



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

NOMBRE DEL PROYECTO

MANTENIMIENTO A SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE POTENCIA

OPCIÓN QUE CORRESPONDA

OPCIÓN X: MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PRESENTA:

MARTIN ALONZO CASTAÑEDA

NOMBRE DEL ASESOR:

CARLOS RAUL MONTERO VALENCIA

NOMBRE DEL REVISOR 1:

LUIS ERVEY SÁNCHEZ SAMPEDRO

NOMBRE DEL REVISOR 2:

JAIME ALBERTO ELIZALDE OLÍN





Tzompantepec, Tlaxcala, **19/agosto/2025**

Oficio No. MM-465/2025

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación.

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	MARTÍN ALONZO CASTAÑEDA
Carrera:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
No. De Control:	07370332
Nombre del Proyecto:	"MANTENIMIENTO A SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE POTENCIA".
Producto:	OPCIÓN X, MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE METAL MECÁNICA

JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. METAL-MECÁNICA

Asesor	Revisor	Revisor
SALVADOR RAÚL MONTERO VALENCIA	LUIS ERVEY SÁNCHEZ SAMPEDRO	JAIME ALBERTO ELIZALDE OLÍN

c.p.- Archivo.
JAV*petry.



2025
Año de
La Mujer
Indígena





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala **24/septiembre/2025**

MARTIN ALONZO CASTAÑEDA
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA.
CON NÚMERO DE CONTROL 07370332.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **X: MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **MANTENIMIENTO A SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE POTENCIA**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **2 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo

CYAL/Gsc*



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a dios por darme la guía para poder seguir en mi desarrollo profesional. De igual manera gracias infinitas a mis abuelos, por su amor incondicional y su apoyo moral. Su fe en mí, incluso en los momentos más difíciles, ha sido el pilar de este logro. También expreso mi gratitud a mis tíos, quienes supieron brindarme su tiempo para escucharme y apoyarme, quienes supieron estar cuando más los necesitaba. Sin ustedes, todo esto no habría sido posible. Su amor y sacrificio han sido la luz que guio mi camino a través de este viaje académico.

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesor de proyecto, el Ing. Carlos Raúl Montero Valencia. Su experiencia, comprensión y paciencia contribuyeron a llevar a buen puerto y conclusión de este. Su guía constante y su fe inquebrantable en mis habilidades me han motivado a alcanzar la meta deseada. No tengo palabras para expresar mi gratitud por su inmenso apoyo durante este viaje.

DEDICATORIA

ESPOSA E HIJAS

A ti, mi compañera de vida, gracias por tu apoyo incondicional, por sostenerme en los días difíciles y celebrar conmigo cada uno de los logros. Tu fe en mí fue el impulso que necesitaba para no rendirme.

Y a mis hijas, cuya sola presencia me inspira a ser mejor día a día: esta meta también es para ustedes, porque me enseñan con su alegría y ternura que todo esfuerzo vale la pena. Gracias por ser mi hogar, mi fuerza y mi mayor motivación.

Con todo el amor y gratitud del mundo, dedico este proyecto a mi esposa y a mis hijas, quienes son el corazón de mi vida. Gracias por su paciencia en mis ausencias, por sus abrazos en los días difíciles y por ser la razón por la que nunca dejé de intentarlo. Gracias por enseñarme cada día que el verdadero éxito está en el amor que se comparte y en los sueños que se construyen juntos. Este logro no es solo mío, sino de la familia Alonzo Morales.

INDICE

Agradecimientos.....	4
Dedicatoria.....	5
Indice.....	6
Capitulo 1	16
1.1 Introducción.....	16
1.2 Justificación.....	17
1.3 Objetivos.	18
1.3.1 Objetivos Generales	18
1.3.2 Objetivos Específicos.....	18
1.4 Antecedentes Historicos De La Empresa.	19
1.5 Misión y Visión.	20
1.6 Ubicación	21
1.7 ¿Qué Es Una Subestacion Electrica De Potencia?.	22
1.8 Clasificacion de una subestación electrica de potencia.	23
1.8.1 Por Medio De Su Función	23
1.8.2 Por Su Localización	23
1.8.3 Por Su Arreglo De Barras.....	23
1.8.3.1 Otros Arreglos	23
1.9 Elementos De Una Subestacion Electrica De Potencia.	24
1.10 Equipos De Seguridad De Una Subestacion Electrica De Potencia.....	26
1.11 Medidas De Seguridad Respecto Al Reglamento De CFE.....	28
1.12 Problemas A Resolver.....	29
1.13 Alcances Y Limitaciones.....	30
Capitulo 2. Reconocimiento De Equipo Electrico Primario En Campo	31
2.1 Equipo Electrico Primario Que Conformar Una Subestacion Electrica De Potencia. 31	
2.1.1 Transformador De Potencia.....	31
2.1.2 Interruptores De Potencia	31
2.1.2.1 Tipos De Interruptores De Potencia.....	32
2.1.3 Cuchillas seccionadoras.....	34
2.1.4 Transformadores de Instrumento.....	35

2.1.4.1 Transformadores De Corriente	35
2.1.4.2 Transformadores De Potencial	36
2.1.4.3 Transformadores De Potencial Inductivo-Capacitivo	36
2.1.5 Bancos De Capacitores	38
2.1.6 Reactores De Potencia	39
2.1.7 Bancos De Baterias	40
2.1.8 Planta De Emergencia	40
2.1.9 Apartarrayos	42
Capitulo 3. Inventario De Equipo De Prueba.....	43
3.1 Equipos Existentes De Prueba.....	43
3.1.1 Equipo De Prueba De Factor De Potencia.....	43
3.1.2 Equipo De Prueba De Resistencia De Aislamiento	44
3.1.3 Equipo De Prueba De Resistencia De Contactos	45
3.1.4 Equipo De Prueba De Tiempos De Operacion.....	45
3.1.5 Equipo De Prueba De Resistencia Ohmica	46
3.1.6 Equipo De Prueba De Rigidez Dielectrica	47
3.1.7 Equipo De Prueba De Analisis De Gas SF6	47
3.1.8 Equipo De Prueba De Alta Tension HIGH-POT	48
3.1.9 Equipo De Prueba Para Densidad De Electrolito En Baterias	48
Capitulo 4. Metodologia De CFE Para Pruebas Electricas A Equipo Electrico Primario ..	49
4.1 Pruebas Electricas A Transformadores De Potencia	49
4.1.1 Relacion De Transformacion	49
4.1.1.1 Conexiones Y Procedimiento De Pruebas	52
4.1.2 Corriente De Excitacion.....	56
4.1.2.1 Conexiones Y Procedimiento De Pruebas	56
4.1.3 Factor De Potencia A Devanados.....	61
4.1.3.1 Conexiones Y Procedimiento de pruebas	61
4.1.4 Factor De Potencia A Boquillas.....	64
4.1.4.1 Conexiones y procedimiento de pruebas	65
4.1.5 Reactancias De Dispersion.....	68
4.1.5.1 Conexiones Y Procedimiento Pe pruebas	69
4.1.5 Resistencia De Aislamiento	71

4.1.6.1 Conexiones y procedimiento de pruebas	72
4.1.7 Resistencia Ohmica	76
4.1.7.1 Conexiones y procedimiento de pruebas	77
4.1.8 Respuesta A La Frecuencia.....	81
4.1.8.1 Conexiones y procedimiento de pruebas	82
4.1.9 Factor De Potencia Al Aceite.....	83
4.1.9.1 Conexiones y procedimiento de pruebas	84
4.2 Pruebas Electricas A Interruptores potencia.....	85
4.2.1 Tiempos De Operacion	85
4.2.1.1 Conexiones y procedimiento de pruebas	87
4.2.2 Resistencia De Contactos.....	88
4.2.2.1 Conexiones y procedimiento de pruebas	88
4.2.3 Factor De Potencia	90
4.2.3.1 Conexiones y procedimiento de pruebas	90
4.1.4 Resistencia De Aislamiento	92
4.1.4.1 Conexiones y procedimiento de pruebas	92
4.3 Pruebas Electricas A Transformadores De Instrumento	94
4.3.1 Pruebas A Transformadores De Corriente	94
4.3.1.1 Factor de potencia	94
4.3.1.2 Resistencia De Aislamiento	95
4.3.2 Pruebas A Transformadores De Potencial.....	96
4.3.2.1 Factor de potencia	96
4.3.1.2 Resistencia De Aislamiento	97
4.4 Pruebas Electricas A Cuchillas Seccionadoras.....	98
4.4.1 Factor De Potencia	98
4.4.1.1 Conexiones y procedimiento de pruebas	98
4.4.2 Resistencia De Aislamiento	99
4.4.2.1 Conexiones y procedimiento de pruebas	99
4.5 Pruebas Electricas A Bancos De Capacitores	100
4.5.1 Capacitancia	100
4.5.1.1 Conexiones y procedimiento de pruebas	100
4.5.2 Resistencia De Aislamiento	101
4.5.2.1 Conexiones y procedimiento de pruebas	101

4.6 Pruebas Electricas A Bancos De Baterias	102
4.6.1 Medicion De Voltaje En Celdas.....	102
4.6.2 Medicion DeDensidad Del Electrolito	102
4.7 Pruebas Electricas A Apartarrays	103
4.7.1 Factor De Potencia	103
4.7.1.1 Conexiones y procedimiento de pruebas	103
4.7.2 Resistencia De Aislamiento	105
4.7.2.1 Conexiones y procedimiento de pruebas	105
Capitulo 5. Metodologia De CFE Para Realizar Maniobras En Subestaciones Electricas	107
5.1 Planeacion De Operacion.....	107
5.2 Operadores	108
5.3 Licencias	109
5.4 Maniobras	110
5.5 Generadores Y Despacho	111
Capitulo 6. Actividades A Realizar	112
6.1 Pruebas Electricas	113
6.1.1 Transformadores De Potencia.....	113
6.1.1.1 Transformadores De Potencia.....	114
6.1.2 Transformadores De Instrumento	120
6.1.2.1 Transformadores De Corriente	120
6.1.2.2 Transformadores De Potencial	123
6.1.3 Interruptores De Potencia	125
6.2 Mantenimiento Menor A Banocos De Baterias(CD).....	128
6.3 Inspecciones Visuales	132
6.4 Teremografia.....	135
6.5 Mantenimiento Mayor A Transformadores De Potencia.....	137
6.6 Mantenimiento Mayor A Modulos MetalClad y Encapsuladas En SF6.....	142
6.7 Conclusiones.....	146
6.8 Referencias Bibliográficas.	147
6.9 Anexos.	148
6.9.1 Tabla de valores permitidos para las pruebas relaizadas de acuerdo a procediminetos de CFE	148

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Subestación eléctrica de potencia.....	22
Figura 1.2 Vista de bahías de una subestación.....	22
Figura 1.3 Transformador de potencia.....	24
Figura 1.4 Botas dieléctricas.....	26
Figura 1.5 Casco protector.....	26
Figura 1.6 Lentes protectores de ojos para sol y transparentes.....	26
Figura 1.7 Guantes de carnaza.....	27
Figura 1.8 Conjunto completo de equipo de seguridad personal.....	27
Figura 1.9 Señalamientos de peligro.....	27
Figura 2.1 Transformador monofásico de 400 Kv's.....	31
Figura 2.2 Interruptor de gas SF6, tanque muerto con mecanismo de resorte.....	32
Figura 2.3 Interruptor de gas SF6, tanque vivo con mecanismo de resorte.....	33
Figura 2.4 Interruptor de vacío, tanque muerto con mecanismo de resorte.....	33
Figura 2.5 Cuchilla tipo pantógrafo.....	34
Figura 2.6 Cuchilla de apertura vertical.....	34
Figura 2.7 Cuchilla de doble apertura lateral.....	34
Figura 2.8 Transformador de corriente tipo pedestal.....	35
Figura 2.9 Transformador de corriente tipo dona.....	35
Figura 2.10 Transformador de potencial.....	36
Figura 2.11 Transformador de potencial inductivo-capacitivo.....	37
Figura 2.12 Trampa de onda para sistema de comunicación oplat.....	37
Figura 2.13 Banco de capacitores para sistema de 23 Kv's	38
Figura 2.14 Reactor de potencia acoplado a transformador de 400 Kv's.....	39
Figura 2.15 Reactor de potencia en neutro de banco de transformación de 230/23 Kv's.....	39
Figura 2.16 2 Bancos de baterías de 360 AH.....	40
Figura 2.17 1 Banco de 360 AH y 1 de 420 AH.....	40
Figura 2.18 Planta de emergencia con generador cumins.....	41
Figura 2.19 PLC de control del encendido de planta de emergencia.....	41

