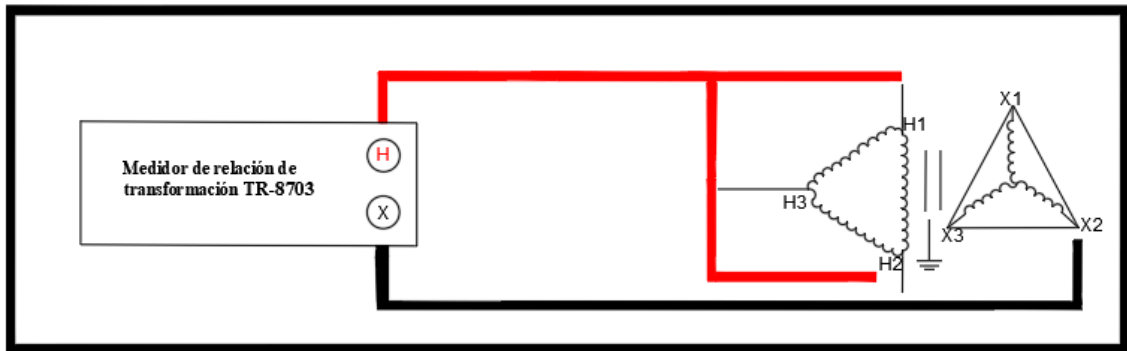


Figura 5. 44. Diagrama de relación de transformación con el transformador trifásico fase A.

- **Diagrama de relación de transformación con el transformador trifásico fase B**

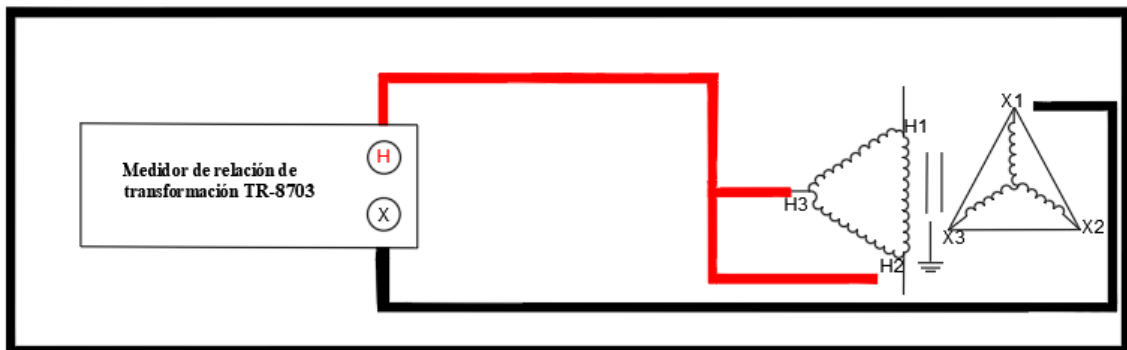


Figura 5. 45. Diagrama de relación de transformación con el transformador trifásico fase B.

- **Diagrama de relación de transformación con el transformador trifásico fase C**

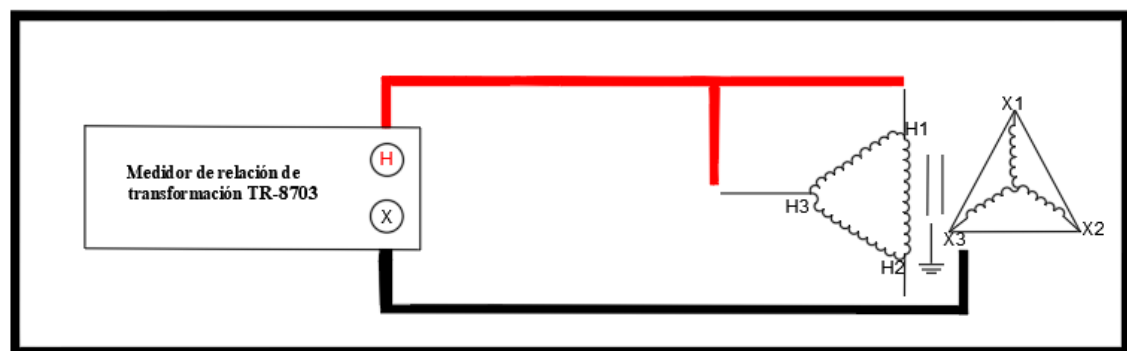


Figura 5. 46. Diagrama de relación de transformación con el transformador trifásico fase C.

5.1.5. Prueba del Sistema de Puesta a Tierra con el Telurómetro

Los cuatro electrodos se insertan en el suelo en línea recta y son equidistantes entre sí. Entre los dos electrodos exteriores (E y H), el generador inyecta la corriente de medición I. Entre los dos electrodos centrales (S y ES), use un voltímetro para medir el potencial ΔV

El instrumento de medida utilizado es un óhmetro clásico de puesta a tierra, que permite inyectar corriente y medir ΔV . El valor de resistencia R leído en el ohmímetro permite

calcular la resistividad mediante la siguiente fórmula de cálculo simplificada:

$$P_w = 2\pi aR$$

Con:

ρ : resistividad en $\Omega.m$ en el punto situado debajo del punto O, a una profundidad de $h = 3a/4$

a: base de medida en m

R: valor (en Ω) de la resistencia leída en el ohmímetro de tierra Recomendamos una medida con $a = 4$ m como mínimo

$$P_w = 2\pi(1m)(0.46K\Omega) = 11.5610 \Omega m$$

5.2. MODELADO DEL TRANSFORMADOR Y LÍNEA PARA EL SISTEMA DE REPOTENCIACIÓN

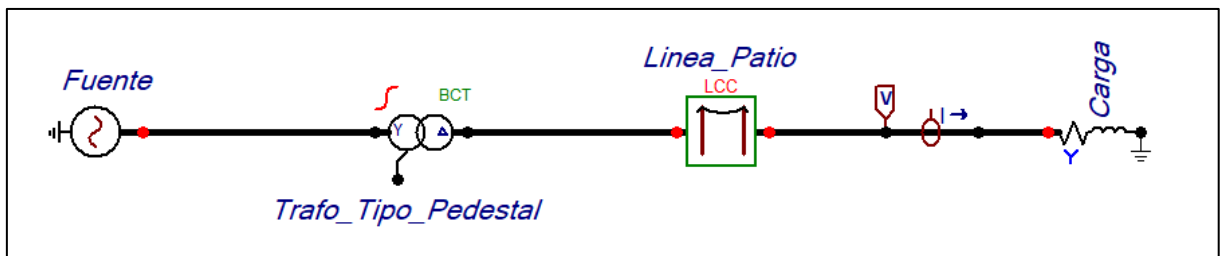


Figura 5. 47. Modelo de la red de distribución en ATPDraw.

Para evaluar la línea en el sistema de repotenciación se realiza el modelado de los implementos que componen la red de distribución del Patio de Construcción de Redes, empleando el Software ATPDraw. Este programa resuelve sistemas eléctricos, monofásico o polifásicos, calculando el valor que adquieren a lo largo del tiempo las variables del mismo, para lo cual se trabaja con modelos que caracterizan el comportamiento de sus distintos elementos constitutivos: resistencias, inductancias, condensadores, elementos de parámetros conectados y/o distribuidos; máquinas, interruptores, etc. Para este caso nos enfocaremos en la simulación del transformador viendo su curva de saturación con su nivel máximo de voltaje, Todo esto con los datos originales del transformador tipo pedestal elevador con parámetros de potencia de 2 kVA y con un nivel de voltaje de 220/480 V. Además, se modelará una línea trifásica LCC con su cable de guarda.

5.2.1. Transformador.

El transformador se modelará con un transformador BCTRAN que se encuentra en la biblioteca de ATPDraw, donde se introducirán los valores reales del transformador tipo pedestal como es su voltaje, conexión, desfaseamiento, resistencias de cortocircuito como se muestra en la Figura 5.48.

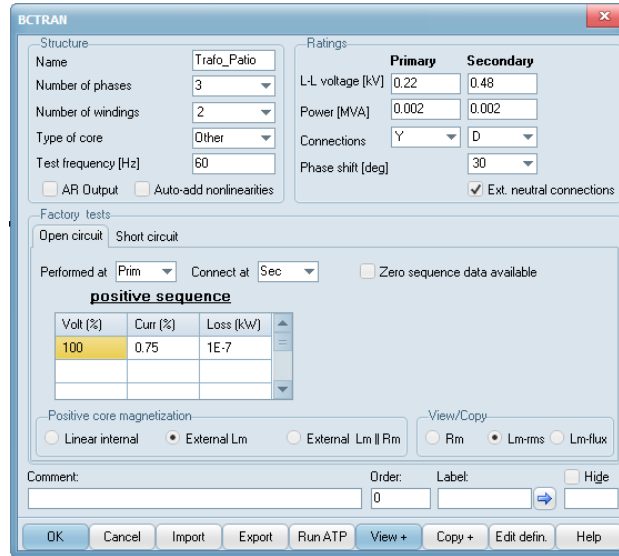


Figura 5. 48. Datos del transformador trifásico tipo pedestal.

Luego de ingresar todos los valores y correr en ATP podemos visualizar el View+ del transformado, dándonos una gráfica donde podemos ver cómo actúa el transformador, dando valores de voltaje desde los 220v que ingresa a los 480v de salida, con respecto a la corriente en A.

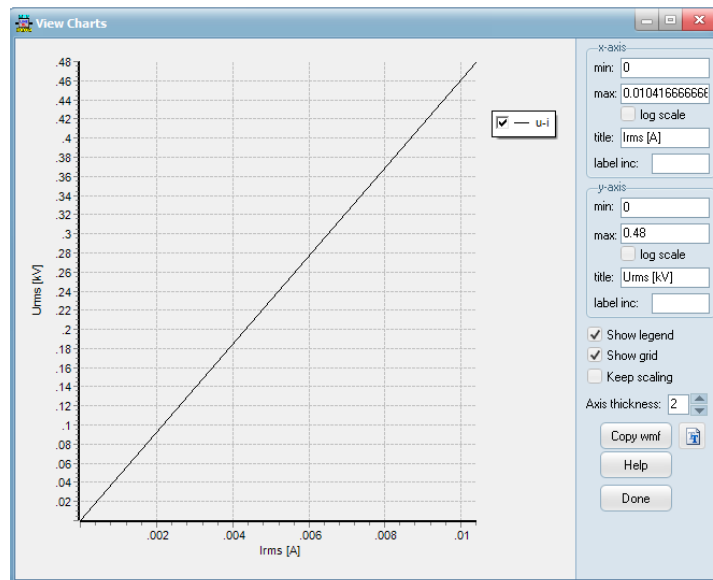


Figura 5. 49. Grafica del transformador en funcionamiento.

5.2.2. Línea de Distribución.

La línea de distribución se simulará con una línea LCC que se encuentra en la biblioteca de ATPDraw, donde se insertó valores de la línea como es su resistencia a tierra, frecuencia, longitud de 10km para poder observar de mejor manera los resultados, las medidas entre fase-

fase y cable de guarda con su resistencia. Modelando un tipo PI como se aprecia en la figura 5.50.

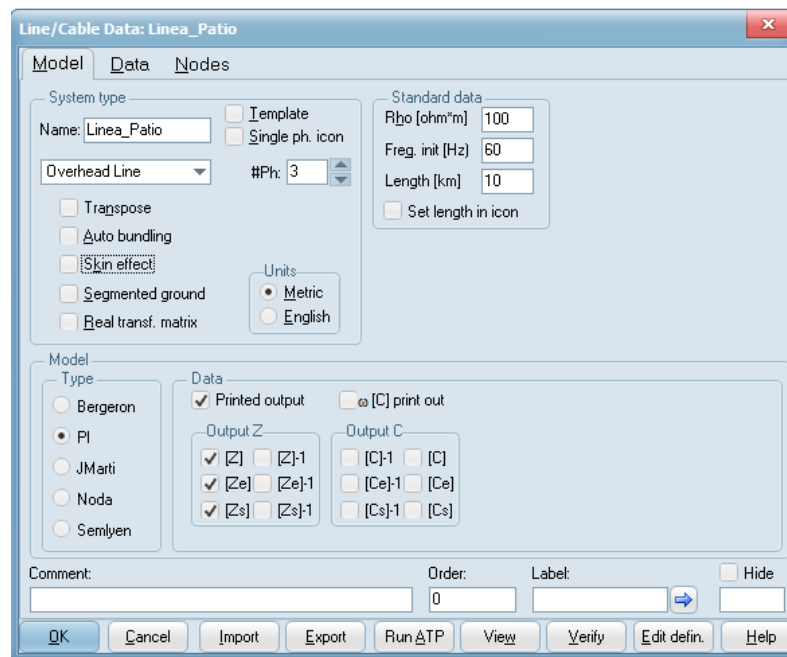


Figura 5. 50. Datos de la Línea trifásica con una longitud de 10km.

Luego de ingresar todos los valores y correr en ATP podemos visualizar el View+ donde se indica cómo está realizada las 3 fases y el cable de guarda.

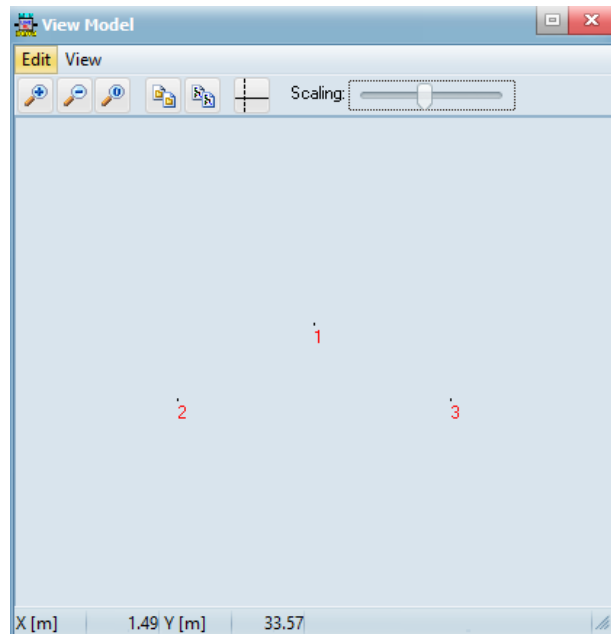


Figura 5. 51. Grafica de la línea en funcionamiento.

5.2.3. Resultados de la simulación

5.2.3.1. Gráfica de Voltaje

Una vez simulado en ATPDraw, logramos obtener las gráficas de voltaje que nos demuestran como está actuando el transformador con la línea, como podemos observar en la figura 5.52, se logra ver que el voltaje oscila entre los 238v entre fase neutro, y entre línea y línea oscila cerca de los 480v, que son exactamente lo que se obtuvo en la práctica con el multímetro de potencia. Esta simulación se ha demostrado con una carga mínima para acercarnos a la realidad que existe en el patio de construcción de redes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

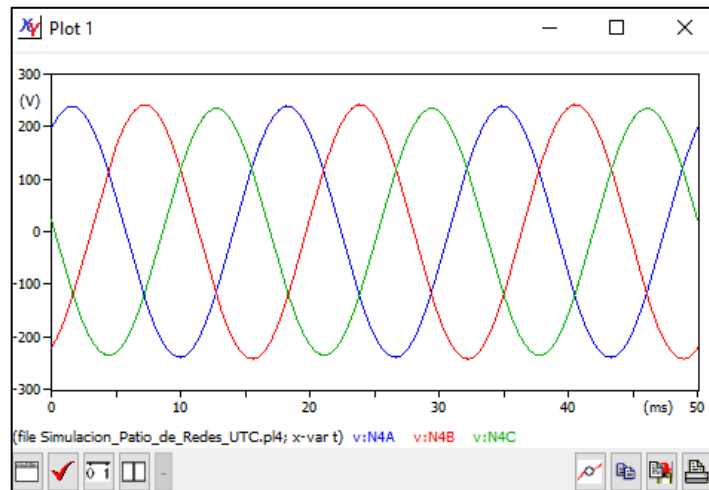


Figura 5. 52. Grafica de resultado del voltaje.

5.2.3.2. Gráfica de Corriente

Una vez simulado en ATPDraw, logramos obtener las gráficas de corriente que nos demuestran como está actuando el transformador con la línea, como podemos observar en la figura 5.53, se logra ver que la corriente en la fase A esta alrededor de los 23A, la fase B está cerca de los 5.25A y la fase C esta entre los -23A, Esta simulación se ha demostrado con una carga mínima para acercarnos a la realidad que existe en el patio de construcción de redes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

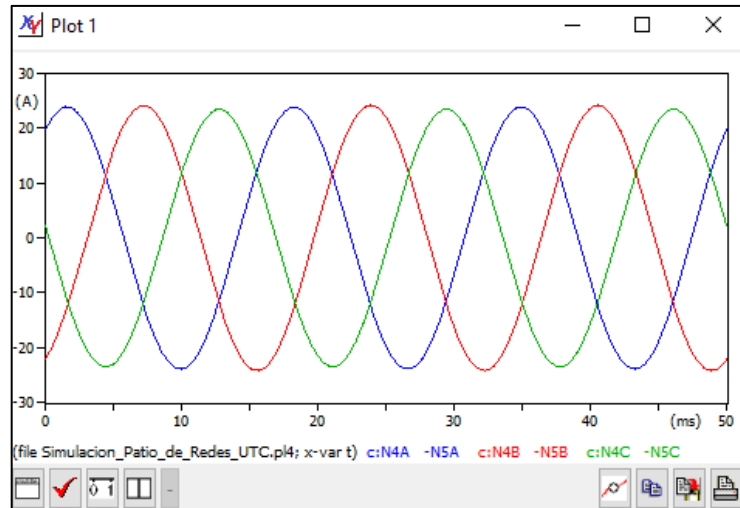


Figura 5. 53. Grafica de resultado de la corriente.

5.3. MODELADO DEL SISTEMA DE REPOTENCIACIÓN

Para evaluar el sistema de repotenciación se ha modelado en el software DigSilent Power Factory. Este programa contiene herramientas que facilitan la manipulación de los resultados en un determinado análisis, estos pueden ser: Flujos de carga, análisis de cortocircuito, análisis de contingencias, análisis de cortocircuitos, simulación de armónicos, coordinación de protecciones, estabilidad de voltaje por análisis de sensibilidad, etc. [47]. Sin embargo, en este caso en particular se hará énfasis en flujos de carga para el sistema con diferentes posiciones del TAP del transformador. El transformador de pedestal elevador de 2 kVA de 220/480, posee 5 posiciones de TAP para el lado de alta tensión con pasos de 2.7 %. Se evaluará el modelo con las 5 posiciones de TAP en 2 casos diferentes, el primero será en vacío, es decir, no existirá carga alguna al final del transformador y el segundo con una carga de 2000 W y 1000 VAR,

Simulando que se han conectado varios dispositivos al transformador, así se habrá excedido el porcentaje máximo de carga del transformador en un 11.80%. En la Figura 5.54, se aprecia el modelo que se realizó en el software.

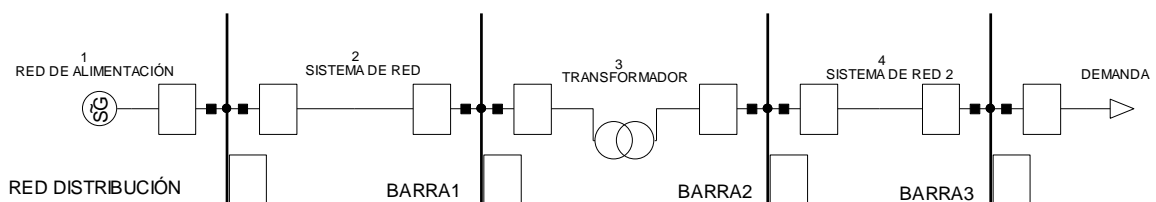


Figura 5. 54. Prueba de Aislamiento respecto a H3.

5.3.1. Prueba en vacío

El TAP está ubicado en el lado de alta del transformador elevador, es decir, se podrá realizar la variación de los 220 V de ingreso, sin embargo, la carga será la afectada con dicha variación, por lo tanto, el análisis se realizará sobre los perfiles de tensiones que llegarán a la carga. Se debe tomar en consideración los límites máximos y mínimos de tensiones, estos deberán oscilar en $\pm 5\%$, es decir, en este caso en particular los límites serán [504 - 456] V. En la Figura 5.54, se aprecia el resultado de las diferentes simulaciones realizadas. La primera y la quinta posición no cumplen con el rango admisible, sin embargo, el porcentaje de violación es irrisorio, por lo tanto, las cargas no se verían afectadas significativamente.

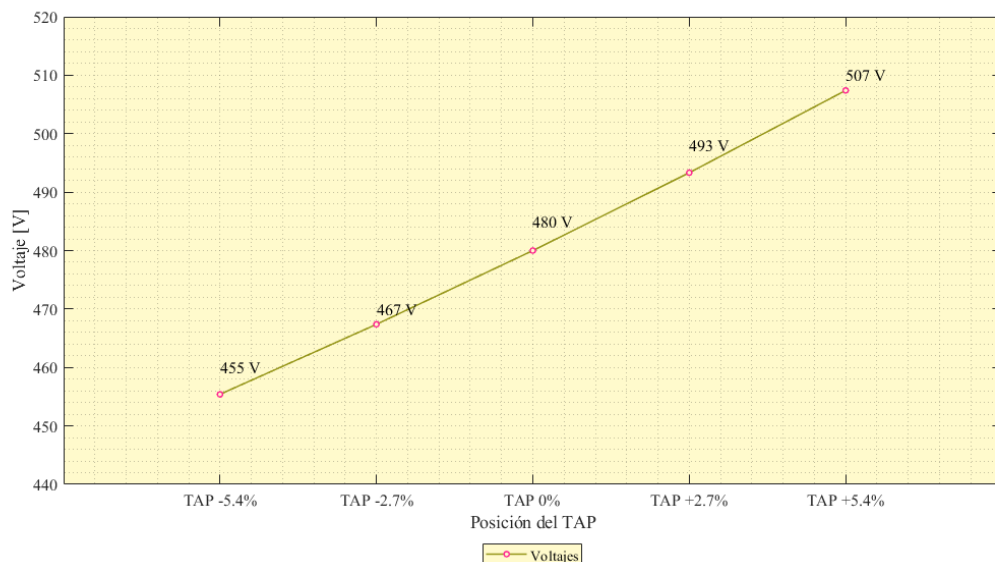


Figura 5. 55. Resultado de TAPS sin carga.

5.3.2. Prueba con carga

En la Figura 5.56, se aprecia el resultado de las diferentes simulaciones realizadas. La primera y segunda posición no cumple con el rango admisible y esos valores si son considerables, ya que, con ese valor de tensión los diferentes dispositivos conectados al transformador no se encenderán.

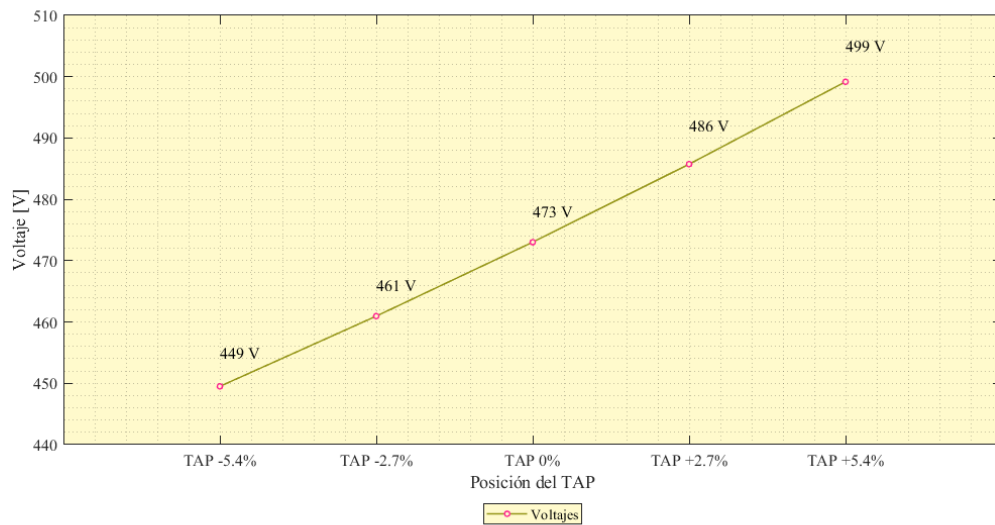


Figura 5. 56. Resultado de TAPS con carga.

5.3.3. Elementos empleados para el modelado

El modelado del sistema de repotenciación se ha realizado en DigSilent Power Factory. Y se ha utilizado los siguientes elementos: Generador, barras, líneas de distribución, transformador y la demanda.

Puesto que es una simulación sistema de repotenciación del patio de construcción de redes de medio y bajo voltaje, se ha tratado de apegarlo a la realidad con valores de distribución. Para el generador se ha utilizado uno genérico con los siguientes datos:

- Potencia aparente: 2 kVA
- Voltaje: 22 kV
- Factor de potencia: 0.8
- Conexión: YN

Se ha tomado esos valores en el lado de generación dado que el transformador bajo análisis es uno elevador, tipo Pad Mounted o pedestal de una potencia de 2 kVA, con relación de voltaje de 220/480 V.

En la simulación las barras y las líneas representan a los postes y líneas de distribución, respectivamente. Así se he optado por utilizar líneas de aluminio con una temperatura operacional máxima de 80 °C, además de soportar voltajes máximos de 22 kV, se ha obviado las pérdidas en el conductor, sin embargo, si se ha tomado en consideración la distancia de los tramos bajo análisis.

En cuanto al transformador, se ha tratado de ajustarse a los datos de placa expuestos en el presente documento, tomando en consideración que es uno elevador, tipo Pad Mounted o

pedestal de una potencia de 2 kVA, con relación de voltaje de 220/480 V y tiene los Taps en el lado de alta.

Se ha realizado las pruebas en vacío y bajo carga, obteniendo los resultados mostrados en la subsección anterior, en la segunda prueba (con carga) se ha optado por sobrecargar al transformador y apreciar los efectos que traería consigo si se llegase a sobrecargar en un 11.80%. De esta manera, se tendría un panorama más amplio de los efectos de una sobrecarga en un transformador, como los perfiles de voltaje varían significativamente en la demanda del sistema.

5.4. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

5.4.1. Presupuesto

El presupuesto total de la implementación para la repotenciación del patio de construcción de redes tomando en cuenta los elementos constitutivos que pueden ser cambiados es de USD\$ 1 183,54 dólares.

Tabla 10. Presupuesto del proyecto.

Rubro	Valor	Valor total
Materiales Directos		
Materiales Electricos	\$ 733,50	
Material de Ferreteria	\$ 88,32	
Licencia software	\$ 12,00	
Total Materiales Directos		\$ 833,82
Materiales Indirectos		
Transporte	\$ 85,00	
Asesoría externa	\$ 400,00	
Mejoramiento Estético	\$ 358,60	
Imprevistos	\$ 58,00	
Total Materiales Indirectos		\$ 901,60
Inversión Total:	\$ 1.735,42	

5.4.2. Análisis de Impacto

A continuación, se detalla los impactos necesarios en la presente propuesta tecnológica.

5.4.2.1. Impacto practico

El desarrollar la alimentación del transformador nos ayuda a realizar ensayos y maniobras, con los equipos de medición con los que cuenta la Universidad, con ello permitió tener los valores de voltajes dependiendo del TAP, relación de transformación, pruebas de aislamiento

de los devanamos, además una vez alimentada la línea de distribución, realizar prácticas de cierre y apertura del seccionador. Esto ayudará sobremanera a los estudiantes a consolidar sus conocimientos en el área de redes y alto voltaje.

5.4.2.2. Impacto social

El impacto social con esta propuesta es muy alto, ya que beneficiará a la comunidad universitaria para el eficiente uso de los equipos existentes en las aulas, laboratorios, oficinas y lugares de recreación existe en el Laboratorio de alto voltaje y Patio de Construcción de Redes, evitando la pérdida de estos y la prolongación de la vida útil. Además, esta información servirá de fuente de consulta para futuras investigaciones

5.4.2.3. Impacto tecnológico

Con esta propuesta Tecnológica se aportó al ámbito de desarrollo de conocimiento de los estudiantes de la carrera de electricidad, a través de manuales y guías técnicas de las diferentes prácticas propuestas para el uso de equipos, sistemas y software, para la adquisición y análisis de datos, con ello se fortalecerá en el ámbito del monitoreo y la obtención de datos.

5.4.2.4. Impacto ambiental

Este aspecto engloba a todo lo que se refiere a contaminación hacia el ambiente, en la presente propuesta tecnológica, a través de la alimentación del transformador Pau Mounted y a su vez de la línea de distribución, no se produce ningún tipo de contaminación, ya que para el proceso de ensayos y maniobras se utiliza equipos electrónicos amigables con el ambiente.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Para el análisis efectivo, correspondiente a la alimentación de transformador tipo pedestal ubicado en el patio de construcción de redes, se indago en la normativa de fabricación NTE INEN 2684, mediante esta norma se determina que los terminales de conexión que se deberán emplear son de tipo codo conector, que brindan una gran facilidad de conexión y se pueden manipular de forma segura evitando contacto con partes energizadas y permitiendo realizar ensayos y maniobras de manera segura.

Al realizar la alimentación del transformador tipo pedestal y evaluar su funcionamiento mediante las diferentes pruebas realizadas con los equipos de medición, se obtiene que su

nivel de aislamiento para los diferentes bobinados se encuentra en el campo de los Gigaohms lo que nos indica que está en los marges tolerables establecidos en la norma NTE INEN 2684, además los resultados de cortocircuito y de circuito abierto obtenidos mediante pruebas y mediante calculo con los valores nominales del transformador presentan un porcentaje de error del 2,375% y 8,85% respectivamente teniendo una variación mínima, dichos valores permiten concluir que el estado del transformador es el óptimo para entrar en funcionamiento.

Las guías prácticas permiten realizar ensayos y maniobras en el Patio de Construcción de Redes considerando las normativas pertinentes para cada práctica, las cuales permitieron obtener distintos valores del estado del transformador para lo cual se emplean los equipos de medición tales como el Megger MIT 520/2 basándose en la norma NTE INEN 2127: 2013, PMM – 1 basándose en el manual de uso del equipo, Megger TR 8703 basándose en la norma IEEE C57.12-90TM-2006.

Además, se permite realizar una prueba de resistividad de terreno atreves del Telurómetro aplicando el método de Wenner de dos picas, también maniobras en la línea de distribución como el armado de estructuras trifásicas (3CD, 3CP), monofásicas (1VP), armar la seccionadora porta fusible y realizar maniobras como la apertura y cierre del seccionador empleando la pértiga dieléctrica basándose en la norma IEEE 978.

6.2. RECOMENDACIONES

Motivar a los estudiantes de pregrado a través de los docentes que impartan materias relacionadas con las líneas de distribución, a que los estudiantes realicen prácticas en el Patio de Construcción de Redes con los equipos y módulos con los que se cuenta en los laboratorios, promoviendo la practica en el proceso de enseñanza de estas asignaturas.

Previa la ejecución de los ensayos y maniobras en el Patio de Construcción de Redes los estudiantes de pregrado deberán revisar las guías pertinentes para cada una de las prácticas que se deben realizar, operando los equipos de la manera sugerida en las mismas.

Es pertinente que los estudiantes de pregrado antes de realizar cada una de las practicas tengan conocimiento de las funciones que tienen los equipos que se mencionan en las guías con la finalidad de que estén capacitados para manipular y realizar las conexiones para cualquier tipo de prueba.

Realizar la repotenciación de los módulos de prueba con los que cuentan los laboratorios, debido a que mucho de ellos se encuentran averiados o no cumplen con las funciones que se especifican en sus manuales.

Sin la supervisión y autorización obligatoria del personal de laboratorio o de los profesores a cargo, no se debe operar ningún equipo, además el estudiante deberá usar los equipos de protección personal para cada una de las prácticas según su docente lo requiera.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Londoño Posso, R. Hincapié Isaza, and R. Gallego Rendón, “Secondary Distribution System Planning Using Three-Phase Model,” *Cienc. e Ing. Neogranadina*, vol. 21, no. 2, pp. 41–53, 2011.
- [2] C. Alvarez Alvarez, “La relación teoría-práctica en los procesos de enseñanza-aprendizaje,” *Educ. Siglo XXI*, vol. 30, no. 2, pp. 383–402, 2012.
- [3] F. G. Cantero, “Educación con teoría. Revisión pedagógica de las relaciones entre la teoría y la práctica educativa,” 2011.
- [4] E. G. Gualpa Cando and D. A. Rubio Rubio, “Diseño De Barras Y Tablero De Distribución Eléctrica Secundaria, Para Mejorar La Capacidad De Carga En La Universidad Técnica De Cotopaxi – La Maná Año 2012,” *Univ. Técnica Cotopaxi Fac.*, vol. 1, p. 101, 2018.
- [5] G. E. F. González, M. A. J. Benavides, and T. W. F. Vicuña, “Estudio de un sistema de distribución y acometidas en baja tensión (tesis de pregrado),” p. 249, 2015, [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10236/1/UPS-GT001310.pdf>.
- [6] A. E. Zambrano, “Estudio de carga eléctrica para la repotenciación del circuito eléctrico de baja tensión del transformador existente número 27078 del barrio Santa Marthe de Chone,” vol. 9, 2016.
- [7] D. Tejada, J. M. López-Lezama, M. J. Rider, and G. Vinasco, “Transmission network expansion planning considering repowering and reconfiguration,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 69, pp. 213–221, 2015, doi: 10.1016/j.ijepes.2015.01.008.
- [8] T. Zuo, Y. Zhang, K. Meng, Z. Tong, Z. Y. Dong, and Y. Fu, “Collector System Topology Design for Offshore Wind Farm’s Repowering and Expansion,” *IEEE Trans.*

- Sustain. Energy*, vol. 12, no. 2, pp. 847–859, 2021, doi: 10.1109/TSTE.2020.3022508.
- [9] R. Felix and J. Luyo, “Multistage Transmission Expansion Planning considering Redesign, Repowering and Technical Losses: An Application in Lima, Peru,” *Proc. 2018 IEEE PES Transm. Distrib. Conf. Exhib. - Lat. Am. T D-LA 2018*, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/TDC-LA.2018.8511803.
- [10] S. D. Saldarriaga Zuluaga, J. M. Lopez-Lezama, and J. C. Castro Galeano, “Transmission network expansion planning considering repowering and integration of small-scale generation,” *Contemp. Eng. Sci.*, vol. 11, no. 38, pp. 1873–1884, 2018, doi: 10.12988/ces.2018.84183.
- [11] T. Distribution, “Transformadores de distribución trifásicos tipo pedestal, autorefrigerados. NTE INEN 2684,” 2013.
- [12] A. E. R. CABRERA, “OPTIMIZACIÓN DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN BASADA EN LA MINIMIZACIÓN DE PÉRDIDAS POR CAPACIDAD OCIOSA Y CONEXIONES INADECUADAS,” UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 2005.
- [13] A. H. A Del Ángel Hernández, “Transmisión de energía eléctrica Transformadores Transformadores y su estructura básica,” [Online]. Available: https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/632452/13_t1s3_c10_pdf_2.pdf?sequence=1.
- [14] A. Charles and M. Sadiku, *Fundamentos de Circuitos Eléctricos*. 2013.
- [15] T. L. Floyd, *Principios de Circuitos Eléctricos*. 2007.
- [16] C. S. Olariu and A. Stancu, “Saturation curve for a synthetic antiferromagnetic system,” *IEEE Trans. Magn.*, vol. 45, no. 12, pp. 5266–5270, 2009, doi: 10.1109/TMAG.2009.2023118.
- [17] S. N. Bhadra, “A Direct Method to Predict Instantaneous Saturation Curve from rms Saturation Curve,” *IEEE Trans. Magn.*, vol. 18, no. 6, pp. 1867–1870, 1982, doi: 10.1109/TMAG.1982.1062047.
- [18] Y. Liu, T. Zhao, Y. Han, and F. Lin, “Core saturation detection and calibration of a current probe for fast transient currents,” *IEEE Sens. J.*, vol. 15, no. 3, pp. 1395–1403, 2015, doi: 10.1109/JSEN.2014.2363497.
- [19] E. Ravaioli, B. Auchmann, and A. P. Verweij, “Fast method to quantify the collective magnetization in superconducting magnets,” *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 23, no. 3, pp. 10–13, 2013, doi: 10.1109/TASC.2012.2227649.