Figura 2.20 Apartarrayos de protección de línea subterránea.....	42
Figura 2.21 Apartarrayos de protección de banco de transformación de 400 Kv's.....	42
Figura 3.1 Cuarto de equipos de prueba.....	43
Figura 3.2 Modulo de prueba de factor de potencia M4000.....	43
Figura 3.3 Modulo de prueba de factor de potencia DELTA 2000.....	44
Figura 3.4 Medidor de resistencia de aislamiento.....	44
Figura 3.5 Equipo de prueba de resistencia de contactos (DUCTER).....	45
Figura 3.6 Equipo de prueba de tiempos de operación TDR 9000.....	45
Figura 3.7 Equipo de prueba de tiempos de operación TDR 900.....	46
Figura 3.8 Equipo de prueba de tiempos de operación VANGUARD.....	46
Figura 3.9 Equipo de prueba de resistencia óhmica.....	46
Figura 3.10 Equipo de prueba de rigidez dieléctrica.....	47
Figura 3.11 Equipo de análisis de gas SF6 WIKA.....	47
Figura 3.12 Equipo de análisis de gas SF6 DILO.....	47
Figura 3.13 Equipo de prueba HIGH-POT.....	48
Figura 3.14 Densímetro manual para baterías.....	48
Figura 3.15 Densímetro digital para baterías.....	48
Figura 4.1 a) Tabla de conexiones para medición de C.....	50
b) Medición de capacitor auxiliar con módulo M4000	
Figura 4.2 Prueba de relación de transformación utilizando capacitor auxiliar a autotransformadores.....	52
Figura 4.3 Prueba de relación de transformación utilizando capacitor auxiliar a transformadores de dos devanados conexión Delta-Estrella.....	53
Figura 4.4 Prueba de relación de transformación utilizando capacitor auxiliar a transformadores de dos devanados conexión Estrella-Delta.....	54
Figura 4.5 Prueba de relación de transformación utilizando capacitor auxiliar a transformadores de tres devanados Estrella-Estrella-Delta.....	55
Figura 4.6 Prueba de corriente de excitación a autotransformadores.....	56
Figura 4.7 Prueba de corriente de excitación a transformadores de dos devanados en conexión Delta-Estrella.....	57
Figura 4.8 Prueba de corriente de excitación a transformadores de dos devanados con conexión Delta-Estrella	58

Figura 4.9 Prueba de corriente de excitación a transformadores de tres devanados con una conexión Estrella-Estrella-Delta.....	59
Figura 4.10 Prueba de corriente de excitación a transformadores monofásicos.....	60
Figura 4.11 Prueba de factor de potencia a devanados de un autotransformador.....	61
Figura 4.12 Prueba de factor de potencia a devanados de un transformador de dos devanados.....	62
Figura 4.13 Prueba de factor de potencia a devanados de un transformador de tres devanados.....	63
Figura 4.14 Diseño típico de una boquilla tipo condensador.....	64
Figura 4.15 a) Medición de C1.....	65
Figura 4.15 b) Medición de C2.....	66
Figura 4.15 c) Tabla de conexiones de pruebas a boquillas.....	66
Figura 4.16 prueba de factor de potencia a boquillas collar caliente en 3 faldones.....	67
Figura 4.17 prueba de factor de potencia a boquillas collar caliente en 1 solo faldón.....	67
Figura 4.18 Equipo de prueba para realizar reactancias de dispersión (M4000 en conjunto con el módulo M4110).....	68
Figura 4.19 Forma de conexión de equipo de prueba.....	69
Figura 4.20 Esquema de conexiones para realizar pruebas de reactancia de dispersión de forma monofásica.....	69
Figura 4.21 Forma de conexión de equipo de prueba.....	70
Figura 4.22 Esquema de conexiones para realizar pruebas de reactancia de dispersión de forma trifásica.....	70
Figura 4.23 Esquema de conexiones para realizar pruebas de resistencia de aislamiento a autotransformadores.....	72
Figura 4.24 Tabla de conexiones para la prueba de resistencia de aislamiento a autotransformadores.....	72
Figura 4.25 Esquema de conexiones para realizar pruebas de resistencia de aislamiento a transformadores de dos devanados.....	73
Figura 4.26 Tabla de conexiones para la prueba de resistencia de aislamiento a transformadores de dos devanados.....	73
Figura 4.27 Esquema de conexiones para realizar pruebas de resistencia de aislamiento a transformadores de tres devanados.....	74
Figura 4.28 Tabla de conexiones para la prueba de resistencia de aislamiento a transformadores de tres devanados.....	74

Figura 4.29 Esquema de conexiones para realizar pruebas de resistencia de aislamiento al núcleo.....	75
Figura 4.30 Tabla de conexiones para la prueba de resistencia de aislamiento al núcleo...	75
Figura 4.31 Esquema de conexiones para realizar pruebas de resistencia óhmica a autotransformadores.....	77
Figura 4.32 Tabla de conexiones para la prueba de resistencia óhmica a autotransformadores.....	77
Figura 4.33 Esquema de conexiones para realizar pruebas de resistencia óhmica a transformadores de dos devanados con conexión Delta-Estrella.....	78
Figura 4.34 Tabla de conexiones para la prueba de resistencia óhmica a transformadores de dos devanados con conexión Delta-Estrella.....	78
Figura 4.35 Esquema de conexiones para realizar pruebas de resistencia óhmica a transformadores de dos devanados con conexión Estrella-Delta Figura	79
Figura 4.36 Tabla de conexiones para la prueba de resistencia óhmica a transformadores de dos devanados con conexión Estrella-Delta.....	79
Figura 4.37 Esquema de conexiones para realizar pruebas de resistencia óhmica a transformadores de dos devanados con conexión Estrella-Estrella-Delta.....	80
Figura 4.38 Tabla de conexiones para la prueba de resistencia óhmica a transformadores de dos devanados con conexión Estrella-Estrella-Delta	80
Figura 4.39 Equipo de prueba para realizar respuesta a la frecuencia (SFRA).....	81
Figura 4.40 Esquema de conexión para realizar respuesta a la frecuencia (SFRA).....	82
Figura 4.41 Graficas de análisis de respuesta a la frecuencia de un transformador de tres devanados.....	82
Figura 4.42 Graficas de análisis de respuesta a la frecuencia con los parámetros por zona con respecto a la frecuencia aplicada (Hz).....	83
Figura 4.43 Prueba de factor de potencia al aceite.....	84
Figura 4.44 Grafica de comportamiento de apertura de un interruptor de potencia.....	85
Figura 4.45 Grafica de comportamiento del cierre de un interruptor de potencia.....	86
Figura 4.46 Prueba de tiempos de operación de interruptor de potencia.....	87
Figura 4.47 Prueba de resistencia de contactos de interruptor de potencia tipo I.....	88
Figura 4.48 Prueba de resistencia de contactos de interruptor de potencia tipo casa de perro.....	89
Figura 4.49 Prueba de factor de potencia a interruptor de potencia tipo I.....	90
Figura 4.50 Prueba de factor de potencia a interruptor de potencia tipo casa de perro.....	91

Figura 4.51 Prueba de resistencia de aislamiento a interruptor de potencia tipo I.....	92
Figura 4.52 Prueba de resistencia de aislamiento a interruptor de potencia tipo casa de perro.....	93
Figura 4.53 Prueba de factor de potencia a transformador de corriente.....	94
Figura 4.54 Prueba de resistencia de aislamiento a transformador de corriente.....	95
Figura 4.55 Prueba de factor de potencia a transformador de potencial.....	96
Figura 4.56 Prueba de resistencia de aislamiento a transformador de potencial.....	97
Figura 4.57 Prueba de factor de potencia a cuchillas seccionadoras.....	98
Figura 4.58 Prueba de resistencia de aislamiento a cuchilla seccionadora.....	99
Figura 4.59 Prueba de capacitancia a celdas capacitivas.....	100
Figura 4.60 Prueba de resistencia de aislamiento a celdas capacitivas.....	101
Figura 4.61 Grafica de vida útil de una batería de plomo-acido.....	102
Figura 4.62 Prueba de factor de potencia a apartarrayos de una sección.....	103
Figura 4.63 Prueba de factor de potencia a apartarrayos de tres secciones.....	104
Figura 4.64 Prueba de resistencia de aislamiento a apartarrayos de una sección.....	105
Figura 4.65 Prueba de resistencia de aislamiento a apartarrayos de tres secciones.....	106
Figura 6.1 Transformador de potencia siendo revisado por personal de CFE.....	112
Figura 6.2 Personal de CFE realizando pruebas eléctricas.....	113
Figura 6.3 Personal trabajando en el cambio de la fase dañada por el transformador de reserva.....	113
Figura 6.4 Transformador de potencia VAJ T-05 siendo desconectado por personal de CFE.....	114
Figura 6.5 Prueba de resistencia de aislamiento.....	120
Figura 6.6 Equipo de prueba M4000.....	120
Figura 6.7 Conexión de prueba de factor de potencia a TC's.....	121
Figura 6.8 realizando prueba de resistencia de aislamiento.....	121
Figura 6.9 Realizando prueba de factor de potencia a TP's.....	123
Figura 6.10 Realizando prueba de factor de potencia a interruptor de 23 KV's.....	125
Figura 6.11 Realizando prueba de resistencia de contactos a interruptor de 23 KV's.....	125
Figura 6.12 Realizando prueba de resistencia de aislamiento a interruptor de 23 KV's...	125

Figura 6.13 Revisión de niveles de electrolito.....	128
Figura 6.14 Cuarto de baterías limpio.....	129
Figura 6.15 banco de baterías 1 de S.E. VALLEJO.....	130
Figura 6.16 banco de baterías 2 de S.E. VALLEJO.....	130
Figura 6.17 Extracción de aceite del transformador T82.....	138
Figura 6.18 Maniobra para retirar tapa del transformador T82.....	138
Figura 6.19 Retiro de tapa y desprendimiento de empaque dañado.....	139
Figura 6.20 Devanados del transformador T82.....	139
Figura 6.21 Transformadores tipo dona del transformador T82.....	140
Figura 6.22 re empaquetamiento de boquillas.....	140
Figura 6.23 Maniobra para colocación de tanque conservador.....	141
Figura 6.24 Maniobra para retirar grúa.....	141
Figura 6.25 Pasa muros de interruptor dañados	142
Figura 6.26 Aisladores y aislante de barras dañados.....	142
Figura 6.27 Pasa muro de barras dañado.....	143
Figura 6.28 Barras hacia interruptor de potencia.....	144
Figura 6.29 Barras con manga termo contráctil de 25 Kv's.....	144
Figura 6.30 Barras con manga termo contráctil y pasa muros de barra nuevos.....	145
Figura 6.31 Modulo MetalClad reparado.....	145

CAPITULO 1

1.1 INTRODUCCION.

Las prácticas a realizar se enfocarán al mantenimiento total de una subestación eléctrica de potencia, lo cual implica programación del modelo de mantenimiento implementado por la empresa en la cual se realizarán dichas prácticas.

Se ilustrarán los procedimientos de mantenimiento utilizados, para ello estos serán otorgados por la empresa ya que ellos cuentan con su propia metodología de mantenimiento.

Se analizará los lineamientos por los cuales rigen a la empresa tanto en manera de seguridad como en trabajos realizados:

- Tiempos
- Licencias
- Entrega
- Despacho
- Limites

Mencionara cuáles son los equipos y componentes de una subestación de potencia. Así como su principio de funcionamiento y la metodología utilizada para su puesta en servicio. Se presentarán reportes previos de pruebas realizadas por personal especializado; como interpretación de resultados y análisis de estos teniendo un debate al final respecto a los datos obtenidos en dichas pruebas.

1.2 JUSTIFICACION.

El desarrollo de este proyecto pretende ser una guía de mantenimiento para subestaciones eléctricas de potencia, que sea comprensible para los individuos que estén interesados en el rubro de la eléctrica de potencia.

Al interrelacionar los conocimientos de los equipos vistos en campo, se obtendrá un amplio panorama de los componentes más relevantes, lo cual permitirá realizar un manual detallado, entendible, de fácil manejo y al alcance de toda persona que quiera consultarlo.

Se integrará un manual de pruebas eléctricas de todos los componentes de equipo eléctrico primario de una subestación de potencia. La complementación de información será recabada de los manuales de operación y mantenimiento propios de CFE.

Se presentará un planteamiento de un sistema enfocado a los tiempos disponibles de cada uno de los equipos instalados teniendo en cuenta la disponibilidad e indisponibilidad de ellos por el estudio de costos. Con objetico de mostrar un punto de vista de las condiciones en las que se encuentran las instalaciones, así mismo se podrá encontrar un área de oportunidad al hacer unas recomendaciones sobre los sistemas de manejo de tiempos, movimientos.