- [20] Y. X. Zhang, S. C. Zhu, and F. P. Wen, "The measurement and computer analysis of the approach to saturation curve for polycrystalline ferrites," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 21, no. 5, pp. 1803–1804, 1985, doi: 10.1109/TMAG.1985.1064131.
- [21] Y. xi Zhang, H. ying Chen, and F. ping Wen, "Theoretical Analysis and Experimental Research on the Approach-Saturation Curve of Polycrystalline Hexagonal Planar Ferrites," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 30, no. 6, pp. 4909–4911, 1994, doi: 10.1109/20.334262.
- [22] A. M. I. A. Á. G. S. C. T. V. A. P. H. Luis, "MÁQUINAS ELÉCTRICAS," 2019. <http://maquinaselectricasg3.blogspot.com/p/un-transformador-trifasico-consta-de.html>.
- [23] P. Ensayo, D. E. V. Y. Cortocircuito, and T. Monofásico, "Ensayo de vacío y cortocircuito del transformador."
- [24] Magnetron, "Guía para el manejo del transformador tipo pedestal o caja de maniobra," 2013.
- [25] C&V Energía, "Transformador Pad Mounted - C&V Energía," 2020. <https://cvenergia.com/producto/transformador-pad-mounted/> (accessed May 28, 2021).
- [26] D. D. E. Distribución, "" Construcción De Alimentadora Guasmo # 9 (Alimentadora Acerias) Desde Subestacion," vol. 9, 2015.
- [27] Palmace, "De Alta a Baja tensión: Partes de un poste eléctrico." .
- [28] E. Por, R. Por, V. Por, and A. Por, "No Title."
- [29] P. Gomez, "Diseño y construcción de puestas a tierra para el colegio tecnico industrial Gualaceo, basado en las recomendaciones practicas para el aterrizamiento en sistemas electricos comerciales e industriales de la IEE," p. 150, 2010.
- [30] I. D. Área and epm, "NORMAS TÉCNICAS - Medidas de Resistividad del Suelo," *Normas técnicas*, pp. 1–20, 2008.
- [31] I. Manual *et al.*, "M 2621," no. October, 2003, [Online]. Available: <https://es.megger.com/equipo-portatil-de-medida-de-relacion-de-transformadores-mono/trifasico-ttr100-2>.
- [32] E. PMM1-, "Instrumento de medición multifuncional," [Online]. Available: <https://csa.megger.com/instrumento-de-medida-multifuncional-pmm1>.
- [33] Megabras, "Medidor de relación de transformación," [Online]. Available: <https://www.megabras.com/es/productos/ttr/medidor-relacao-espiras-TR8703.php>.
- [34] Fluke, "Pinza amperimétrica RMS Fluke 324 | Fluke." <https://www.fluke.com/es-ec/producto/comprobacion-electrica/pinzas-amperimetricas/fluke-324> (accessed Jul.

- 10, 2021).
- [35] Elastimold, “catalogo-accesorios-elastimold.pdf.” .
- [36] C. D. E. C. Desnudo, “Conductor de cobre desnudo . Sólidos y cableados .,” no. 593, pp. 3–4.
- [37] “Mallas a tierra • grounding systems,” p. 582.
- [38] I. Function, “Microcomputer Timer Switch KG316T.”
- [39] L. D. E. Productos, “Catálogo de productos 2018,” 2018.
- [40] C. Clave, “TERMINACIONES RAYCHEM TFT-E.”
- [41] K. Tools, “Procedimiento para la instalacion de tuberia conduit,” 2015.
- [42] F. Oder, “Catálogo Resumido de Baja Tensión.”
- [43] W. D. Division, “Catálogo Distribución y Control.”
- [44] L. S. B. A. & Wolfman, “Controladores,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [45] INEN, “Ecuatoriana Nte Inen 1334-1,” *Cuarta Revisión 2014-02*, pp. 1–20, 2014, [Online]. Available: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2684.pdf.
- [46] UDLARD, “Iluminación Exterior,” p. 86, 2015.
- [47] F. Ruiz-Tipan, C. Barrera-Singana, and A. Valenzuela, “Reactive power compensation using power flow sensitivity analysis and QV curves,” *2020 Ieee Andescon, Andescon 2020*, 2020, doi: 10.1109/ANDESCON50619.2020.9272113.
- [48] J. F. Jorba Martinez, “Prevención de Riesgos en Trabajos con Corriente Eléctrica,” no. colombia, p. 231, 2009, [Online]. Available: www.oitcinterfor.org/sites/default/files/preve_electrica.pdf.
- [49] Minenergía, “Energía Eléctrica - Ministerio de Minas y Energía GM.” <https://www.minenergia.gov.co/retie> (accessed Aug. 26, 2021).
- [50] K. Vargas, “Homologación De Precios Unitarios Para La Construcción De Redes Eléctricas Aéreas De Distribución En El Ecuador,” 2015.
- [51] E. Faletti, “Postes de Baja y Torres de Alta Tensión,” pp. 1–7, 2011.
- [52] F. Santamaria, “Construcción de una red de distribución trifásica 13.2 kV para la sección 67 y Tigre en el bloque Gustavo Galindo Velasco,” 2013.
- [53] L. Samaniego, “Análisis y evaluación de la red de distribución en media y baja tensión para mejorar los índices y niveles de calidad en el suministro eléctrico,” *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 26, no. 3, pp. 1–4, 2019.


- [54] corporation Iadiexport, “Aislador polimérico suspensión,” p. 838.
- [55] M. Sosa, “Normas para sistemas de distribución Parte B,” pp. 1–15, 1997.
- [56] A. G. Peralta Sevilla and P. D. Robles Lovato, “Ubicación de equipos de seccionamiento e interconexión en alimentadores primarios,” 2001.
- [57] V. Bērziņš, “Seccionadores,” *20.gadsimta Latv. vēsturē II. Neatk. valsts 1918 – 1940*, pp. 770–185, 2003.
- [58] M. R. Narkewicz, “Seccionadores y cuchillas de tierra,” pp. 1–16.
- [59] M. Nunes, “Seccionadores y pantógrafos.” .
- [60] C. Pinto, “Diseño y montaje de un sistema de pruebas dieléctricas en guantes y pértigas hasta 15 kV,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–13, 2016.
- [61] M. Gerín, “Seguridad en las maniobras MT.”
- [62] R. Molina, S. Galarza, and C. Villegas, “Evaluación de riesgos ergonómicos del trabajo en empresas de Catering,” 2018.
- [63] T. Gyfmsa, “Pértiga telescópica,” p. 2013, 2013.
- [64] Ministerio de trabajo, “Señalización y demarcación,” *Minist. Trab.*, pp. 1–31, 2001.
- [65] Chauvin Arnoux, “Guía de la medición de tierra,” p. 32, 2015, [Online]. Available: https://www.chauvin-arnoux.com/sites/default/files/documents/cat_guia_de_medicion_de_tierra_ed2.pdf.
- [66] L. Roman, “Manual del usuario Telurómetro de 4 hilos Modelo GRT300,” no. 1, p. 8, 2013.
- [67] C. Sa, V. S. Jordi, and V. Barcelona, “Teluometro-6e TL-6e,” p. 57, 2015.
- [68] J. D. C. VALENCIA, “MANUAL PARA LA INTERPRETACIÓN DEL PERFIL DE RESISTIVIDAD OBTENIDO AL REALIZAR EL ESTUDIO DE LA RESISTIVIDAD DEL SUELO A PARTIR DE LAS CONFIGURACIONES DEL MÉTODO DE WENNER,” vol. 16, no. 22, pp. 1–95, 2011.
- [69] Universidad Don Bosco, “Coordinación de Aislamiento - 1 parte,” pp. 1–8, [Online]. Available: <http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/guia/electrica-ingenieria/disenio-de-lineas-de-transmision/2018/i/guia-6.pdf>.
- [70] D. Ing. Eléctrica, “Principios para la Coordinación de los Niveles de Aislación de Aparatos e Instalaciones en Redes Eléctricas de Alta Tensión,” *Cátedra Transm. y Distrib. la Energía*, pp. 1–25, 2014.
- [71] Megger, “MIT520_1020_DS_en.pdf.” p. 3, 2012.

8. ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

8.	ANEXOS.....	78
8.1.	Anexo A. Protocolo de pruebas del transformador trifásico tipo pedestal de 2kVA con los equipos de la Universidad Técnica de Cotopaxi.	79
8.2.	Anexo B. Diseño de la vista superior del patio de construcción de redes.....	80
8.3.	Anexo C. Diseño de las diferentes vistas del transformador Pau Mounted.	81
8.4.	Anexo D. Diseño de la alimentación al poste de distribución.....	82
8.5.	Anexo E. Diagrama Unifilar del transformador Pau Mounted.....	83
8.6.	Anexo F. Esquemmatización del Circuito de señalización del estado de funcionamiento del seccionador.....	84
8.7.	Anexo G. Modelado del Transformador Tipo Pau Mounted y la línea de transmisión.	85
8.8.	Anexo H. Guías Practicas.....	86
8.8.1.	Introducción	86
8.8.2.	Anexo I: Protocolo de Seguridad	87
8.8.3.	Anexo J: Montaje de Estructuras Aéreas de Soporte 3CD.....	94
8.8.4.	Anexo K: Montaje de Estructuras Aéreas de Soporte 3CP.....	103
8.8.5.	Anexo L: Montaje de estructuras aéreas de soporte SDT-1VP.....	111
8.8.6.	Anexo M: Montaje de Seccionadores	120
8.8.7.	Anexo N: Uso de la Pértiga para Apertura y Cierre del Seccionador	126
8.8.8.	Anexo O: Medición de la Resistividad del Terreno en el Patio de Construcción de Redes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.	132
8.8.9.	Anexo P: Medición de la Resistencia del Aislamiento en los Transformadores Trifásicos de Distribución.	138
8.8.10.	Anexo Q: Medición de la Resistencia de los devanados, medición de la relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular en transformadores.....	149
8.8.11.	Anexo R: Práctica de cortocircuito utilizando el PMM-1 y el módulo de pruebas para un transformador trifásico de distribución.	159
8.8.12.	Anexo S: Práctica de medidor de relación de transformación con EL TR – 8703 para un transformador trifásico tipo pedestal 2 KVA.	171

8.1. Anexo A. Protocolo de pruebas del transformador trifásico tipo pedestal de 2kVA con los equipos de la Universidad Técnica de Cotopaxi.



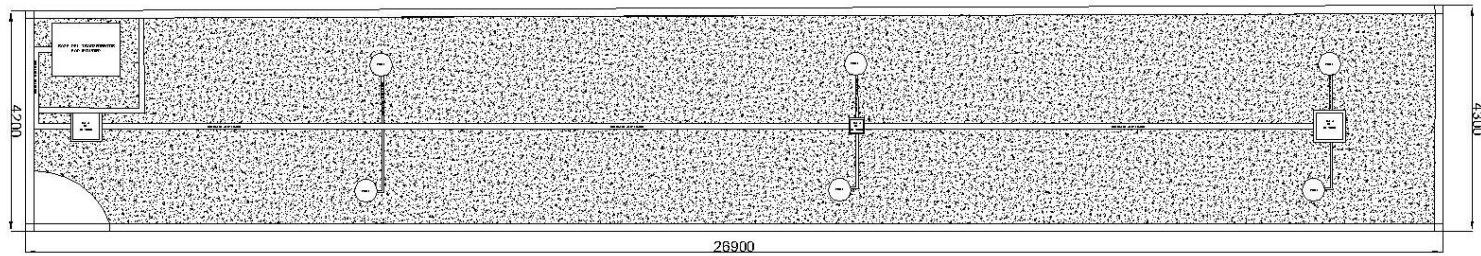
PROTOCOLO DE PRUEBAS TRANSFORMADORES																	
AUTOTRANSFORMADOR		EN ACEITE		x		TRIFÁSICO		x									
TRANSFORMADOR		SECO				MONOFÁSICO											
Nuevo		x		Reparación				Mantenimiento									
Nombre del fabricante			R.V.R TRANSFORMADORES		Protocolo		18033097.00		No. O.T.		3097-018						
Cliente			INEN		Oferta No.				Período No.		2018						
Fabricante			R.V.R TRANSFORMADORES		Potencia Nominal		2 kVA		Tipo		Pad Mounted 3F						
Fecha de fabricación			2018		Refrigeración		ONAN										
Clase de Aislamiento:		Ao		Grupo de conexión		Ynd1		Posición del conmutador		2		Elev. Temp.					
												65 °C					
												Altitud 3.000 m					
												Frecuencia 60 Hz					
												BIL					
Secundario		480 V		2,41 A		A		1 KV		10 KV		30 KV					
Primario		220 V		5,25 A		A		1,2 KV		10 KV		30 KV					
Datos medidos a:		20 °C		W Fe 57		W W Cu		80 W		Io 6,4		% de In Uz 3,75 %					
Datos calculados a:		85 °C		W Fe 57		W W Cu		92 W		Io 6,4		% de In Uz 4,5 %					
1. RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE		Mineral		x		Biodegradable		Método		Promedio		Rigidéz					
								Normas ASTM D1816		28,0 kV/1,02mm		280 kV/cm					
2. RESISTENCIA DE AISLAMIENTO		Voltaje de prueba		AT Contra BT (5000V)		AT Contra T (5000V)		BT Contra T (1000V)									
		Tiempo de lectura		60 s		20 °C		Varios KV		38700 MQ		41600 MQ					
										70000 MQ							
3. RELACION DE TRANSFORMACION Y DESPLAZAMIENTO ANGULAR																	
Tap		Voltaje H1-H2-H3		Fase H1		Fase H2		Fase H3		Normal		Minima					
												Maxima					
1		230		1,331		1,331		1,331		0,278		0,276					
2		225		1,296		1,295		1,296		0,271		0,270					
3		220		1,262		1,262		1,262		0,265		0,263					
4		215		1,230		1,230		1,230		0,258		0,257					
5		210		1,199		1,199		1,199		0,251		0,250					
4. RESISTENCIA MEDIDA ENTRE TERMINALES																	
Medidos a: 20 °C																	
AT		H1-H2		2,84 Ω		H2-H3		2,84 Ω		H3-H1		2,83 Ω					
BT		X1-X2		0,96700 Ω		X2-X3		0,96600 Ω		X3-X1		0,96500 Ω					
										Promedio		Material					
												2,8367 Ω					
												Cu					
5. PRUEBA DE AISLAMIENTO																	
NTE INEN 2118:98																	
NTE INEN 2125 y NTE INEN 2127																	
A) TENSION APLICADA																	
AT Contra BT y T		10 KV		a 60 seg		Tension		X1 440 V		X2 440 V		X3 440 V					
BT Contra AT y T		10 KV		a 60 seg		Frecuencia		400 Hz		Tiempo		18 seg					
B) TENSION INDUCIDA																	
Corriente de Excitación																	
Tension		IX1		IX2		IX3		Promedio		Máximo Normalizado		Medido					
220 V		0,4 A		0,30 A		0,3 A		0,3 A		Io % de In		W Fe					
										N/A %		N/A W					
												6,35 %					
												57 W					
6. PRUEBAS EN VACIO (Pérdidas en Fe)																	
NTE INEN 2114:2004																	
NTE INEN 2115:2004																	
7. PRUEBAS DE CORTO CIRCUITO																	
Vcc		18,0 V		Icc		2,4 A		IX1		5 A		IH1					
Uz		20 °C		3,75 %		IX2		5 A		IH2		5,20 A					
												Pérdidas (W)					
												Medidas 20°C					
												Calculadas 85°C					
												Garantizadas 85°C					
												92,3					
												N/A					
8. DATOS CALCULADOS A:																	
I ² R		20 °C		65 W		Ur		3,23 %		Ux		1,9 %					
I ² R		85 °C		81 W		Ur		4,04 %		Ux		1,9 %					
												Wa 15 W					
												Wa 12 W					
												W Cu 92 W					
9. REGULACION A PLENA CARGA																	
fp		1		100 %		10. RENDIMIENTO A PLENA CARGA											
						fp		1		93,05 %							
11. CARACTERISTICAS MECANICAS																	
Masa total		276 kg		Volumen de aceite		N/A		l									
12. DIMENSIONES EXTERNAS (mm)																	
Frente		1275		Profundidad		815		Altura		1.275		13. REFRIGERACION					
												N°					
												Alto					
												m					
												Ancho					
												m					
14. PINTURA																	
												Color: Verde					
												Espesor: 173 um					
Observaciones: TRANSFORMADOR EXCLUSIVO PARA USO DEMOSTRATIVO DEL "INSTITUTO SUPERIOR TECNOLOGICO COTOPAXI"																	
Proveedor/Control de calidad:				Ing. José Barreto				Cliente/interventor:				Fecha: 2018-01-11					
Matricula No:				RAFAEL VASQUEZ RAMIREZ				Matricula No:				No Diseño:					
Firma:				TRANSFORMADORES C.A. L.1998:				Firma:									

NO. 1792356326001

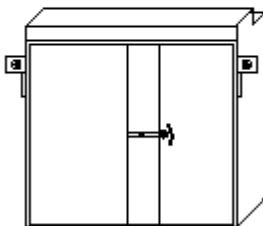
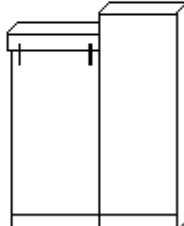
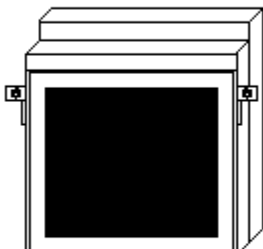
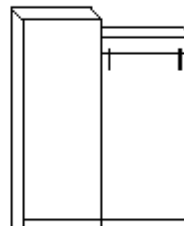

TITULO: PROTOCOLO DE PRUEBAS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. CÓDIGO: E-14-18. REVISIÓN: 01. APROBADO: 2016-10-15. PÁGINA: 1

TRANSFORMADORES C.A. L.1998 - N.º 2127 - QUITO - ECUADOR
 TEL: +593 225154290-180
 Email: info@transformadores.com - www.transformadores.com

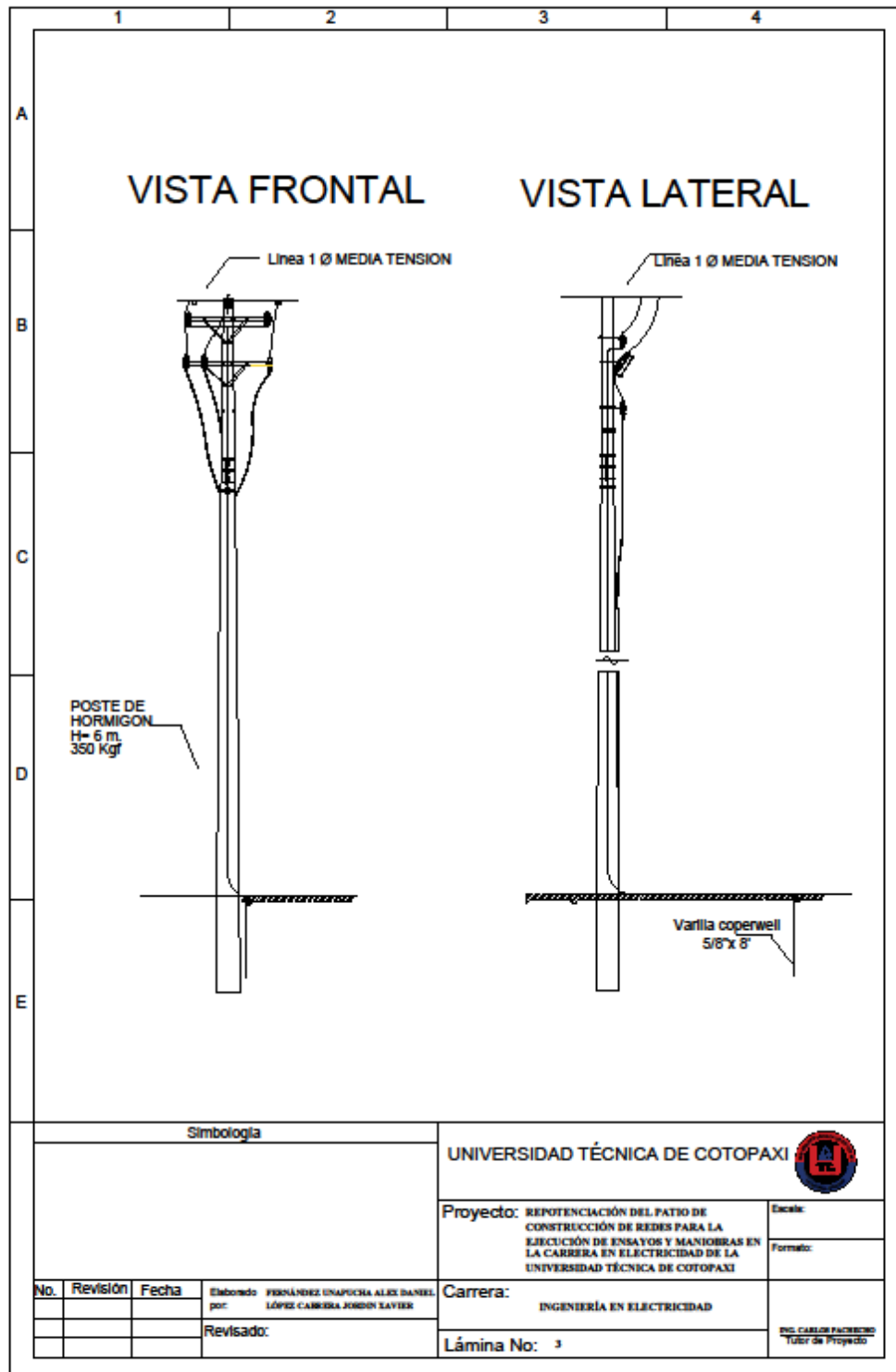
8.2. Anexo B. Diseño de la vista superior del patio de construcción de redes.



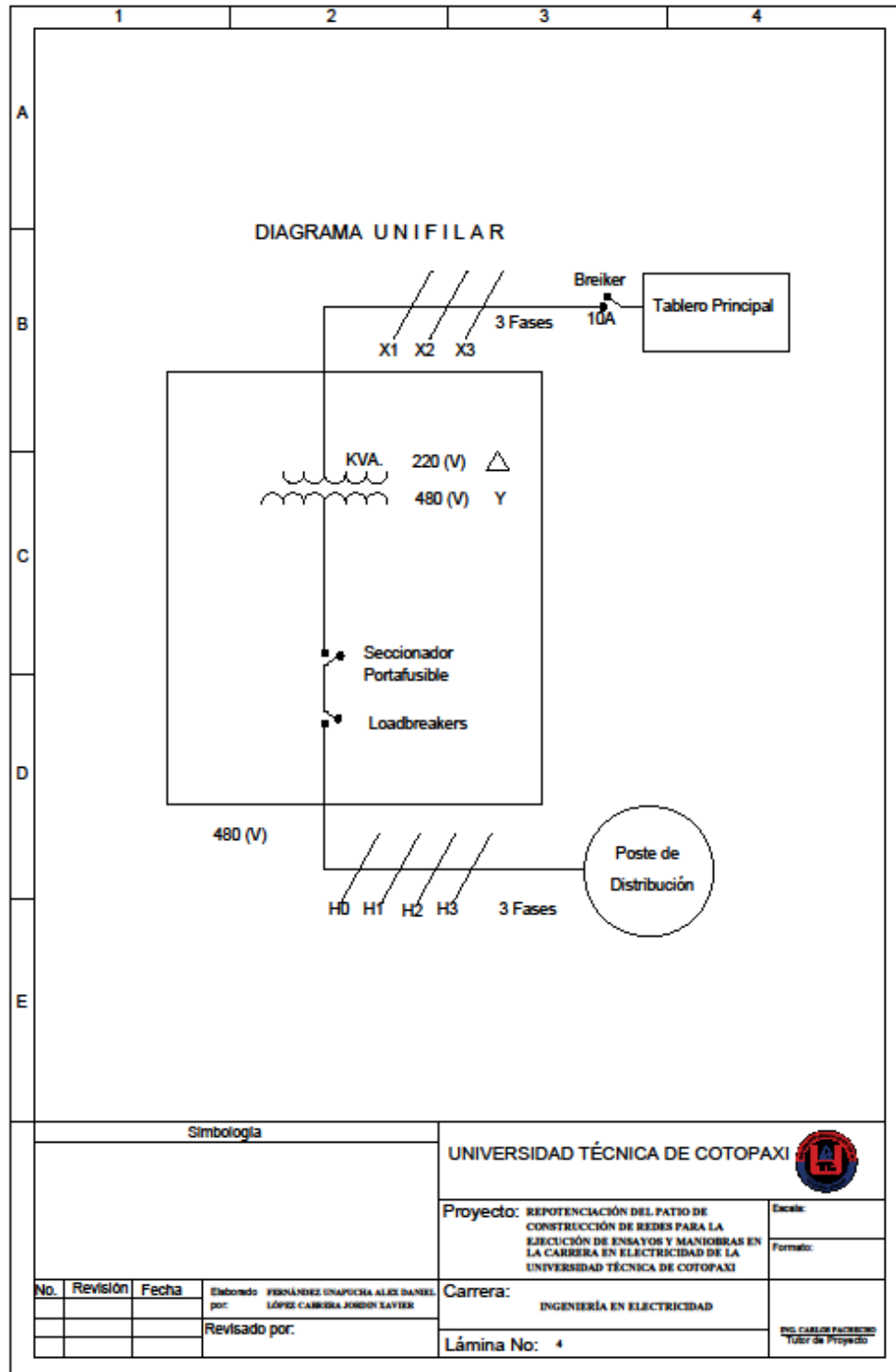
8.3. Anexo C. Diseño de las diferentes vistas del transformador Pau Mounted.

	1	2	3	4
A				
B	Vista Frente		Vista Derecha	
C				
D	Vista Posterior		Vista Izquierda	
E	<p style="text-align: center;">Simbología</p>		<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI </p>	
		<p style="text-align: center;">Proyecto: REPOTENCIACIÓN DEL PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES PARA LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS Y MANIOBRAS EN LA CARRERA EN ELECTRICIDAD DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</p>		<p style="text-align: center;">Escala:</p>
		<p style="text-align: center;">Carrera: INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD</p>		<p style="text-align: center;">Formato:</p>
No.	Revisión	Fecha	<p style="text-align: center;">Lámina No: 2</p>	
			<p style="text-align: center;">ING. CARLOS FACCHINO TUBET DE Proyecto</p>	
		<p style="text-align: center;">Elaborado: FERNÁNDEZ UNAPUCHA ALEX DANIEL por: LÓPEZ CARRERA JORDÁN EAYER</p>		
		<p style="text-align: center;">Revisado: por: TUBET del Proyecto</p>		

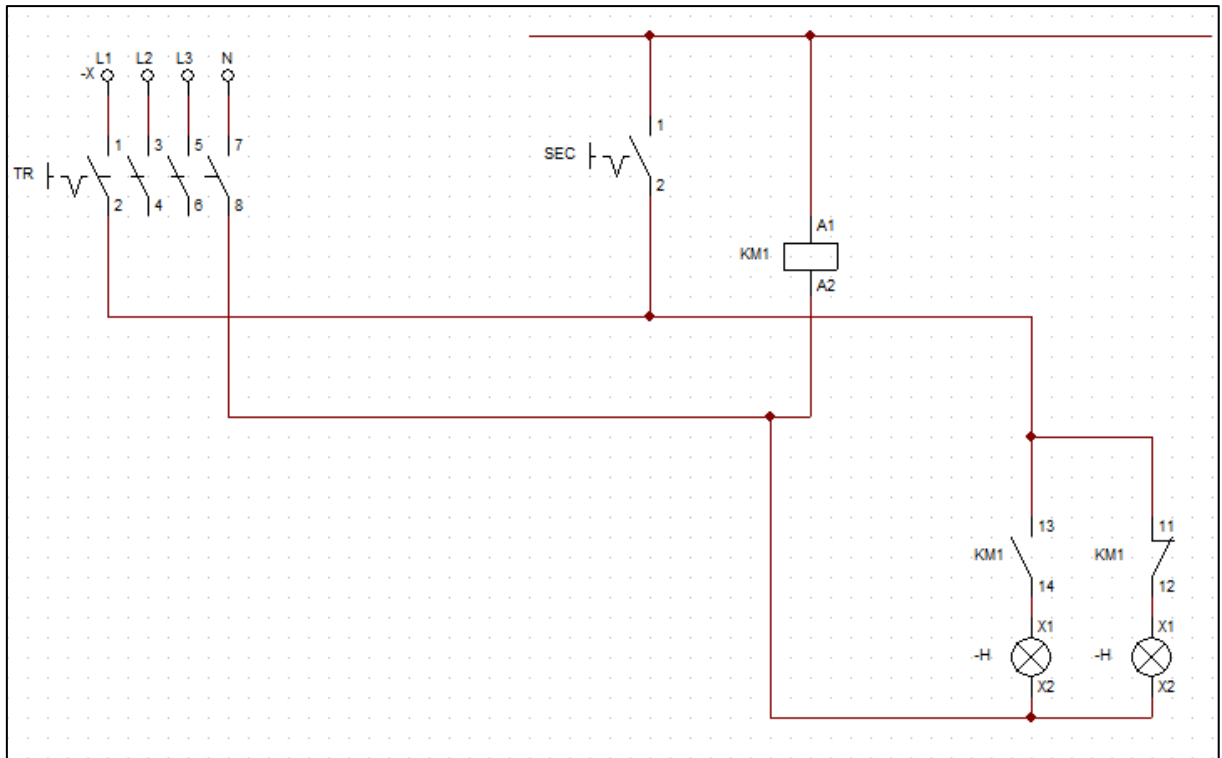
8.4. Anexo D. Diseño de la alimentación al poste de distribución.



8.5. Anexo E. Diagrama Unifilar del transformador Pau Mounted



8.6. Anexo F. Esquematización del Circuito de señalización del estado de funcionamiento del seccionador.



8.7. Anexo G. Modelado del Transformador Tipo Pau Mounted y la línea de transmisión.

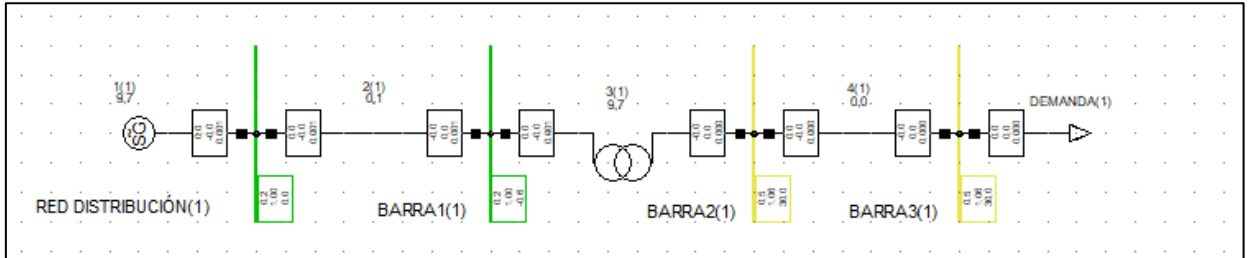


Figura 8. 1. Modelado del transformador Pau Mounted en vacío, para las respectivas pruebas.

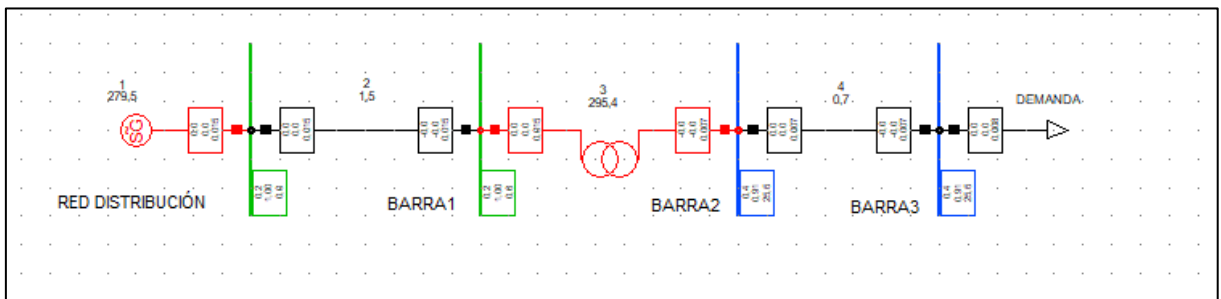


Figura 8. 2. Modelado del transformador Pau Mounted con carga de 5000W y 3000Mvar para observar cómo se comporta el transformador.

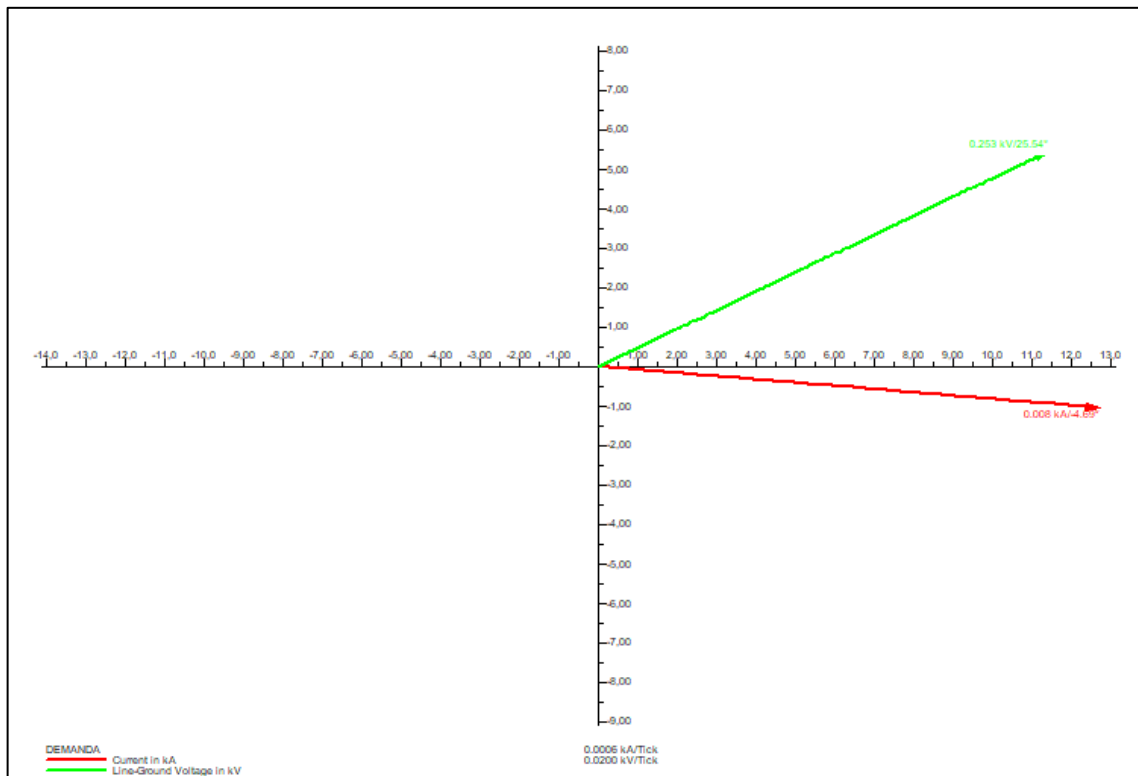


Figura 8. 3. Diagrama Vectorial entre la corriente y el voltaje.