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 Objetivos generales

Implementar programas de mantenimiento con base a manuales normados de CFE, su desarrollo generara las herramientas necesarias, para realizar la correcta operación y mantenimiento, de todos los equipos que integran las subestaciones eléctricas de potencia.

1.3.2 objetivos específicos

El cumplimiento del programa de actividades propuesto, el comprender los sistemas de lineamiento que tiene la empresa.

La aportación de ideas para el mejor funcionamiento de esta y contribución de reportes, de puntos sobre los problemas que se encuentren y que sean áreas de oportunidad para mejorar.

La adquisición de nuevo conocimiento sobre el área que se desempeñara día con día.

La generación del sencillo manual “mantenimiento a subestaciones de potencia”.

El desarrollo del programa de mantenimiento será entendible para toda persona técnica y no técnica que quieran consultarlo, ya que serán puntos específicos los que se plasmaran en el mismo, para una mejor comprensión de la información.

1.4 ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA EMPRESA.



EMPRESA: COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

GIRO: La comisión federal de electricidad es una empresa productiva del estado, encargada de controlar, generar, transmitir y comercializar energía eléctrica en todo el territorio mexicano.

1.5 MISIÓN Y VISIÓN.

MISIÓN: Prestar el servicio público de energía eléctrica con criterios de suficiencia, competitividad y sustentabilidad, comprometidos con la satisfacción de los clientes, con el desarrollo del país y con la preservación del medio ambiente.

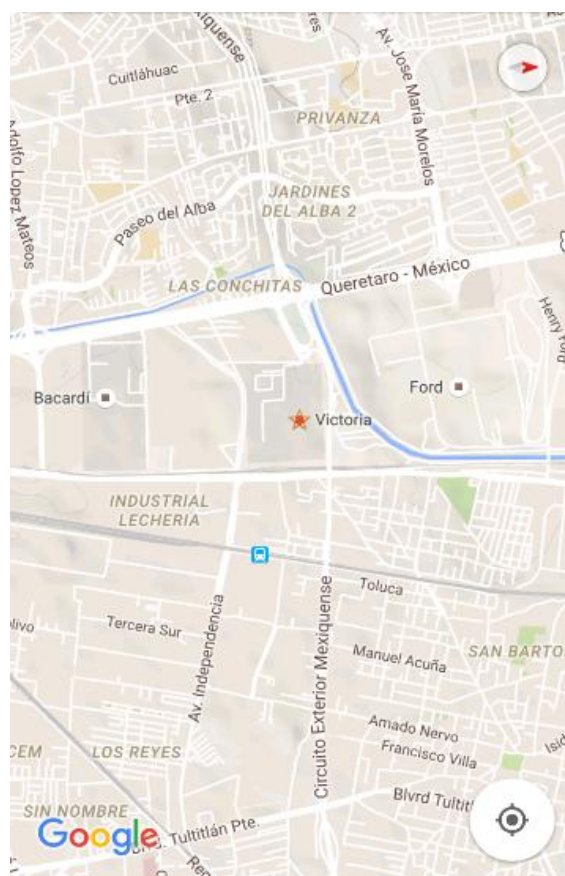
VISIÓN: Ser una empresa de energía, de las mejores en el sector eléctrico a nivel mundial, con presencia internacional, fortaleza financiera e ingresos adicionales por servicios relacionados con su capital intelectual e infraestructura física y comercial. Una empresa reconocida por su atención al cliente, competitividad, transparencia, calidad en el servicio, capacidad de su personal, vanguardia tecnológica y aplicación de criterios de desarrollo sustentable.



1.6 UBICACIÓN.

UBICACIÓN: AUTOPISTA MEXICO-QUERETARO, COL. LAS CONCHITAS
CUATITLAN IZCALLI, C.P. 54757, EDO. DE MEXICO

SUBESTACION VICTORIA



1.7 QUE ES UNA SUBESTACIÓN ELECTRICA DE POTENCIA.



Figura 1.1 Subestación eléctrica de potencia

Una subestación eléctrica es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para facilitar la transmisión y distribución de la energía eléctrica.

Las subestaciones eléctricas son las encargadas de realizar la transformación de la tensión (voltaje), de la frecuencia (Hz), del número de fases o de la conexión de dos a más circuitos.

Pueden encontrarse junto a centrales generadoras y en la periferia de las zonas de consumo, en el exterior o interior de los edificios. Actualmente en las ciudades las subestaciones están en el interior de los edificios para ahorrar espacio y contaminación. En cambio, las instalaciones al aire libre están situadas en las afueras de la ciudad.



Figura 1.2 Vista de bahías de una subestación

1.8 CLASIFICACION DE LAS SUBESTACIONES.

De acuerdo a la función que desempeñan, el tipo de construcción y localización, así como su arreglo operativo; las subestaciones eléctricas tienen diferente clasificación.

1.8.1 Por medio de su función

- Subestaciones transformadoras elevadoras: elevan la tensión generada de media a alta o muy alta para poderla transportar. Se encuentran al aire libre y están situadas a lado de las centrales generadoras de energía eléctrica.
- Subestaciones transformadoras de reducción: son subestaciones con la función de reducir la tensión de alta o muy alta a tensión media para su posterior distribución.
- Subestaciones de maniobra: son las encargadas de conectar dos o más circuitos y realizar sus maniobras. Por lo tanto, en este tipo de subestaciones no se transforma la tensión

1.8.2 Por su localización

- Tipo intemperie: son subestaciones que se encuentran sin protección de obras civiles, las cuales deben de cumplir con características adecuadas dependiendo de la zona en donde estén instaladas.
- Tipo interior. Son subestaciones que se encuentran con protección de obra civil, similares en su forma a las de tipo intemperie, con el fin de protegerlas de los fuertes vientos y descargas atmosféricas. Actualmente existen las subestaciones compactas blindadas aisladas con gas Hexafloruro de Azufre (SF₆) las cuales proporcionan grandes ventajas, ya que además de poder ser diseñadas para operar a la intemperie, estas pueden estar protegidas del medio ambiente con cierta infraestructura civil, reduciendo los costos de mantenimiento y aplican generalmente en:
 - Zonas urbanas y con poca disponibilidad de espacio
 - zonas con alto costo de terreno
 - zonas con alta contaminación y ambiente corrosivo
 - zonas con restricciones ecológicas
 - instalaciones subterráneas

1.8.3 Por su arreglo de barras

- Barra principal y de transferencia (o barra 2)
- Doble barra y doble interruptor
- Doble barra con interruptor y medio
- Doble barra principal y barra de transferencia

1.8.3.1 Otros arreglos

- Barra sencilla y transferencia
- Barra sencilla y barra de transferencia
- Barra anillada
- Barra seccionada con barra de transferencia

1.9 ELEMENTOS DE UNA SUBESTACION ELECTRICA DE POTENCIA.

Su equipo principal es el transformador: estos pueden denominarse como elevadores o reductores, esto depende de la instalación en la que se encuentre.



Figura 1.3 Transformador de potencia

Así mismo cuenta con diversos equipos en conjunto para poder realizar la operación de una subestación eléctrica de potencia como lo son:

- Transformadores y reactores de potencia
- Interruptores de potencia
- Transformadores de potencial
- Dispositivos de potencial
- Transformadores de corriente
- Apartarrayos
- Cuchillas seccionadoras
- Barras y cables
- Estructuras soporte
- Aisladores
- Sistemas de tierra
- Tableros
- Sistemas de control y protección
- Bancos de baterías y cargadores
- Sistemas de servicios propios
- Alumbrado

- Sistema contra incendio
- Señalamientos
- Plantas de emergencia

1.10 EQUIPO DE SEGURIDAD DENTRO DE UNA SUBESTACION.

El equipo obligatorio de seguridad dentro de una instalación eléctrica es:

- Casco
- Gafas de seguridad ya sea para sol o transparentes
- Guantes de carnaza
- Botas dieléctricas o de trabajo sin casquillo
- Ropa de trabajo
 - Pantalón
 - Camisola manga larga

Nota: se recomienda que la ropa de trabajo sea de algodón para protección de la integridad del trabajador en caso de sufrir un accidente por medio de arco eléctrico.



Figura 1.4 Botas dieléctricas



Figura 1.5 Casco protector



Figura 1.6 Lentes protectores de ojos para sol y transparentes



Figura 1.7 Guantes de carnaza



Figura 1.8 Conjunto completo de equipo de seguridad personal



Figura 1.9 Señalamientos de peligro

1.11 MEDIDAS DE SEGURIDAD RESPECTO AL REGLAMENTO DE CFE.

Teniendo en cuenta el equipo de seguridad necesario para poder acceder a una subestación eléctrica, se debe de conocer las condiciones a las cuales se estará expuesto dentro de la misma.

Se mencionan a continuación diversas actividades con alto riesgo para personal interno y externo que se encuentren laborando dentro de una subestación eléctrica de potencia.

- Equipos energizados
 - Alta tensión (400 Kv`s)
 - Mediana tensión (23 Kv`s)
 - Baja tensión (440, 220 y 127 V`s)
- Polvos
- Agentes tóxicos (pinturas, aceites, gases, solventes, ácidos, etc.)
- Trincheras
- Flujo de vehículos pesados

En equipos energizados se tiene distancias de seguridad marcadas por la norma de CFE las cuales se mencionan:

400 Kv distancia de seguridad 4.40 metros

230 Kv distancia de seguridad 2.50 metros

115 Kv distancia de seguridad 1.5 metros

34.5 Kv distancia de seguridad 0.75 metros

2.4 a 13.8 Kv distancia de seguridad 0.60 metros

Estas distancias de seguridad se encuentran dadas en el capítulo 800 que rige las reglas de seguridad de los trabajadores internos y externos de la CFE.

Las instalaciones como en todas partes hay contaminación, el más notorio en las subestaciones es la acumulación de polvo en los equipos que se encuentran instalados, por lo cual se sugiere que se ocupe cubre bocas cuando se realiza limpieza de equipos en lugares cerrados como ejemplo casetas de operación.

Cuando se realiza mantenimiento a los equipos eléctricos es común utilizar agentes tóxicos ya sea para lavar, pintar, reposición de niveles de aceite, cambios de cilindro de gas, reposición de presión de gas, reposición de electrolito a bancos de baterías, etc. Por lo cual se recomienda utilizar el equipo adecuado para cada actividad, así mismo se encuentra en cada una de las áreas señalamientos del equipo necesario a utilizar correspondientes a cada actividad específicamente.

Los pasos peatonales también pueden presentar un peligro para los transeúntes que se encuentren dentro de las instalaciones ya que estas pueden tener formas irregulares o en su defecto la falta de señalización de trincheras abiertas o de fosas en construcción.

1.12 PROBLEMA A RESOLVER.

El problema por resolver es disminuir o erradicar los tiempos muertos, entre cada una de las actividades realizadas en el mantenimiento al equipo eléctrico primario.

Al igual que dejar un bloque de notas que sea entendible, a toda persona que labore dentro de una subestación de potencia; ya que se anexara información concreta sobre los trabajos técnicos realizados en campo.

1.13 ALCANCES Y LIMITACIONES.

Los alcances estarán ligados a los tiempos otorgados por la empresa para poder realizar las residencias profesionales.

El desarrollo del programa de actividades está de acuerdo con las fechas de mantenimiento de la empresa, ya que de esa forma podremos cubrir al 100% el programa de actividades.

Se tendrá la libertad de realizar todo lo especificado en el programa, puesto que la empresa está en su mejor disposición, para brindar todo el apoyo que sea necesario y que se encuentre en sus manos.

Las limitantes que tendremos será el cambio de actividades del programa de mantenimiento de la empresa ya que, ante fallas de la red eléctrica, en las cuales competa ver el lugar de trabajo (zonas que atiende el sector Cuautitlán VMN), en el cual se están realizando las residencias. Las actividades programadas se podrían cancelar por uno o varios días, dependiendo de la gravedad de la falla.

Las actividades en el centro de trabajo son cambiantes, porque depende de otra dependencia (distribución), para realizar algunas actividades específicas como lo son los circuitos de baja tensión.

CAPITULO 2. RECONOCIMIENTO DEL EQUIPO ELECTRICO PRIMARIO EN CAMPO

2.1 RECONOCIMIENTO DEL EQUIPO ELECTRICO PRIMARIO EN CAMPO.

Para tener el conocimiento de todos los componentes de una subestación eléctrica hay que visualizarlos de manera directa, ya que así podremos ver su interconexión con los demás elementos que conforman la misma.

Teniendo en cuenta que cada uno de los equipos realiza diferentes funciones, después de ir señalando cada uno de los elementos con una breve descripción de su función.

2.1.1 Transformador de potencia

El transformador es una maquina eléctrica que está basada en el principio de inducción electromagnética, transmite potencia eléctrica de devanado a otro, estando ambos aislados eléctricamente entre sí, pero unidos por medio del campo magnético. En este proceso se modifican la tensión eléctrica y la corriente, manteniendo prácticamente constantes la frecuencia y la impedancia.