8.8. Anexo H. Guías Practicas

8.8.1. Introducción



La formación académica de los profesionales ecuatorianos tiene como objetivo fortalecer los conocimientos y capacitarlos para desarrollar habilidades laborales. Especialmente en ocupaciones técnicas, como la ingeniería eléctrica proporcionada por la Universidad Técnica Cotopaxi, también cultiva profesionales completos cuyo conocimiento se desarrolla en el campo de la operación, planificación, diseño y construcción de sistemas eléctricos.

Con el fin de perseguir la mejora continua y lograr la excelencia académica como meta, la Universidad Técnica Cotopaxi ha ido implementando y desarrollando gradualmente la infraestructura adecuada para el proceso de aprendizaje. El trabajo de investigación actual se basa en el Patio de Construcción de Redes de la profesión de ingeniero eléctrico. La práctica se realiza a través de la tutoría del docente. El laboratorio cuenta con el equipamiento técnico actual para la implementación de prácticas y procedimientos orientados al control de distribución y pruebas en el transformador tipo pedestal, por ejemplo:

- Estructuras aéreas de Distribución.
- Megger MIT 520/2
- Megger TTR-100
- PMM-1 (Multímetro de potencia)
- TR-8703 (Medidor de relación de espiras de transformador)
- Módulo de Pruebas
- Telurómetro

Se determinó que es importante que el laboratorio cuente con guías técnicas o prácticas preestablecidas de los equipos, para un mejor desarrollo de las actividades dirigidas a los alumnos en cuanto al manejo, armado y ejecución de estas, con ello se logrará precautelarse la vida útil de los equipos y la disminución de daños generados en los estudiantes que realizan la manipulación de los equipos en el laboratorio.

8.8.2. Anexo I: Protocolo de Seguridad

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI					
FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD		
ASIGNATURA:	REDES Y MEDIO VOLTAJE	PERÍODO ACADÉMICO:	202__- 202__	NIVEL	
DOCENTE:		FECHA dd /mm /aa:		PRÁCTICA N°:	1
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:		PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	Protocolo de Seguridad Métodos y procedimientos de seguridad para trabajos en el Patio de Construcción de Redes				
INTRODUCCIÓN:					
<p>Al momento de realizar prácticas en una línea de distribución o en un transformador se deben tomar en cuenta diferentes normas y reglas para precautelar la seguridad del personal que esa realizando los diferentes trabajos ya sean con equipos de medición o con implementos para realizar maniobras o algún tipo de trabajo en la línea o en los diferentes componentes de seguridad. Para lo cual se plantea este protocolo de seguridad en donde se hará referencia a las precauciones y distancias de seguridad que se deben tomar para preservar la integridad de los estudiantes de pregrado de la Universidad Técnica de Cotopaxi.</p>					
RIESGO ELÉCTRICO Y NORMATIVAS					
A continuación, detallamos el equipo de protección personal (EPI) que se debe utilizar en este tipo de trabajos y la normativa que se aplica a cada artículo.					
Protección de la cabeza					
La función principal de un casco protector es evitar golpes o impactos, pero cuando estemos trabajando en una situación de peligro eléctrico, debemos tener en cuenta que también debe protegernos del paso de corriente eléctrica al cuerpo de los trabajadores por la cabeza.					
					
Figura 1. Casco de protección					
Protección facial y ocular					
Máscara para evitar un arco de cortocircuito. Deben tener un grosor mínimo de 1,2 mm como mínimo, una altura de visión libre vertical de 150 mm como mínimo y un nivel de protección de 2-1,2 o 3-1,2.					
					
Figura 2. Protección facial					
Protección de manos					

Guantes eléctricamente aislantes. Se utiliza para evitar que pase la corriente cuando entra en contacto con componentes activos.



Figura 3. Guantes dieléctricos

Calzado aislante de la electricidad

El calzado está diseñado para proporcionar una fuerte resistencia para evitar que la corriente eléctrica penetre en el cuerpo del usuario.

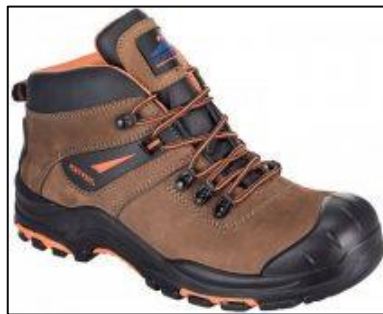


Figura 4. Botas dieléctricas

Botón de Emergencia

Los botones de parada de emergencia (E-Stop) son un componente importante de seguridad de muchos circuitos eléctricos, especialmente que controlan equipos peligrosos como son los transformadores, chapas eléctricas. Están diseñados para permitir que un operador o espectador pueda parar el equipo en un apuro si algo va mal.



Figura 5. Botón de Emergencia

DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Se define como distancias de seguridad a la separación mínima medida entre cualquier punto a tensión plena y la parte más próxima del cuerpo del operario o de las herramientas no aisladas por él utilizadas, en la situación más desfavorable que pudiera producirse. Esta distancia, se deberá tener en cuenta a los efectos de prevenir riesgos de electrocución en trabajos realizados en la proximidad de partes no aisladas de instalaciones eléctricas en servicio. Cada Empresa fijará en sus M. O. o normas de procedimiento las distancias de seguridad según sea el método de trabajo (a distancia, a potencial o a contacto) según la siguiente tabla [1].

Tabla 1. Transcripción de la Ley 19.587; Decreto 351/79

Niveles de tensión	Distancias mínimas
De 0 a 50 Volt	Ninguna
Más de 50 V hasta 1 kV	0,80 m.
Más de 1 kV hasta 33 kV	0,80 m (1)
Más de 33 kV hasta 66 kV	0,90 m (2)
Más de 66 kV hasta 132 kV	1,50 m (2)
Más de 132 kV hasta 150 kV	1,65 m (2)
Más de 150 kV hasta 220 kV	2,10 m (2)
Más de 220 kV hasta 330 kV	2,90 m (2)
Más de 330 kV hasta 500 kV	3,60 m (2)

MÉTODOS DE TRABAJO. Se distinguen tres métodos de trabajo, según la situación del operario respecto a las partes bajo tensión, según los medios que emplee para prevenir los riesgos de electrocución y de cortocircuito. Con referencia a estos métodos, se indica que los mismos pueden ser empleados independientemente uno del otro o combinados entre sí [1].

- **Trabajo a Contacto.** En este método el operario ejecuta la tarea con sus manos y brazos correctamente protegidos mediante elementos aislantes (guantes, protectores de brazos y otros) manteniendo siempre doble nivel de aislamiento con respecto a distintos potenciales.
- **Trabajo a Distancia.** En este método, el operario se mantiene separado de los conductores o de las partes a potencial, conservando las distancias de seguridad (tabla 1.) y ejecuta el trabajo con ayuda de herramientas montadas en el extremo de pértigas, cuerdas u otros elementos aislantes.
- **Trabajo a Potencial.** En este método el operario trabaja con sus manos, colocándose al mismo potencial del conductor o de la estructura conductora, mediante un dispositivo aislante apropiado al nivel de tensión al que se verá sometido. Ello obliga a mantener las distancias de seguridad (tabla 1.) con respecto a tierra, con relación a los conductores y/o estructuras conductoras que se encuentren a un potencial distinto. Mientras el operario es transferido desde el potencial de tierra al potencial de la instalación bajo tensión y de regreso a tierra, el operador no quedará ligado a ningún potencial fijo, se dice entonces que el mismo se encuentra expuesto a un potencial flotante.

REGLAS DE ORO DEL ELÉCTRICO PROFESIONAL

1. Elabore un diagrama eléctrico unifilar.
2. Realizar el corte visible.
 - Corte visible adyacentes a disyuntores, interruptores, reconectores.
 - Seccionadores SB, SRA, SF, lazos y apertura de cartuchos fusibles en BT.
3. Realizar el bloqueo de los cortes visibles.
4. Compruebe la ausencia de tensión.
5. Instale lo más cerca posible de la zona de trabajo, la puesta a tierra y en cortocircuito.
6. Delimitar físicamente la instalación.
7. Hacer constar la conformidad de la consigna, mediante la firma.

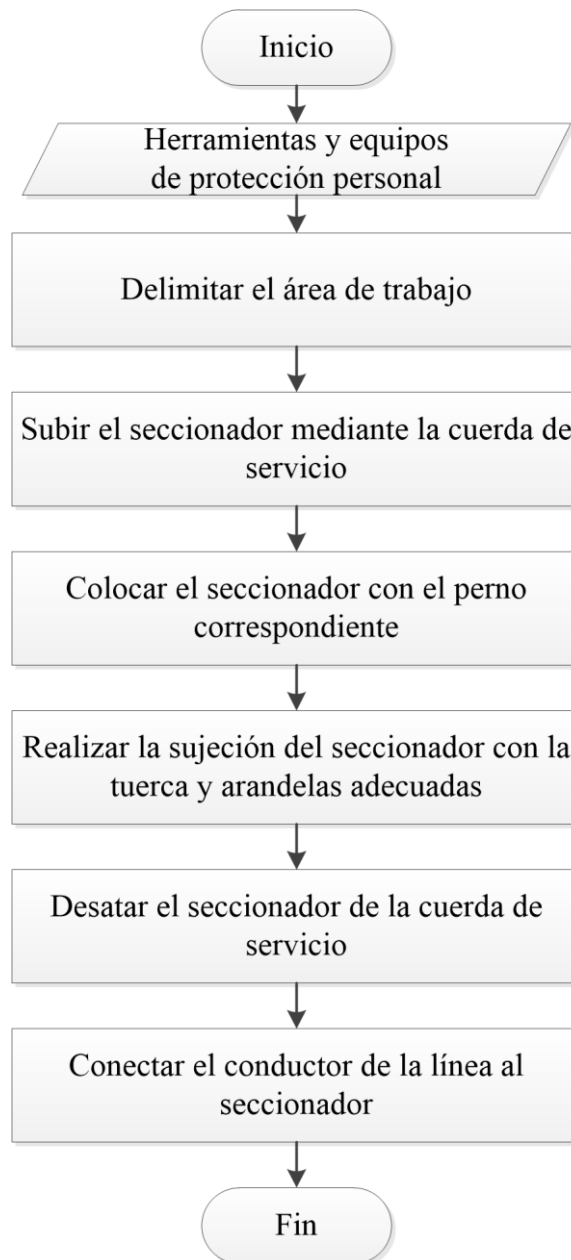


Figura 6. Metodología para realizar el armado de estructuras.

Normativas

- Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE [2].

OBJETIVOS:
GENERAL
Aprender sobre los métodos y procedimientos de seguridad que se deben aplicar para realizar los trabajos en transformadores y líneas de transmisión
ESPECÍFICOS
<ul style="list-style-type: none"> • Conocer sobre los elementos de protección personal (EPP) y cuál es su función. • Aprender sobre las reglas de oro que se deben aplicar en los trabajos y prácticas que se desarrollaran en el patio de construcción de redes.
LISTADO DE RECURSOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Zapatos de seguridad, con puntera de PVC y con caña alta. • Casco de seguridad, con barbiquejo. • Guantes de cuero y/o dieléctricos.
ADVERTENCIAS
<ul style="list-style-type: none"> • Identificación del estado de materiales y equipos. • Comprobar la presencia de tensión cuando se vaya a realizar la práctica. • Tener en cuenta las Reglas de oro del electricista.
INSTRUCCIONES:
<ul style="list-style-type: none"> • Usar la escalera telescópica de manera adecuada. • Utilizar ropa, guantes y zapatos adecuados para el trabajo en alturas. • Respetar la señalización existente en el área de trabajo.
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Normas a seguir para el uso del patio de construcción de redes.
PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD
PROCEDIMIENTOS PRELIMINARES
<ol style="list-style-type: none"> 1. Antes de iniciar cualquier tipo de trabajo en el patio de Construcción de Redes, se debe en primer lugar ingresar en el laboratorio de Alto Voltaje y presionar el pulsador para poder abrir la cerradura Magnética. 2. Consiguiente, cualquier tipo de trabajo en el BT, se debe determine en qué conductor o dispositivo se realizará los trabajos. 3. Todas las instalaciones se considerarán en tensión, siempre que no se utilicen para la verificación equipos, detectores o verificadores diseñados para tal fin. 4. Las escaleras de metal, los flexómetros y otros componentes de material conductor no deben usarse para ningún tipo de trabajo energizado o en vivo. 5. Siempre que sea posible, la parte de instalación que se va a trabajar debe estar desenergizado. 6. Si es necesario, ilumine completamente el área de trabajo. 7. Prepare herramientas y equipo de protección personal, verifique su estado, especialmente los guantes (enrolle los guantes, cuando estén llenos de aire, verifique que no haya pérdida). 8. Verifique que el voltímetro o detector de BT esté funcionando correctamente. (Realice inspecciones periódicas).

9. En caso de alguna emergencia que se produzca dentro del patio de construcción de redes se debe presionar el botón de emergencia que se encuentra dentro del mismo. Para comenzar la evacuación.

PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO EN LOS COMPONENTES DEL PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES

Transformador

1. Al Ingresar al Patio de construcción de redes, uso permanente de guantes de trabajo dieléctricos y zapatos de seguridad con puntera de PVC y caña alta.
2. Mantener las herramientas de mano en buen estado y libres de aceites.
3. Debe mantener una distancia con mínima con el equipo energizado de 0,80m ya que el Transformador está en el rango de voltaje de 50 V hasta 1 kV.
4. Al realizar las guías prácticas todos los instrumentos deben poseer en su funda una copia del diagrama de conexión, que el estudiante de pre grado debe conocer y utilizar antes de efectuar cualquier medición.

Poste

1. Realizar la operación en media tensión, utilizando guantes de goma (dieléctricos), de acuerdo al nivel de tensión del sistema, verificar que las pértigas se encuentren en buen estado y estén con su mantenimiento al día.

RESULTADOS OBTENIDOS:



Figura 7. Pulsadores de apertura del Patio.



Figura 8. Luz de aviso de prueba en proceso.

CONCLUSIONES:

- Los elementos de protección personal juegan un papel de suma importancia, ya que, con su correcto uso reducen los riesgos para los operarios, debido a que cada uno protege una zona específica de la persona que lo use.
- Es imprescindible tomar en cuenta las reglas de oro ya que esta nos dan a conocer las consideraciones que se deben tomar para realizar prácticas en el patio de construcción de redes, debido a que en este lugar se realizaban prácticas en el transformador o en las líneas energizadas en algunos casos.

RECOMENDACIONES:

- Leer el procedimiento de armado de estructuras mostrada en la guía de práctica.
- Utilizar correctamente todos los equipos de protección personal.
- Tratar con suma delicadeza cada equipo y material para evitar daños que puedan ocasionar que problemas en el sistema de potencia.
- Se recomienda asesorarse con el docente encargado para solucionar cualquier duda.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. F. Jorba Martínez, “Prevención de Riesgos en Trabajos con Corriente Eléctrica,” no. colombia, p. 231, 2009, [Online]. Available:
www.oitcinterfor.org/sites/default/files/preve_electrica.pdf.
- [2] Minenergía, “Energía Eléctrica - Ministerio de Minas y Energía GM.”
<https://www.minenergia.gov.co/retie> (accessed Aug. 26, 2021).

8.8.3. Anexo J: Montaje de Estructuras Aéreas de Soporte 3CD

GUÍA PRÁCTICA					
FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD		
ASIGNATURA:	REDES Y MEDIO VOLTAJE	PERÍODO ACADÉMICO:	202_-202_	NIVEL	
DOCENTE:		FECHA: dd /mm /aa		PRÁCTICA N°:	2
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:	PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES				
TEMA DE LA PRÁCTICA:	MONTAJE DE ESTRUCTURAS AÉREAS DE SOPORTE 3CD				

INTRODUCCIÓN:

La estructura es la forma de alcanzar una resistencia eficaz empleando un mínimo material, por medio del uso más idóneo de las formas y los materiales. Conseguir lo máximo mediante lo mínimo. La estructura no radica en crear algo más robusto añadiendo masa y volumen, sino empleando menos materiales de la forma más conveniente alcanzando de esta manera la resistencia requerida. Así, en el campo eléctrico se aplica la misma teoría para transportar la energía eléctrica de manera idónea, las partes principales de un sistema aéreo son: postes, conductores, crucetas, aisladores, herrajes, equipos de seccionamiento y protección [1]. Cada material empleado debe garantizar la calidad del servicio contra condiciones meteorológicas y ambientales.

Poste Eléctrico

Los postes constituyen las estructuras de soporte de los equipos, artefactos de alumbrado y conductores, son los elementos más indefensos de la instalación debido a que están exhibidos a eventuales impactos de automóviles. Generalmente los tipos de postes que existen son: postes de madera, de hormigón y metálico [2]. En el patio de Construcción de redes se dispone de postes de hormigón, estos se distinguen en 4 tipos:

- **Poste de hormigón armado:** Es el más empleado en baja tensión, su principal ventaja radica en su duración ilimitada y de no necesitar mantenimiento, mientras que la desventaja de este es el costo ya que al presentar mayor peso aumentan los gastos de transporte.
- **Poste de hormigón armado vibrado:** Estos son fabricados con la finalidad de mejorar las cualidades del hormigón armado. Presentan una altura entre 7 y 18 metros y su sección es rectangular o en forma de T. La ventaja principal es que pueden ser fabricados en el sitio, por lo tanto, el costo de transporte sería despreciable.
- **Poste de hormigón armado centrifugado:** Estos se utilizan desde electrificaciones en ferrocarriles, en líneas rurales en baja tensión y alta tensión incluido líneas de 220 kV, mástiles para alumbrado exterior, en suma, en combinación con varios postes se puede realizar configuraciones de apoyos de ángulo, derivación, anclaje, etc.
- **Poste de hormigón armado pretensado:** Este tipo de poste es cada vez más utilizado debido a su costo mucho más económico que los postes de hormigón corrientes.

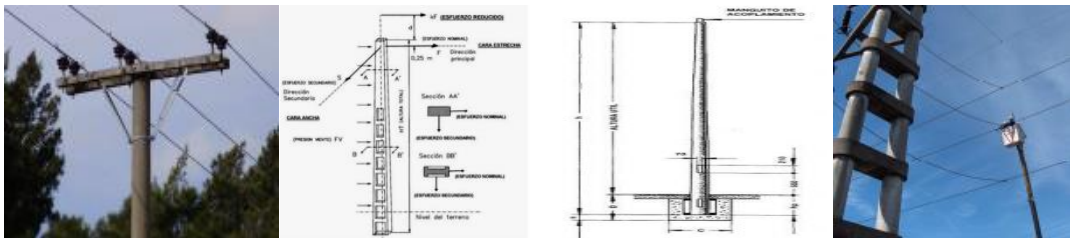


Figura 1. Postes de hormigón: armado, vibrado, centrifugado y pretensado [2].

El poste del que se dispone para la práctica de laboratorio es de hormigón armado.

Conductor:

El conductor de aluminio con refuerzos de acero (ACSR) se emplea en las líneas aéreas donde se solicita más propiedades mecánicas de tensión y cuando bordean las distancias entre los 100 a los 120 m. El calibre del conductor empleado en la práctica de laboratorio es de 1/0, está conformado de 7 hilos de alambres aluminio de diámetro 3.119 mm y con un diámetro exterior de 9.36 mm, cableado concéntricamente, el peso total es de 570 kg en 3450 m. Por otro lado, el calibre del conductor para el neutro es número 2 y está conformado por 7 hilos de alambres de aluminio de diámetro 2.474 mm, con un diámetro exterior 7.42 mm cableado concéntricamente [3].



Figura 2. Conductor ACSR [3].

Cruceta

Las crucetas son utilizadas para soportar y fijar aisladores y accesorios utilizados en instalaciones aéreas. La cruceta empleada en la práctica de laboratorio está construida de acero galvanizado 2.4 m de longitud, con perfil angular de igual medida de 2 1/2" y un espesor de 1/4". La cruceta posee 12 aberturas frontales con diámetro 20.5 mm, para la instalación de los pernos pin, platinas y soportes. En la parte superior tiene 10 perforaciones, seis agujeros tipo ojo chino, para la instalación de los pernos U, espárragos y pernos tipo ojo y cuatro agujeros de diámetro 205 mm para sujetar los pies de amigos por medio de los pernos máquina.

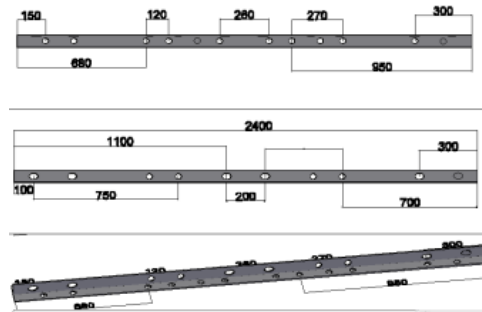


Figura 3. Cruceta [3].

Aisladores

En líneas aéreas con conductores desnudos es necesario aislar los conductores de los postes. Para ello se recurre al uso de aisladores. Según indica el análisis y evaluación de la red de distribución, los aisladores empleados en baja tensión son de porcelana, vidrio u otros materiales equivalentes y resisten las acciones de la intemperie, la fijación de los aisladores a los postes y armados se hace mediante roscado o cementación, los aisladores utilizados en baja tensión son de tipo fijo, esto es, la unión con el poste se realiza mediante un herraje fijo, no pudiendo el aislador cambiar de posición tras su montaje [4]. En la práctica de laboratorio se dispone de los siguientes aisladores:

- **Aislador polimérico suspensión:** Sus ventajas sobre los aisladores tradicionales, tales como la resistencia a la contaminación ambiental, el hecho de ser imperforables por las descargas atmosféricas, la protección contra el vandalismo, el peso reducido que facilita su transporte y el hecho de sustituir las cadenas de aisladores por un exclusivo implemento polimérico, ha ocasionado que su utilización sea una opción viable en la construcción de líneas de distribución [5].



Figura 4. Aislador polimérico suspensión [5].

- **Aislador Pin:** Posee unas campanas que permiten que las gotas de la lluvia caigan fácilmente, la cabeza del aislador está diseñada con radios de curvaturas para la colocación del cable conductor sin provocar el deslizamiento de este y las dimensiones del cuello deben estar construidas para atar el cable de aluminio, la parte inferior del aislador tiene una abertura roscada de diámetro de 35 mm y una profundidad de 51 mm [3].



Figura 5. Aislador tipo pin [3].

Herrajes

En el caso de líneas aéreas con conductor aislado en haz, los accesorios de sujeción del cable a los postes o fachadas se denominan herrajes. Según indica el análisis y la evaluación de la red de distribución, los accesorios deben estar protegidos contra la corrosión y envejecimiento que resistan los esfuerzos mecánicos a que puedan estar sometidos [4].



Figura 6. Aislador tipo rodillo [4].

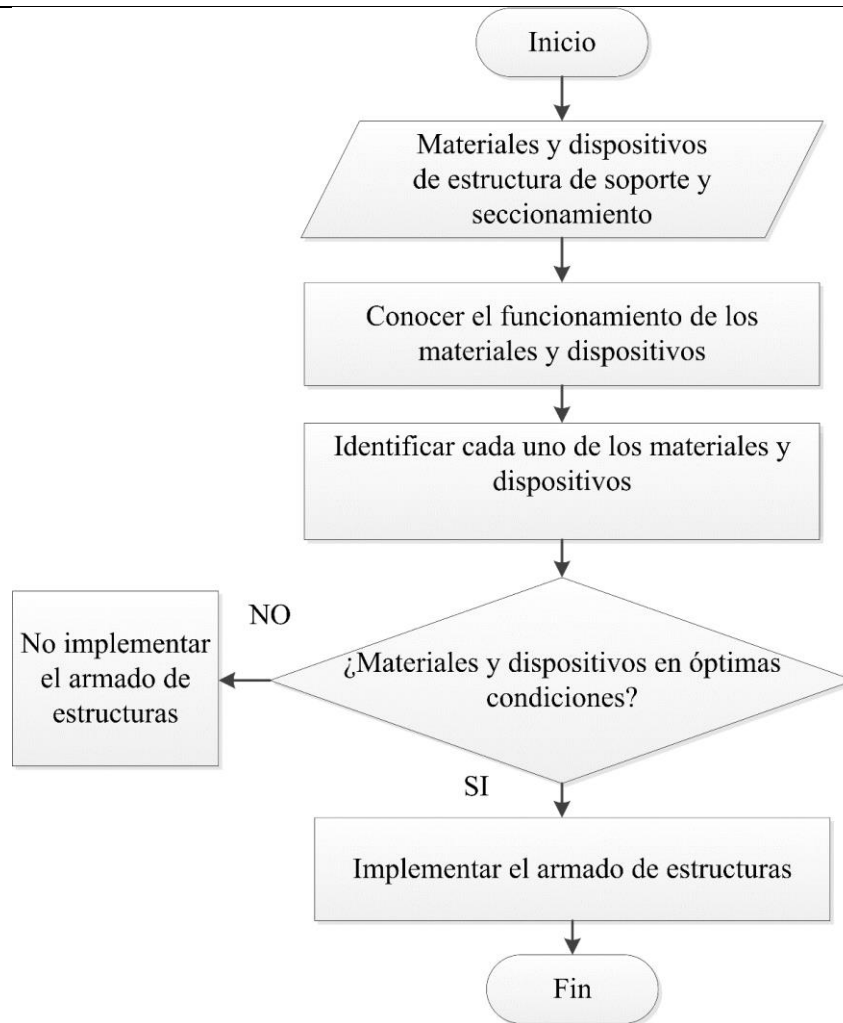


Figura 7. Metodología para realizar el armado de estructuras.

Normativas

- Normas para sistemas de distribución, parte B. Unidades de propiedad y construcción [7].

OBJETIVOS:

GENERAL

Implementar el armado de estructuras sobre el poste de hormigón armado del patio de construcción de redes de la Universidad Técnica de Cotopaxi

ESPECÍFICOS

- Conocer funcionamiento de cada uno de los materiales y dispositivos de estructura de soporte, seccionamiento y seguridad.
- Identificar cada uno de los materiales y dispositivos de estructura de soporte, seccionamiento y seguridad.
- Conocer cuáles son las herramientas que se deben usar para el armado de las estructuras de soporte, seccionamiento y seguridad.

LISTADO DE RECURSOS:

Estructura ESV-3CD

Referencia (Gráfico)	Unidad	Descripción	Cantidad
1	c/u	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 mm (3 x 3 x 1/4")	2
2	c/u	Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 700 mm (1 1/2 x 1 1/2 x 1/4 x 27 9/16")	4
3	c/u	Perno ojo de acero galvanizado, 4 tuercas, 4 arandelas planas y 4 de presión, 16 x 254 mm (5/8 x 10")	2
4	c/u	Tuerca ojo ovalado de acero galvanizado, perno de 16 mm (5/8")	4
5	c/u	Perno pin punta de poste simple de acero galvanizado, con accesorios de sujeción, 19 x 457 mm (3/4 x 18")	1
6	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 4 pernos, 38 x 4 x 140 mm (1 1/2 x 5/32 x 5 1/2")	1
7	c/u	Perno máquina de acero galvanizado, tuerca, arandela plana y presión, 16 x 38 mm (5/8 x 1 1/2")	4
8	c/u	Perno rosca corrida de acero galvanizado, 4 tuercas, 4 arandelas planas y 4 de presión, 16 x 306 mm (5/8 x 12")	2
9	c/u	Aislador espiga (pin), porcelana, con radio interferencia, 25 kV, ANSI 56-1	3
10	c/u	Aislador de suspensión, caucho siliconado, 25 kV, ANSI DS-28	6
11	c/u	Grapa de aleación de Al, terminal apernado, tipo pistola	6
12	c/u	Horquilla de acero galvanizado, para anclaje 16 x 75 mm (5/8 x 3")	4
13	M	Alambre de Al, desnudo sólido, para atadura, 4 AWG	6
14	c/u	Perno pin de acero galvanizado, rosca plástica de 50 mm, 19 x 305 mm (3/4" x 12")	2
15	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 4 pernos, 38 x 4 x 140 mm (1 1/2 x 5/32 x 5 1/2")	1
16	c/u	Conector de aleación de Al, compresión tipo "H"	3
17	c/u	Horquilla de acero galvanizado, para anclaje 16 x 75 mm (5/8 x 3")	2
SUSTITUTIVOS			
1	c/u	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 70 x 70 x 6 mm (2 3/4 x 2 3/4 x 1/4")	2
1	c/u	Cruceta de plástico reforzado con fibra de vidrio, universal, perfil "L" 75 x 75 x 9 mm (2 61/64 x 2 61/64 x 23/64")	2
3/4/12	c/u	Pletina de acero galvanizado, para unión y soporte 75 x 6 x 420 mm (3 x 1/4 x 17")	2
3/4/12	c/u	Perno máquina de acero galvanizado, tuerca, arandela plana y presión, 16 x 38 mm (5/8 x 1 1/2")	4
5	c/u	Perno punta de poste de acero galvanizado, tacho, 70 x 450 mm (2 3/4 x 18")	1
5	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 3 pernos, 38 x 4 x 140 mm (1 1/2 x 5/32 x 5 1/2")	2
6/4	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 2 pernos, extensión doble, 50 x 6 x 140 mm (2 x 1/4 x 5 1/2")	1
10	c/u	Aislador de suspensión, porcelana, 7, 5 kV, ANSI 52-1	18
11	c/u	Grapa horquilla - guardacabo, de acero galvanizado	6
11	c/u	Retención preformada, para cable de Al	6
16	c/u	Conector de aleación de Cu - Al, ranuras paralelas, con separador, dos pernos laterales	3

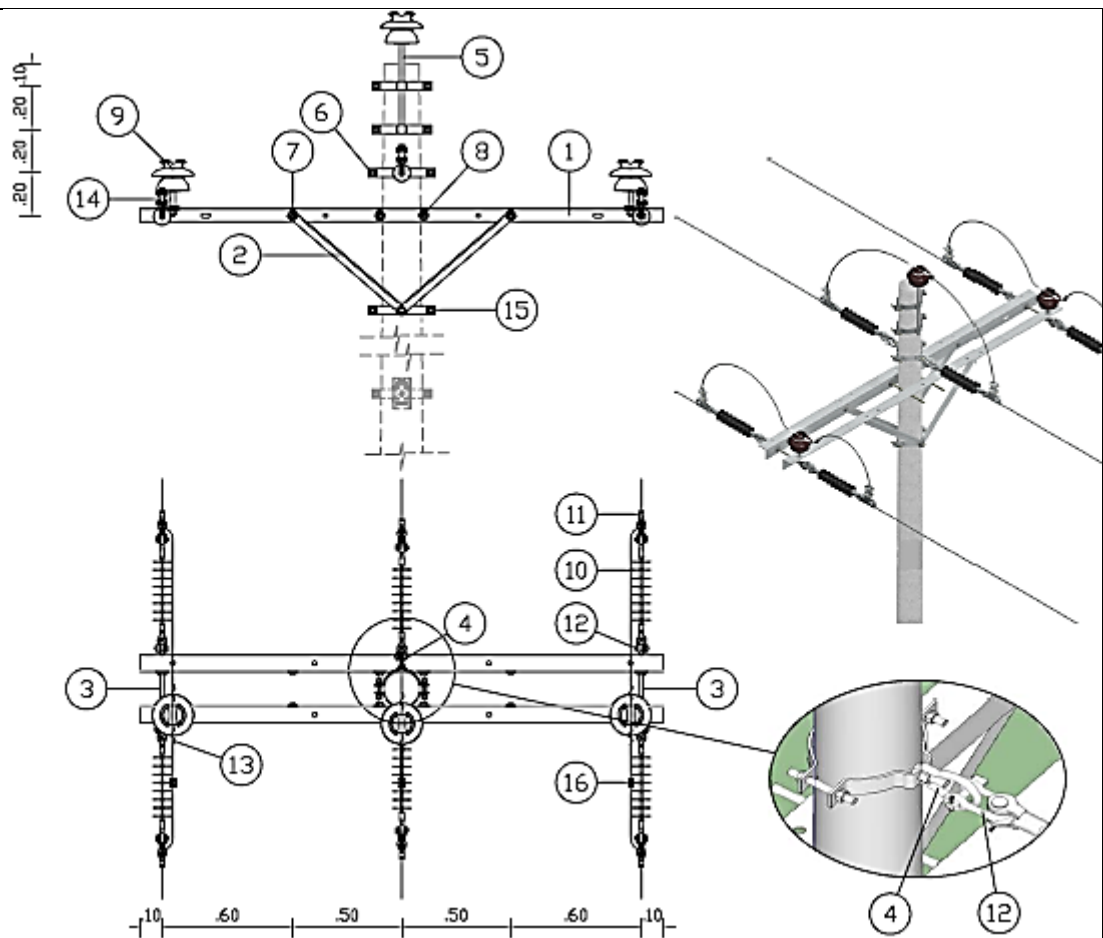


Figura 8. Partes de la estructura.

Herramientas:

- Llave N° 23 y N° 15.
- Playo aislado.
- Llave de pico aislada.
- Escalera telescópica de extensión pies.
- Cuerda de servicio.

ADVERTENCIAS

- Identificación del estado de materiales y equipos.
- Corroborar el corte de energía eléctrica cuando se vaya a realizar la práctica.

INSTRUCCIONES:

- Usar escaladoras y cintura de manera adecuada.
- Comprobar que el área de trabajo esté libre de líquidos.
- Utilizar ropa, guantes y zapatos adecuados para el trabajo en alturas.
- Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

2. Armado de estructura (En el suelo)
3. Montaje de estructura (En el poste)
4. Preparación para amarre del aislador pin (En el suelo).

5. Colocación de aisladores pin (En el poste).
6. Colocación de aisladores de suspensión (En el poste)

PROCEDIMIENTO

REGLAS DE ORO

8. Realizar el bloqueo de los cortes visibles.
9. Delimitar físicamente la instalación.
10. Hacer constar la conformidad de la consigna, mediante la firma.

- **Armado de estructura:** En primer lugar, se debe consolidar la primera cruceta con los pernos tipo ojo y espárragos como se aprecia en la figura 13.

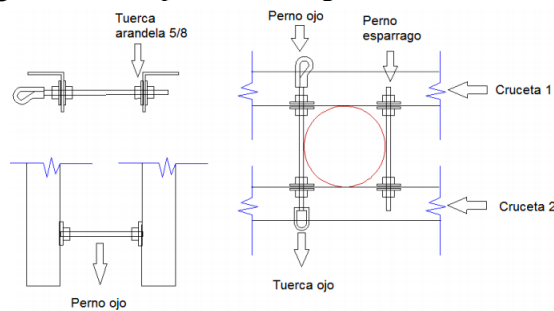


Figura 9. Sujeción de las crucetas con los pernos tipo ojo y espárrago.

Para montar la segunda cruceta se procederá de la siguiente manera:

1. Colocar la tuerca y arandela al fondo de todos los pernos tipo ojo y espárragos.
2. Insertar los primeros pernos tipo ojo y espárrago en el centro de la primera cruceta.
3. Insertar los otros dos pernos tipo ojo en los extremos de la primera cruceta.
4. Colocar la arandela y tuerca a todos los pernos y con dos llaves se ajustará las tuercas en ambos lados de la primera cruceta.
5. Situar una tuerca y arandela a todos los pernos tipo ojo y espárrago aproximadamente a 6 cm de distancia para seguidamente insertar la segunda crucera.
6. Poner las arandelas y tuercas a todos los pernos.
7. Tomar en consideración que no se debe ajustar las tuercas de la segunda cruceta hasta no emboar en el poste.
8. Instalar cuatro pies de amigos (2) en las dos crucetas (1) con sus respectivos pernos de máquina (3).
9. Colocar los tres pernos pin (4) en cada cruceta, apreciar figura 14.

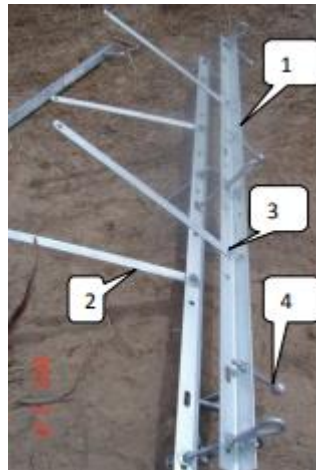


Figura 10. Armado de la estructura ESV-3CD

- **Montaje de estructura:** Para el montaje se requiere de cuatro linieros, dos linieros que van a encargarse de armar la estructura y de subir la misma a través de una cuerda de servicio, y los otros dos linieros que embonarán la estructura al poste. Se realizará el siguiente procedimiento:
 1. Los linieros que están en la parte superior embonan la estructura al poste y colocan los cuatro pies de amigos a los pernos de la abrazadera de acero galvanizado.
 2. Medir la distancia de separación de los extremos de las dos crucetas con el objetivo de que estén iguales.
 3. Ajustar las tuercas con dos llaves mixtas a los lados de la cruceta.
 4. Nivelar la estructura colocando un nivel de mano en el centro de la cruceta y cerciorarse que estén alineadas con las estructuras contiguas.

- **Preparación para amarre del aislador pin:**
 1. Utilizar alambre de aluminio completamente templado.
 2. Emplear la medida que se pueda manejar fácilmente y que al mismo tiempo proporcione la fuerza necesaria.
 3. Usar la longitud suficiente para hacer el amarre completo, incluyendo un sobrante para agarrar con las manos. Lo que sobre debe cortarse de cada extremo después de completar el amarre. Apreciarse la figura 15.

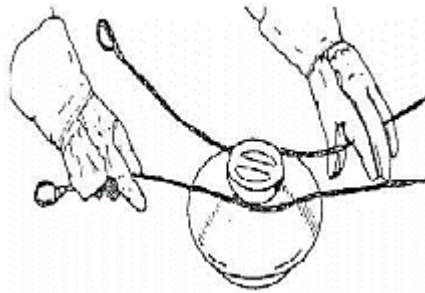


Figura 21. Preparación del amarre en aislador espiga (pin)

- **Colocación de aisladores pin:** Para colocar los aisladores pin se realizará el siguiente procedimiento:
 1. Enviar mediante la cuerda de servicio los aisladores pin ya preparados, en este instante se debe tomar mucho cuidado para evitar cualquier tipo de golpes que pueda deteriorar el elemento.
 2. Introducir el aislador en los orificios de la cruceta.
 3. Asegurar el aislador con ayuda de los pernos pin.
 4. Realizar el amarre del perno pin con la línea de distribución.

- **Colocación de aisladores de suspensión:** Para realizar la puesta de los aisladores de suspensión se debe seguir el procedimiento siguiente:
 1. Subir las tuercas de ojo al punto de trabajo fijarlas a las crucetas a través del perno pasante.
 2. Subir las cadenas de aisladores de suspensión y las grapas terminales al punto de trabajo.
 3. Asegurar la cadena de aisladores con su respectiva grapa a las tuercas de ojo, considerando la configuración de doble retención.

RESULTADOS OBTENIDOS:



Figura 32. Armado de la estructura 3CD.

CONCLUSIONES:

- Se deben contar con todos los materiales y herrajes necesarios para armar un tipo de estructura específica o sus materiales sustitutivos ya que de esto dependerá el correcto armado de la misma.
- Al armar estructuras se deben tomar en cuenta los armados que se pueden realizar al nivel del suelo para de esta forma facilitar el armado en un nivel superior de altura minimizando las acciones a realizar en el mismo.
- Considerar todas las herramientas necesarias para armar las estructuras o herramientas que puedan sustituir la función de otras de ser necesario.

RECOMENDACIONES:

- Leer el procedimiento de armado de estructuras mostrada en la guía de práctica.
- Utilizar correctamente todos los equipos de protección personal.
- Tratar con suma delicadeza cada equipo y material para evitar daños que puedan ocasionar que problemas en el sistema de potencia.
- Se recomienda asesorarse con el docente encargado para solucionar cualquier duda.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] K. Vargas, “Homologación De Precios Unitarios Para La Construcción De Redes Eléctricas Aéreas De Distribución En El Ecuador,” 2015, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>.
- [2] E. Faletti, “Postes de Baja y Torres de Alta Tensión,” pp. 1–7, 2011.
- [3] F. Santamaria, “Construcción de una red de distribución trifásica 13.2 kV para la sección 67 y Tigre en el bloque Gustavo Galindo Velasco,” 2013.
- [4] L. Samaniego, “Análisis y evaluación de la red de distribución en media y baja tensión para mejorar los índices y niveles de calidad en el suministro eléctrico,” *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 26, no. 3, pp. 1–4, 2019, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11273-020-09706->

8.8.4. Anexo K: Montaje de Estructuras Aéreas de Soporte 3CP

GUÍA PRÁCTICA					
FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD		
ASIGNATURA:	REDES Y MEDIO VOLTAJE	PERÍODO ACADÉMICO:	202_-202_	NIVEL	
DOCENTE:		FECHA: dd /mm /aa		PRÁCTICA N°:	3
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:	PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES				
TEMA DE LA PRÁCTICA:	MONTAJE DE ESTRUCTURAS AÉREAS DE SOPORTE 3CP				

INTRODUCCIÓN:

La estructura es la forma de alcanzar una resistencia eficaz empleando un mínimo material, por medio del uso más idóneo de las formas y los materiales. Conseguir lo máximo mediante lo mínimo. La estructura no radica en crear algo más robusto añadiendo masa y volumen, sino empleando menos materiales de la forma más conveniente alcanzando de esta manera la resistencia requerida. Así, en el campo eléctrico se aplica la misma teoría para transportar la energía eléctrica de manera idónea, las partes principales de un sistema aéreo son: postes, conductores, crucetas, aisladores, herrajes, equipos de seccionamiento y protección [1]. Cada material empleado debe garantizar la calidad del servicio contra condiciones meteorológicas y ambientales.

Poste Eléctrico

Los postes constituyen las estructuras de soporte de los equipos, artefactos de alumbrado y conductores, son los elementos más indefensos de la instalación debido a que están exhibidos a eventuales impactos de automóviles. Generalmente los tipos de postes que existen son: postes de madera, de hormigón y metálico [2]. En el patio de Construcción de redes se dispone de postes de hormigón, estos se distinguen en 4 tipos:

- **Poste de hormigón armado:** Es el más empleado en baja tensión, su principal ventaja radica en su duración ilimitada y de no necesitar mantenimiento, mientras que la desventaja de este es el costo ya que al presentar mayor peso aumentan los gastos de transporte.
- **Poste de hormigón armado vibrado:** Estos son fabricados con la finalidad de mejorar las cualidades del hormigón armado. Presentan una altura entre 7 y 18 metros y su sección es rectangular o en forma de T. La ventaja principal es que pueden ser fabricados en el sitio, por lo tanto, el costo de transporte sería despreciable.
- **Poste de hormigón armado centrifugado:** Estos se utilizan desde electrificaciones en ferrocarriles, en líneas rurales en baja tensión y alta tensión incluido líneas de 220 kV, mástiles para alumbrado exterior, en suma, en combinación con varios postes se puede realizar configuraciones de apoyos de ángulo, derivación, anclaje, etc.
- **Poste de hormigón armado pretensado:** Este tipo de poste es cada vez más utilizado debido a su costo mucho más económico que los postes de hormigón corrientes.

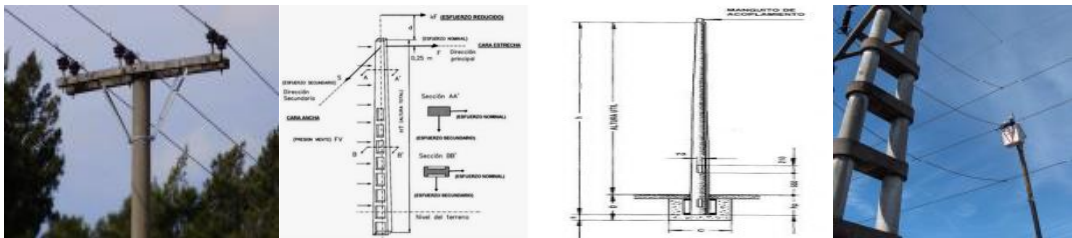


Figura 1. Postes de hormigón: armado, vibrado, centrifugado y pretensado [2].

El poste del que se dispone para la práctica de laboratorio es de hormigón armado.

Conductor:

El conductor de aluminio con refuerzos de acero (ACSR) se emplea en las líneas aéreas donde se solicita más propiedades mecánicas de tensión y cuando bordean las distancias entre los 100 a los 120 m. El calibre del conductor empleado en la práctica de laboratorio es de 1/0, está conformado de 7 hilos de alambres aluminio de diámetro 3.119 mm y con un diámetro exterior de 9.36 mm, cableado concéntricamente, el peso total es de 570 kg en 3450 m. Por otro lado, el calibre del conductor para el neutro es número 2 y está conformado por 7 hilos de alambres de aluminio de diámetro 2.474 mm, con un diámetro exterior 7.42 mm cableado concéntricamente [3].



Figura 2. Conductor ACSR [3].

Cruceta

Las crucetas son utilizadas para soportar y fijar aisladores y accesorios utilizados en instalaciones aéreas. La cruceta empleada en la práctica de laboratorio está construida de acero galvanizado 2.4 m de longitud, con perfil angular de igual medida de 2 ½” y un espesor de ¼”. La cruceta posee 12 aberturas frontales con diámetro 20.5 mm, para la instalación de los pernos pin, platinas y soportes. En la parte superior tiene 10 perforaciones, seis agujeros tipo ojo chino, para la instalación de los pernos U, espárragos y pernos tipo ojo y cuatro agujeros de diámetro 205 mm para sujetar los pies de amigos por medio de los pernos máquina.

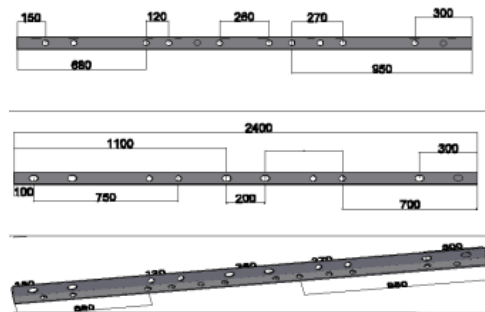


Figura 3. Cruceta [3].

Aisladores

En líneas aéreas con conductores desnudos es necesario aislar los conductores de los postes. Para ello se recurre al uso de aisladores. Según indica el análisis y evaluación de la red de distribución, los aisladores empleados en baja tensión son de porcelana, vidrio u otros materiales equivalentes y resisten las acciones de la intemperie, la fijación de los aisladores a los postes y armados se hace mediante roscado o cementación, los aisladores utilizados en baja tensión son de tipo fijo, esto es, la unión con el poste se realiza mediante un herraje fijo, no pudiendo el aislador cambiar de posición tras su montaje [4]. En la práctica de laboratorio se dispone de los siguientes aisladores:

- **Aislador Pin:** Posee unas campanas que permiten que las gotas de la lluvia caigan fácilmente, la cabeza del aislador está diseñada con radios de curvaturas para la colocación del cable conductor sin provocar el deslizamiento de este y las dimensiones del cuello deben estar construidas para atar el cable de aluminio, la parte inferior del aislador tiene una abertura roscado de diámetro de 35 mm y una profundidad de 51 mm [3].



Figura 4. Aislador tipo pin [3].

Herrajes

En el caso de líneas aéreas con conductor aislado en haz, los accesorios de sujeción del cable a los postes o fachadas se denominan herrajes. Según indica el análisis y la evaluación de la red de distribución, los accesorios deben estar protegidos contra la corrosión y envejecimiento que resistan los esfuerzos mecánicos a que puedan estar sometidos [4].



Figura 5. Aislador tipo rodillo [4].

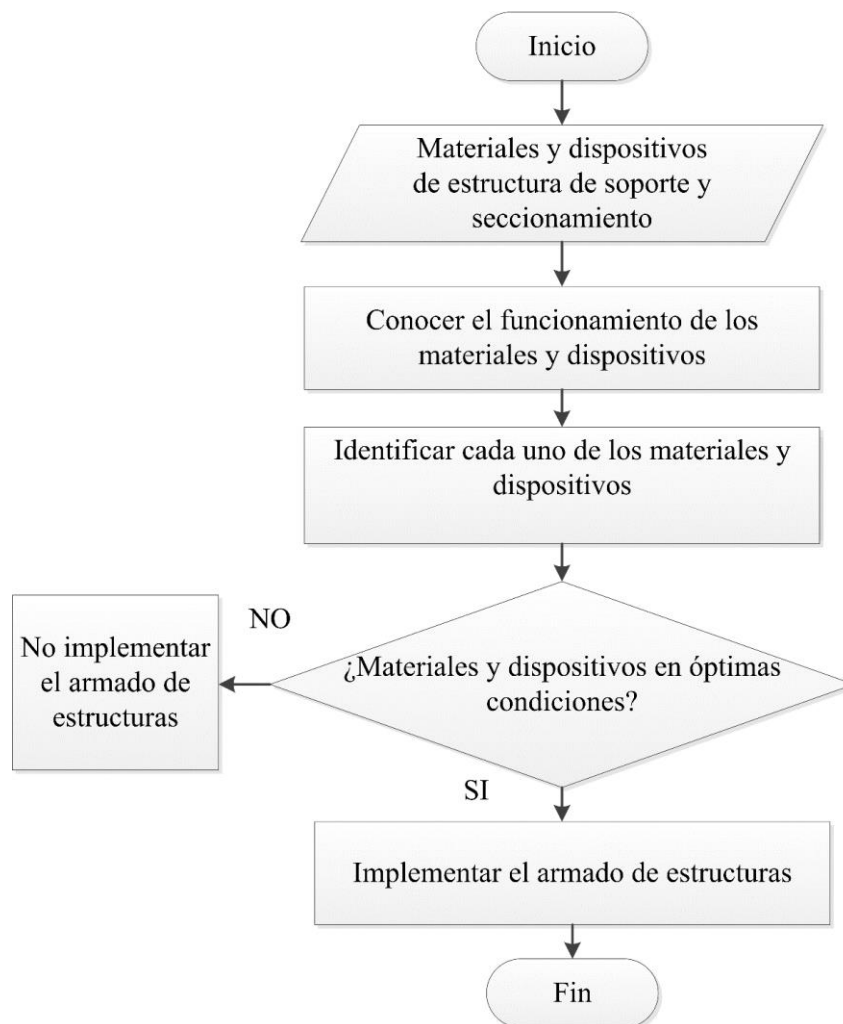


Figura 6. Metodología para realizar el armado de estructuras.

Normativas			
<ul style="list-style-type: none"> • Normas para sistemas de distribución, parte B. Unidades de propiedad y construcción [7]. 			
OBJETIVOS:			
GENERAL			
Implementar el armado de estructuras sobre el poste de hormigón armado del patio de construcción de redes de la Universidad Técnica de Cotopaxi			
ESPECÍFICOS			
<ul style="list-style-type: none"> • Conocer funcionamiento de cada uno de los materiales y dispositivos de estructura de soporte, seccionamiento y seguridad. • Identificar cada uno de los materiales y dispositivos de estructura de soporte, seccionamiento y seguridad. • Conocer cuáles son las herramientas que se deben usar para el armado de las estructuras de soporte, seccionamiento y seguridad. 			
LISTADO DE RECURSOS:			
Estructura ESV-3CD			
Referencia (Gráfico)	Unidad	Descripción	Cantidad
1	c/u	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 mm (3 x 3 x 1/4")	1
2	c/u	Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 700 mm (1 1/2 x 1 1/2 x 1/4 x 27 9/16")	2
3	c/u	Perno pin punta de poste simple de acero galvanizado, con accesorios de sujeción, 19 x 457 mm (3/4 x 18")	1
4	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 3 pernos, 38 x 4 x 140 mm (1 1/2 x 5/32 x 5 1/2")	1
5	c/u	Perno máquina de acero galvanizado, tuerca, arandela plana y presión, 16 x 38 mm (5/8 x 1 1/2")	2
6	c/u	Perno "U" de acero galvanizado, 2 tuercas, 2 arandelas planas y 2 presión, de 16 x 152 mm (5/8" x 6"), ancho dentro de la "U"	1
7	c/u	Aislador espiga (pin), porcelana, con radio interferencia, 15 kV, ANSI 55-5	3
8	c/u	Perno pin de acero galvanizado, rosca plástica de 50 mm, 19 x 305 mm (3/4" x 12")	2
9	m	Alambre de Al, desnudo sólido, para atadura, 4 AWG	6
11	c/u	Varilla de armar preformada simple, para cable de Al	3
SUSTITUTIVOS			
1	c/u	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 70 x 70 x 6 mm (2 3/4 x 2 3/4 x 1/4")	1
1	c/u	Cruceta de plástico reforzado con fibra de vidrio, universal, perfil "L" 75 x 75 x 9 mm (2 61/64 x 2 61/64 x 23/64")	1
3	c/u	Perno punta de poste de acero galvanizado, tacho, 70 x 450 mm (2 3/4 x 18")	1
3	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 3 pernos, 38 x 4 x 140 mm (1 1/2 x 5/32 x 5 1/2")	2
10	c/u	Cinta de armar de aleación de Al, 1, 27 x 7, 62 mm ² (3/64" x 5/16")	6

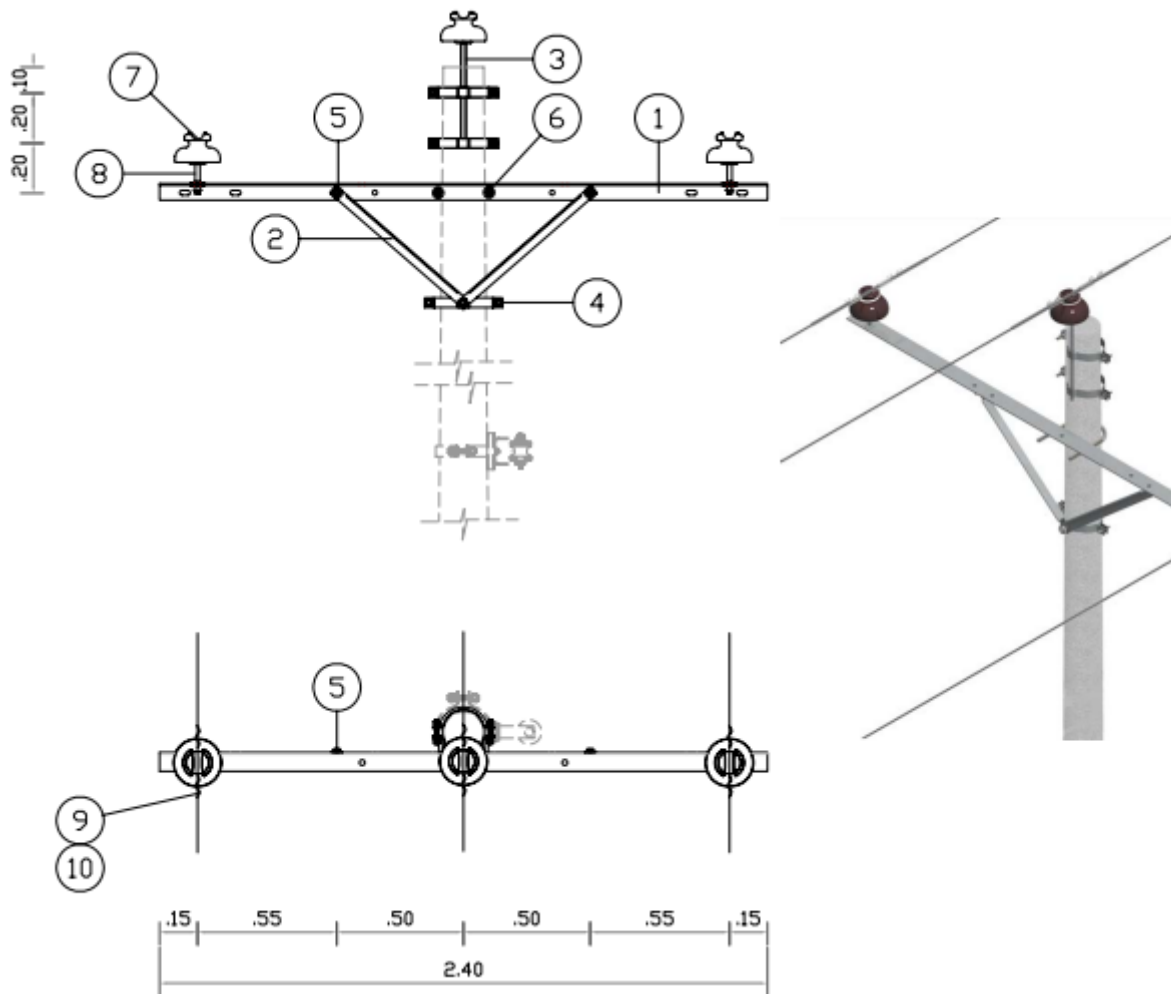


Figura 7. Partes de la estructura.

Herramientas:

- Llave N° 23 y N° 15.
- Playo aislado.
- Llave de pico aislada.
- Escalera telescópica y escaladora. **(Dato informativo)**
- Cuerda de servicio.

ADVERTENCIAS

- Identificación del estado de materiales y equipos.
- Corroborar el corte de energía eléctrica cuando se vaya a realizar la práctica.

INSTRUCCIONES:

- Usar escaladoras y cintura de manera adecuada. **(Dato informativo)**
- Comprobar que el área de trabajo esté libre de líquidos.
- Utilizar ropa, guantes y zapatos adecuados para el trabajo en alturas. **(Dato informativo)**
- Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

7. Armado de estructura (En el suelo)
8. Montaje de estructura (En el poste)
9. Preparación para amarre del aislador pin (En el suelo).
10. Colocación de aisladores pin (En el poste).

PROCEDIMIENTO

REGLAS DE ORO

11. Realizar el bloqueo de los cortes visibles.
12. Delimitar físicamente la instalación.
13. Hacer constar la conformidad de la consigna, mediante la firma.

- **Armado de estructura:** Para montar la cruceta se procederá de la siguiente manera:

10. Instalar dos pies de amigos (2) en la cruceta (1) con su respectivo perno de máquina (5), apreciar figura 8.



Figura 8. Armado de la estructura 3CP

11. Colocar los tres pernos pin (3) en la cruceta.

- **Montaje de estructura:** Para el montaje se requiere de cuatro linieros, dos linieros que van a encargarse de armar la estructura y de subir la misma a través de una cuerda de servicio, y los otros dos linieros que embonarán la estructura al poste. Se realizará el siguiente procedimiento:

5. Se coloca la abrazadera de 3 pernos (4) en el poste ajustándola con las llaves.
6. Los linieros que están en la parte superior embonan la estructura al poste y colocan el pie de amigo (2) al perno de la abrazadera de acero galvanizado de 3 pernos (4).
7. Ajustar las tuercas con dos llaves mixtas a los lados de la cruceta.
8. Nivelar la estructura colocando un nivel de mano en el centro de la cruceta y cerciorarse que estén alineadas con las estructuras contiguas.

- **Preparación para amarre del aislador pin:**

4. Utilizar alambre de aluminio completamente templado.
5. Emplear la medida que se pueda manejar fácilmente y que al mismo tiempo proporcione la fuerza necesaria.
6. Usar la longitud suficiente para hacer el amarre completo, incluyendo un sobrante para agarrar con las manos. Lo que sobre debe cortarse de cada extremo después de completar el amarre. Apreciar la figura 15.

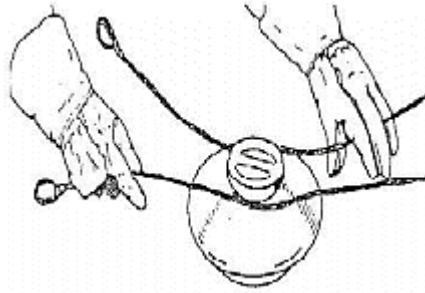


Figura 9. Preparación del amarre en aislador espiga (pin)

- **Colocación de aisladores pin:** Para colocar los aisladores pin se realizará el siguiente procedimiento:
 5. Enviar mediante la cuerda de servicio los aisladores pin ya preparados, en este instante se debe tomar mucho cuidado para evitar cualquier tipo de golpes que pueda deteriorar el elemento.
 6. Introducir el aislador en los orificios de la cruceta.
 7. Asegurar el aislador con ayuda de los pernos pin.
 8. Realizar el amarre del perno pin con la línea de distribución.

RESULTADOS OBTENIDOS:



Figura 10. Herrajes necesarios



Figura 11. Fijado de los pies de amigo en la cruceta.



Figura 12. Fijado de la estructura en el poste.

CONCLUSIONES:

- Se deben contar con todos los materiales y herrajes necesarios para armar un tipo de estructura específica o sus materiales sustitutivos ya que de esto dependerá el correcto armado de la misma.
- Al armar estructuras se deben tomar en cuenta los armados que se pueden realizar al nivel del suelo para de esta forma facilitar el armado en un nivel superior de altura minimizando las acciones a realizar en el mismo.
- Considerar todas las herramientas necesarias para armar las estructuras o herramientas que puedan sustituir la función de otras de ser necesario.

RECOMENDACIONES:

- Leer el procedimiento de armado de estructuras mostrada en la guía de práctica.
- Utilizar correctamente todos los equipos de protección personal.
- Tratar con suma delicadeza cada equipo y material para evitar daños que puedan ocasionar que problemas en el sistema de potencia.
- Se recomienda asesorarse con el docente encargado para solucionar cualquier duda.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] K. Vargas, “Homologación De Precios Unitarios Para La Construcción De Redes Eléctricas Aéreas De Distribución En El Ecuador,” 2015, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>.
- [2] E. Faletti, “Postes de Baja y Torres de Alta Tensión,” pp. 1–7, 2011.
- [3] F. Santamaria, “Construcción de una red de distribución trifásica 13.2 kV para la sección 67 y Tigre en el bloque Gustavo Galindo Velasco,” 2013.
- [4] L. Samaniego, “Análisis y evaluación de la red de distribución en media y baja tensión para mejorar los índices y niveles de calidad en el suministro eléctrico,” *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 26, no. 3, pp. 1–4, 2019, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11273-020-09706-3>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jweia.2017.09.008>
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117919>
<https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2020.103116>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jweia.2010.12.004>
<http://dx.doi.org/10.1016>.
- [5] corporation Iadiexport, “Aislador polimérico suspensión,” p. 838.
- [6] V. Electrical, “Aisladores de retenida,” p. 89000.
- [7] M. Sosa, “Normas para sistemas de distribución Parte B,” pp. 1–15, 1997.

8.8.5. Anexo L: Montaje de estructuras aéreas de soporte SDT-1VP

GUÍA PRÁCTICA					
FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD		
ASIGNATURA:	REDES Y MEDIO VOLTAJE	PERÍODO ACADÉMICO:	202_-202_	NIVEL	
DOCENTE:		FECHA: dd /mm /aa		PRÁCTICA N°:	4
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:	PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES				
TEMA DE LA PRÁCTICA:	MONTAJE DE ESTRUCTURAS AÉREAS DE SOPORTE SDT-1VP				

INTRODUCCIÓN:

La estructura es la forma de alcanzar una resistencia eficaz empleando un mínimo material, por medio del uso más idóneo de las formas y los materiales. Conseguir lo máximo mediante lo mínimo. La estructura no radica en crear algo más robusto añadiendo masa y volumen, sino empleando menos materiales de la forma más conveniente alcanzando de esta manera la resistencia requerida. Así, en el campo eléctrico se aplica la misma teoría para transportar la energía eléctrica de manera idónea, las partes principales de un sistema aéreo son: postes, conductores, crucetas, aisladores, herrajes, equipos de seccionamiento y protección [1]. Cada material empleado debe garantizar la calidad del servicio contra condiciones meteorológicas y ambientales.

Poste Eléctrico

Los postes constituyen las estructuras de soporte de los equipos, artefactos de alumbrado y conductores, son los elementos más indefensos de la instalación debido a que están exhibidos a eventuales impactos de automóviles. Generalmente los tipos de postes que existen son: postes de madera, de hormigón y metálico [2]. En el patio de Construcción de redes se dispone de postes de hormigón, estos se distinguen en 4 tipos:

- **Poste de hormigón armado:** Es el más empleado en baja tensión, su principal ventaja radica en su duración ilimitada y de no necesitar mantenimiento, mientras que la desventaja de este es el costo ya que al presentar mayor peso aumentan los gastos de transporte.
- **Poste de hormigón armado vibrado:** Estos son fabricados con la finalidad de mejorar las cualidades del hormigón armado. Presentan una altura entre 7 y 18 metros y su sección es rectangular o en forma de T. La ventaja principal es que pueden ser fabricados en el sitio, por lo tanto, el costo de transporte sería despreciable.
- **Poste de hormigón armado centrifugado:** Estos se utilizan desde electrificaciones en ferrocarriles, en líneas rurales en baja tensión y alta tensión incluido líneas de 220 kV, mástiles para alumbrado exterior, en suma, en combinación con varios postes se puede realizar configuraciones de apoyos de ángulo, derivación, anclaje, etc.
- **Poste de hormigón armado pretensado:** Este tipo de poste es cada vez más utilizado debido a su costo mucho más económico que los postes de hormigón corrientes.

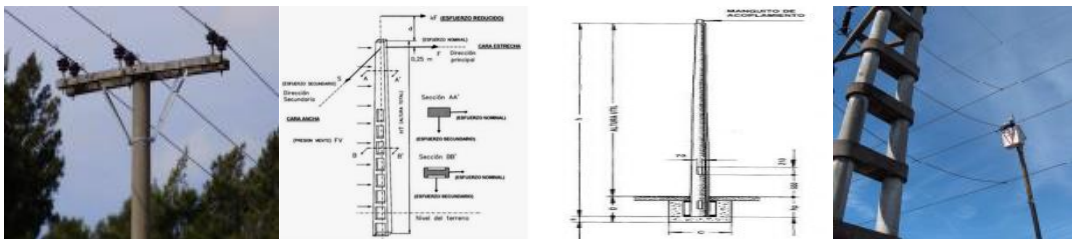


Figura 1. Postes de hormigón: armado, vibrado, centrifugado y pretensado [2].

El poste del que se dispone para la práctica de laboratorio es de hormigón armado.

Conductor:

El conductor de aluminio con refuerzos de acero (ACSR) se emplea en las líneas aéreas donde se solicita más propiedades mecánicas de tensión y cuando bordean las distancias entre los 100 a los 120 m. El calibre del conductor empleado en la práctica de laboratorio es de 1/0, está conformado de 7 hilos de alambres aluminio de diámetro 3.119 mm y con un diámetro exterior de 9.36 mm, cableado concéntricamente, el peso total es de 570 kg en 3450 m. Por otro lado, el calibre del conductor para el neutro es número 2 y está conformado por 7 hilos de alambres de aluminio de diámetro 2.474 mm, con un diámetro exterior 7.42 mm cableado concéntricamente [3].



Figura 2. Conductor ACSR [3].

Cruceta

Las crucetas son utilizadas para soportar y fijar aisladores y accesorios utilizados en instalaciones aéreas. La cruceta empleada en la práctica de laboratorio está construida de acero galvanizado 2.4 m de longitud, con perfil angular de igual medida de 2 ½” y un espesor de ¼”. La cruceta posee 12 aberturas frontales con diámetro 20.5 mm, para la instalación de los pernos pin, platinas y soportes. En la parte superior tiene 10 perforaciones, seis agujeros tipo ojo chino, para la instalación de los pernos U, espárragos y pernos tipo ojo y cuatro agujeros de diámetro 205 mm para sujetar los pies de amigos por medio de los pernos máquina.

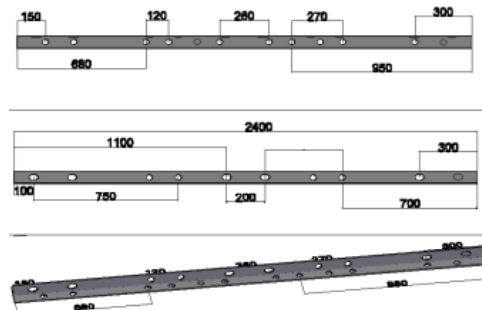


Figura 3. Cruceta [3].

Aisladores

En líneas aéreas con conductores desnudos es necesario aislar los conductores de los postes. Para ello se recurre al uso de aisladores. Según indica el análisis y evaluación de la red de distribución, los aisladores empleados en baja tensión son de porcelana, vidrio u otros materiales equivalentes y resisten las acciones de la intemperie, la fijación de los aisladores a los postes y armados se hace mediante roscado o cementación, los aisladores utilizados en baja tensión son de tipo fijo, esto es, la unión con el poste se realiza mediante un herraje fijo, no pudiendo el aislador cambiar de posición tras su montaje [4]. En la práctica de laboratorio se dispone de los siguientes aisladores:

- **Aislador Pin:** Posee unas campanas que permiten que las gotas de la lluvia caigan fácilmente, la cabeza del aislador está diseñada con radios de curvaturas para la colocación del cable conductor sin provocar el deslizamiento de este y las dimensiones del cuello deben estar construidas para atar el cable de aluminio, la parte inferior del aislador tiene una abertura roscado de diámetro de 35 mm y una profundidad de 51 mm [3].



Figura 4. Aislador tipo pin [3].

Herrajes

En el caso de líneas aéreas con conductor aislado en haz, los accesorios de sujeción del cable a los postes o fachadas se denominan herrajes. Según indica el análisis y la evaluación de la red de distribución, los accesorios deben estar protegidos contra la corrosión y envejecimiento que resistan los esfuerzos mecánicos a que puedan estar sometidos [4].