Figura 2.1 Transformador monofásico de 400 Kv's

2.1.2 Interruptores de potencia

El interruptor es un dispositivo, cuya función es asegurar el flujo continuo de corriente en una red eléctrica bajo condiciones normales de operación e interrumpirlo cuando se presentan condiciones anormales o fallas. Se utilizan para controlar el flujo de corrientes y como medio de protección para el personal y el equipo. Se conecta en serie con el circuito que se va a proteger y entre otras cosas es capaz de:

- Interrumpir: cualquier nivel de corriente que circule por su contacto, desde unos cuantos amperes, hasta su capacidad de corto circuito, ambas simétricas y asimétricas, a las tensiones especificadas en la norma IEC-62271-100 y hasta el 25 % de su capacidad de corto circuito al doble de su tensión nominal entre fases.

- Cerrar con la corriente máxima de corto circuito a la tensión nominal entre fases y el 25 % de la corriente máxima de corto circuito al doble de la tensión nominal entre fases.
- Conectar y desconectar corrientes inductivas, capacitivas (línea, cable y bancos de capacitores) y corrientes de reactores sin generar sobretensiones excesivas que sobre-esfuercen las capacidades dieléctricas del sistema de transmisión o distribución.
- Efectuar operaciones de cierre y/o apertura cuando sea requerido.
- Conducir la corriente nominal sin sobrecalentar sus componentes.

2.1.2.1 Tipos de interruptores de potencia

Se clasifican por:

- a) Medio de extinción
 - Vacío
 - Soplo magnético
 - Gas SF6
- b) Mecanismo
 - Resorte
 - Neumático
 - Hidráulico
- c) Estructura
 - Tanque muerto
 - Tanque vivo
 - Blindado



Figura 2.2 Interruptor de gas SF6, tanque muerto con mecanismo de resorte



Figura 2.3 Interruptor de gas SF6, tanque vivo con mecanismo de resorte



Figura 2.4 Interruptor de vacío, tanque muerto con mecanismo de resorte

2.1.3 Cuchillas seccionadoras

Las cuchillas seccionadoras son elementos que interrumpen el paso de la corriente eléctrica, sin embargo su operación se realiza sin carga, ya que su diseño no es para soportar una apertura con carga total, de ser así serían totalmente destruidos sus contactos por el enorme gradiente eléctrico al accionar la apertura.

Por tal motivo estas solo pueden ser accionadas con puro potencial, estas están ubicadas a los costados de los transformadores de corriente, lo cual permite seccionar esa pare.

Al estar abiertas las cuchillas seccionadoras tendremos el elemento de interruptor y juego de transformadores de corrientes libres, para sus posteriores pruebas eléctricas o en su defecto, cambio por modernización de alguno de esos elementos mencionados.



Figura 2.5 Cuchilla tipo pantógrafo



Figura 2.6 cuchilla de apertura vertical

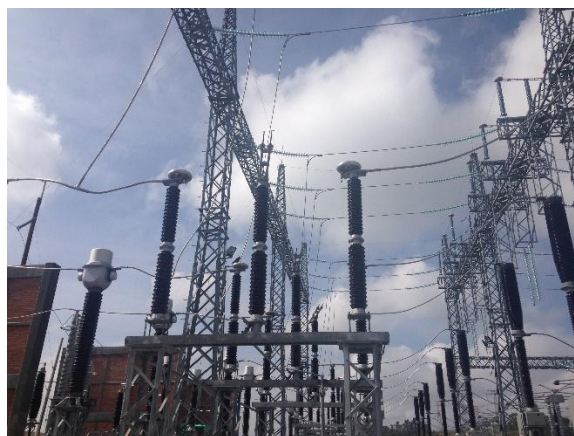


Figura 2.7 Cuchilla doble apertura lateral

2.1.4 Transformadores de instrumento

2.1.4.1 Transformadores de corriente

Este equipo es el encargado de las mediciones de carga que fluyen en el sistema eléctrico de potencia en una subestación así mismo estos sirven como sistema de protección para los equipos como son: líneas, transformadores, alimentadores, reactores y bancos de capacitores.

Su funcionamiento es el mismo que un transformador convencional, este se denominaría un transformador reductor, pues la gran carga de corriente que circula por el la transforma en una más pequeña para poder manipularla para su medición.

De este dispositivo hay dos tipos:

- Tipo pedestal



Figura 2.8 Transformador de corriente tipo pedestal

- Tipo dona



Figura 2.9 Transformador de corriente tipo dona

2.1.4.2 Transformadores de potencial

Este dispositivo tiene la misma función de un transformador convencional, a diferencia que en este dispositivo solo mediremos puro potencial (voltaje).

Este dispositivo siempre se encuentra en las mediciones de barra del sistema eléctrico de potencia, esto permite tomar mediciones para proteger el sistema por desbalance de potencial (diferencial de barras).



Figura 2.10 Transformador de potencial

2.1.4.3 Transformadores de potencial inductivo-capacitivo

Este tipo de dispositivo tiene la misma función que el transformador de potencial, con la diferencia que su parte capacitiva es usada para la interconexión del sistema oplat.

Estos dos sistemas son modos de comunicación a través de las líneas de alta tensión por medio de ondas, aparte del dispositivo TP'I este lleva un dispositivo llamado onda portadora de comunicación, la cual se encarga de recibir esas ondas a diferente frecuencia que viajan a través de las líneas de transmisión.



Figura 2.11 Transformador de potencial inductivo-capacitivo



Figura 2.12 Trampa de onda para el sistema de comunicación oplat

2.1.5 Banco de capacitores

Es un conjunto de celdas capacitivas en paralelo, este sirve para ayuda al sistema cuando hay caída de potencial en la red eléctrica, por tal razón estos se utilizan en baja tensión ya que ahí es donde se presenta mayor caída de tensión por el nivel de usuarios que alimenta el propio sistema.



Figura 2.13 Banco de capacitores para sistema de 23 Kv's

2.1.6 Reactores de potencia

Estos dispositivos son utilizados en acoplamiento con transformadores de potencia, esto es para reducir e incluso eliminar los reactivos generados por los largos kilómetros de líneas que hay interconectadas entre subestaciones de potencia.

También pueden encontrarse en los neutros de los transformadores de potencia, que tienen niveles de voltaje pequeños como lo es en la parte de distribución. Este puede reducir el esfuerzo eléctrico generado por una falla externa en algún alimentador que este cargado al mismo.



Figura 2.14 Reactor de potencia acoplado a transformador de 400 Kv's



Figura 2.15 Reactor de potencia acoplado en neutro de banco de transformación de 230/23 Kv's

2.1.7 Bancos de baterías (CD)

Los bancos de baterías son respaldos de energía para los principales servicios de la subestación como son sistemas de comunicación, tele protecciones y aperturas de los interruptores de potencia.

Estos bancos están diseñados para soportar una carga de 360 AH con un tiempo de 8 horas de durabilidad, estos se mantienen por medio de un inversor de CA a CD.

El cargador de baterías es el que soporta la carga de CD de toda la subestación en caso de que se pierdan los servicios propios entraría de respaldo el banco de baterías soportando la carga de CD en lo que se restablecen los servicios propios quedando normalizado el sistema.



Figura 2.16 2 Bancos de 360 AH



Figura 2.17 1 Banco de 360 AH y 1 de 420 AH

2.1.8 Planta de emergencia

La planta de emergencia es un dispositivo emergente que inicia su operación de funcionamiento cuando detecta falta de potencial de CA el cual esta suministrado por la red de servicios propios de la misma subestación.

La planta solo alimentara lo más esencial como:

- Sistema de enfriamiento de transformadores de potencia
- Calefacción de todos los equipos (módulos, tableros de control, interruptores de potencia)
- Sistema de fuerza de interruptores de potencia

Servicios propios: los servicios propios o servicios de estación son los en cargados de suministrar CA a toda la subestación, este tiene un mecanismo de respaldo, si existiera una falla en la alimentación principal, entraría la alimentación de respaldo de otro circuito automáticamente.



Figura 2.18 Planta de emergencia con generador cumins



Figura 2.19 PLC de control del encendido de la planta de emergencia

2.1.9 Apartarrayos

Los Apartarrayos son los dispositivos de blindaje de los equipos primordiales como lo son llegadas de líneas, transformadores de potencia, banco de capacitores y se encuentran en algunos circuitos de baja tensión dentro de las instalaciones de transmisión; de descargas atmosféricas.



Figura 2.20 Apartarrayo de protección de línea subterránea



Figura 2.21 Apartarrayos de protección de banco de transformación de 400 Kv's

CAPITULO 3. INVENTARIO DE EQUIPO DE PRUEBA

3.1 EQUIPOS EXISTENTES DE PRUEBA.



Figura 3.1 Cuarto de equipos de prueba

3.1.1 Equipo de prueba de factor de potencia

- a) Módulo de prueba M4000, marca DOBLE
 - 3 Módulos M4000
 - Nota: uno de ellos se encuentra dañado



Figura 3.2 Modulo de prueba de factor de potencia M4000

- b) Modulo Delta 2000, marca MEGGER
- 1 modulo



Figura 3.3 Modulo de prueba de factor de potencia Delta 2000

3.1.2 Equipo de prueba de resistencia de aislamiento

- a) Medidor de resistencia de aislamiento S1-554/2, marca MEGGER



Figura 3.4 Medidor de resistencia de aislamiento

3.1.3 Equipo de prueba de resistencia de contactos

- a) Equipo de resistencia de contactos (DUCTER) DLRO 200 EN, marca MEGGER



Figura 3.5 Equipo de prueba de resistencia de contactos (DUCTER)

3.1.4 Equipo de prueba de tiempos de operación

- a) Tiempos de operación TDR9000, marca DOBLE
- un modulo



Figura 3.6 Equipo de prueba de tiempos de operación TDR 9000

- b) Tiempos de operación TDR900, marca DOBLE
- dos Módulos



Figura 3.7 Equipo de prueba de tiempos de operación TDR900

- c) Tiempos de operación CT-6500 S2, marca VANGUARD
- un modulo



Figura 3.8 Equipo de prueba de tiempos de operación VANGUARD

3.1.5 Equipo de prueba de resistencia óhmica

- a) Resistencia óhmica MT0210, marca MEGGER
- un modulo



Figura 3.9 Equipo de prueba de resistencia óhmica

3.1.6 Equipo de prueba de rigidez dieléctrica

- a) Rigidez dieléctrica OTS60PB, marca MEGGER
- un modulo



Figura 3.10 Equipo de prueba de rigidez dieléctrica

3.1.7 Equipo de prueba de gas SF6

- a) Analizador de gas SF6 Breaker-Analyser, marca WIKA
- una unidad



Figura 3.11 Equipo para análisis de gas SF6 WIKAI

- b) Analizador de gas SF6 Analyzer 973, marca DILO
- un modulo



Figura 3.12 Equipo para análisis de gas SF6 DILO

3.1.8 Equipo de prueba de alta tensión HIGH-POT

- a) High voltaje PTS-200
- un modulo



Figura 3.13 Equipo de prueba HIGH-POT

3.1.9 Equipo de prueba de densidad de electrolito

- a) Densímetro de baterías de 3 colores
- seis unidades



Figura 3.14 densímetro para baterías manual

- b) Medidor de densidad DMA 35



Figura 3.15 densímetro digital

CAPITULO 4. METODOLOGIA DE CFE PARA PRUEBAS ELECTRICAS A EQUIPO ELECTRICO PRIMARIO.

4.1 PUEBAS ELECTRICAS A TRANSFORMADORES DE POTENCIA.

Pruebas que se realizan a transformadores de potencia nuevas a instalar

- Relación de transformación
- Corriente de excitación
- Factor de potencia a devanados
- Factor de potencia a boquillas
- Reactancias de dispersión
- Resistencia de aislamiento
- Resistencia óhmica
- Respuesta a la frecuencia
- Cromatografía de gases
- Factor de potencia al aceite

Las pruebas de rutina son:

- Relación de transformación
- Corriente de excitación
- Factor de potencia a devanados
- Factor de potencia a boquillas
- Reactancias de dispersión
- Resistencia de aislamiento

4.1.1 Relación de transformación

Es la relación entre el devanado primario y el secundario y está dado por el número de espiras que tiene cada uno de ellos; así como también por relación de los voltajes y la inversa de las corrientes.

La teoría nos dice:

Relación de transformación:

$$\text{numero de espiras} \frac{\text{primario}}{\text{secundario}} = \text{voltaje} \frac{\text{primario}}{\text{secundario}} = \text{corrriente} \frac{\text{secundario}}{\text{primario}}$$

Ejemplo: si tenemos un transformador de potencia con especificaciones de voltajes en el primario de 230 Kv's y en el secundario de 23 Kv's.

Entonces tendremos que calcular la relación de transformación como:

$$voltaje \frac{\text{primario}}{\text{secundario}} = voltaje \frac{230KV's}{23KV's} = 10$$

¿Por qué realizar la prueba de relación de transformación (TTR)?

Para encontrar los siguientes problemas:

- Espiras cortocircuitadas
- Espiras abiertas
- Problemas en contactos en el cambiador de derivaciones bajo carga

La verificación de la relación de transformación se realiza a:

- Transformadores nuevos (en fabrica)
- Transformadores en operación (en campo)
- Después de falla cuando estando en operación (verificación de conexiones internas, conexiones de boquillas, conexiones internas).

El TTR en transformadores trifásicos debe ser iguales en cada uno de sus tres devanados.

La prueba de TTR se realiza con el módulo M4000 de la marca DOBLE. La prueba de TTR se realiza de la manera indicada por el manual de procedimientos para pruebas eléctricas de CFE.

Para la prueba, el módulo M4100 necesita un acoplamiento capacitivo de referencia, el cual antes de empezar a realizar las pruebas se debe calibrar, para que así el software de M4100 tome la medición de la capacitancia y pueda integrarla a la medición de TTR para realizar los ajustes dentro de su analogía interna.

La función de la prueba consiste en lo siguiente:

- El voltaje de prueba es aplicado al devanado de alto voltaje
- La medición de la capacitancia aparente es, $C_{aparente} = C/N$
- Por lo tanto, $N = C \frac{\text{real}}{\text{aparente}}$

Medición de C auxiliar:

FACTOR DE POTENCIA				
M 4000 10 KV.				
MIDE	H.V.	LV ROJO	LV AZUL	MODULO UST
CAPACITOR	1	2	2	MIDE AZUL Y ROJO

Figura 4.1 a) tabla de conexiones para medición de C

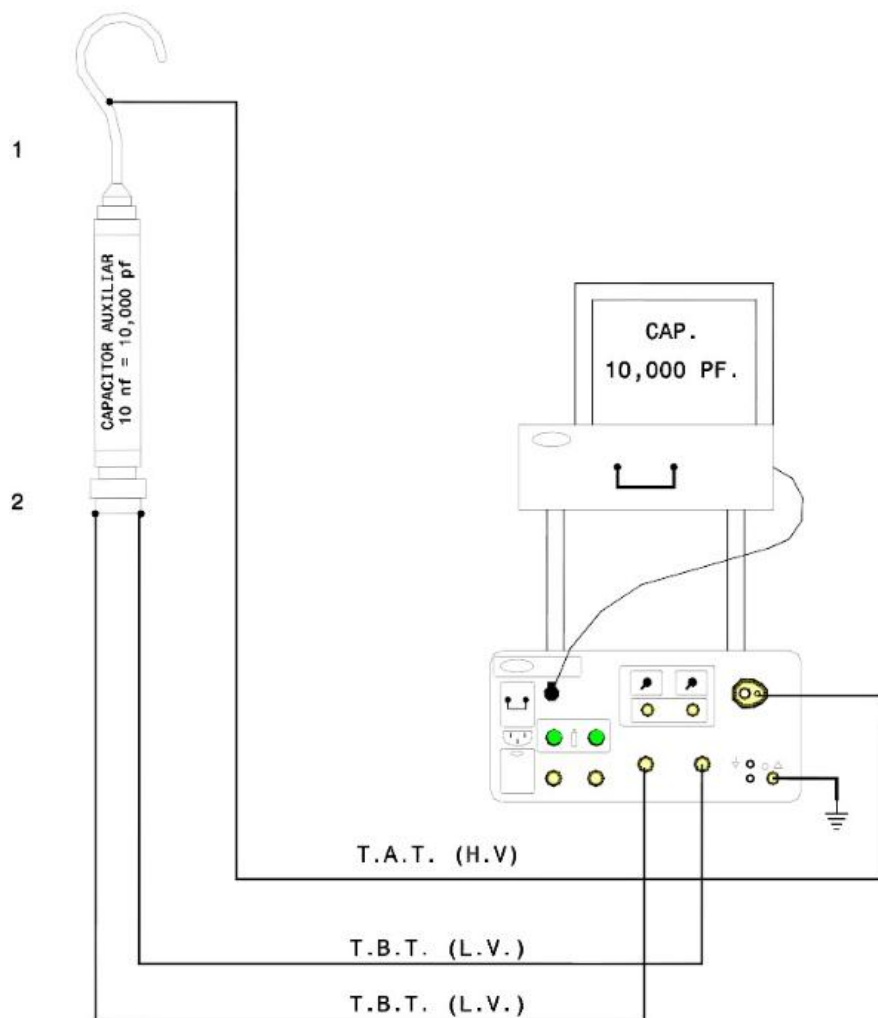


Figura 4.1 b) Medición de capacitor auxiliar con módulo M4000

Cuando el capacitor auxiliar se prueba de manera independiente, se encuentra bajo el voltaje total de prueba V_1 , y una corriente de carga I_1 de acuerdo con la ecuación:

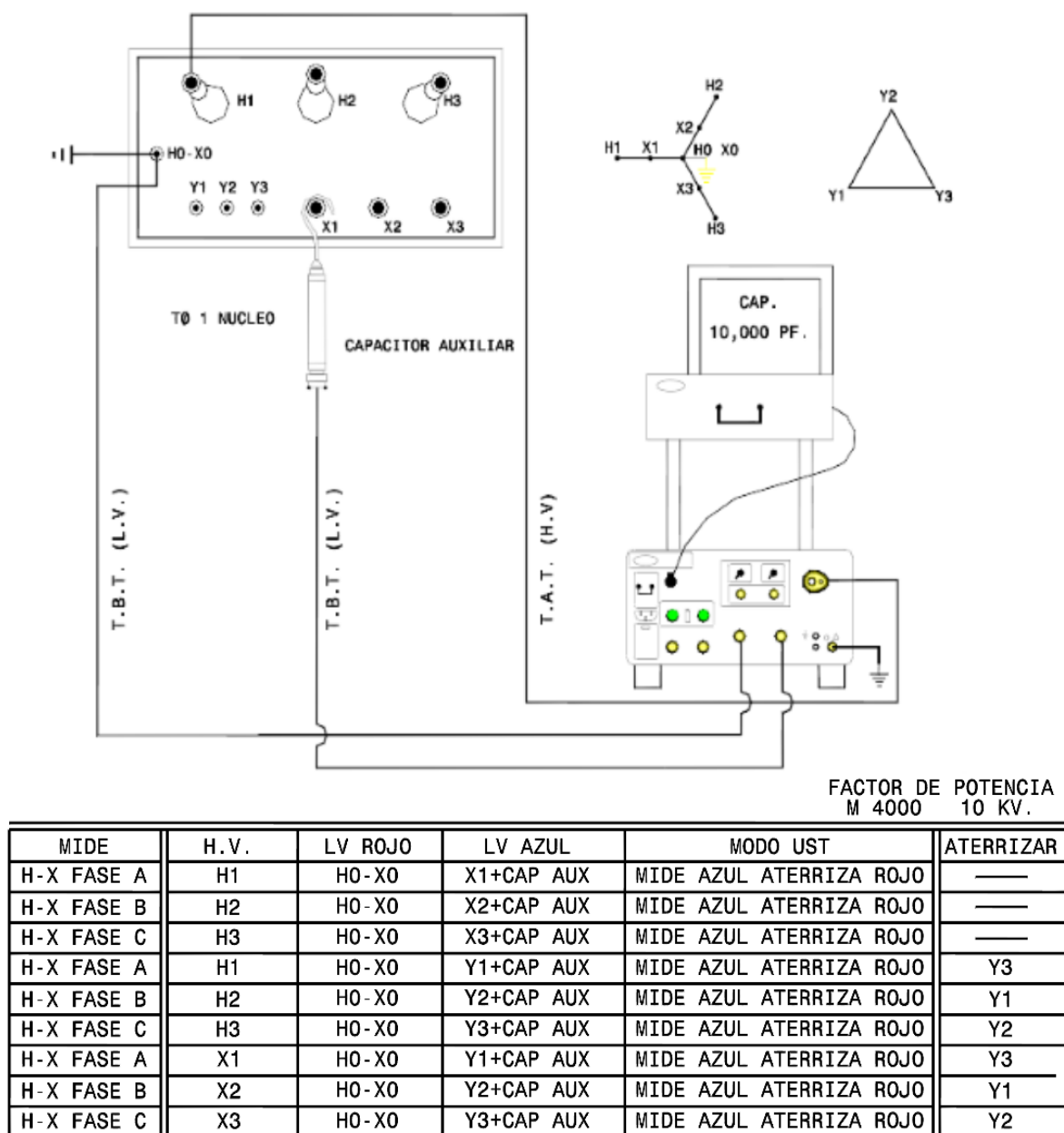
$$I_1 = \frac{V_1}{C_a}$$

Esta corriente es esencialmente capacitiva debido a que el capacitor tiene un diseño estable.

Cuando el capacitor está conectado a las boquillas del lado del devanado de menor tensión, se tiene una nueva medición de capacitancia C_2 . En otras palabras, cuando se conecta en uno de los extremos del devanado de menor tensión del transformador y no directamente al voltaje de prueba V_1 , se tiene un valor en el capacitor inferior al valor de capacitancia C_1 . La medición de las capacitancias se realiza para que el equipo de prueba haga las correcciones, debidas por la humedad y la temperatura.

4.1.1.1 Conexiones y procedimientos de prueba

a) Autotransformadores monofásicos con terciario:

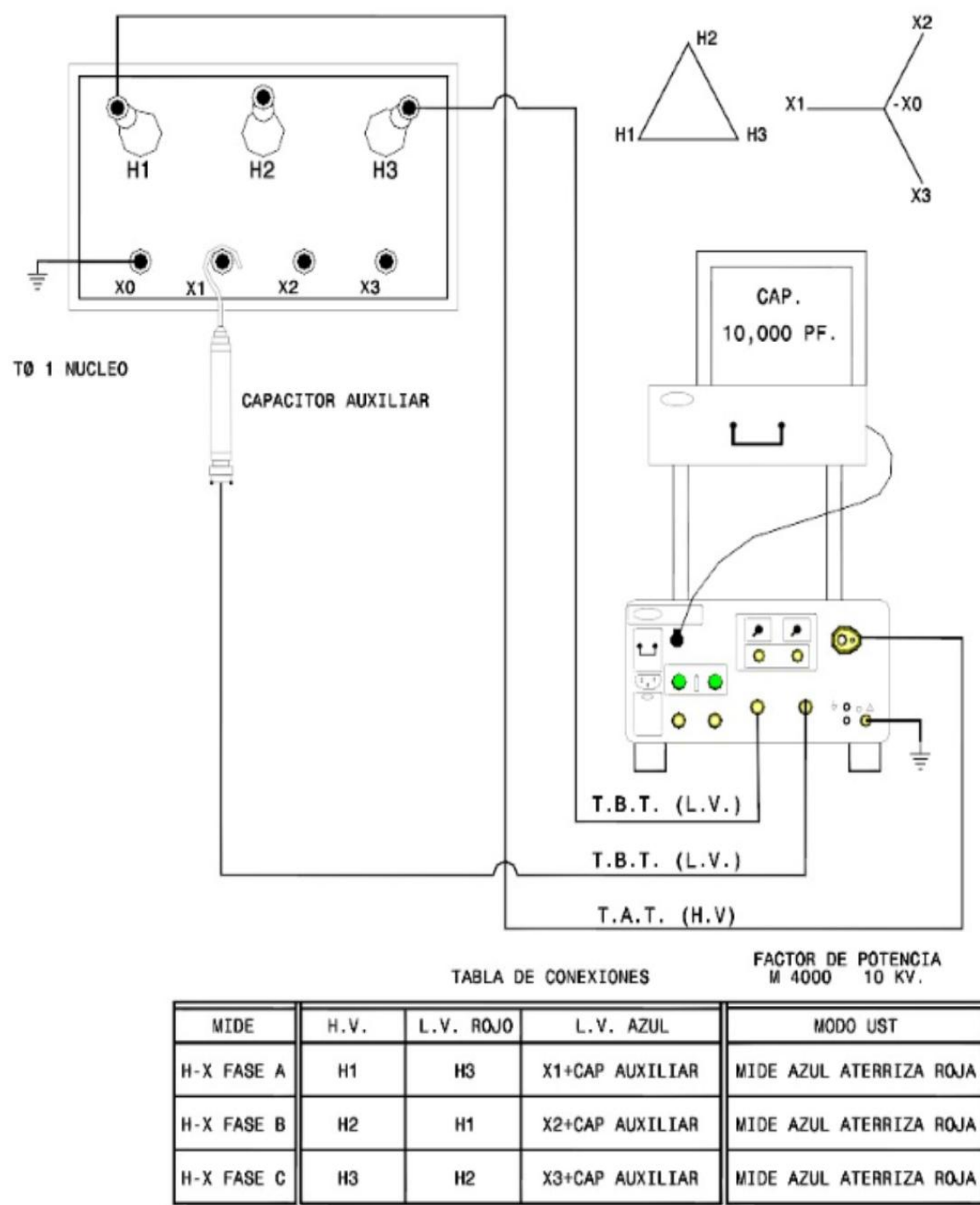


NOTA 1: NO DESCONECTAR EL BAJANTE DE TIERRA DEL X0

NOTA 2: LA PRUEBA SE PUEDE REALIZAR CON UN FACTOR DE POTENCIA DE 10 KV. M2H.