Figura 6. Aislador tipo rodillo [4].

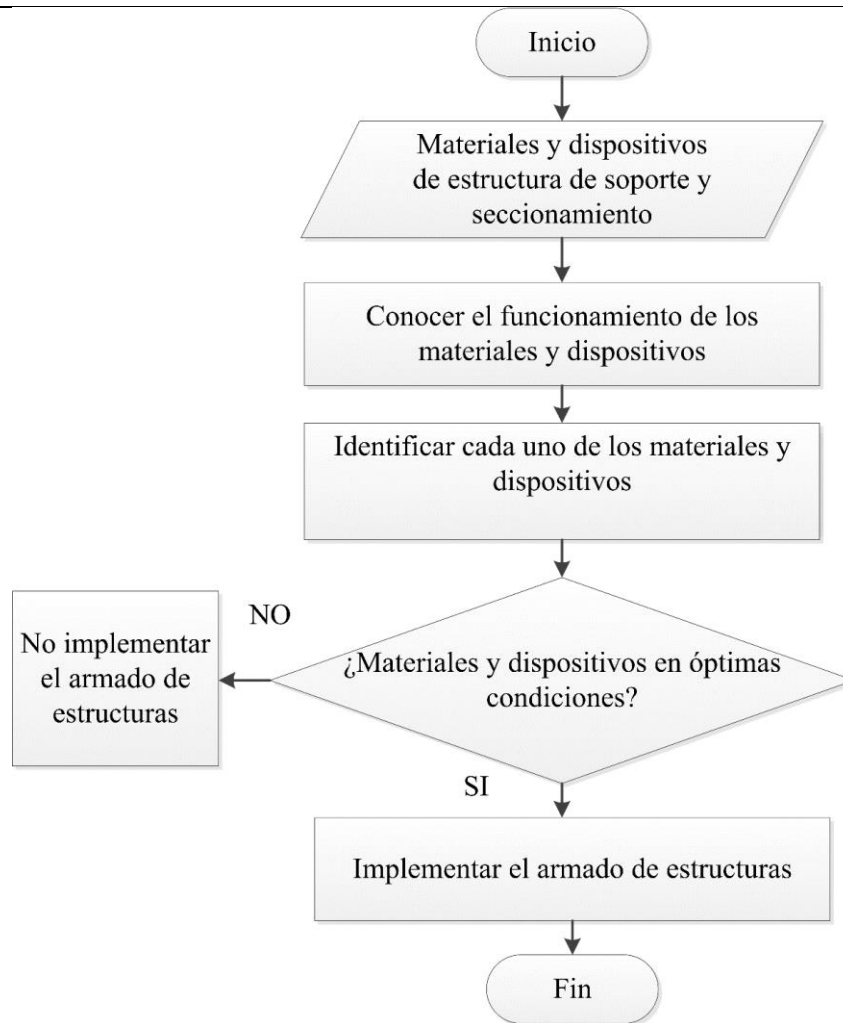


Figura 5. Metodología para realizar el armado de estructuras.

Normativas

- Normas para sistemas de distribución, parte B. Unidades de propiedad y construcción [7].

OBJETIVOS:

GENERAL

Implementar el armado de estructuras sobre el poste de hormigón armado del patio de construcción de redes de la Universidad Técnica de Cotopaxi

ESPECÍFICOS

- Conocer funcionamiento de cada uno de los materiales y dispositivos de estructura de soporte, seccionamiento y seguridad.
- Identificar cada uno de los materiales y dispositivos de estructura de soporte, seccionamiento y seguridad.
- Conocer cuáles son las herramientas que se deben usar para el armado de las estructuras de soporte, seccionamiento y seguridad.

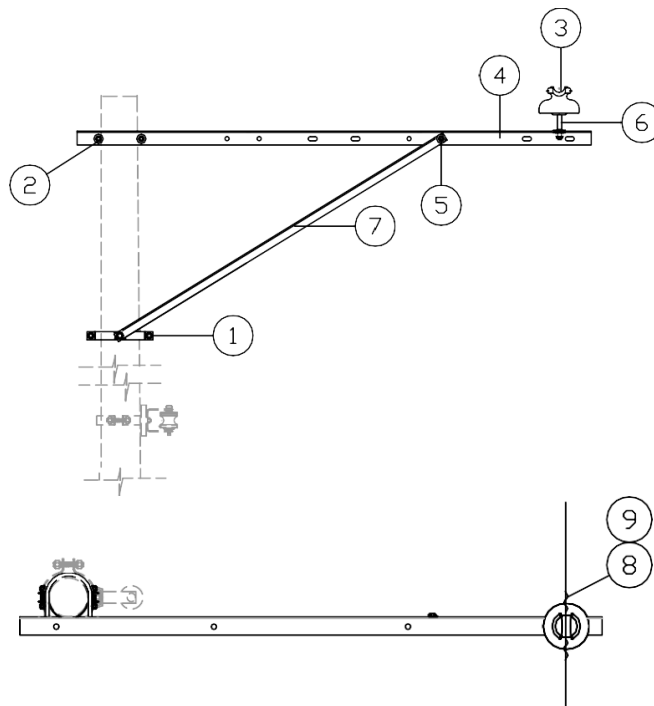
LISTADO DE RECURSOS:

Estructura EST-1VP

Referencia (Gráfico)	Unidad	Descripción	Cantidad
1	c/u	Abrazadera de acero galvanizado, pletina, 3 pernos, 38 x 4 x 160 mm (1 1/2 x 5/32 x 6 1/2")	1
2	c/u	Perno "U" de acero galvanizado, 2 tuercas, 2 arandelas planas y 2 presión, de 16 x 152 mm (5/8"x 6"), ancho dentro de la "U"	1
3	c/u	Aislador espiga (pin), porcelana, con radio interferencia, 15 kV, ANSI 55-5	1
4*	c/u	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 x 2 000 mm (3 x 3 x 1/4 x 79")	1
5	c/u	Perno máquina de acero galvanizado, tuerca, arandela plana y presión, 16 x 38 mm (5/8 x 1 1/2")	1
6	c/u	Perno pin de acero galvanizado, rosca plastica de 50 mm, 19 x 305 mm (3/4" x 12")	1
7	c/u	Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 1 800 mm (1 1/2 x 1 1/2 x 1/4 x 71")	1
8	c/u	Alambre de Al, desnudo sólido, para atadura, 4 AWG	2
9*	c/u	Varilla de armar preformada simple, para cable de Al	1

SUSTITUTIVOS

4	c/u	Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 70 x 70 x 6 x 2 000 mm (2 3/4 x 2 3/4 x 1/4 x 79")	1
4	c/u	Cruceta de plástico reforzado con fibra de vidrio, universal, perfil "L" 75 x 75 x 9 x 2 000 mm (2 61/64 x 2 61/64 x 23/64 x 79")	1
9	c/u	Cinta de armar de aleación de Al, 1, 27 x 7, 62 mm ² (3/64" x 5/16")	2



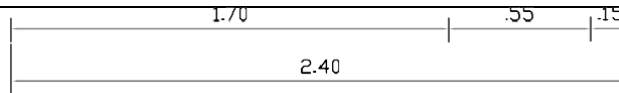


Figura 6. Partes de la estructura.

Herramientas:

- Llave N° 23 y N° 15.
- Playo aislado.
- Llave de pico aislada.
- Escalera telescópica de extensión pies.
- Cuerda de servicio.

ADVERTENCIAS

- Identificación del estado de materiales y equipos.
- Corroborar el corte de energía eléctrica cuando se vaya a realizar la práctica.

INSTRUCCIONES:

- Usar escaladoras y cintura de manera adecuada.
- Comprobar que el área de trabajo esté libre de líquidos.
- Utilizar ropa, guantes y zapatos adecuados para el trabajo en alturas.
- Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

11. Armado de estructura (En el suelo)
12. Montaje de estructura (En el poste)
13. Preparación para amarre del aislador pin (En el suelo).
14. Colocación de aisladores pin (En el poste).
15. Colocación de aisladores de suspensión (En el poste)

PROCEDIMIENTO

REGLAS DE ORO

14. Realizar el bloqueo de los cortes visibles.
 15. Delimitar físicamente la instalación.
 16. Hacer constar la conformidad de la consigna, mediante la firma.
- **Armado de estructura:** En primer lugar, se debe consolidar la cruceta con el perno tipo U como se aprecia en la figura 9.

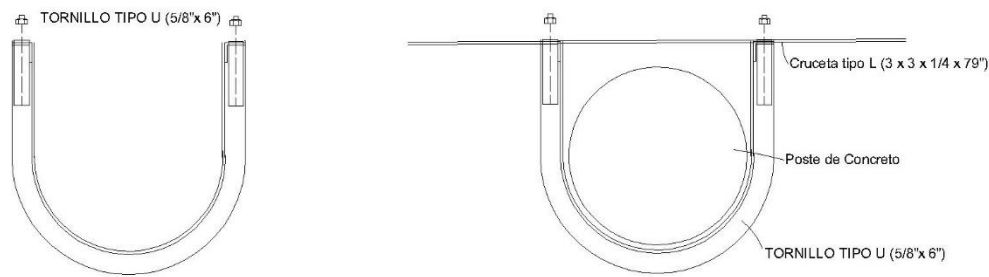


Figura 7. Sujeción de la cruceta con el perno tipo U.

Para montar cruceta se procederá de la siguiente manera:

12. Insertar el perno pin tipo U en los extremos de la cruceta.
13. Colocar la arandela y tuerca a al final del perno tipo U y la llave se ajustará las tuercas en ambos lados de la cruceta.
14. Tomar en consideración que no se debe ajustar a presión las tuercas de la cruceta hasta no emboar en el poste.
15. Instalar el pie de amigo (2) en la cruceta y abrazadera (1) con sus respectivos pernos de máquina (3). Como se apreciar figura 10.

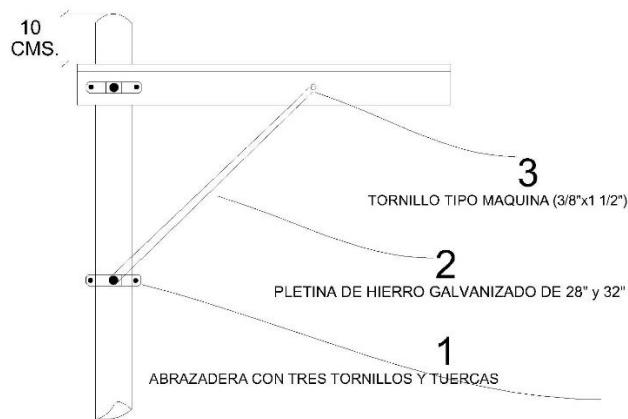


Figura 8. Armado de la estructura EST-1VP

- **Montaje de estructura:** Para el montaje se requiere de cuatro linieros, dos linieros que van a encargarse de armar la estructura y de subir la misma a través de una cuerda de servicio, y los otros dos linieros que embonarán la estructura al poste. Se realizará el siguiente procedimiento:
 9. Los linieros que están en la parte superior embonan la estructura al poste y colocar el pie de amigo a los pernos de la abrazadera de acero galvanizado.
 10. Medir la distancia de separación de los extremos de la cruceta con el objetivo de que esté igual.
 11. Ajustar las tuercas con dos llaves mixtas a los lados de la cruceta.
 12. Nivelar la estructura colocando un nivel de mano en el centro de la cruceta y cerciorarse que estén alineadas con las estructuras contiguas.
- **Preparación para amarre del aislador pin:**
 7. Utilizar alambre de aluminio completamente templado.
 8. Emplear la medida que se pueda manejar fácilmente y que al mismo tiempo proporcione la fuerza necesaria.
 9. Usar la longitud suficiente para hacer el amarre completo, incluyendo un sobrante para agarrar con las manos. Lo que sobre debe cortarse de cada extremo después de completar el amarre. Apreciar la figura 11.



Figura 9. Amarre en aislador espiga (pin)

- **Colocación de aisladores pin:** Para colocar los aisladores pin se realizará el siguiente procedimiento:
 9. Enviar mediante la cuerda de servicio los aisladores pines ya preparados, en este instante se debe tomar mucho cuidado para evitar cualquier tipo de golpes que pueda deteriorar el elemento.
 10. Introducir el aislador en los orificios de la cruceta.
 11. Asegurar el aislador con ayuda de los pernos pin.
 12. Realizar el amarre del perno pin con la línea de distribución.

- **Finalización de instalación de la estructura**
 1. Al montar toda la estructura y ajustar todos los pernos con la cruceta nivelada se concluye el trabajo quedando como se muestra en la figura 12.

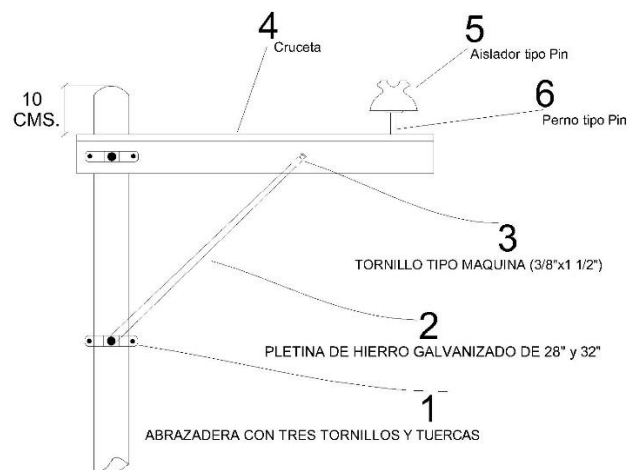


Figura 40. Preparación del amarre en aislador espiga (pin)

RESULTADOS OBTENIDOS:



Figura 51. Armado de la estructura

CONCLUSIONES:

- Se deben contar con todos los materiales y herrajes necesarios para armar un tipo de estructura específica o sus materiales sustitutivos ya que de esto dependerá el correcto armado de la misma.
- Al armar estructuras se deben tomar en cuenta los armados que se pueden realizar al nivel del suelo para de esta forma facilitar el armado en un nivel superior de altura minimizando las acciones a realizar en el mismo.
- Considerar todas las herramientas necesarias para armar las estructuras o herramientas que puedan sustituir la función de otras de ser necesario.

RECOMENDACIONES:

- Leer el procedimiento de armado de estructuras mostrada en la guía de práctica.
- Utilizar correctamente todos los equipos de protección personal.
- Tratar con suma delicadeza cada equipo y material para evitar daños que puedan ocasionar que problemas en el sistema de potencia.
- Se recomienda asesorarse con el docente encargado para solucionar cualquier duda.

BIBLIOGRAFÍA

[1] K. Vargas, “Homologación De Precios Unitarios Para La Construcción De Redes Eléctricas Aéreas De Distribución En El Ecuador,” 2015, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>.

[2] E. Faletti, “Postes de Baja y Torres de Alta Tensión,” pp. 1–7, 2011.

[3] F. Santamaria, “Construcción de una red de distribución trifásica 13.2 kV para la sección 67 y Tigre en el bloque Gustavo Galindo Velasco,” 2013.

[4] L. Samaniego, “Análisis y evaluación de la red de distribución en media y baja tensión para mejorar los índices y niveles de calidad en el suministro eléctrico,” *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 26, no. 3, pp. 1–4, 2019, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11273-020-09706-3>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jweia.2017.09.008>
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117919>
<https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2020.103116>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jweia.2010.12.004>
<http://dx.doi.org/10.1016>.

[5] corporation Iadiexport, “Aislador polimérico suspensión,” p. 838.

[6] V. Electrical, “Aisladores de retenida,” p. 89000.

[7] M. Sosa, “Normas para sistemas de distribución Parte B,” pp. 1–15, 1997.

8.8.6. Anexo M: Montaje de Seccionadores

GUÍA PRÁCTICA					
FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD		
ASIGNATURA:	REDES Y MEDIO VOLTAJE	PERÍODO ACADÉMICO:	202_-202_	NIVEL	
DOCENTE:		FECHA: dd /mm /aa		PRÁCTICA N°:	5
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:		PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	MONTAJE DE SECCIONADORES				
INTRODUCCIÓN:					
<p>Las interrupciones que afrontan las empresas distribuidoras están en función del mantenimiento, factores climáticos, exposición debido a accidentes, calidad del material y mano de obra, el entorno, entre otros. En este contexto, la empresa distribuidora debe poseer un plan de contingencia que reduzca estas eventualidades, mejorando así los costos y la calidad de suministro eléctrico. Aquí, los equipos de seccionamiento juegan un papel de suma importancia, ya que, con el correcto funcionamiento de estos la confiabilidad y la seguridad del sistema eléctrico de potencia incrementa [1].</p> <p>Seccionador</p> <p>Un seccionador o desconectador es un componente electromecánico que permite separar de manera mecánica un circuito eléctrico de su alimentación, garantizando visiblemente una distancia satisfactoria de aislamiento eléctrico. El objetivo puede ser, por ejemplo, asegurar la seguridad de las personas que trabajen sobre la parte aislada del circuito eléctrico o bien eliminar una parte averiada para poder continuar el funcionamiento con el resto del circuito [2].</p> <p>Los seccionadores utilizados habitualmente en instalaciones eléctricas tienen muy variadas formas constructivas pudiéndose clasificarlos según su modo de accionamiento: Seccionadores de cuchillas giratorias, seccionadores de cuchillas deslizantes, seccionadores de columnas giratorias y seccionadores de pantógrafo. Dentro de esta clasificación todos pueden tener una constitución unipolar o tripolar [3], [4].</p> <p>Mando de seccionadores</p> <p>Los mandos para seccionadores de alta tensión son muy variados, los cuales se pueden agrupar en distintas clasificaciones, de las que una podría ser la siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mando por pértiga. - Mando mecánico a distancia: <ul style="list-style-type: none"> • Mecanismos de biela y manivela. • Mecanismos por árbol y transmisión. • Mecanismos por cadena y piñones. - Mando por servomotor. <ul style="list-style-type: none"> • Motor eléctrico con reducción. • Grupo motor-bomba y transmisión hidráulica. • Grupo motor-compresor y transmisión neumática. <p>Los mandos por pértiga y mecánico a distancia son los más utilizados, en instalaciones de media tensión. Los mandos por servomotor se emplean principalmente en seccionadores de columnas giratorias y en los seccionadores de pantógrafo. Los mandos por servomotor requieren que los seccionadores estén dotados de contactos auxiliares para indicar la posición del seccionador, también es necesario que estos mandos estén provistos de dispositivos de interrupción de fin de carrera.</p> <p>Cortacircuitos de expulsión</p> <p>Están constituidos por un tubo protector en cuyo interior está dispuesto el elemento fusible, y unido a él la trencilla de conexión. En el momento de producirse el arco, la generación consiguiente de gases provoca la expulsión de la trencilla con el posterior alargamiento y soplado del arco, que provoca su extinción. Apreciar la figura 5</p>					

Para protección de transformadores o de líneas, los elementos fusibles están situados en el interior de un tubo portafusible, el cual está colocado sobre un soporte, debidamente aislado de masa. La base portafusible en su interior está revestida por un material que ayuda a enfriar y eliminar el arco. Exteriormente están confeccionados de fibra de vidrio, lo que le proporciona una alta resistencia mecánica.

En el momento de producirse la fusión, la base portafusible se suelta de la conexión superior, dejando de esta forma una apertura visible del circuito. La fusión del cartucho se hace visible mediante un percutor de señalización, el cual sale al actuar al fusible.

Para reponer el fusible basta con descolgar esta base de la bisagra inferior y cambiar el elemento fusible interior.



Figura 1. Seccionador portafusible [4].

Partes del seccionador portafusil.

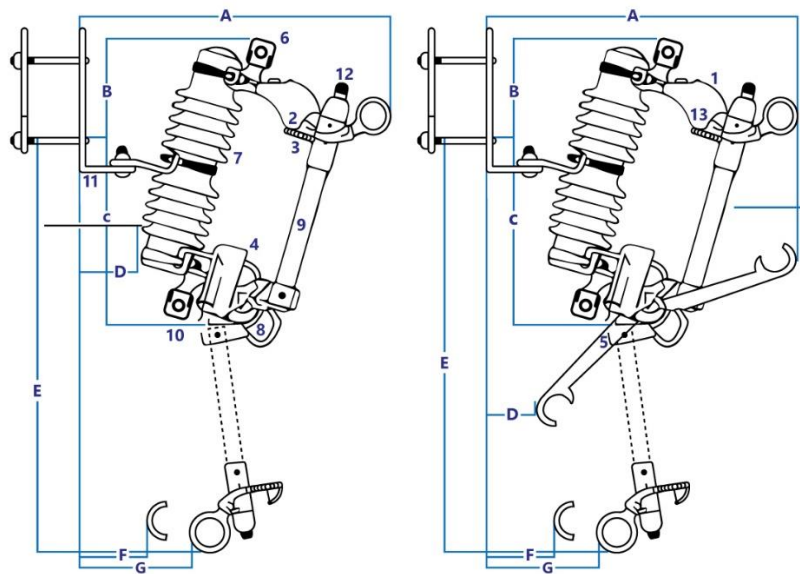


Figura 2. Partes del seccionador portafusible [4].

1. Ensamble de contacto Superior
2. Cuernos de Enganche
3. Fijador de soporte
4. Terminal de la base
5. Perno de Giro
6. Entrada de Corriente
7. Aislador de Porcelana
8. Ensamble de bisagra y contacto inferior
9. Canilla o Porta fusibles
10. Salida de Corriente
11. Cruceta al poste
12. Tapón de rosca del porte fusible

13. Ensamble de contacto Superior

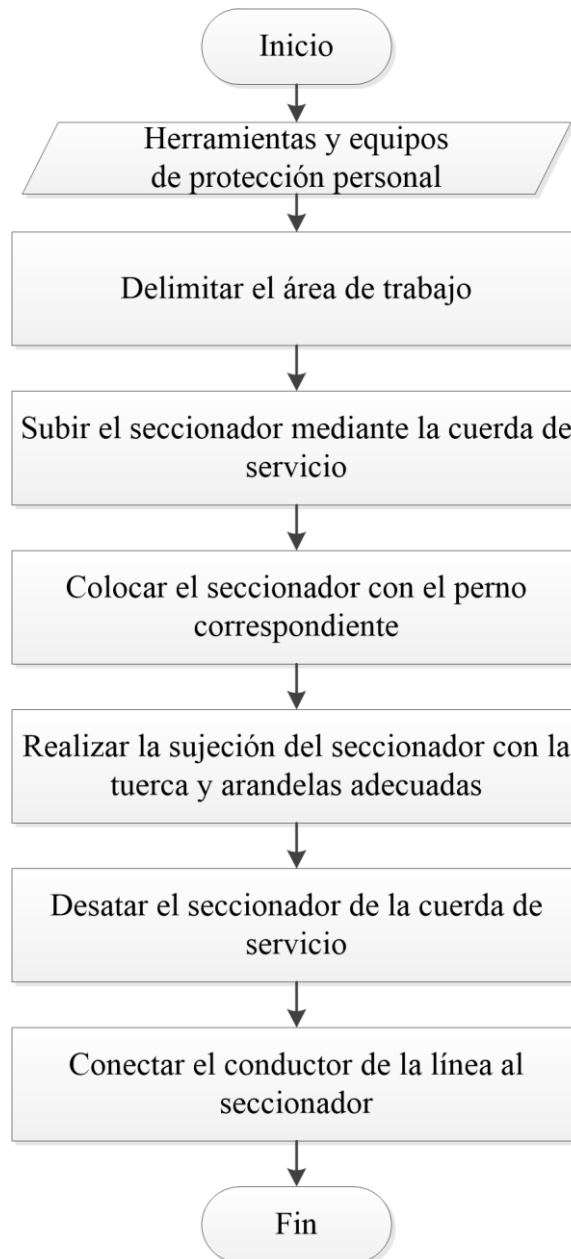


Figura 3. Metodología para realizar el armado de estructuras.

Normativas

- IEC 60129.
- IEC 60273.
- ANSI C29.8.
- ANSI C29.9.
- IEC 60694

OBJETIVOS:			
GENERAL			
Implementar los seccionadores en el poste del patio de construcción de redes de la Universidad Técnica de Cotopaxi			
ESPECÍFICOS			
<ul style="list-style-type: none"> • Conocer cada uno de los implementos para realizar el armado de soporte y seccionamiento con seccionador portafusibles. • Conocer cuáles son las herramientas que se deben usar para el armado de soporte y seccionamiento con seccionador portafusibles. 			
LISTADO DE RECURSOS:			
Seccionador- fusibles en estructura de doble retención			
Referencia (Gráfico)	Unidad	Descripción	Cantidad
1	c/u	Seccionador fusible unipolar, tipo abierto, clase 27kV, 12kA, BIL = 150kV, 100A, con dispositivo rompearco	3
2	c/u	Elemento tirafusible para media tensión	3
3	c/u	Cruceta centrada y en volado de perfil "L" 70 x 70 x 6 mm, 2 m de longitud	1
4	c/u	Pie amigo de platina 38x6 mm, 620 mm de longitud	2
5	c/u	Abrazadera de platina de 38x4 mm, 3 pernos, fijación de pie amigo simple	1
6	c/u	Perno máquina de 1/2" x 2", con tuerca, arandela plana y de presión	2
7	c/u	Perno máquina 5/8" x 2", con tuerca, arandela plana y de presión	3
8	c/u	Perno "U" de 5/8" de diámetro, longitud de la parte recta de 140 mm, ancho dentro de la U de 160 mm, con 2 tuercas hexagonales, 2 arandelas planas y 2 de presión	1
9	c/u	Grapa de derivación para línea en caliente Cu estañado, No. 6 - 250 MCM y 8 - 2/0 AWG	6
10	m	Conductor desnudo cableado Al acero ACSR 6/1, No. 2 AWG, 7 hilos, para conexiones en MT	12
SUSTITUTIVOS			
5/8	c/u	Perno máquina, 229x16 mm ϕ	2
hf2	c/u	Arandela cuadrada para perno de 16 mm ϕ	2

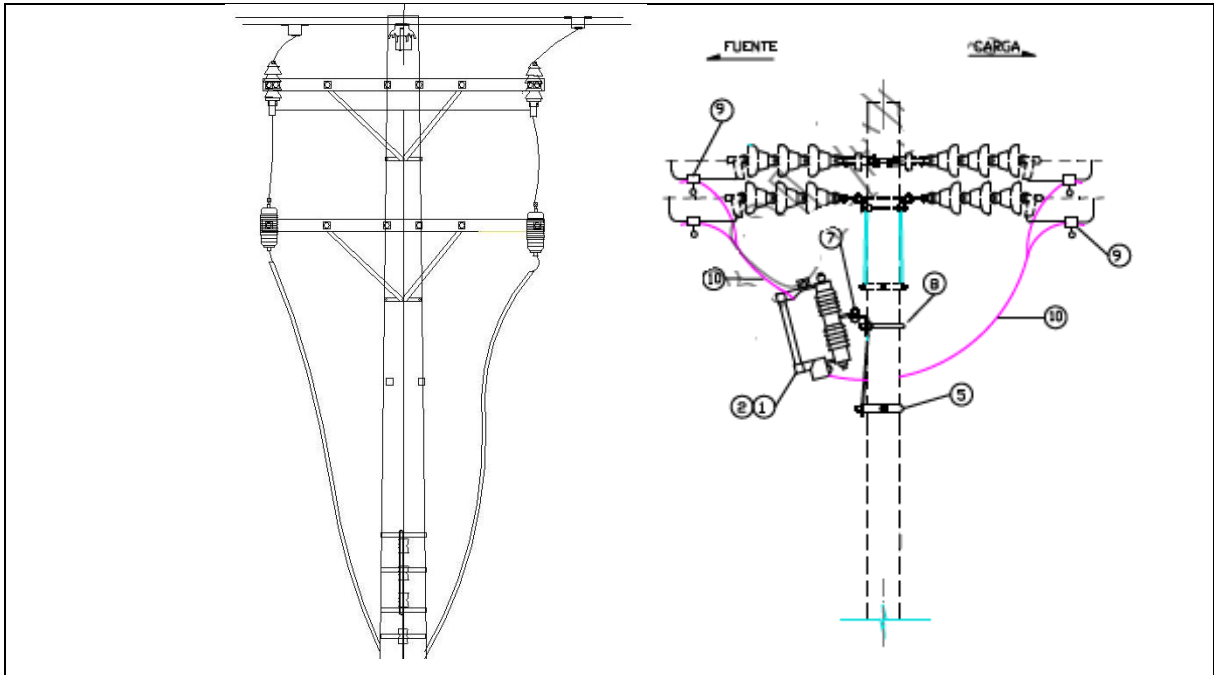


Figura 4. Partes de la estructura.

Herramientas:

- Llave N° 23 y N° 15.
- Playo aislado
- Llave de pico aislada.
- Escalera telescópica o trepadoras (Dato informativo).
- Cinturón de seguridad
- Cuerda de servicio.
- Pértiga telescópica de extensión.

ADVERTENCIAS

- Identificación del estado de materiales y equipos.
- Comprobar la presencia de tensión cuando se vaya a realizar la práctica.

INSTRUCCIONES:

- Usar la escalera telescópica de manera adecuada.
- Utilizar ropa, guantes y zapatos adecuados para el trabajo en alturas.
- Respetar la señalización existente en el área de trabajo.

ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

16. Montaje de seccionador.

PROCEDIMIENTO

REGLAS DE ORO

1. Realizar el bloqueo de los cortes visibles.
 2. Delimitar físicamente la instalación.
 3. Hacer constar la conformidad de la consigna, mediante la firma.
- **Montaje del seccionador:** Para realizar el montaje del seccionador se debe realizar el procedimiento siguiente:

1. Utilizar correctamente el equipo de protección personal (casco, guantes, gafas, chaleco reflectivo, faja y cinturón de seguridad)
2. Preparar las herramientas adecuadas para la práctica.
3. Delimitar el área donde se va a realizar la práctica con señales de seguridad como: conos o cinta de marcar.
4. Subir mediante la cuerda de servicio el seccionador, en este punto es de suma importancia hacerlo con mucho cuidado para evitar cualquier golpe que pueda reducir la vida útil de este.
5. Colocar el seccionador con el perno de máquina de 1/2”.
6. Sujetar el seccionador con la tuerca poniendo las arandelas de planas y de presión.
7. Desatar el seccionador de la cuerda de servicio.
8. Conectar el conductor de la línea al seccionador apretando con suficiente fuerza el perno máquina de 5/8”.

RESULTADOS OBTENIDOS:



Figura 5. Montaje del seccionador.

CONCLUSIONES:

- Se deben contar con todos los materiales y herrajes necesarios para armar el seccionador portafusibles o sus materiales sustitutivos ya que de esto dependerá el correcto armado del seccionador o portafusibles.
- Considerar todas las herramientas necesarias para armar las estructuras o herramientas que puedan sustituir la función de otras de ser necesario.

RECOMENDACIONES:

- Leer el procedimiento de armado de estructuras mostrada en la guía de práctica.
- Utilizar correctamente todos los equipos de protección personal.
- Tratar con suma delicadeza cada equipo y material para evitar daños que puedan ocasionar que problemas en el sistema de potencia.
- Se recomienda asesorarse con el docente encargado para solucionar cualquier duda.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. G. Peralta Sevilla and P. D. Robles Lovato, “Ubicación de equipos de seccionamiento e interconexión en alimentadores primarios,” 2001.
- [2] V. Bērziņš, “Seccionadores,” *20.gadsimta Latv. vēsturē II. Neatk. valsts 1918 – 1940*, pp. 770–185, 2003.

8.8.7. Anexo N: Uso de la Pértiga para Apertura y Cierre del Seccionador

GUÍA PRÁCTICA					
FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD		
ASIGNATURA:	REDES Y MEDIO VOLTAJE	PERÍODO ACADÉMICO:	2021-2022	NIVEL	
DOCENTE:		FECHA: dd /mm /aa		PRÁCTICA N°:	6
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:	PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES				
TEMA DE LA PRÁCTICA:	USO DE LA PÉRTIGA PARA APERTURA Y CIERRE DEL SECCIONADOR				
INTRODUCCIÓN:					
<p>Para un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), es imprescindible la ejecución de trabajos de mantenimiento, expansión y repotenciación de líneas de transmisión y distribución. Estos trabajos se pueden efectuar en redes sin energía (cortando circuitos) o con tensión, también conocida como Trabajos Con Tensión TCT, estas últimas con la finalidad de dejar sin energía las líneas y no perjudicar la seguridad y confiabilidad de sistema, técnicas. Las operaciones en redes energizadas implican la atención a altos estándares de seguridad para la protección de la vida de los operarios, ya que los riesgos a los que se expone un operador de línea viva son notables, ya que, están en constante peligro de recibir descargas de alta tensión y elevados niveles de corriente, que pueden ocasionar perjuicios tan considerables como lesiones, quemaduras, caídas de altura o incluso la muerte. Los trabajos se realizan a distancia por medio del uso de pértigas aisladas, en esta práctica se aprenderá a usar esta herramienta sumamente importante para los trabajos del electricista [1].</p> <p>Pértigas dieléctricas</p> <p>Las pértigas dieléctricas o de maniobra eléctrica se emplean para ejecutar tareas como apertura o cierre de seccionadores, instalación de equipos de puesta a tierra, verificación de existencia de tensión acoplándole detectores, tijeras de corte, perfiladores, entre otros. No son aptas para permanecer bajo tensión durante períodos prolongados, son herramientas que se usan en TCT bajo la técnica a distancia, como principal referente de protección al operador para múltiples tareas a la hora de hacer trabajos de mantenimiento y ampliación del sistema, o en combinación con las demás técnicas de trabajos en línea viva.</p> <p>Se define como longitud efectiva a la distancia comprendida entre el anillo límite y la parte metálica más próxima del puntero, apreciar la Figura 1[2].</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Figura 1. Pértiga telescópica 7 secciones [2].</p> <p>Para proteger al trabajador y la vida útil de las pértigas, se realiza pruebas de rigidez dieléctricas anuales a estas. Además, se deben realizar pruebas de chequeo para el buen manejo de esta herramienta haciendo pruebas de inspección y notificando si existe un defecto. Es recomendable el uso de esta herramienta en condiciones de humedad nula, pero en caso de requerirse por una emergencia (lluvia o inundación) debe usarse una manija que no transfiera humedad a las manos del operario. Las pértigas aislantes están constituidas por tubos de resina epóxica reforzado con fibra de vidrio y relleno de espuma de poliuretano [3].</p> <p>Las pértigas aisladas poseen la siguiente clasificación, telescópicas, rígidas o acoplables y tipo escopeta o de gancho retráctil. Todas las pértigas deben tener un elemento o dispositivo de fijación (cabezal) donde se sujetarán los accesorios para la realización de los trabajos. Las pértigas comerciales se prueban hasta 75 kV y tienen una longitud máxima de 12,2 m (distancia de seguridad).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pértigas Telescópicas: Se caracterizan por tener tubos aislantes acoplados entre sí, por un mecanismo de botón o resorte u otro mecanismo que asegura los tubos. La última sección 					

debe tener un color fluorescente y diferente al resto, además de poseer un cabezal que permita la sujeción de los accesorios. Cada sección puede accionarse independiente y automáticamente permitiendo un fácil armado y desarmado. Deben ser fáciles de limpiar debido a su sección lisa y brillante y deben almacenarse de forma horizontal en el suelo sin humedad y en estuches capaces de protegerlas del ambiente exterior. Apreciar la figura 2.