Figura 4.2 prueba de relación de transformación utilizando capacitor auxiliar a autotransformadores

b) Transformadores de dos devanados
- conexión Delta-Estrella



NOTA 1: NO DESCONECTAR EL BAJANTE DE TIERRA DEL X0
NOTA 2: LA PRUEBA SE PUEDE REALIZAR CON UN FACTOR DE POTENCIA DE 10 KV. M2H.

Figura 4.3 Prueba de relación de transformación utilizando capacitor auxiliar a transformador de dos devanados en conexión Delta-Estrella

- conexión Estrella-Delta

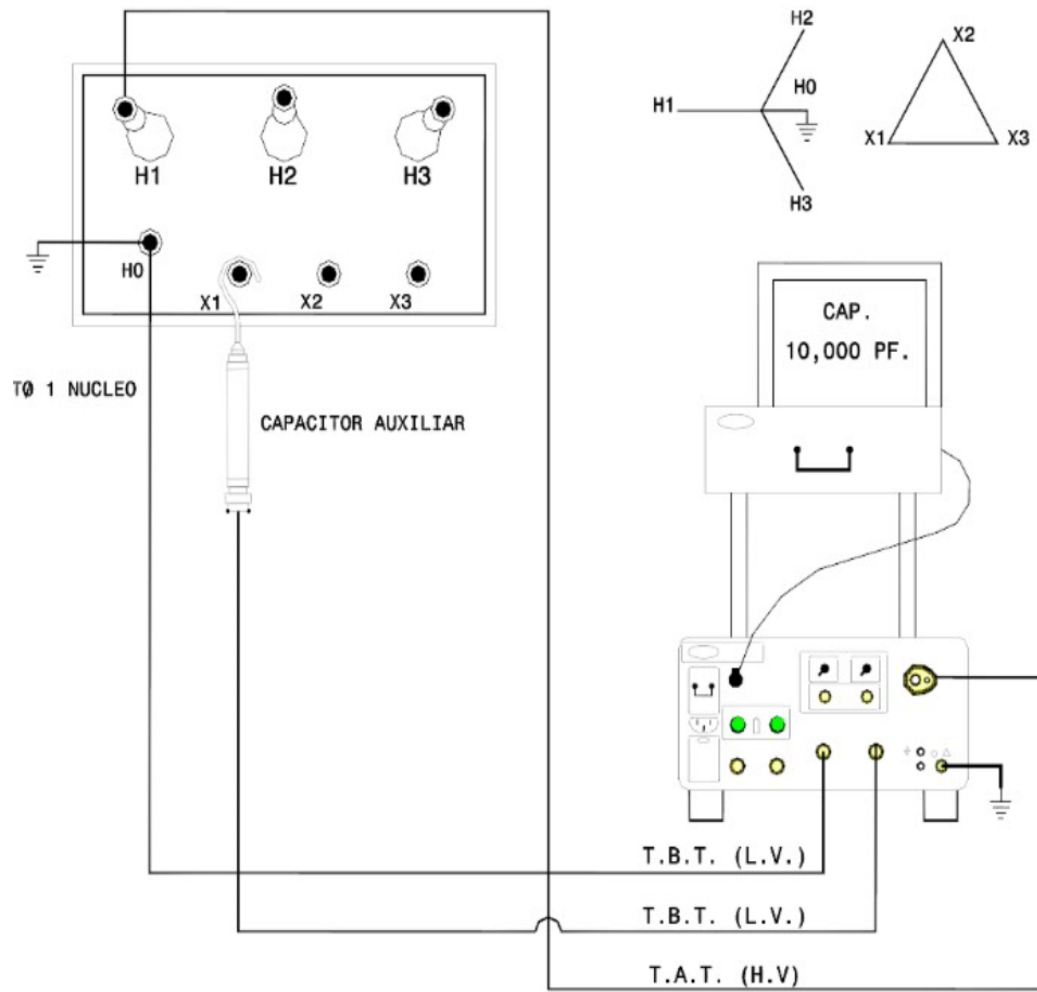


TABLA DE CONEXIONES

FACTOR DE POTENCIA
M 4000 10 KV.

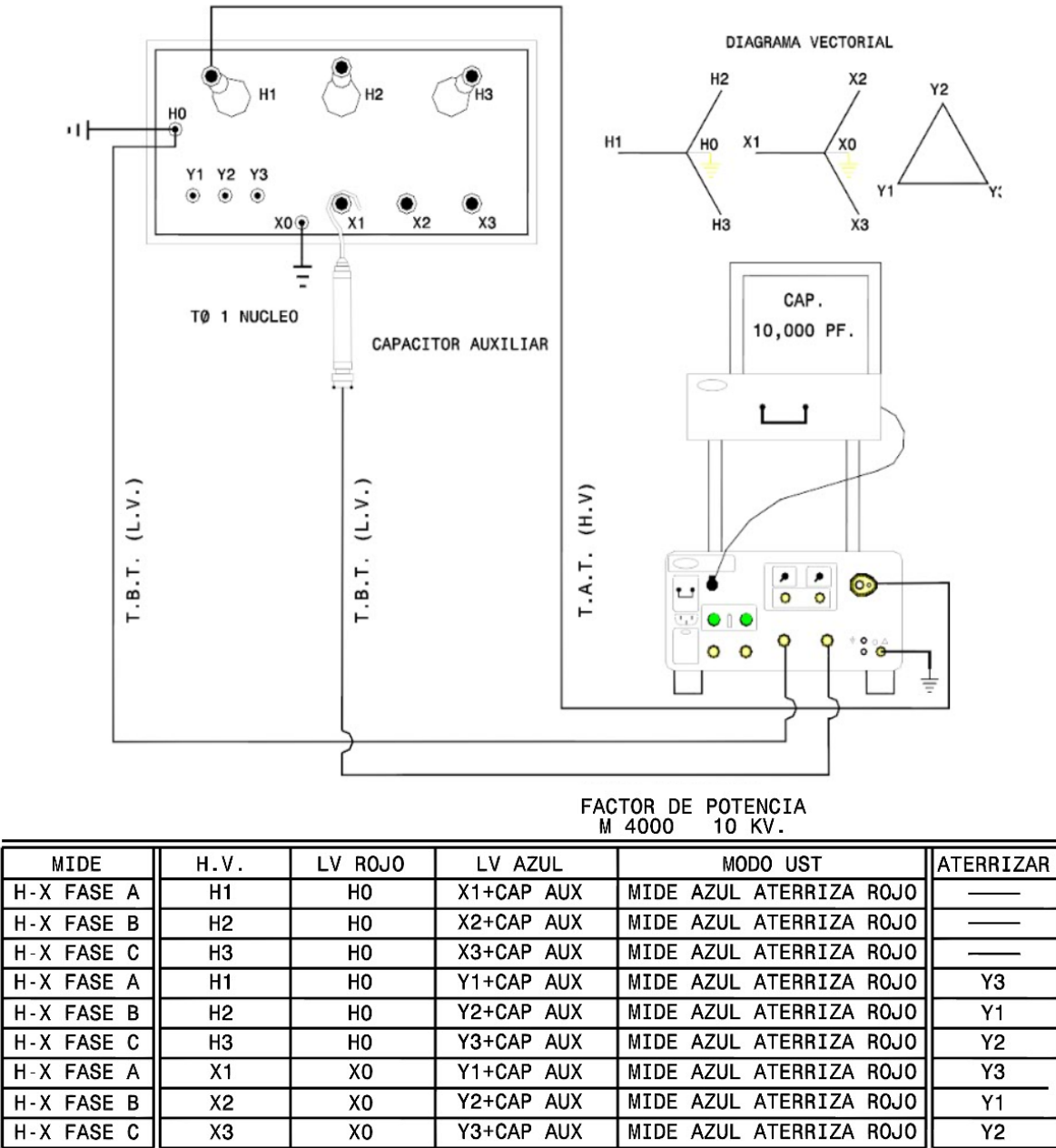
MIDE	H.V.	L.V. ROJO	L.V. AZUL	MODOS UST	ATERRIZAR
H-X FASE A	H1	H0	X1+CAP AUXILIAR	MIDE AZUL ATERRIZA ROJA	X3
H-X FASE B	H2	H0	X2+CAP AUXILIAR	MIDE AZUL ATERRIZA ROJA	X1
H-X FASE C	H3	H0	X3+CAP AUXILIAR	MIDE AZUL ATERRIZA ROJA	X2

NOTA 1: NO DESCONECTAR EL BAJANTE DE TIERRA DEL X0

NOTA 2: LA PRUEBA SE PUEDE REALIZAR CON UN FACTOR DE POTENCIA DE 10 KV. M2H.

Figura 4.4 Prueba de relación de transformación utilizando capacitor auxiliar a transformador de dos devanados conexión Estrella-Delta

c) Transformadores de tres devanados
 - conexión Estrella-Estrella-Delta



NOTA 1: NO DESCONECTAR EL BAJANTE DE TIERRA DEL X0
 NOTA 2: LA PRUEBA SE PUEDE REALIZAR CON UN FACTOR DE POTENCIA DE 10 KV. M2H.

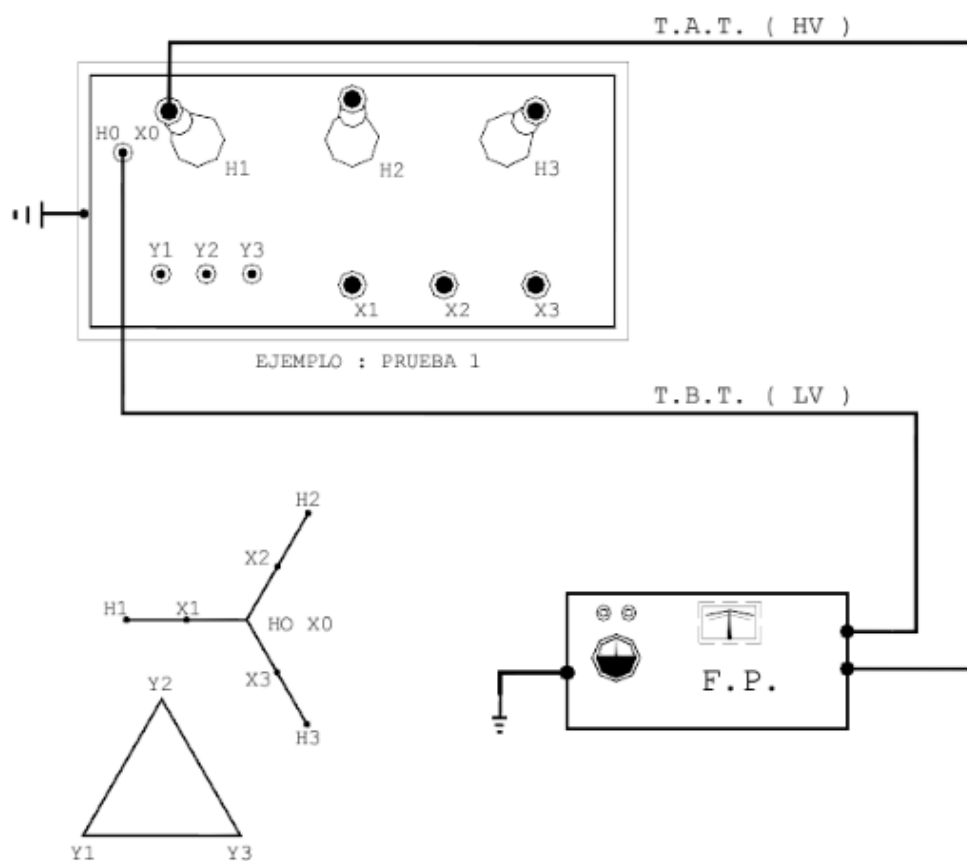
Figura 4.5 Prueba de relación de transformación utilizando capacitor auxiliar a transformador de tres devanados conexión Estrella-Estrella-Delta

4.1.2 Corriente de excitación

La prueba de corriente de excitación en los transformadores de potencia, permite detectar daños o cambios en la geometría del núcleo y devanados; así como espiras en corto circuito y terminales con mala calidad desde su construcción.

4.1.2.1 Conexiones y procedimientos de prueba

a) Autotransformador

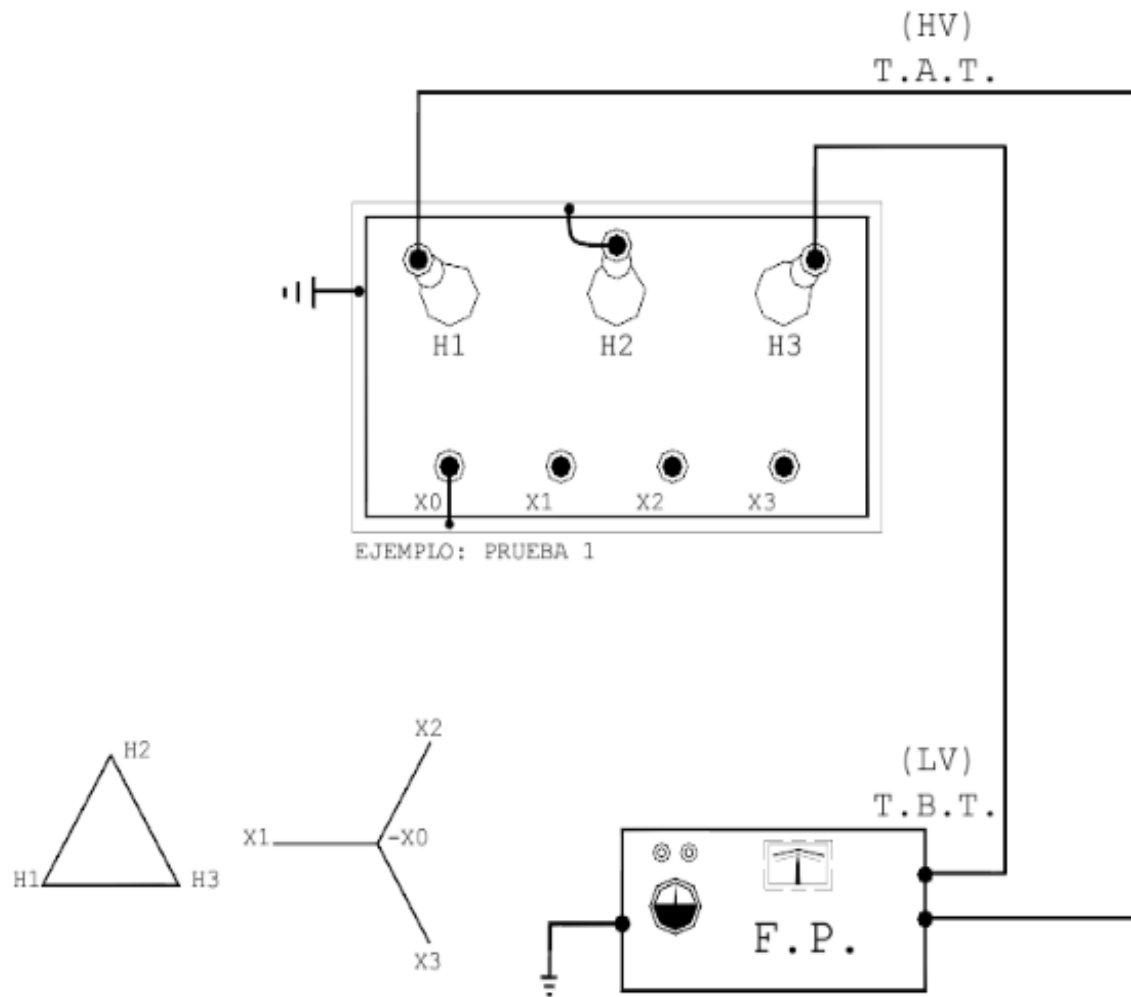


PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	H1	H0 X0	UST	I A
2	H2	H0 X0	UST	I B
3	H3	H0 X0	UST	I C

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

Figura 4.6 Prueba de corriente de excitación a autotransformadores

- b) Transformadores de dos devanados
- conexión Delta-Estrella

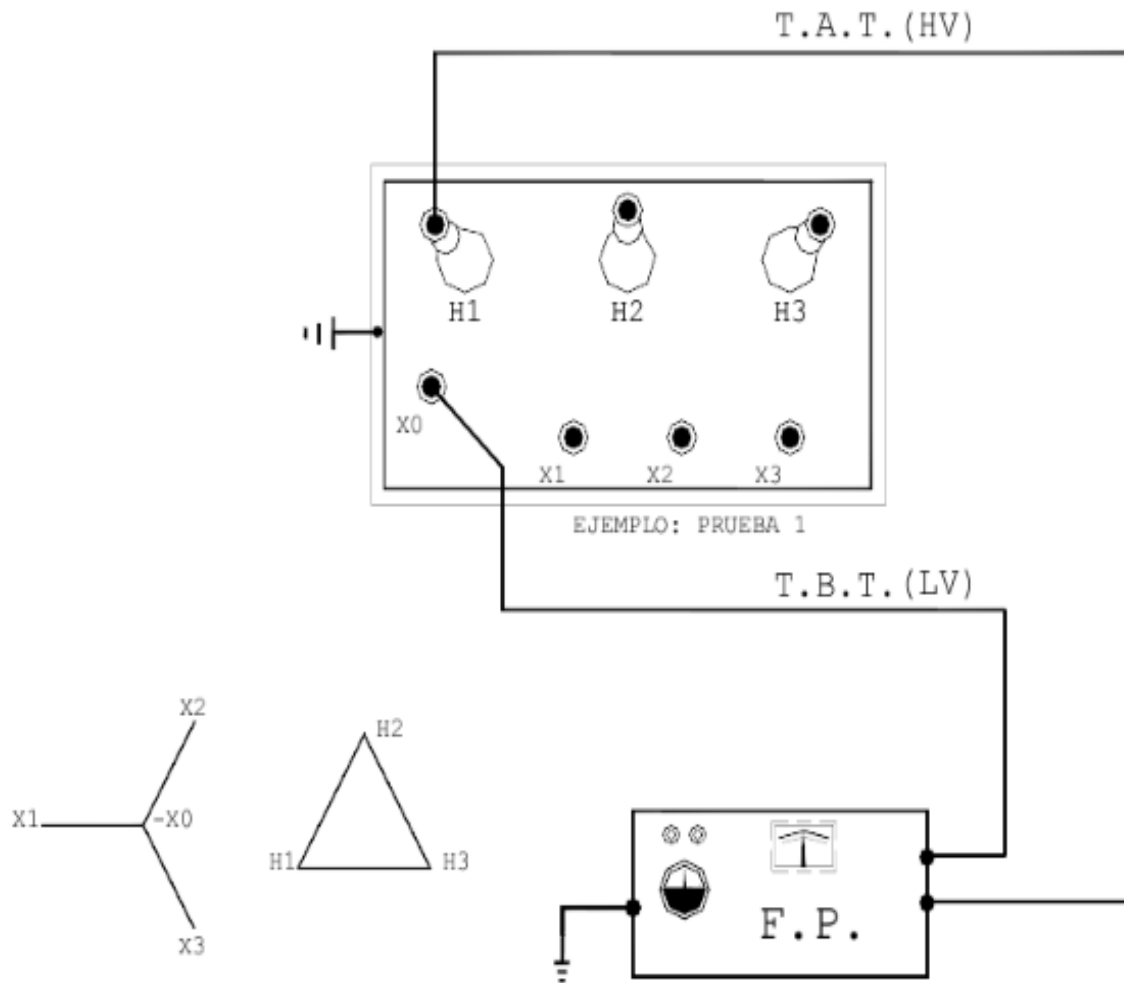


PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	ATERRIZAR	SELECTOR	
1	H1	H3	H2, X0	UST	I A-C
2	H2	H1	H3, X0	UST	I B-A
3	H3	H2	H1, X0	UST	I C-B

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

Figura 4.7 Prueba de corriente de excitación a transformadores de dos devanados en conexión Delta-Estrella

- conexión Delta-Estrella



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	H1	H0	UST	IA
2	H2	H0	UST	IB
3	H3	H0	UST	IC

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

Figura 4.8 Prueba de corriente de excitación transformadores de dos devanados con conexión Delta-Estrella

- c) Transformadores de tres devanados
 - conexión Estrella-Estrella-Delta

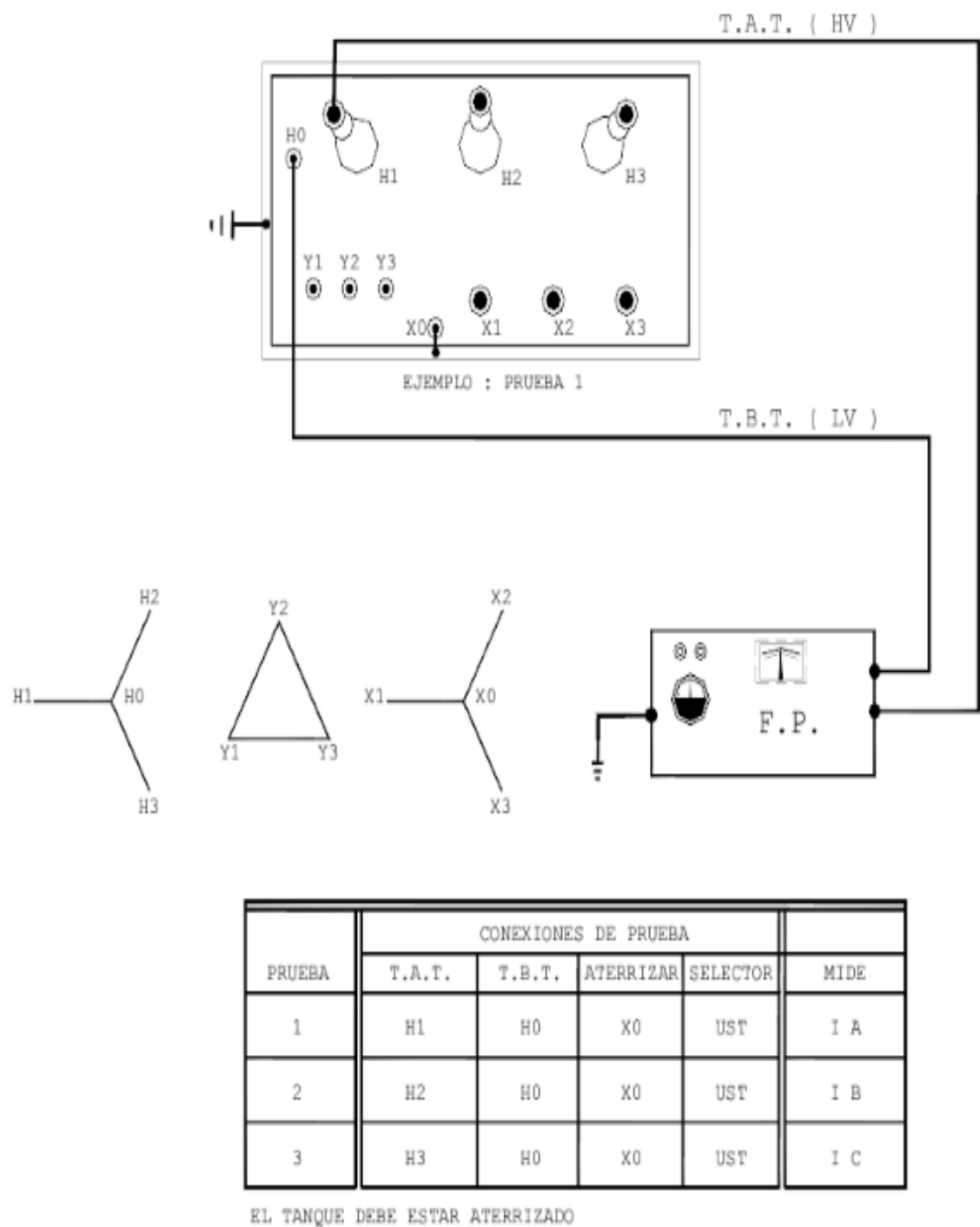
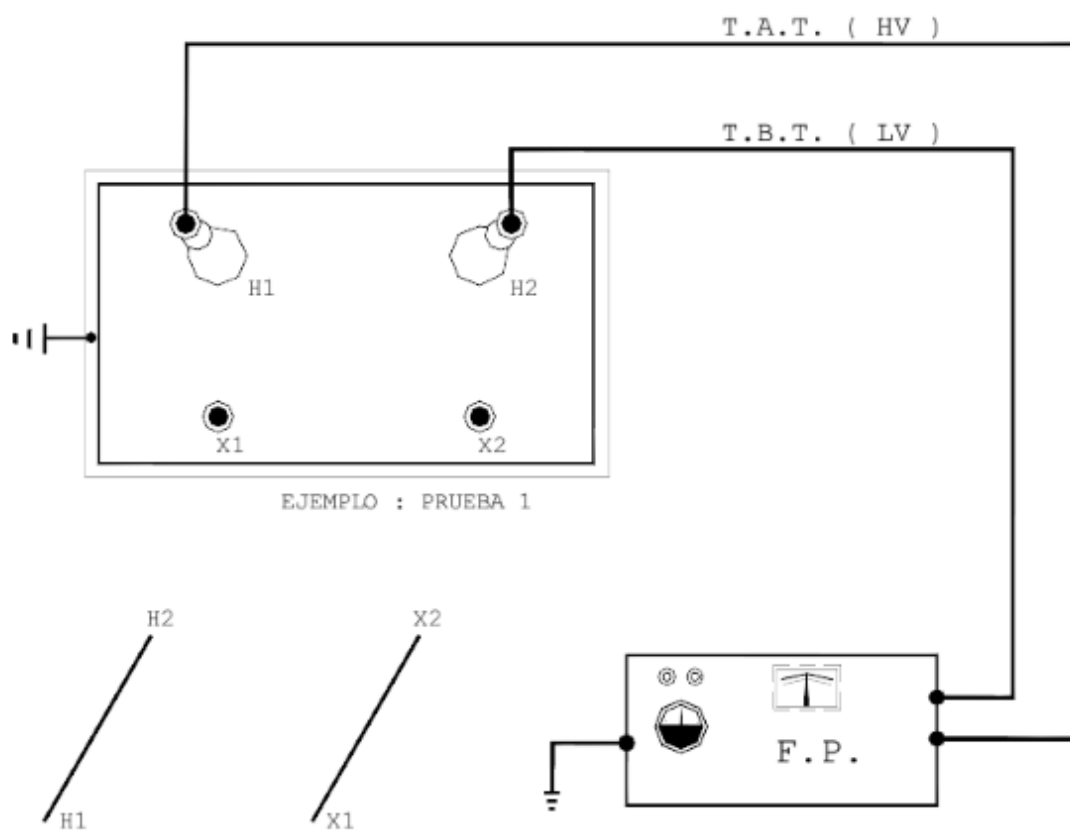