Figura 2. Pértiga telescópica [2].

- **Pértiga rígida:** Son conocidas también como pértigas acoplables que consta de un solo tramo pero que puede unirse con tramos extra. Si bien se pueden proveer de cualquier longitud, las comerciales son: 0.7 m, 1 m, 1.5 m, 2 m, 2.5 m, y 3 m. Apreciar figura 3.



Figura 3. Pértiga rígida [2].

- **Pértigas tipo escopeta o gancho retráctil:** Son usadas para la instalación y desmontaje de elementos que tengan un agujero u ojal, además se usan para maniobrar de forma sencilla el desplazamiento de piezas. El gancho, la cremallera y los gatillos se construyen en latón, y la corredera en aluminio. Estas pértigas están esquematizadas para una tensión de servicio máxima de 33 kV. Apreciar la Figura 3.



Figura 4. Pértiga tipo escopeta [2].

DISTANCIA DEL OBSERVADOR HACIA EL OPERARIO

Ergonomía

Es el estudio científico de las relaciones entre el hombre y su ambiente de trabajo. El término ambiente es utilizado en un sentido más global, incluyendo también equipos, aparatos, herramientas, materiales, métodos de trabajo y la propia organización del trabajo [4].

El sostener la pértiga crea presión en los miembros superiores del cuerpo, por ello es necesario analizar una metodología que será de suma importancia para los operarios con la finalidad de evitar daños físicos. El método de sistema de análisis de trabajo Ovako (OWAS) es un procedimiento sencillo y útil destinado al análisis ergonómico de la carga postural. Su aplicación suministra buenos rendimientos tanto en la mejora del confort de los puestos como en el incremento de la calidad de trabajo.

Al aplicar esta metodología para evaluar el trabajo con las pértigas se determina lo siguiente para evitar daños musculoesqueléticos al operario:

- La tarea debe ser dividida en varias fases o etapas si el tiempo total de permanencia en una sola postura supera los 40 minutos.
- La posición de la espalda debe ser derecha, además, los brazos y piernas firmes.
- El grado de inclinación de la pértiga con respecto al operario debe ser máximo de 35°.

El peso de la pértiga es un factor importante en este estudio ergonómico, de esta manera, para se recomienda emplear pértigas que sean más ligeras, en este contexto, se recomienda emplear una pértiga telescópica, ya que, la forma pentagonal de esta evita que se gire y otorga mayor ergonomía, además de ser un 13% más ligera que las demás pértigas [5].

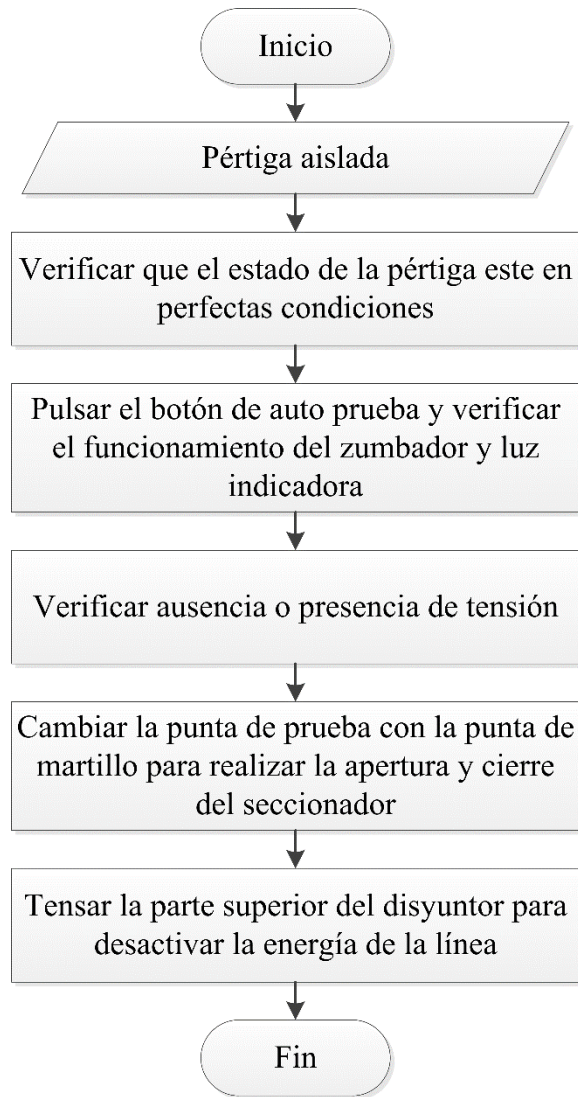


Figura 5. Metodología para realizar apertura del seccionador.

Normativas

- IEEE 978 de 198415 “Guía para Servicio en Mantenimiento y Pruebas Eléctricas de las herramientas de línea viva”
- Estándar ASTM F-71116 para pértigas
- Norma IEC 832
- Norma IEC 855.

OBJETIVOS:

GENERAL

Realizar la apertura y cierre del seccionador del patio de construcción de redes de la Universidad Técnica de Cotopaxi

ESPECÍFICOS
<ul style="list-style-type: none"> • Delimitar el área donde se realizará la maniobra con la pértiga. • Realizar la maniobra de apertura y retirado del seccionador con de la pértiga.
LISTADO DE RECURSOS:
<ul style="list-style-type: none"> • Pértiga aislada • Seccionador • Tirafusible • Línea energizada • Guantes dieléctricos
ADVERTENCIAS
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar guantes de protección y calzado de goma. • Realizar una breve inspección visual al equipo para comprobar que está en perfecto estado.
INSTRUCCIONES:
<ul style="list-style-type: none"> • Usar escaladoras y cintura de manera adecuada. • Comprobar que el área de trabajo esté libre de líquidos. • Utilizar ropa, guantes y zapatos adecuados para el trabajo en alturas. • Respetar la señalización existente en el área de trabajo.
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:
<p>17. Verificación de ausencia de tensión con la pértiga</p> <p>18. Apertura y cierre del seccionador</p>
PROCEDIMIENTO
<p>REGLAS DE ORO</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Elabore un diagrama eléctrico unifilar. 5. Compruebe la ausencia de tensión. 6. Instale lo más cerca posible de la zona de trabajo, la puesta a tierra y en cortocircuito. 7. Delimitar físicamente la instalación. 8. Hacer constar la conformidad de la consigna, mediante la firma. <p>PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRUEBA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Señalizar el espacio de trabajo Este accionar tiene como objetivo obligar a un comportamiento determinado según el riesgo de exposición. En la práctica se debe emplear conos de color anaranjado o amarillo para delimitar las zonas de riesgo temporal, en caso de no tener conos se puede usar cintas para demarcación de color amarillo- negro (indica condiciones de peligro, postes, escaleras y objetos sobresalientes) La delimitación de la zona de trabajo deberá formar un cuadrado y para esta práctica en particular este deberá tener un área de 4.36 m², según el documento de señalización y demarcación del ministerio de trabajo [6]. 2. Desplegar la parte telescópica de la pértiga hasta alcanzar la altura deseada.

3. Colocar el elemento de sujeción de la pértiga en los ganchos de sujeción del seccionador.(nombre del elemento).
4. Abrir el seccionador, el movimiento de apertura debe ser rápido para evitar arcos eléctricos.
5. Cambiar de orificio para
6. Retirar el portafusible.
7. Retraer la pértiga.

RESULTADOS OBTENIDOS:



Figura 6. Maniobra del seccionador.



Figura 6. Módulo de verificación del seccionador.

CONCLUSIONES:

- Al realizar maniobras con la pértiga, es necesario realizar la señalización del lugar de trabajo empleando conos o una cinta de color amarillo con la finalidad de prevenir accidentes con las personas que se encuentren en el lugar.
- Es necesario verificar el estado de la pértiga antes de realizar cualquier maniobra o trabajo con la misma para asegurar la integridad del operario y del equipo.
- Se debe considerar los diferentes anillos del portafusibles o seccionador a sea para proceder a desconectarlo o para retirarlo de su posición.

RECOMENDACIONES:

- Leer el procedimiento de armado de estructuras mostrada en la guía de práctica.
- Asegúrese de que los implementos necesarios estén completos y en perfecto estado.
- Utilizar de manera adecuada la pértiga.
- Se recomienda asesorarse con el docente encargado para solucionar cualquier duda.
- No utilizar la pértiga si está lloviendo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. F. Jorba Martínez, “Prevención de Riesgos en Trabajos con Corriente Eléctrica,” no. colombia, p. 231, 2009, [Online]. Available: www.oitcinterfor.org/sites/default/files/preve_electrica.pdf.
- [2] C. Pinto, “Diseño y montaje de un sistema de pruebas dieléctricas en guantes y pértigas hasta 15 kV,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–13, 2016, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.12.050><http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.064><http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.05.028><http://xlink.rsc.org/?DOI=C6NR09494E><http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.12.064><http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.12.064>.
- [3] M. Gerín, “Seguridad en las maniobras MT.”
- [4] R. Molina, S. Galarza, and C. Villegas, “Evaluación de riesgos ergonómicos del trabajo en empresas de Catering,” 2018.
- [5] T. Gyfmsa, “Pértiga telescópica,” p. 2013, 2013.
- [6] Ministerio de trabajo, “Señalización y demarcación,” *Minist. Trab.*, pp. 1–31, 2001, [Online]. Available: http://199.89.55.129/scorecolombia/documents_co/herramientas/M5/Material_tecnico_apoyo/SGSST_2015/3.Planificación/5.Plan de Emergencias/Cartillas/Cartilla_señalización_Demarcación_MT.pdf.

8.8.8. Anexo O: Medición de la Resistividad del Terreno en el Patio de Construcción de Redes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

GUÍA PRÁCTICA					
FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD		
ASIGNATURA:	REDES Y BAJO VOLTAJE	PERÍODO ACADÉMICO:	202_-202_	NIVEL	
DOCENTE:		FECHA: dd/mm/aa		PRÁCTICA N°:	7
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:		PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO EN EL PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.				

INTRODUCCIÓN:

La toma a tierra, también llamada puesta a tierra (PAT), es una parte básica y esencial de un sistema eléctrico. Aunque no es un elemento visible, el sistema de puesta a tierra es esencial para la seguridad del personal y el equipo porque evita diferencias de potencial peligrosas. La circulación de corriente a través de la conexión a tierra provoca una diferencia de potencial entre ciertos puntos. Por ejemplo, entre la instalación PAT y el terreno circundante, o entre dos puntos en él. El diseño del dispositivo de puesta a tierra debe garantizar la seguridad del personal y los dispositivos, incluso si existe una diferencia de potencial significativa, para lo cual es necesario que antes de realizar una puesta a tierra se realice un estudio de la resistividad que presenta el terreno en cuestión. Los trabajos se realizan en el terreno empleando un Telurómetro, en esta práctica se aprenderá a usar esta aparato de medición sumamente importante para los trabajos del electricista [1].

Telurómetro

Se trata básicamente de un equipo para realizar mediciones de la resistencia de puesta a tierra y para medir la resistividad del terreno.

Está compuesto del aparato de medición digital, dos picas de medición de unos 40 cm y rollos de cable para conectar las picas que intervienen en la medición y el equipo. Se guarda todo en una maleta y se puede transportar sin problemas pues no tiene un peso elevado. Si se quiere realizar una medida de la resistividad del terreno es necesario disponer de una pica más [2].



Figura 1. Telurómetro digital 4236 ER [1].

- **Telurómetro analógico:** La forma y procedimiento para medir la resistencia del pozo es la misma la única diferencia es que el valor obtenido lo marcará la aguja y este dependerá de la escala que se esté utilizando como se presenta en la Figura 2.



Figura 2. Marca:TAE KWANG Modelo: TKE-1030.

- **Telurómetro digital:** Son lo que actualmente son mayormente utilizados y su utilización es más precisa al arrojar un único valor en el display eliminándose así los errores de medición por paralelaje. Apreciar figura 3, además de dar a conocer las partes del mismo en la figura 4 [3].



Figura 3. Telurómetro digital [1].

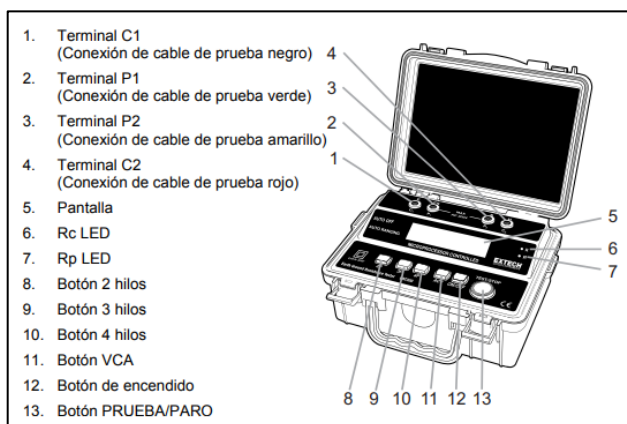


Figura 4. Partes del Telurómetro Digital [2].

Características del Telurómetro Digital

- Pruebas de resistencia de tierra con cuatro escalas: 0-2 Ω /0-20 Ω /0-200 Ω /0-2k Ω
- Escala de medición de voltaje de tierra de 0-300VCA
- Prueba automática para punta C.
- Prueba automática para punta P.
- Prueba de 2 hilos
- Prueba de 3 hilos
- Prueba de 4 hilos

- Apagado automático
- Retención de datos
- Norma de seguridad: EN 61010-1 CATIV 300V, EN 61326-1

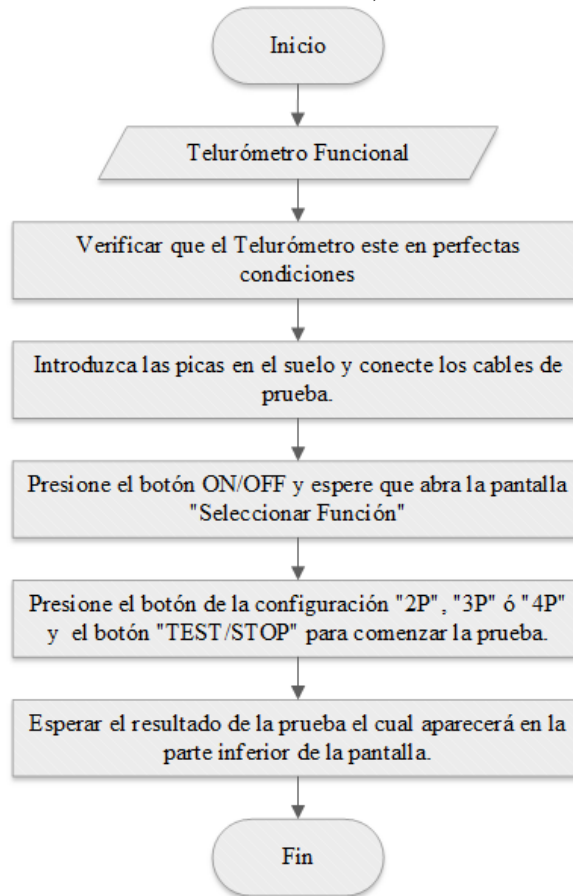


Figura 5. Metodología para realizar la prueba con el Telurómetro.

Normativas

- NTE INEN-IEC 61400-24
- NOM-001-SEDE-1999
- IEEE Std 81

OBJETIVOS:

GENERAL

Realizar el estudio de resistividad del suelo con el Telurómetro en el patio de construcción de redes de la Universidad Técnica de Cotopaxi

ESPECÍFICOS

- Verificar que el Telurómetro este en perfectas condiciones.
- Verificar si la resistividad del terreno se encuentra en el margen tolerable para la instalación de una puesta a tierra.

LISTADO DE RECURSOS:

- Telurómetro

<ul style="list-style-type: none"> • Picas. • Cables de Conexión.
<p>ADVERTENCIAS</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la distancia entre las picas de prueba. • Realizar una breve inspección visual al equipo para comprobar que está en perfecto estado.
<p>INSTRUCCIONES:</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar las cinco reglas de oro al realizar los ensayos. • Comprobar que el área de trabajo esté libre de líquidos. • Utilizar ropa, guantes y zapatos adecuados para el trabajo en alturas. • Respetar la señalización existente en el área de trabajo.
<p>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:</p>
<p>19. Determinar la resistividad del terreno empleando el Telurómetro 20. Verificar si el suelo tiene la resistividad idónea para realizar una puesta a tierra</p>
<p>PROCEDIMIENTO</p>
<p>REGLAS DE ORO</p> <p>9. Elabore un diagrama eléctrico unifilar. 10. Compruebe la ausencia de tensión. 11. Instale lo más cerca posible de la zona de trabajo, la puesta a tierra y en cortocircuito. 12. Delimitar físicamente la instalación. 13. Hacer constar la conformidad de la consigna, mediante la firma.</p> <p>PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRUEBA</p> <p>Introduzca las picas que empleara para realizar la prueba en el suelo</p> <p>Conecte los cables de prueba para pruebas de 2, 3 ó 4 terminales.</p> <p>Presione el botón ON/OFF y espere que abra la pantalla "Seleccionar Función"</p> <p>Presione el botón de la configuración "2P", "3P" ó "4P".</p> <p>Presione el botón "TEST/STOP" para comenzar la prueba.</p> <p>El medidor pitará durante la prueba (aproximadamente 10) y luego la lectura aparece en la línea inferior de la pantalla.</p>
<p>RESULTADOS OBTENIDOS:</p>
<p>CALCULOS A REALIZAR Método de Wenner</p> <p>Se insertan cuatro electrodos en línea recta en el suelo y a igual distancia a entre ellos. Entre los dos</p>

electrodos exteriores (E y H), se inyecta una corriente de medida I mediante un generador. Entre los dos electrodos centrales (S y ES), se mide el potencial ΔV gracias a un voltímetro. El instrumento de medida utilizado es un ohmiómetro de tierra clásico que permite la inyección de una corriente y la medida de ΔV . El valor de la resistencia R leída en el ohmiómetro permite calcular la resistividad mediante la siguiente fórmula de cálculo simplificada:

$$P_w = 2\pi aR \quad (5.1)$$

Donde:

ρ : resistividad en $\Omega \cdot m$ en el punto situado debajo del punto O, a una profundidad de $h = 3a/4$

a: base de medida en m

R: valor (en Ω) de la resistencia leída en el ohmiómetro de tierra. Recomendamos una medida con $a = 4$ m como mínimo [4].

RESULTADOS FOTOGRÁFICOS



Figura 6. Valor de resistencia del suelo.

CONCLUSIONES:

- Una vez verificado que el telurómetro esté en condiciones actas comprobando las baterías internas, las puntas de conexión y sus picas para entrar en funcionamiento para aplicar el método de Wenner para medir los parámetros de resistencia del terreno.
- Luego de aplicar el método antes mencionado que consiste en medir la resistividad del suelo, para lo cual se insertan de 2 a 4 electrodos en el suelo teniendo un resultado de 0.46Kohma una distancia de 2 metros entre pica y pica.

RECOMENDACIONES:

- Es necesario realizar un estudio del terreno en el que se implantará una puesta a tierra ya que esto garantizará la eficiencia de la misma.
- La mala utilización del Telurómetro supondrá una avería en el mismo, una mal medición de los factores de resistencia lo que provocará problemas a futuro.
- Leer la guía y cada uno de los pasos antes de realizar la práctica.
- Asegurarse de conocer todas las partes del Telurómetro antes de realizar el trabajo.
- Utilizar de manera adecuada el Telurómetro.
- Se recomienda asesorarse con el docente encargado para solucionar cualquier duda.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Chauvin Arnoux, “Guía de la medición de tierra,” p. 32, 2015, [Online]. Available: https://www.chauvin-arnoux.com/sites/default/files/documents/cat_guia_de_medicion_de_tierra_ed2.pdf.
- [2] L. Roman, “Manual del usuario Telurómetro de 4 hilos Modelo GRT300,” no. 1, p. 8, 2013.
- [3] C. Sa, V. S. Jordi, and V. Barcelona, “Teluometro-6e TL-6e,” p. 57, 2015.
- [4] J. D. C. VALENCIA, “MANUAL PARA LA INTERPRETACIÓN DEL PERFIL DE RESISTIVIDAD OBTENIDO AL REALIZAR EL ESTUDIO DE LA RESISTIVIDAD DEL SUELO A PARTIR DE LAS CONFIGURACIONES DEL MÉTODO DE WENNER,” vol. 16, no. 22, pp. 1–95, 2011.

8.8.9. Anexo P: Medición de la Resistencia del Aislamiento en los Transformadores Trifásicos de Distribución.

GUÍA PRÁCTICA					
FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD		
ASIGNATURA:	REDES Y BAJO VOLTAJE	PERÍODO ACADÉMICO:	202_-202_	NIVEL	
DOCENTE:		FECHA: dd /mm /aa		PRÁCTICA N°:	8
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:	PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES				
TEMA DE LA PRÁCTICA:	MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO EN LOS TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS DE DISTRIBUCIÓN.				

INTRODUCCIÓN:

Para un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), es imprescindible la realizar un estudio del nivel de aislamiento de los transformadores que serán empleados en el mismo, esto permitirá realizar la coordinación de los aislamientos de los transformadores la cual se refiere al conjunto de disposiciones tomadas con el objeto de evitar daños a los aparatos eléctricos debido a las sobretensiones y para localizar las descargas de arco en los puntos en los cuales no pueden causar daño. Estos objetivos se logran estableciendo una adecuada correlación entre las condiciones que debe resistir la aislación de aparatos, las sobretensiones a que pueden estar sometidos en servicio y las características de los dispositivos de protección contra sobretensiones. Los trabajos se realizan en el Transformador tipo Pedestal empleando un Megger MIT 520/2, en esta práctica se aprenderá a usar esta aparato de medición sumamente importante para los trabajos del electricista [1] [2].

MEGGER MIT520/2 (5KV INSULATION TESTER)

Este instrumento se utiliza para la prueba de resistencia de aislamiento. Aplica un voltaje de 250 V a 5000 V al devanado y forma una relación interna con la corriente para generar resistencia. El instrumento se puede probar a través de la línea principal o la batería recargable incorporada, lo cual es muy útil cuando se desconocen las condiciones de campo o se requieren pruebas a largo plazo. Equipado con un terminal seguro para mejorar la precisión [3].



Figura 1. Megger en funcionamiento conectado al transformador Pau Mounted.

PARTES DEL MEGGER MIT520/2

Pinzas de salida para las pruebas

El Megger cuenta con tres pinzas de salida las cuales son de color rojo, azul y negro y cada una tiene una función específica que es:

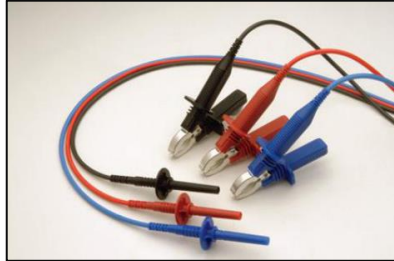


Figura 2. Conectores con puntas para prueba.

- **Negro:** Negativo del MEGGER MIT 520/2.
- **Rojo:** Positivo del MEGGER MIT 520/2.
- **Azul:** Guarda del MEGGER MIT 520/2.

Botón de encendido y apagado del MEGGER MIT 520/2

Tiene la función de encender y apagar el equipo.



Figura 3. Botón ON/OFF.

Botones del control de voltaje

Permiten variar el voltaje entre las opciones de 250, 500, 1000, 2500 y 5000 voltios elevándolo o reduciéndolo a conveniencia.



Figura 4. Botones de control de voltaje.

Botones para el control de tiempo

Permiten variar el tiempo que se desea realizar las diferentes pruebas.



Figura 5. Botones de control de tiempo.

Botón de TEST

Permiten comenzar a realizar el test para las pruebas.



Figura 6. Botón para iniciar test.

Conectores de salida para el MEGGER MIT 520/2

Permiten conectar las pinzas de prueba.



Figura 7. Salidas conectoras.

Transformador Trifásico Pad Mounted

Son máquinas estáticas que se utilizan para cambiar el valor de voltaje (V) e intensidad (I) en corriente alterna. El dispositivo consta de un núcleo de hierro sobre el que se enrollan varias vueltas (vueltas) de alambre, en este caso, tiene tres devanados [4].



Figura 8. Transformador Pad Mounted, MARCA: RVR transformadores [4].

CÁLCULOS A REALIZAR

Relación de Absorción del Dieléctrico (RAD)

$$RAD = \frac{R_{60sc}}{R_{30sec}} \quad (6.1)$$

Se utiliza para aislamientos de poca absorción. Se hacen mediciones de 30 y 60 segundos.

Índice de Polarización (IP)

$$IP = \frac{R_{10min}}{R_{1min}} \quad (6.2)$$

- Se recomienda efectuar esta prueba si la resistencia de aislamiento tomada a 1 minuto, es menor a 5000MΩ sino se recomienda efectuar la prueba de la relación de absorción dieléctrica. Se hacen mediciones de 1 a 10 minutos.

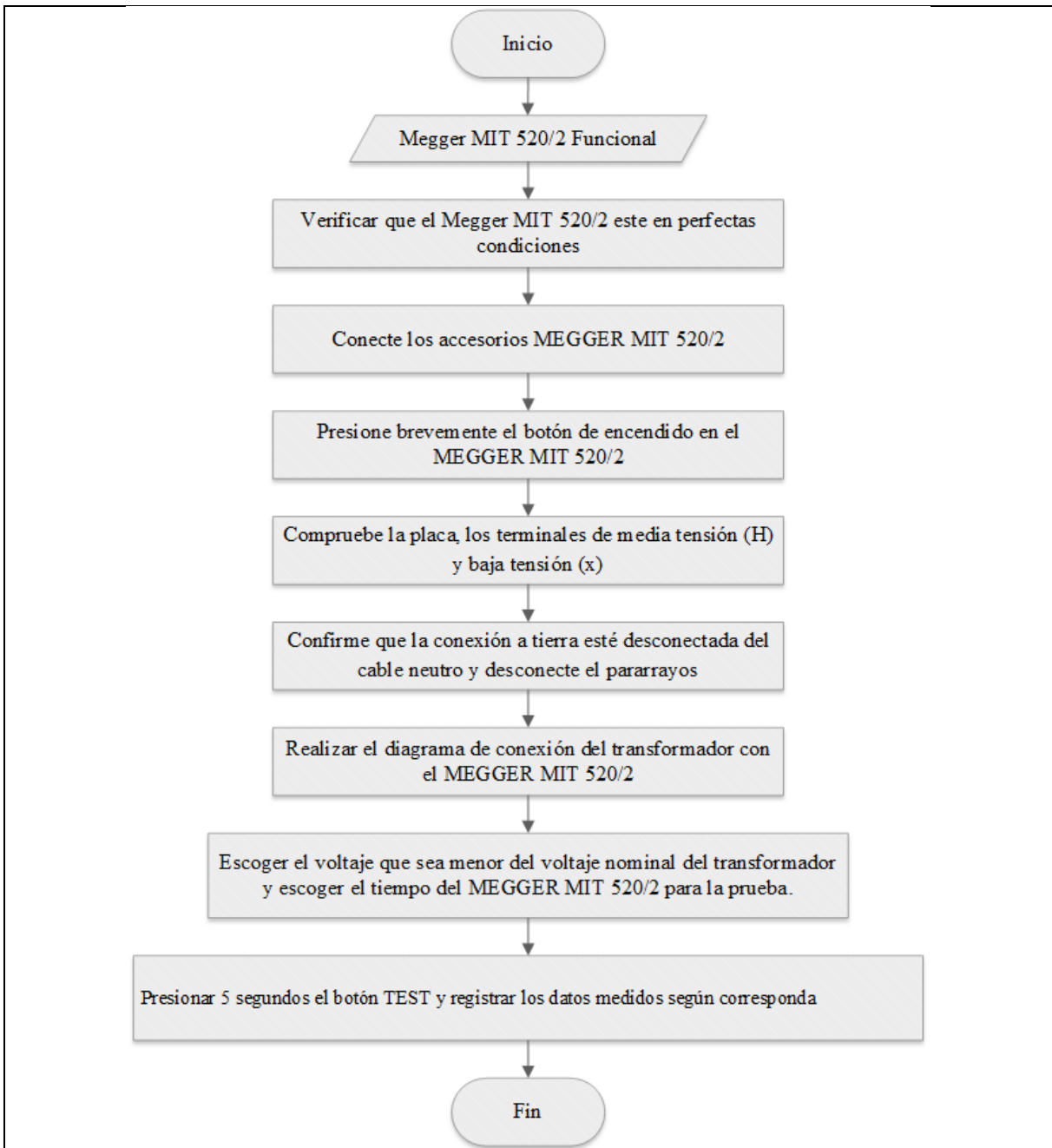


Figura 9. Metodología para realizar la prueba de aislamiento.

Normativas

- NTE INEN 2127:2013

OBJETIVOS:

GENERAL

Comprobar los valores de resistencia del aislamiento de un transformador trifásico de distribución.

<p>ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que el Megger MIT 520/2 este en perfectas condiciones. • Comprobar si el nivel de aislamiento de los bobinados del transformador y el fusible tipo Bayoneta es el correcto para entrar en funcionamiento.
<p>LISTADO DE RECURSOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Megger MIT 520/2. • Transformador trifásico. • Cables de conexión.
<p>ADVERTENCIAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar las conexiones en los terminales del transformador. • Realizar una breve inspección visual al equipo para comprobar que está en perfecto estado. • Este tipo de prueba debe realizarse en un solo transformador. • Asegúrese de que el transformador esté completamente desenergizado. • Nunca intercambie las conexiones entre los terminales de baja y media tensión del transformador. No observar las conexiones incorrectas puede causar riesgos de seguridad y dañar el equipo o el transformador.
<p>INSTRUCCIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar las cinco reglas de oro al realizar los ensayos. • Comprobar que el área de trabajo esté libre de líquidos. • Utilizar ropa, guantes y zapatos adecuados para el trabajo en alturas. • Respetar la señalización existente en el área de trabajo.
<p>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:</p> <ol style="list-style-type: none"> 21. Con los esquemas de conexión presentados en las Figuras 10, 11 y 12 obtenga los valores del nivel de aislamiento de los 3 terminales secundarios y del fusible tipo Bayoneta para 30 y 60 segundos a un nivel de voltaje de 250 V, luego interprete si el nivel de aislamiento del transformador es óptimo para funcionar. 22. Con los esquemas de conexión presentados en las Figuras 10, 11 y 12 obtenga los valores del nivel de aislamiento de los 3 terminales secundarios y del fusible tipo Bayoneta para 30 y 60 segundos a un nivel de voltaje de 500 V, luego interprete si el nivel de aislamiento del transformador es óptimo para funcionar. 23. Con los esquemas de conexión presentados en las Figuras 10, 11 y 12 obtenga los valores del nivel de aislamiento de los 3 terminales secundarios y del fusible tipo Bayoneta para 30 y 60 segundos a un nivel de voltaje de 1000 V, luego interprete si el nivel de aislamiento del transformador es óptimo para funcionar.

PROCEDIMIENTO

REGLAS DE ORO

14. Elabore un diagrama eléctrico unifilar.
15. Compruebe la ausencia de tensión.
16. Instale lo más cerca posible de la zona de trabajo, la puesta a tierra y en cortocircuito.
17. Delimitar físicamente la instalación.
18. Hacer constar la conformidad de la consigna, mediante la firma.

DIAGRAMAS DE CONEXIÓN

- Diagrama de conexión, Bajo voltaje – Tierra trifásico

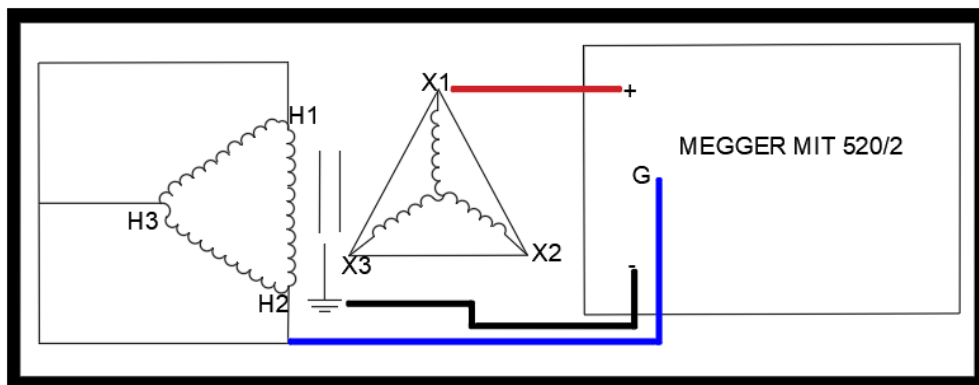


Figura 10. Diagrama de Conexión Bajo voltaje-tierra.

- Diagrama de conexión. Medio voltaje – Tierra trifásico

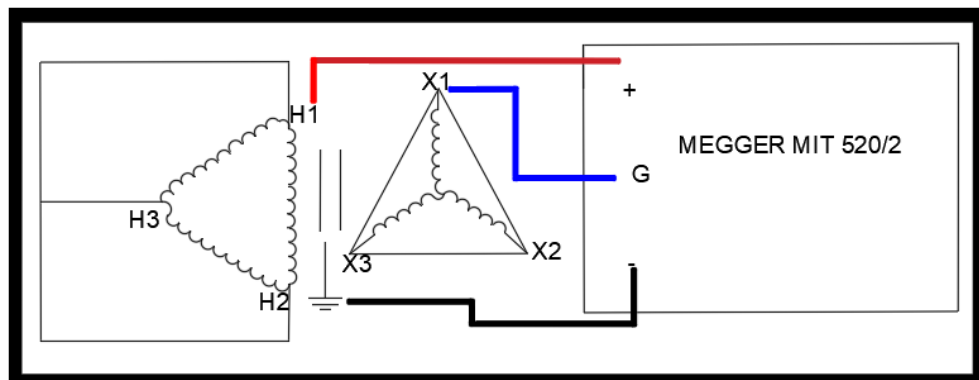


Figura 11. Diagrama de Conexión Medio voltaje-tierra.

- **Diagrama de conexión, Medio – Bajo voltaje trifásico**

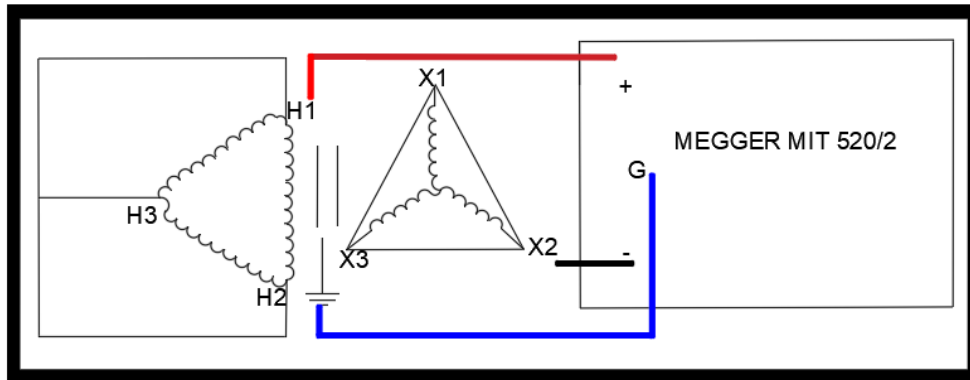


Figura 12. Diagrama de Conexión Medio-Bajo voltaje.

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL TEST

1. Conecte los accesorios MEGGER MIT 520/2, el cable negro se conecta al polo negativo, el cable azul se conecta a G, el cable rojo se conecta al polo positivo y el cable de alimentación negro se conecta al enchufe de 120V.
2. Presione brevemente el botón de encendido en el MEGGER MIT 520/2 y espere unos 10 segundos para que se calibre.
3. Compruebe la placa, los terminales de media tensión (H) y baja tensión (x) del transformador.
4. Confirme que la conexión a tierra esté desconectada del cable neutro y desconecte el pararrayos (pararrayos) de la terminal de media tensión.
5. Realizar el diagrama de conexión del transformador con el MEGGER MIT 520/2, y conectar.
6. Escoger el voltaje del MEGGER MIT 520/2 que sea menor del voltaje nominal del transformador.
7. Escoger el tiempo del MEGGER MIT 520/2 para la prueba.
8. Presionar 5 segundos el botón TEST y comienza la prueba de resistencia del aislamiento.
9. Registrar los datos medidos según corresponda

Nota: Para cada configuración se debe cambiar las conexiones del MEGGER MIT 520/2 al transformador como se muestra en las Figuras 10 – 11 y 12 según corresponda.

RESULTADOS OBTENIDOS:

1. Con los esquemas de conexión presentados en las Figuras 10, 11 y 12 obtenga los valores del nivel de aislamiento de los 3 terminales secundarios y del fusible tipo Bayoneta para 30 y 60 segundos a un nivel de voltaje de 250 V, luego interprete si el nivel de aislamiento del transformador es óptimo para funcionar.

Terminal \ Tiempo	30 segundos	60 segundos
Voltaje de 250 V		
H1		
H2		
H3		
Bay-O-Net		

.....

.....

.....

2. Con los esquemas de conexión presentados en las Figuras 10, 11 y 12 obtenga los valores del nivel de aislamiento de los 3 terminales secundarios y del fusible tipo Bayoneta para 30 y 60 segundos a un nivel de voltaje de 500 V, luego interprete si el nivel de aislamiento del transformador es óptimo para funcionar.

Terminal \ Tiempo	30 segundos	60 segundos
Voltaje de 500 V		
H1		
H2		
H3		
Bay-O-Net		

.....

.....

.....

3. Con los esquemas de conexión presentados en las Figuras 10, 11 y 12 obtenga los valores del nivel de aislamiento de los 3 terminales secundarios y del fusible tipo Bayoneta para 30 y 60 segundos a un nivel de voltaje de 1000 V, luego interprete si el nivel de aislamiento del transformador es óptimo para funcionar.

Terminal \ Tiempo	30 segundos	60 segundos
Voltaje de 1000 V		
H1		
H2		
H3		
Bay-O-Net		

.....

.....

.....
.....

RESULTADOS FOTOGRÁFICOS



Figura 13. Conexión al transformador.



Figura 14. Conexión del Megger MIT 520/2.

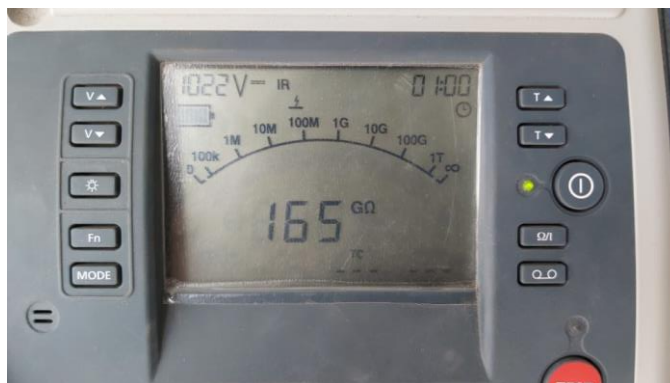


Figura 15. Resultados obtenidos con el Megger MIT 520/2.

CONCLUSIONES:

- Una vez verificado que el Megger MIT 520/2 esté en condiciones actas, comprobando los cables de poder, cables de conexión y sus esquemas correspondientes a la práctica que se realizó, entra en funcionamiento para aplicar el circuito bajo voltaje tierra trifásico.

- Ejecutando la prueba de aislamiento en el transformador en el devanado primario con el esquema anteriormente mencionado y con niveles de voltaje de 250V,500V y 1000V en un periodo de tiempo de 30sg y 60sg. Se obtuvo valores en los Giga Ohm que nos indica que el transformador está en óptimas condiciones para su funcionamiento.

RECOMENDACIONES:

- Leer la guía y cada uno de los pasos antes de realizar la práctica.
- Asegurarse de conocer todas las partes del MEGGER MIT 520/2 antes de realizar el trabajo.
- Utilizar de manera adecuada el MEGGER MIT 520/2.
- Se recomienda asesorarse con el docente encargado para solucionar cualquier duda.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Universidad Don Bosco, “Coordinación de Aislamiento - 1 parte,” pp. 1–8, [Online]. Available: <http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/guia/electrica-ingenieria/disenio-de-lineas-de-transmision/2018/i/guia-6.pdf>.
- [2] D. Ing. Eléctrica, “Principios para la Coordinación de los Niveles de Aislación de Aparatos e Instalaciones en Redes Eléctricas de Alta Tensión,” *Cátedra Transm. y Distrib. la Energía*, pp. 1–25, 2014.
- [3] Megger, “MIT520_1020_DS_en.pdf.” p. 3, 2012.
- [4] Prolec, “Manual de recepción, instalación, operación y mantenimiento de transformadores sumergidos en líquido aislante, Tipo Pedestal y Tipo Sumergible Trifásicos para Distribución Subterránea,” no. 787, p. 36, 2007.

8.8.10. Anexo Q: Medición de la Resistencia de los devanados, medición de la relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular en transformadores.

GUÍA PRÁCTICA					
FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD		
ASIGNATURA:	REDES Y BAJO VOLTAJE	PERÍODO ACADÉMICO:	202_-202_	NIVEL	
DOCENTE:		FECHA: dd /mm /aa		PRÁCTICA N°:	9
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:	PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES				
TEMA DE LA PRÁCTICA:	MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS DEVANADOS, MEDICIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN, VERIFICACIÓN DE LA POLARIDAD Y DESPLAZAMIENTO ANGULAR EN TRANSFORMADORES.				

INTRODUCCIÓN:

La operación adecuada de un transformador depende casi exclusivamente de las propiedades eléctricas de sus devanados. Para asegurar en forma continua una operación adecuada, los transformadores se prueban para verificar que sus propiedades eléctricas no han cambiado respecto de las especificaciones de diseño. Un TTR es un instrumento extremadamente útil para probar devanados de transformadores porque puede localizar varios tipos de problemas en un transformador monofásico o trifásico. También es adecuado para pruebas en entornos de mediciones, para la inspección de transformadores de medición de corriente y de voltaje. Puede determinar la exactitud sin carga de estos transformadores, así como determinar la necesidad de realizar pruebas adicionales en transformadores fallados de medición de corriente o de voltaje [1].

Megger TTR 100.-

Es un medidor automático de relación de transformación, operado a batería, portátil, monofásico utilizado para medición de relación de espiras, corriente de excitación, desplazamiento de fase, resistencia y polaridad de devanados en transformadores de distribución monofásicos y trifásicos (ensayados fase por fase), transformadores de corriente y tensión y transformadores con tomas. Las desviaciones en las mediciones mencionadas indican problemas en los circuitos de los devanados del transformador o del núcleo magnético [2].



Figura 1. TTR-100 en funcionamiento.

Transformador Monofásico. -

Son máquinas estáticas que se utilizan para variar los valores de tensión (V) e intensidad (I) en C.A. Este dispositivo se compone de un núcleo de hierro sobre el cual se han arrollado varias espiras (vueltas) de alambre conductor. Este conjunto de vueltas se llaman bobinas y se denominan: "primario" a la que recibe la tensión de entrada y "secundario" a aquella que dona la tensión transformada.

- **PARTES DEL MEGGER TTR 100**

Contraste

Esta perilla permite ajustar la resolución de la vista en la pantalla.



Figura 2. Perilla de contraste para el instrumento.

Paro de emergencia

Al pulsar cualquier tecla se dará por finalizada la prueba que se encuentre en curso.



Figura 3. Paro de emergencia.

Retroiluminación

Una depresión momentánea de esta llave activa o desactiva la retroiluminación.



Figura 4. Botón de retroiluminación.

Botón de encendido y apagado

Verde: Al pulsar momentáneamente esta llave se activará el TTR 100.



Figura 5. Pulsador para activar el TRR-100.

Rojo: Al pulsar momentáneamente esta llave se desactiva el TTR 100.



Figura 6. Pulsador para desactivar el TRR-100.

Teclas de función práctica

Se usa para volver a la pantalla de Menú Principal desde cualquier otra pantalla.



Figura 7. Tecla para regresar al menú.

Teclas de desplazamiento

Teclas de desplazamiento a la izquierda y a la derecha.



Figura 8. Botones de desplazamiento.

Teclado

Es para ingresar a selecciones de menú y navegar por las diversas pantallas.



Figura 9. Teclado general del TTR-100.

Pinzas de salida del TTR (Rojo (H) medio voltaje, Negro (x) bajo voltaje)

Rojo (H): Cables de prueba para los devanados de medio voltaje del transformador.

Negro (x): Cables de prueba para los devanados de bajo voltaje del transformador.

Panel de conectores

Se encuentran en la parte superior, conector de las salidas de alto voltaje (H), conector de las salidas de bajo voltaje (x), Cargador y Salida para cable RS232.

CÁLCULOS A REALIZAR

- a) Relación de transformación.

$$a = \frac{V1}{V2}$$

a= Relación de transformación.

V1= Voltaje en el primario (V).

V2= Voltaje en el secundario (V).

b) Porcentaje de error de la relación de transformación (monofásico y trifásico)

$$\%ERROR = \frac{a \text{ MEDIDA} - a \text{ CALCULADA}}{a \text{ MEDIDA}} * 100 \quad (1.2)$$

$$\%ERROR = \text{Porcentaje de error de la relación de transferencia (\%)} \quad (1.3)$$

a) **MEDIDA**= Relación de transformación medida.

b) **CALCULADA**=Relación de transformación calculada.

c) Resistencia de los devanados monofásicos

Para el cálculo de las resistencias de los devanados tanto para medio y bajo voltaje se desarrolla de la siguiente manera:

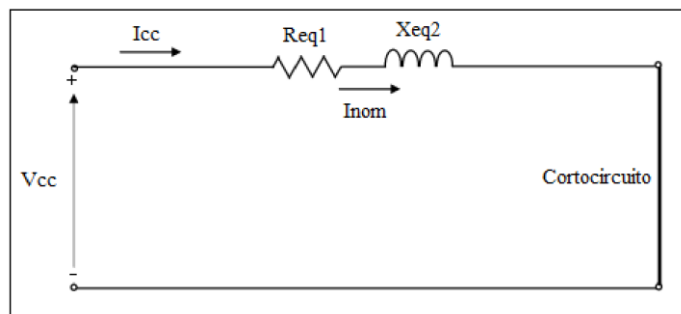


Figura 11. Diagrama para el cálculo de las resistencias de los devanados.

a. **Corriente nominal de medio voltaje**

$$I_1 = \frac{S_{KVA}}{V} = I_{cc} \quad (1.4)$$

Skva: Potencia Aparente (KVA)

V: Voltaje Nominal (V)

Icc=I1: Corriente de Cortocircuito (A).

b. **Resistencia de cortocircuito**

$$R_{cc} = \frac{P_{cc}}{I_{cc}^2} = R_{eq1} \quad (1.5)$$

Pcc: Pérdidas de cortocircuito (W).

Req1: Resistencia equivalente de medio voltaje (Ω).

c. Resistencia de medio y bajo voltaje

$$RH = \frac{Req1}{2} \quad (1.6)$$

$$Rx = \frac{Req1}{2a^2} \quad (1.7)$$

RH: Resistencia de medio voltaje (Ω).

Rx: Resistencia de bajo voltaje (Ω).

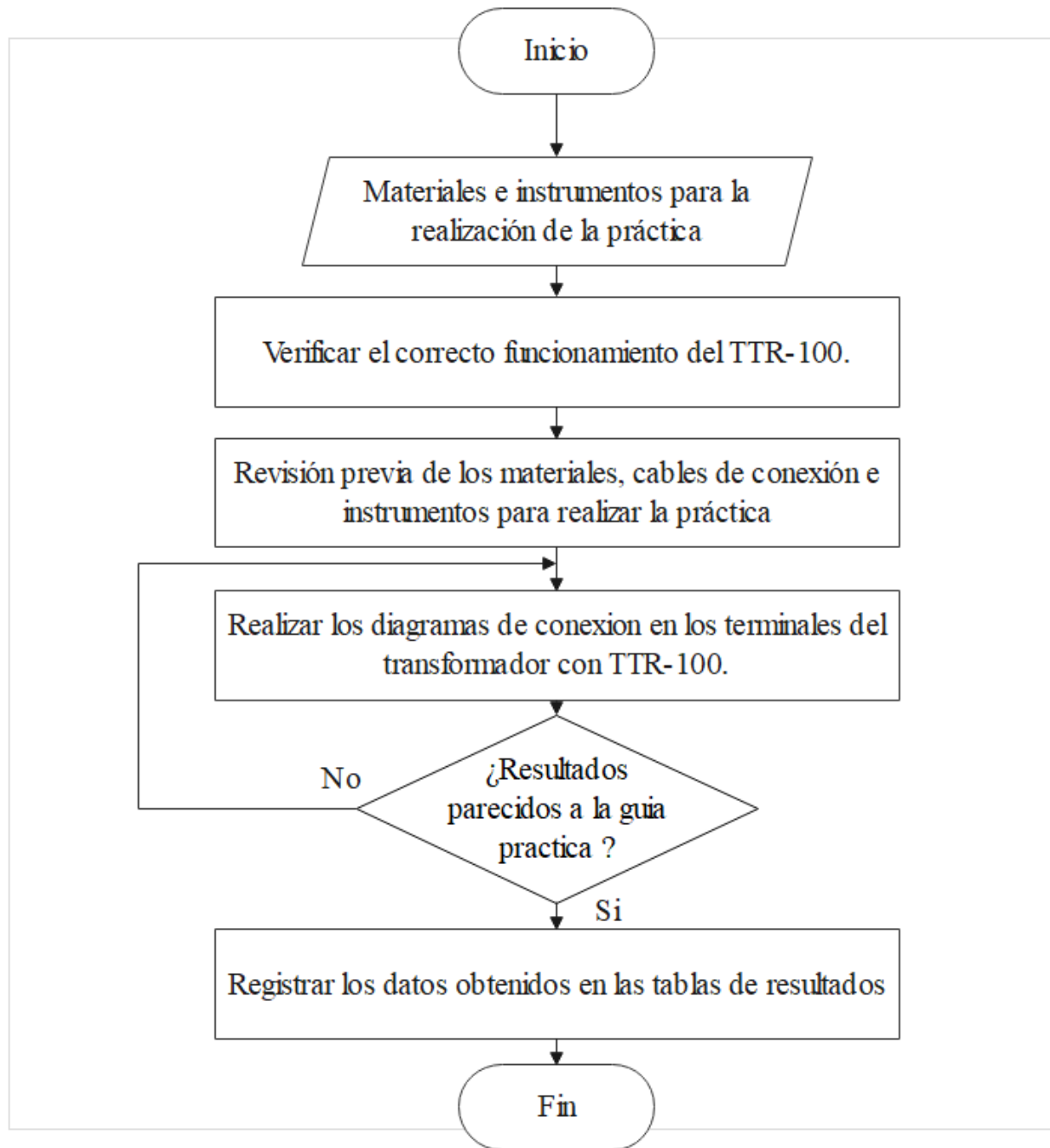


Figura 12. Metodología para realizar la relación de transformación.

<p>Normativas</p> <ul style="list-style-type: none"> • NTE INEN-IEC 61010-1 [3]. • IEC61010-1 [4].
<p>OBJETIVOS:</p>
<p>GENERAL</p>
<p>Verificar la relación de transformación, polaridad y desplazamiento angular.</p>
<p>ESPECÍFICOS</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Conocer el funcionamiento de cada uno de los materiales y partes del Megger TTR-100. • Identificar cada uno de los diagramas de conexión del dispositivo de medición y verificación de su seguridad.
<p>LISTADO DE RECURSOS:</p>
<ul style="list-style-type: none"> • TTR 100. • Transformador monofásico. • Cables de conexión.
<p>ADVERTENCIAS</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Utilice guantes de protección y calzado de goma. • Realice una breve inspección visual al equipo, para comprobar que está en perfecto estado, sin roturas ni daños visibles. • Asegúrese de no tocar ninguna otra parte del equipo que no sea la propia de su ejecución.
<p>INSTRUCCIONES:</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación de tomas de energía en buen estado • Revisión de cables de conexión con aislantes y acoples en buen estado. • Comprobación de la inexistencia en pisos o el área con presencia de agua o líquidos esparcidos en el lugar de la práctica. • Utilizar ropa, guantes y zapatos adecuados para la práctica. • Respetar la señalización existente en el área de trabajo.
<p>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Medición de la resistencia de los devanados 2. Medición de la relación de transformación, verificación de la polaridad y desplazamiento angular. 3. Conexión según el diagrama de conexión preestablecido. 4. Tabla de resultados para la prueba con el TTR-100.
<p>PROCEDIMIENTO</p>
<p>REGLAS DE ORO</p>
<p>19. Elabore un diagrama eléctrico unifilar.</p>

20. Compruebe la ausencia de tensión.
21. Instale lo más cerca posible de la zona de trabajo, la puesta a tierra y en cortocircuito.
22. Delimitar físicamente la instalación.
23. Hacer constar la conformidad de la consigna, mediante la firma.

- **DIAGRAMA DE CIRCUITOS**

Se debe recalcar que el siguiente diagrama, se emplea para todos los taps del transformador.

1. **Diagrama de Conexión Monofásico con el TTR-10**

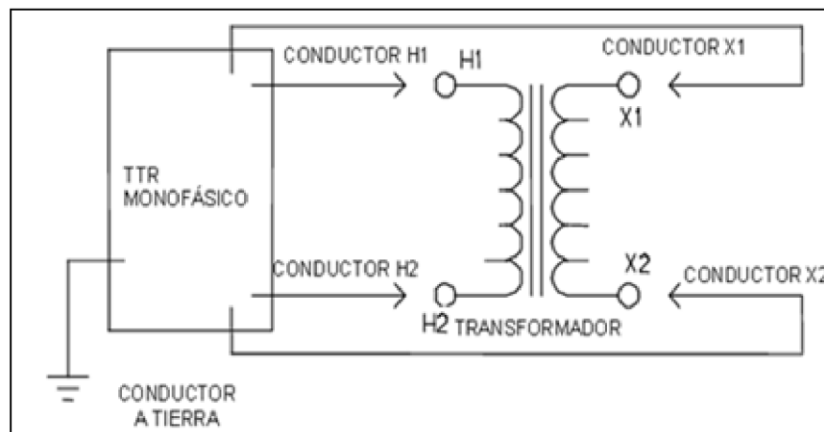


Figura 10. Diagrama de conexión de los terminales del instrumento.

PROCEDIMIENTO

1. Desconectar el pararrayo del transformador.
2. Revisar la placa, los bornes de medio voltaje (H) y los de bajo voltaje (X) del transformador.
3. Pulsar momentáneamente el botón verde hasta que se encienda el TTR 100.
4. Pulsar la tecla 5 que es para **SETEAR SISTEMA**.
 - Opción 1: **STANDARD**; Se tiene 3 ítems IEC, ANSI, AU (Australiana), escoger la norma del transformador a ser realizado la prueba y enter.
 - Opción 2: **FASE**; Se tiene 3 ítems DEGREES (grados), CENTIRADIANS (centiradianes) y NO (sin desfase), escoger una de las tres opciones y enter.
 - Opción 3: **RESISTANCE TEST**; Se tiene 2 ítems SI y NO, escoger con las flechas si quiere que mida la resistencia de los devanados y enter.
 - Opción 4: **POLARIDAD**; Se tiene 2 ítems SI y NO, escoger con las flechas si quiere que mida la polaridad y enter.
5. Presionar la opción 6 para regresar al menú principal.
6. Luego en el menú principal escoger la opción 1 **XFMR. CONFIG.:**
 - Escoger la opción del tipo de transformador que va a realizar la prueba.

7. Después de mostrar la configuración del tipo de transformador (Figura 1), conecte la salida del TTR 100 al transformador y la entrada.
8. También puede seleccionar opciones para la tensión característica del transformador y el nivel de potencia. Vaya al menú principal y seleccione la opción 3 para iniciar la prueba total.
9. Hay opciones para completar los datos del transformador: identificación, valor de voltaje de baja tensión, número de tomas, entrada según la opción que desee ingresar.
 - Ingresar los datos del transformador: La identificación, valor en voltios de medio voltaje, número de taps y enter. Luego escoger la opción 1
 - Ingresar los datos del transformador: El número del tap nominal de medio voltaje y enter. Luego escoger la opción 1.
 - Llenar los datos del transformador: El valor de bajo voltaje entre línea a línea y entre, luego escoger la opción 1.
10. Tap test 1.- Cambie la posición del tap del transformador, ingrese el número de tap de prueba en TTR 100 e introdúzcalo. Presione la opción 3 para iniciar la prueba.
 - En la pantalla muestra el test en progreso y espera hasta que termine la prueba.
 - Todos los resultados de tapping se indican con flechas y los resultados obtenidos.
 Presione la opción 5 PRÓXIMA PRUEBA para pasar a la siguiente prueba del siguiente grifo.
11. Cambie la toma del transformador a la siguiente posición, también en TTR 100, y repita la prueba para todas las tomas en el ítem 11.

Notas:

- En caso de emergencia y desea parar la prueba pulsar cualquier tecla del TTR 100.
12. Después de completar la prueba de todas las tomas, los datos medidos por TTR 100 deben registrarse de manera adecuada.
 13. Apagar el equipo y desconectar las conexiones realizadas.

RESULTADOS OBTENIDOS:

TABLA DE RESULTADOS PARA LA PRUEBA CON EL TTR 100 OBTENIDAS POR EL ESTUDIANTE

Al finalizar las pruebas en los taps del transformador trifásico, el estudiante deberá registrar los valores obtenidos por el TTR 100 en las siguientes tablas de resultados, donde se deberán registrar valores de voltaje, relación de transformación y el error de cada línea.

Medición de resistencia en los devanados (Tap Nominal)		
Lado Primario		
X1 – X2		Ω
X1 – X3		Ω
X2 – X3		Ω
Lado Secundario		
H1 – H2		Ω
H1 – H3		Ω
H2 – H3		Ω

MEDICIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN			
RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN			
TAP	Fase A	Fase B	Fase C
1			
2			
3			
4			
PORCENTAJES DE ERROR			
TAP	% Error A	% Error B	% Error C
1			
2			
3			
4			

RESULTADOS FOTOGRÁFICOS



Figura 11. Aparato empleado.

CONCLUSIONES:

- Las correctas conexiones de los equipos al transformador nos otorgan confiabilidad al momento de realizar la práctica, por lo tanto, es imprescindible que se realice de manera eficaz tomando en consideración el procedimiento explicado con anterioridad.
- Una vez indagando en la manual de uso del Megger TRR-100 podemos comprobar las conexiones, como son para cada fase del transformador que otorgan confiabilidad al momento de realizar la práctica, por lo tanto, es imprescindible que se realice de manera eficaz tomando en consideración el procedimiento explicado con anterioridad.

RECOMENDACIONES:

- Los estudiantes deberán revisar las guías pertinentes para cada una de las prácticas que se deben realizar, operando los equipos de la manera sugerida en las mismas.
- Utilizar correctamente todos los equipos de protección personal.
- Tratar con suma delicadeza cada equipo y material para evitar daños que puedan ocasionar problemas en el sistema de potencia.
- Se recomienda asesorarse con el docente encargado para solucionar cualquier duda.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. Ttr, E. Ttr, E. Ttr, E. Ttr, and E. Ttr, "TTR™ 100 TTR Portátil," p. 5, [Online]. Available: <https://es.megger.com/equipo-portatil-de-medida-de-relacion-de-transformadores-mono/trifasico-ttr100-2>.
- [2] I. Manual *et al.*, "M 2621," no. October, 2003, [Online]. Available: <https://es.megger.com/equipo-portatil-de-medida-de-relacion-de-transformadores-mono/trifasico-ttr100-2>.
- [3] N. T. E. I.- Iec, "AC," 2014, [Online]. Available: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/NTE_INEN_IEC_61010_1.pdf.

8.8.11. Anexo R: Práctica de cortocircuito utilizando el PMM-1 y el módulo de pruebas para un transformador trifásico de distribución.

GUÍA PRÁCTICA					
FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD		
ASIGNATURA:	REDES Y BAJO VOLTAJE	PERÍODO ACADÉMICO:	2021-2022	NIVEL	
DOCENTE:		FECHA: dd /mm /aa		PRÁCTICA N°:	10
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:		PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES			
TEMA DE LA PRÁCTICA:	PRÁCTICA DE CORTOCIRCUITO UTILIZANDO EL PMM-1 Y EL MÓDULO DE PRUEBAS PARA UN TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE DISTRIBUCIÓN.				
INTRODUCCIÓN:					
<p>El PMM-1 está diseñado para realizar comprobaciones y pruebas precisas y rápidas en instalaciones de relés de protección y de mediciones durante su puesta en marcha, y en el mantenimiento rutinario En las instalaciones de medición, la unidad mide la tensión fase a fase y las amplitudes y ángulos de fase en la corriente monofásica. Combinado con una fuente de tensión o corriente, el PMM-1 también se convierte en una herramienta excelente para comprobar y calibrar prácticamente cualquier tipo de relé de protección. El PPM-1 portátil permite realizar mediciones de corriente sin desconectar los cables de la corriente mediante transformadores de corriente de pinza [1].</p> <p>Las cantidades medidas se pueden imprimir en una impresora externa o descargar en un ordenador para analizarlas más tarde.</p>					
PMM-1.					
					
Figura 1. PMM-1 en funcionamiento.					
<p>El Multímetro de Potencia (Modelo PMM- 1) es una batería / línea de portátiles de última generación operados instrumento multifunción para medir corriente alterna o tensión continua, primaria AC y la corriente secundaria, potencia, energía reactiva, ángulo de fase y la frecuencia de una sola o trifásica. MULTÍMETRO POWER está configurado fácilmente para medir la amplitud y el ángulo de fase entre cualquiera de dos entradas de tensión y corriente. Todas las cantidades medidas se muestran simultáneamente en una pantalla gráfica fácil de leer [2].</p>					
Módulo de Pruebas.					
<p>En todo sistema eléctrico se dispone de elementos propios de su configuración como son los transformadores, motores, cables, aisladores, por lo que es de vital importancia antes de su instalación realizar pruebas de laboratorio. Para el estudio a ejecutar se toma como referencia transformadores de distribución, porque resulta indispensable verificar las pérdidas en vacío y cortocircuito, evitando el consumo excesivo de energía.</p>					

Transformador Trifásico.

Son máquinas estáticas que se utilizan para variar los valores de tensión (V) e intensidad (I) en C.A. Este dispositivo se compone de un núcleo de hierro sobre el cual se han arrollado varias espiras (vueltas) de alambre conductor, en este caso tiene tres bobinados.

- **PARTES DEL PMM-1**

Interruptor Principal

Permite encender el instrumento de medida, esto se realiza llevando el interruptor al lado derecho.



Figura 2. Interruptor de encendido.

Indicador de línea

El indicador se iluminará cuando el cable de alimentación se encuentre conectado al aparato y a una toma de energía eléctrica.



Figura 3. Indicador conectado a la red eléctrica.

Indicador de Batería

EL indicador Led se encenderá una vez que la batería este completamente cargada o en caso contrario este en un nivel inferior al 20%.



Figura 4. Indicador de nivel de batería.

Terminal de protección a tierra

El terminal de protección a tierra debe estar conectado a una toma de tierra antes de hacer otras conexiones con el instrumento o antes de realizar una prueba con él.



Figura 5. Terminal de puesta a tierra.

Pantalla

La pantalla tiene una alta resolución grafica ya que es de tipo LCD.

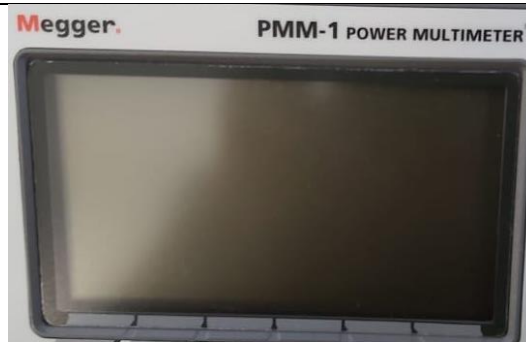


Figura 6. Display LCD.

Tecla de función

Estos botones son operados en conjunto con la pantalla. La pantalla proporciona una indicación de la tecla de función. La función de cada tecla varía en cada pantalla.



Figura 7. Botones de movimiento por la pantalla LCD.

Tecla menú

Cuando se pulsa la tecla MENU el equipo regresa al menú principal.



Figura 8. Botón menú.

Teclas de cursor

Las teclas de cursor permiten al operador moverse, en las direcciones izquierda y derecha, arriba o abajo a diferentes campos en la pantalla.



Figura 9. Botón menú.

Entradas de Voltaje.

Los voltajes de una a tres fases se conectan a los bornes de conexión, según el color indicado: Rojo fase A, amarillo fase B, azul fase C y el color blanco es el neutro.



Figura 10. Bornes de conexión de los terminales del PMM-1.

Reset

Este botón se utiliza para restablecer el contador de ciertas pantallas de medición, y aplicación exclusiva para la prueba de relés.



Figura 11. Botón reset.

Entradas de corriente

Tres circuitos de corriente independiente pueden ser conectados a estos conectores de unión. La polaridad correcta, determina la medición del ángulo de fase, se indica mediante el terminal de color rojo y con el terminal negro según corresponda la bornera.



Figura 12. Entradas de las fases de corriente al PMM-1.

CÁLCULOS A REALIZAR

1. Corriente nominal en el primario

$$I_p = \frac{VA}{V_p * \sqrt{3}} \quad (1.1)$$

I_p = Corriente nominal en el primario (A).

VA = Potencia aparente (VA).

V_p = Voltaje del primario (V).

2. Corriente nominal en el secundario

$$I_s = \frac{VA}{V_s * \sqrt{3}} \quad (1.2)$$

I_s = Corriente nominal en el secundario (A).

VA = Potencia aparente (VA).

V_s = Voltaje del secundario (V).

3. Pérdidas en el cobre

$$P_{cmT} = I_p^2 * R_H \quad (1.3)$$

P_{cmT} = Pérdidas en el cobre en medio voltaje (W).

R_H = Resistencia del primario (Ω).

4. Pérdidas en el secundario

$$P_{cbT} = I_s^2 * R_x \quad (1.4)$$

P_{cbT} = Pérdidas en el cobre en bajo voltaje (W).

R_x = Resistencia del secundario (Ω).

5. Pérdida total de cortocircuito

$$P_{tc} = P_{cmT} + P_{cbT} \quad (1.5)$$

P_{tc} = Pérdida total de cortocircuito (W).

6. Resistencia en el vacío.

$$R_o = v_o / I_o \quad (1.6)$$

R_o = Resistencia en vacío (Ohm).

V_o = Voltaje en vacío (V).

I_o = Corriente en vacío (A).

7. Pérdidas en vacío.

$$P_o = I_o^2 * R_o \quad (1.7)$$

P_o = Pérdidas en Vacío (W).

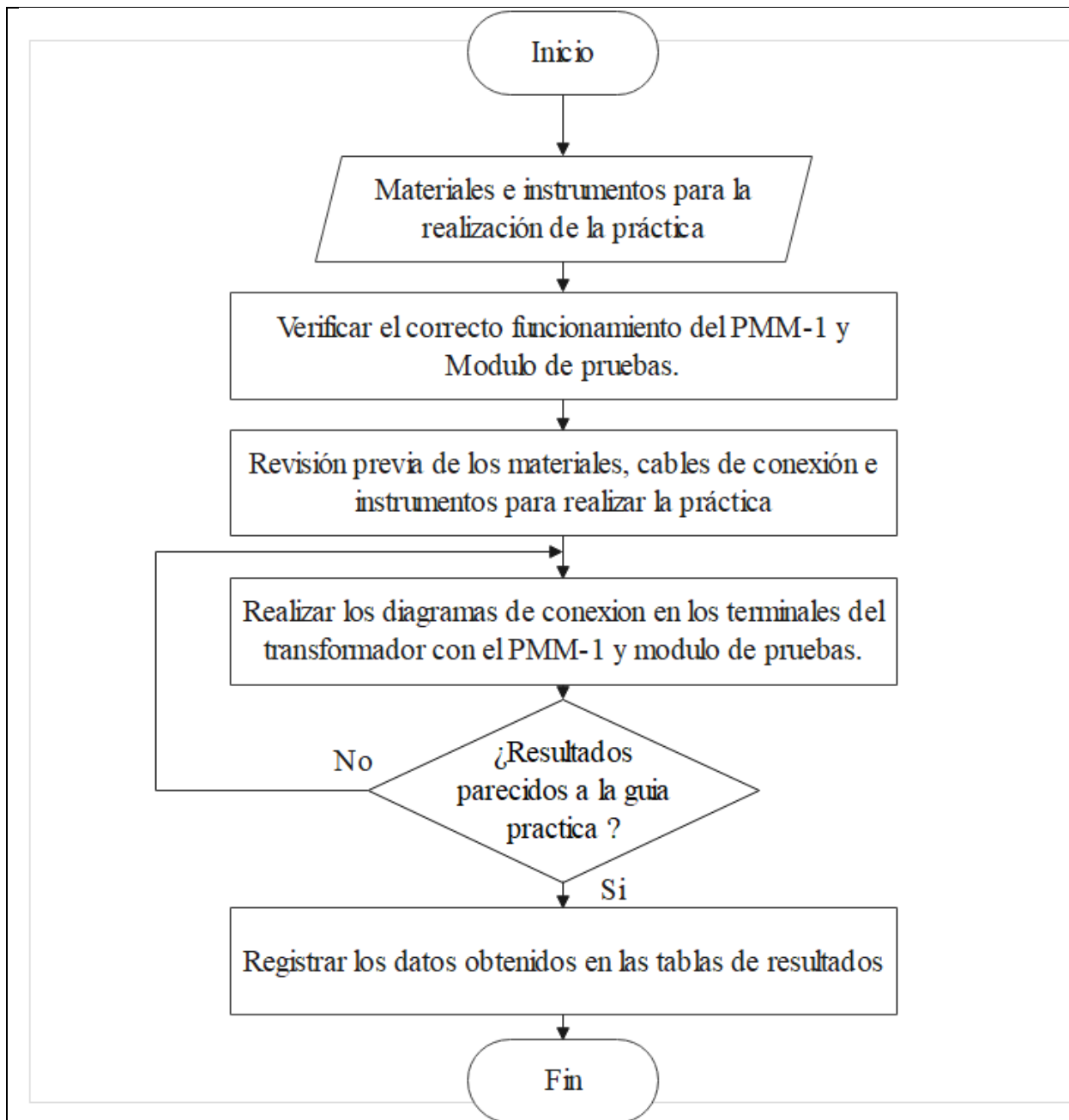


Figura 16. Metodología para realizar práctica de cortocircuito.

Normativas

- Basado en el manual de uso del Multímetro PMM-1 Versión 2.12 (Instrumento de medición multifuncional) [2].

OBJETIVOS:

GENERAL

Comprobar los valores de pérdidas en el cobre de un transformador trifásico al aplicar un cortocircuito utilizando el PMM-1 y el módulo de pruebas.

ESPECÍFICOS
<ul style="list-style-type: none"> ● Conocer el funcionamiento de cada uno de los materiales y partes del PMM-1. ● Identificar cada uno de los diagramas de conexión del dispositivo de medición y verificación de su seguridad.
LISTADO DE RECURSOS:
<ul style="list-style-type: none"> ● PMM-1, Módulo de pruebas. ● Transformador trifásico. ● Cables de conexión.
ADVERTENCIAS
<ul style="list-style-type: none"> ● Utilice guantes de protección y calzado de goma. ● Realice una breve inspección visual al equipo, para comprobar que está en perfecto estado, sin roturas ni daños visibles. ● Asegúrese de no tocar ninguna otra parte del equipo que no sea la propia de su ejecución.
INSTRUCCIONES:
<ul style="list-style-type: none"> ● Comprobación de tomas de energía en buen estado ● Revisión de cables de conexión con aislantes y acoples en buen estado. ● Comprobación de la inexistencia en pisos o el área con presencia de agua o líquidos esparcidos en el lugar de la práctica. ● Utilizar ropa, guantes y zapatos adecuados para la práctica. ● Respetar la señalización existente en el área de trabajo.
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pérdidas de cobre del transformador al aplicar un cortocircuito. 2. Conexión según el diagrama de conexión preestablecido, con ayuda del procedimiento. 3. Tabla de resultados para la prueba con el PMM-1.
PROCEDIMIENTO
REGLAS DE ORO
<ol style="list-style-type: none"> 24. Elabore un diagrama eléctrico unifilar. 25. Compruebe la ausencia de tensión. 26. Instale lo más cerca posible de la zona de trabajo, la puesta a tierra y en cortocircuito. 27. Delimitar físicamente la instalación. 28. Hacer constar la conformidad de la consigna, mediante la firma.

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

a) DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL TRIFÁSICO FASE A

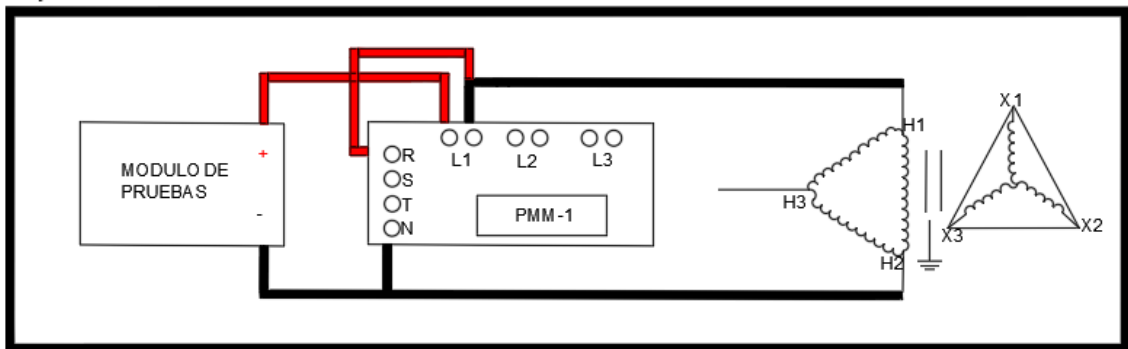


Figura 13. Diagrama de conexión de cortocircuito con el trifásico fase A.

b) DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL TRIFÁSICO FASE B.

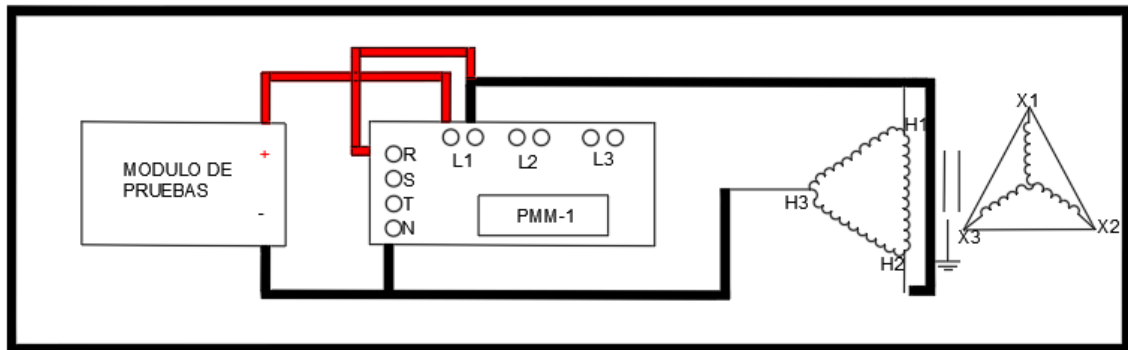


Figura 14. Diagrama de conexión de cortocircuito con el trifásico fase B.

c) DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CORTOCIRCUITO CON EL TRIFÁSICO FASE C

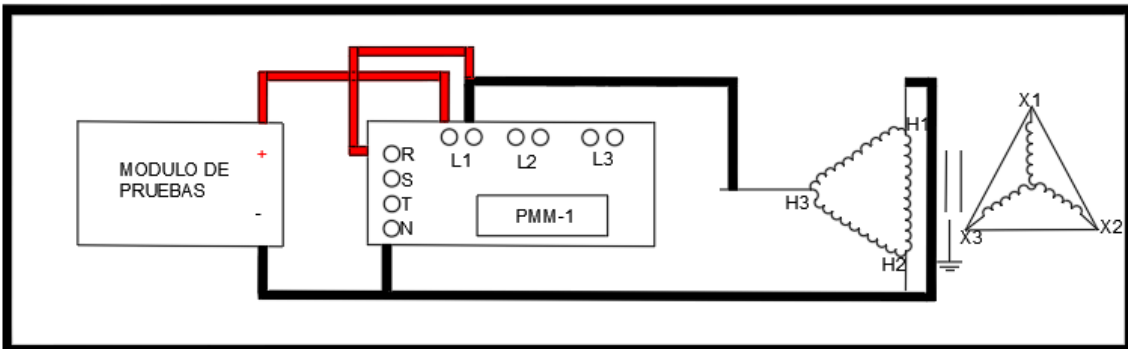


Figura 15. Diagrama de conexión de cortocircuito con el trifásico fase C.

PROCEDIMIENTO.

1. Prueba de cortocircuito en transformador trifásico.
 - Reconocer la placa característica del transformador.
 - Verificar los bornes de medio voltaje (H) y bajo voltaje (x) del transformador.

2. Identificar los siguientes datos de placa y determinar la corriente nominal del transformador:
 - Voltaje nominal (V)
 - Potencia nominal (kVA)
 - Corriente nominal (A)
3. Preparativos para la práctica:
 - Ubicar el PMM-1 en un lugar fuera de peligro.
4. Conectar el PMM-1, el módulo de pruebas y el transformador trifásico como muestra las figuras 15, 16 y 17 para las fases A, B y C respectivamente, tomando en cuenta que para cada fase se realizan en diferente tiempo.
5. Una vez conectado todos los dispositivos necesarios para la práctica, procedemos a encender el PMM-1 y el módulo de pruebas.
 - Llevar el interruptor a la posición derecha para prender el instrumento de medida.
 - En la pantalla del equipo PMM-1, seleccionar el tipo de transformador.
 - Presionar el mismo botón para realizar la prueba.
 - Girar el variac del módulo de pruebas hasta llegar a la posición de la corriente nominal del fusible del transformador tipo Bayonet.

Nota: en este caso la corriente que soporta Bayonet, es de 3A max.
6. Proceder con la práctica de la fase B y C, desde el literal
7. Tomar sus respectivos resultados obtenidos en la prueba de cortocircuito de las fases (A, B, C), como son voltios (V), amperio (A), vatios (W) y factor de potencia (Fp).
8. Regresar el variac a la posición cero (0), y presionar el botón de emergencia para proceder a retirar las conexiones realizadas para la práctica.
9. Apagar los equipos.

RESULTADOS OBTENIDOS:

TABLA DE RESULTADOS PARA LA PRUEBA CON EL PMM-1 OBTENIDAS POR EL ESTUDIANTE

Al finalizar las pruebas de cortocircuito en el transformador trifásico, el estudiante deberá registrar los valores obtenidos por el PMM-1 en las siguientes tablas de resultados, donde se deberán registrar valores de circuitos abiertos y de cortocircuito.

PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO		
CIRCUITO ABIERTO		
Voltaje		V
Corriente		A
Frecuencia		Hz
% fp		%
CORTOCIRCUITO		
Temperatura Ambiente		°C
Voltaje		V
Corriente		A
Potencia Total		W
Fp		%

Con los datos obtenidos de la medición del PMM-1 y datos del fabricante del transformador se procede a calcular de manera escrita aplicando las fórmulas mencionadas con anterioridad cada uno de los procesos explicados en la siguiente tabla.

RESULTADOS DE CÁLCULOS		
CÁLCULO	FÓRMULAS	RESULTADO
Corriente nominal en el primario	$I_p = \frac{VA}{V_p * \sqrt{3}}$	
Corriente nominal en el secundario	$I_s = \frac{VA}{V_s * \sqrt{3}}$	
Pérdidas en el cobre	$P_{cmT} = I_p^2 * RH$	
Pérdidas en el secundario	$P_{cbT} = I_s^2 * R_x$	
Pérdida total de cortocircuito	$P_{tc} = P_{cmT} + P_{cbT}$	
Resistencia en el vacío	$R_o = v_o / I_o$	
Pérdidas en vacío.	$P_o = I_o^2 * R_o$	

RESULTADOS FOTOGRÁFICOS



Figura 16. Conexión en el transformador.



Figura 17. Conexión en el PMM - 1.



Figura 18. Conexión en el módulo de pruebas.



Figura 19. Resultados obtenidos.

CONCLUSIONES:

- Estudiar los elementos del instrumento de medición tiene una función específica, por ello, es imprescindible estudiar cada uno de estos para evitar cualquier tipo de daño en su instalación en el sistema de potencia.
- Una vez indagando en la manual de uso del PMM-1 podemos comprobar las conexiones, como son para cada fase del transformador que otorgan confiabilidad al momento de realizar la práctica, por lo tanto, es imprescindible que se realice de manera eficaz tomando en consideración el procedimiento explicado con anterioridad.

RECOMENDACIONES:

- Los estudiantes deberán revisar las guías pertinentes para cada una de las prácticas que se deben realizar, operando los equipos de la manera sugerida en las mismas.
- Utilizar correctamente todos los equipos de protección personal.
- Tratar con suma delicadeza cada equipo y material para evitar daños que puedan ocasionar problemas en el sistema de potencia.
- Se recomienda asesorarse con el docente encargado para solucionar cualquier duda.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] P.-1 Megger, “Instrumento de medición multifuncional,” [Online]. Available: <https://csa.megger.com/instrumento-de-medida-multifuncional-pmm1>.
- [2] I. D. M. Megger, MULTIFUNCIONAL, “OPERATING AND INSTRUCTION MANUAL CAT . NO . PMM-1 It is essential that this instruction book be read thoroughly before putting the equipment in service !!!,” no. 17357, p. 67, [Online]. Available: <https://csa.megger.com/instrumento-de-medida-multifuncional-pmm1>.

8.8.12. Anexo S: Práctica de medidor de relación de transformación con EL TR – 8703 para un transformador trifásico tipo pedestal 2 KVA.

GUÍA PRÁCTICA					
FACULTAD:	CIYA	CARRERA:	INGENIRIA EN ELECTRICIDAD		
ASIGNATURA:	REDES Y BAJO VOLTAJE	PERÍODO ACADÉMICO:	2021-2022	NIVEL	
DOCENTE:		FECHA: dd /mm /aa		PRÁCTICA N°:	11
LABORATORIO DONDE SE DESARROLLARÁ LA PRÁCTICA:	PATIO DE CONSTRUCCIÓN DE REDES				
TEMA DE LA PRÁCTICA:	PRÁCTICA DE MEDIDOR DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN CON EL TR – 8703 PARA UN TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TIPO PEDESTAL 2 KVA				
INTRODUCCIÓN:					
<p>Para un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), es imprescindible realizar pruebas en los transformadores con la finalidad de conocer si la relación de transformación que presenta el mismo es la idónea para trabajar ya que desafortunadamente, los transformadores no son ideales, y en un transformador real la relación de tensiones o de corrientes pueden no ser igual a la relación de transformación, debido a las diferentes pérdidas eléctricas como las debidas al núcleo de hierro del transformador y a las pérdidas en el cobre que son producidas por los devanados primario y secundario, para ello es importante que las pérdidas no superen el 5%, esta pruebas se realizar con diferentes aparatos de medición para lo cual se plantea realizar la prueba en el Transformador tipo Pedestal empleando un Megger MIT 520/2, en esta práctica se aprenderá a usar esta aparato de medición sumamente importante para los trabajos del electricista</p> <p>El TR-8703</p> <p>Es un medidor de relación de espiras de transformador, digital y portátil, desarrollado para medición en campo de transformadores de tensión, potencia y corriente. Cuando está conectado a un transformador no-energizado, el equipo mide con exactitud la relación de espiras, exhibiendo simultáneamente la polaridad y la corriente de excitación.</p>					
					
Figura 1. El TR-8703.					
Especificaciones técnicas					
<ul style="list-style-type: none"> - Relación de transformación de 0,8000:1 a 8000:1 para transformadores de potencia y potencial - Relación de transformación de 0,8000 a 1000.0 transformadores de corriente - auto rango - Pruebas por excitación del primario y lectura del secundario - Alarmas en caso de conexión incorrecta, polaridad invertida, circuitos abiertos y cortocircuitos. 					

- Visualización de los informes, sentido de los devanados - % de diferencia con respecto a los valores nominales y a la corriente de excitación.
- Auto calibración
- Barra analógica indicadora del progreso del auto calibración y de la medida.
- Almacenamiento de hasta 10.000 resultados de medida en memoria interna.
- Conexión USB 2.0
- Índice de protección contra cuerpos solidos IP40 (tapa abierta) y contra salpicaduras IP53 (tapa cerrada)
- Pantalla LCD de 16 caracteres, 2 líneas, retroiluminación LED,
- Categoría de seguridad CAT IV a 50V
- Alimentación mediante batería de níquel-metal hidruro recargable de 12 V
- Duración de la batería de 10 horas de funcionamiento continuo
- Incluye cargador externo 90 a 240 V, 50/60 Hz.

PARTES DEL EL TR-8703

- **Interruptor Principal**

Permite encender el instrumento de medida, esto se realiza llevando el interruptor al lado derecho.

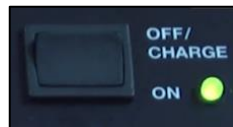


Figura 2. Interruptor Principal.

- **Pantalla**

La pantalla tiene una alta resolución grafica ya que es de tipo LCD.

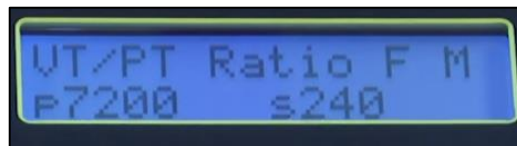


Figura 3. Pantalla digital LCD.

- **Tecla menú**

Cuando se pulsa la tecla MENU el equipo regresa al menú principal. Las teclas de cursor permiten al operador moverse, en las direcciones arriba o abajo a diferentes campos en la pantalla.

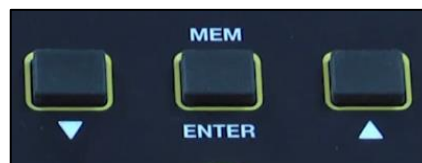


Figura 4. Tecla menú.

- **Entradas de Voltaje.**

Es un transformador amateur diseñado para probar la relación de espiras primaria a secundaria de transformadores monofásicos y multifásicos tiene una entrada muy industrial las entradas x + H para el primaria y conexiones secundarias al transformador estas entradas clave codificada para que no

pueda enchufarlos mal polarizados el usuario no puede cometer un error al enchufarlos por razones de seguridad los instrumentos.

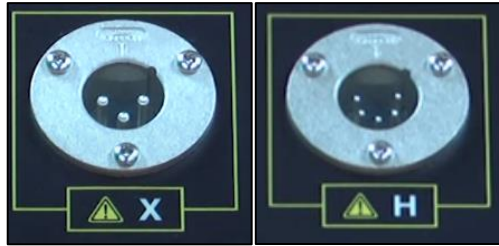


Figura 5. Entradas de voltaje.

- **Retroiluminación**

Una depresión momentánea de esta llave activara o desactivara la retroiluminación y con esta perilla permite ajustar la resolución de la vista en la pantalla.

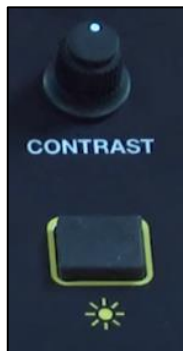


Figura 6. Ajuste de iluminación.

- **Botón de TEST**

Permiten comenzar a realizar el test para las pruebas.

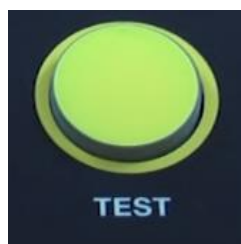


Figura 7. Botón de TEST.

- **Entrada de Carga**

Funciona con pilas puede almacenar diez mil pruebas en una carga completa de la batería más que suficiente para un día completo de pruebas en cualquier aplicación.



Figura 8. Entrada de carga.

- **Entrada USB**

El TR-8703 Tiene la capacidad para almacenar estas lecturas en la memoria la unidad viene con un paquete de software llamado dataview el día de su paquete descarga los resultados de la prueba a la computadora y proporciona al operador la capacidad de imprimir informes personaliza-dos.



Figura 9. Puerto USB.

Transformador Trifásico Pad Mounted

Son máquinas estáticas que se utilizan para cambiar el valor de voltaje (V) e intensidad (I) en corriente alterna. El dispositivo consta de un núcleo de hierro sobre el que se enrollan varias vueltas (vueltas) de alambre, en este caso, tiene tres devanados [4].



Figura 10. Transformador Pad Mounted, MARCA: RVR transformadores

CALCULOS A REALIZAR

a) **Relación de transformación.**

$$a = \frac{V1}{V2}$$

a= Relación de transformación.

V1= Voltaje en el primario (V).

V2= Voltaje en el secundario (V).

b) Porcentaje de error de la relación de transformación (monofásico y trifásico)

$$\%ERROR = \frac{a \text{ MEDIDA} - a \text{ CALCULADA}}{a \text{ MEDIDA}} * 100$$

$\%ERROR$ = Porcentaje de error de la relación de transferencia (%)

MEDIDA= Relación de transformación medida.

CALCULADA=Relación de transformación calculada.

c) Resistencia de los devanados Trifásicos y Monofásicos

Para el cálculo de las resistencias de los devanados tanto para medio y bajo voltaje se desarrolla de la siguiente manera:

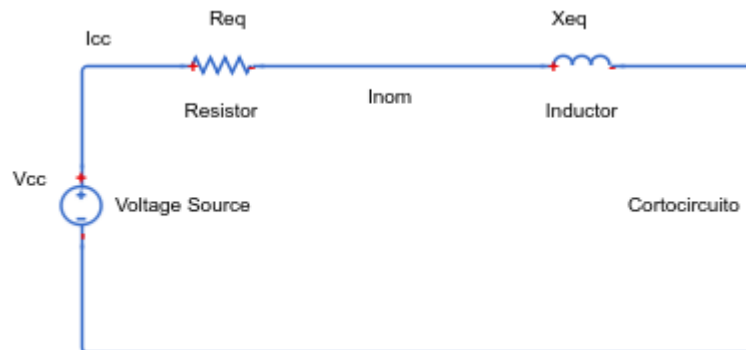


Ilustración 1:

d) Corriente nominal de medio voltaje

$$I_1 = \frac{S_{KVA}}{V} = I_{cc}$$

Skva: Potencia Aparente (KVA)

V: Voltaje Nominal (V)

Icc=II: Corriente de Cortocircuito (A).

e) Resistencia de cortocircuito

$$R_{cc} = \frac{P_{cc}}{I_{cc}^2} = Req1$$

Pcc: Perdidas de cortocircuito (W).

Req1: Resistencia equivalente de medio voltaje (Ω).

f) **Resistencia de medio y bajo voltaje**

$$RH = \frac{Req1}{2}$$

$$Rx = \frac{Req1}{2a^2}$$

RH: Resistencia de medio voltaje (Ω).

Rx: Resistencia de bajo voltaje (Ω).

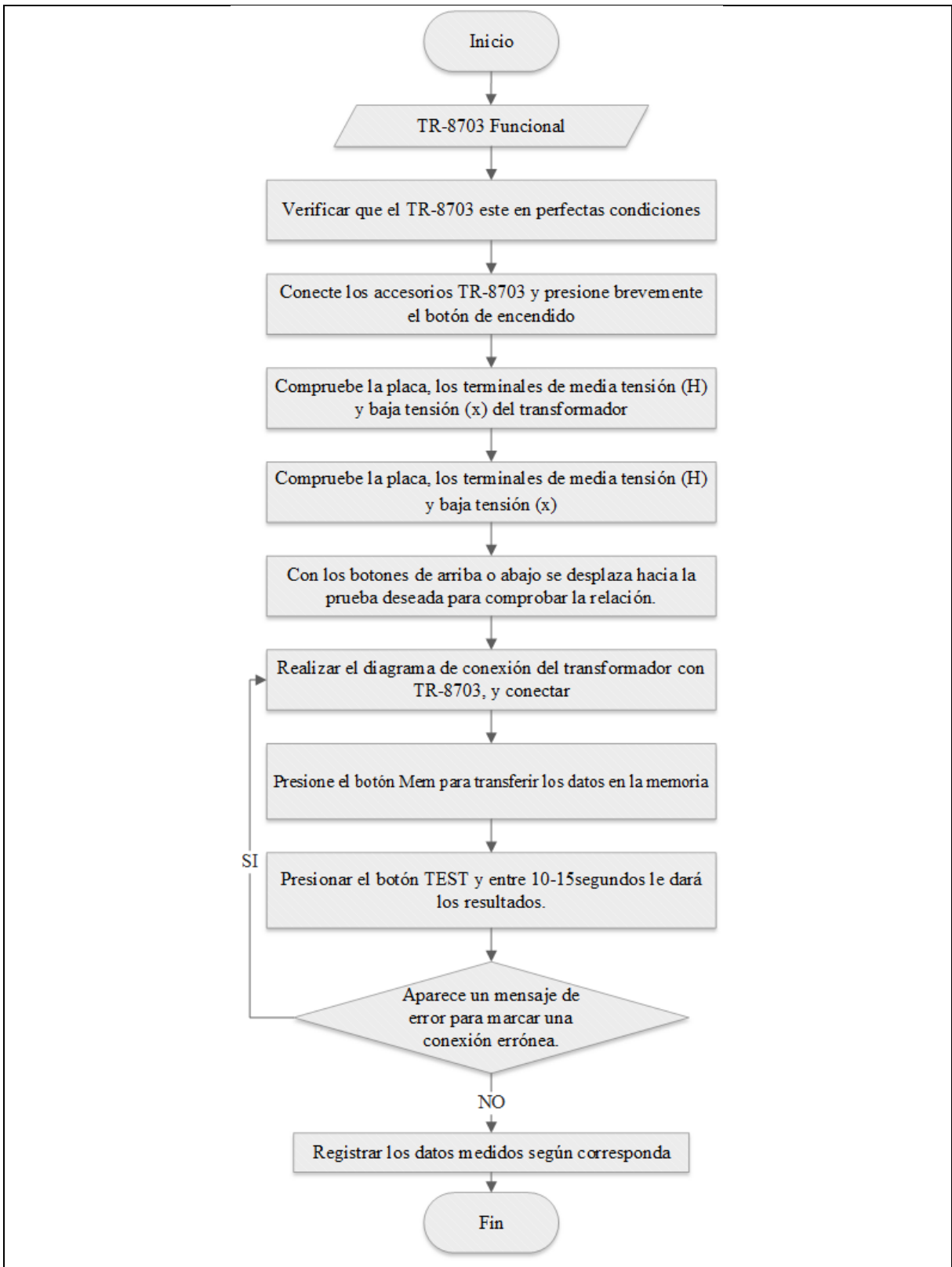


Figura 11. Metodología para realizar apertura del seccionador.

Normativas

- IEEE C57.12-90TM-2006

OBJETIVOS:
GENERAL
Comprobar los valores de relación de espiras de transformadores trifásicos de potencia, tensión y corriente basando en la Norma IEEE C57.12-90TM-2006.
ESPECÍFICOS
<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar que el TR-8703 este en perfectas condiciones. • Verificar la relación de transformación del transformador y el margen de error que tiene cada uno de sus bobinados.
LISTADO DE RECURSOS:
<ul style="list-style-type: none"> • TR-8703 • Cable de alimentación 115 V. • Conjunto de dos cables de 4,5 m. • Transformador trifásico.
ADVERTENCIAS
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar las conexiones en los terminales del transformador. • Realizar una breve inspección visual al equipo para comprobar que está en perfecto estado. • Este tipo de prueba debe realizarse en un solo transformador. • Asegúrese de que el transformador esté completamente desenergizado. • Nunca intercambie las conexiones entre los terminales de baja y media tensión del transformador. No observar las conexiones incorrectas puede causar riesgos de seguridad y dañar el equipo o el transformador.
INSTRUCCIONES:
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar las cinco reglas de oro al realizar los ensayos. • Comprobar que el área de trabajo esté libre de líquidos. • Utilizar ropa, guantes y zapatos adecuados para el trabajo en alturas. • Respetar la señalización existente en el área de trabajo.
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:
<p>24. Con el esquema de conexión presentado en las Figuras 12 obtenga los valores de la relación de transformación y el porcentaje de error en cada uno de los Taps del transformador, luego interprete los valores obtenidos para la fase A.</p> <p>25. Con el esquema de conexión presentado en las Figuras 13 obtenga los valores de la relación de transformación y el porcentaje de error en cada uno de los Taps del transformador, luego interprete los valores obtenidos para la fase B.</p> <p>26. Con el esquema de conexión presentado en las Figuras 14 obtenga los valores de la relación de transformación y el porcentaje de error en cada uno de los Taps del transformador, luego interprete los valores obtenidos para la fase C.</p>

PROCEDIMIENTO

REGLAS DE ORO

29. Elabore un diagrama eléctrico unifilar.
30. Compruebe la ausencia de tensión.
31. Instale lo más cerca posible de la zona de trabajo, la puesta a tierra y en cortocircuito.
32. Delimitar físicamente la instalación.
33. Hacer constar la conformidad de la consigna, mediante la firma.

DIAGRAMA DE CONEXIÓN

- Diagrama de relación de transformación con el transformador trifásico fase A.

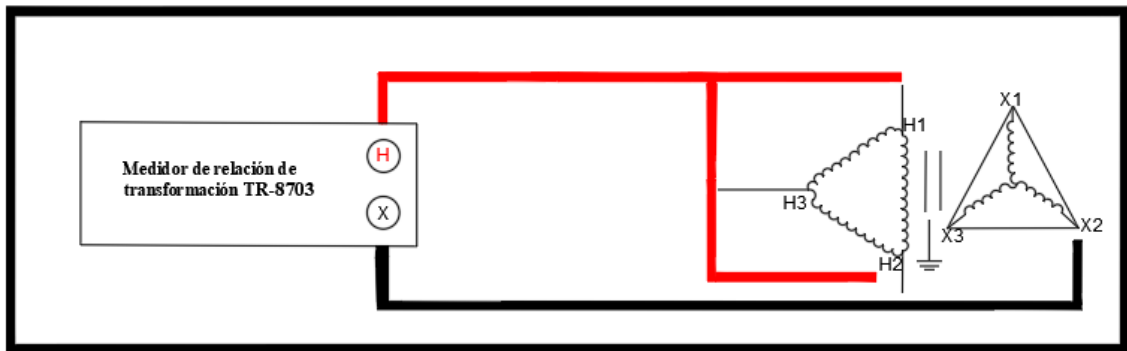


Figura 12. Diagrama de relación de transformación con el transformador trifásico fase A.

- Diagrama de relación de transformación con el transformador trifásico fase B

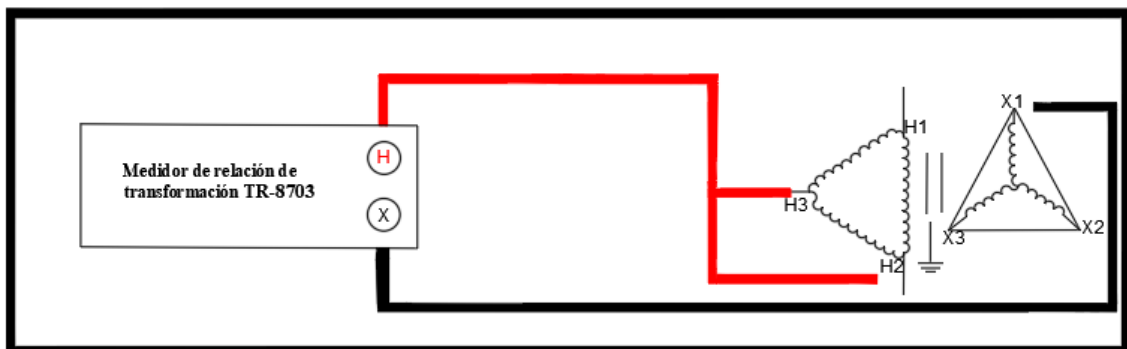


Figura 13. Diagrama de relación de transformación con el transformador trifásico fase B.

- **Diagrama de relación de transformación con el transformador trifásico fase C**

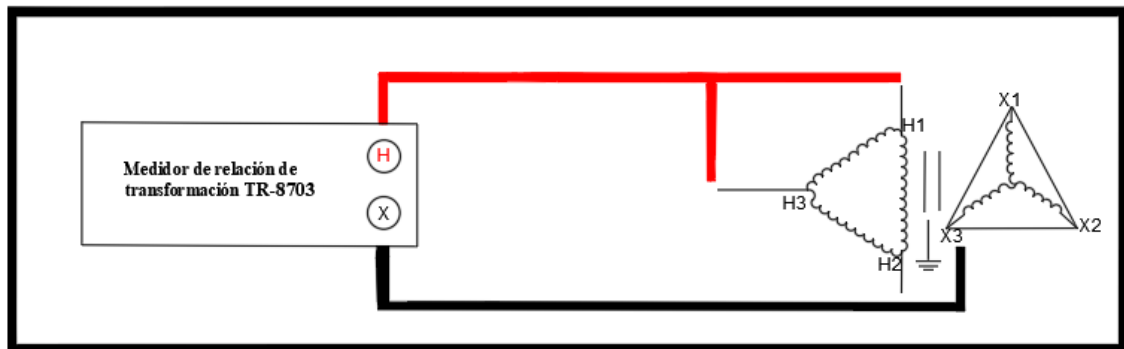


Figura 14. Diagrama de relación de transformación con el transformador trifásico fase C.

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL TEST

1. Conecte los accesorios TR-8703, tiene unas entradas X + H para el primario y conexiones al secundario de transformador.
2. Presione brevemente el botón de encendido en el TR-8703 y espere unos 10 segundos para que se calibre.
3. Compruebe la placa, los terminales de media tensión (H) y baja tensión (x) del transformador.
4. Con los botones de arriba o abajo se desplaza hacia la prueba deseada para comprobar la relación, también comprueba la calidad del fabricante de Transformers si se quiere en términos de cableado de puntos de conexión.
5. Realizar el diagrama de conexión del transformador con TR-8703, y conectar.
6. Presione el botón Mem para transferir los datos en la memoria, y para pasar a la siguiente prueba.
7. Presionar el botón TEST y entre 10-15 segundos le dará los resultados.
 - a. Hay un mensaje de error incorporado que aparecerá para ayudar al usuario si los cables están a la inversa.
8. Registrar los datos medidos según corresponda

Nota: Para cada configuración se debe cambiar las conexiones del TR-8703 al transformador como se muestra en las Figuras 12, 13 y 14.

RESULTADOS OBTENIDOS:

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE AISLAMIENTO

1. Con el esquema de conexión presentado en las Figuras 12 obtenga los valores de la relación de transformación y el porcentaje de error en cada uno de los Taps del transformador, luego interprete los valores obtenidos para la fase A.

MEDICIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	
RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	
TAP	Fase A
1	
2	
3	
4	
PORCENTAJES DE ERROR	
TAP	% Error A
1	
2	
3	
4	

.....

2. Con el esquema de conexión presentado en las Figuras 13 obtenga los valores de la relación de transformación y el porcentaje de error en cada uno de los Taps del transformador, luego interprete los valores obtenidos para la fase B.

MEDICIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	
RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	
TAP	Fase B
1	
2	
3	
4	

PORCENTAJES DE ERROR	
TAP	% Error B
1	
2	
3	
4	

.....

3. Con el esquema de conexión presentado en las Figuras 14 obtenga los valores de la relación de transformación y el porcentaje de error en cada uno de los Taps del transformador, luego interprete los valores obtenidos para la fase C.

MEDICIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	
RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	
TAP	Fase C
1	
2	
3	
4	
PORCENTAJES DE ERROR	
TAP	% Error C
1	
2	
3	
4	

.....

CONCLUSIONES:

- Una vez verificado que el Megger TR 8703 esté en condiciones actas, comprobando los cables de poder, cables de conexión y sus esquemas correspondientes a la práctica que se realizó, entra en funcionamiento para aplicar el circuito bajo voltaje tierra trifásico.
- Ejecutando la prueba de relación de transformación en el devanado primario con el esquema anteriormente mencionado y en vacío en un periodo de tiempo casi instantáneo. Se obtuvo los valores de la relación de transformación está en óptimas condiciones para su funcionamiento.

RECOMENDACIONES:

- Leer la guía y cada uno de los pasos antes de realizar la práctica.
- Asegurarse de conocer todas las partes del TR-8703 antes de realizar el trabajo.
- Utilizar de manera adecuada el TR-8703.
- Se recomienda asesorarse con el docente encargado para solucionar cualquier duda.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. F. Jorba Martínez, “Prevención de Riesgos en Trabajos con Corriente Eléctrica,” no. colombia, p. 231, 2009, [Online]. Available: www.oitcinterfor.org/sites/default/files/preve_electrica.pdf.
- [2] C. Pinto, “Diseño y montaje de un sistema de pruebas dieléctricas en guantes y pértigas hasta 15 kV,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–13, 2016, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.12.050><http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.064><http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.05.028><http://xlink.rsc.org/?DOI=C6NR09494E><http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.12.064><http://dx.doi.org/10.1016/>.
- [3] M. Gerín, “Seguridad en las maniobras MT.”
- [4] R. Molina, S. Galarza, and C. Villegas, “Evaluación de riesgos ergonómicos del trabajo en empresas de Catering,” 2018.
- [5] T. Gyfmsa, “Pértiga telescópica,” p. 2013, 2013.