Figura 4.9 Prueba de corriente de excitación a transformadores de tres devanados con una conexión Estrella-Estrella-Delta

d) Transformadores monofásicos

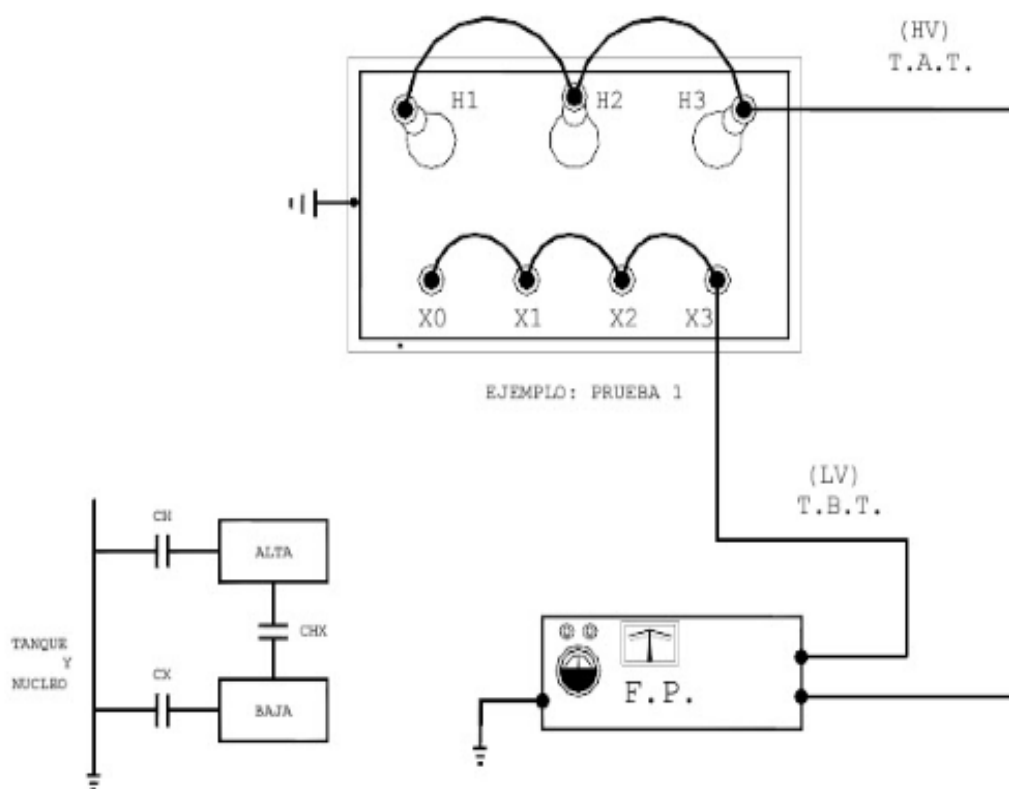


PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	ATERRIZAR	SELECTOR	
1	H1	H2	Tq	UST	I A-B
2	H2	H1	Tq	UST	I B-A

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

Figura 4.10 Prueba de corriente de excitación a transformadores monofásicos

b) Transformador de dos devanados

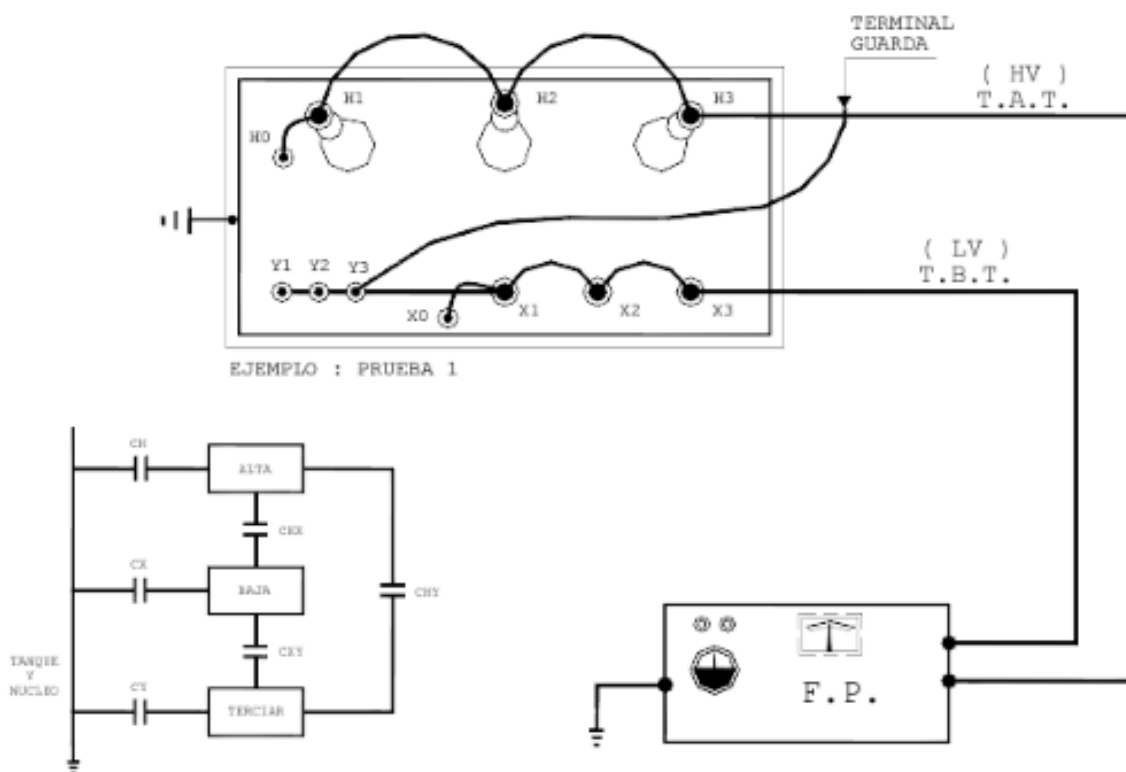


PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	H	X	GROUND	CH+CHX
2	H	X	GUARDA	CH
3	X	H	GROUND	CX+CHX
4	X	H	GUARDA	CX
5	H	X	UST	CHX

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

Figura 4.12 Prueba de factor de potencia a devanados de un transformador de dos devanados

c) Transformadores de tres devanados



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	GUARDA	SELECTOR	
1	H	X	Y	GROUND	CH+CHX
2	H	X+Y	—	GUARDA	CH
3	X	Y	H	GROUND	CX+CX Y
4	X	H+Y	—	GUARDA	CX
5	Y	H	X	GROUND	CY+CHY
6	Y	H+X	—	GUARDA	CY
7	H	X	Y (TIERRA)	UST	CHX
8	X	Y	H (TIERRA)	UST	CXY
9	Y	H	X (TIERRA)	UST	CHY

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO
Tq= TANQUE

Figura 4.13 Prueba de factor de potencia a devanados de un transformador de tres devanados

4.1.4 Factor de potencia a boquillas

Las boquillas de cualquier equipo pueden probarse por cualquiera de los siguientes métodos

- Prueba de equipo aterrizado (GROUND). Esta es una medición de las cualidades aislantes del aislamiento entre el conductor central de la boquilla y la brida de sujeción. La prueba se realiza energizando la terminal de la boquilla por medio de la terminal de alta tensión de medidor y la terminal de baja tensión del medidor a la brida de sujeción, la brida debe de estar aterrizada.
- Prueba de equipo no aterrizado (UST). Esta es una medición del aislamiento entre el conductor central y el tap capacitivo. Esta prueba se aplica a boquillas que cuentan con un condensador devanado a lo largo de la boquilla. El objeto principal del capacitor, es controlar la distribución del campo eléctrico, tanto interno como externo de la boquilla.

Capacitancias de una boquilla

La capacitancia C_1 de una boquilla, es el valor expresado en picofaradios entre el conductor principal y el tap. La prueba incluye de aislamiento principal C_1 del núcleo.

La capacitancia C_2 , es el valor expresado en picofaradios entre el tap y la brida, la prueba incluye, tap de aislamiento, aislamiento del núcleo entre la capa del tap y la manga de tierra del aislador, porción del líquido o componente del relleno, porción de la barrera aislante.

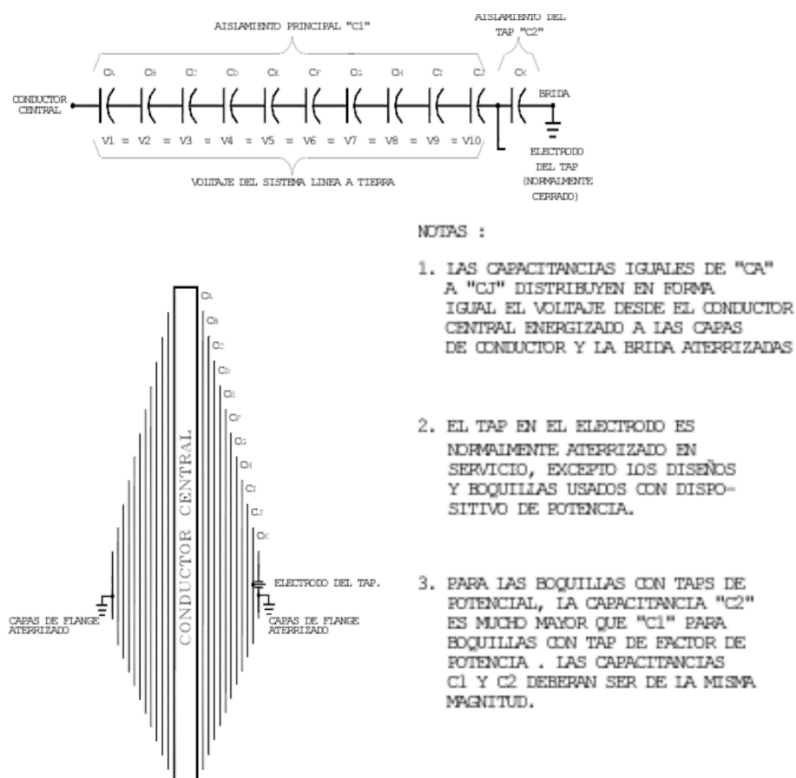
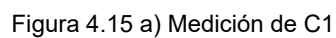


Figura 4.14 Diseño típico de una boquilla tipo condensador

a) Factor de potencia a boquillas
- medición de C1



- medición de C2

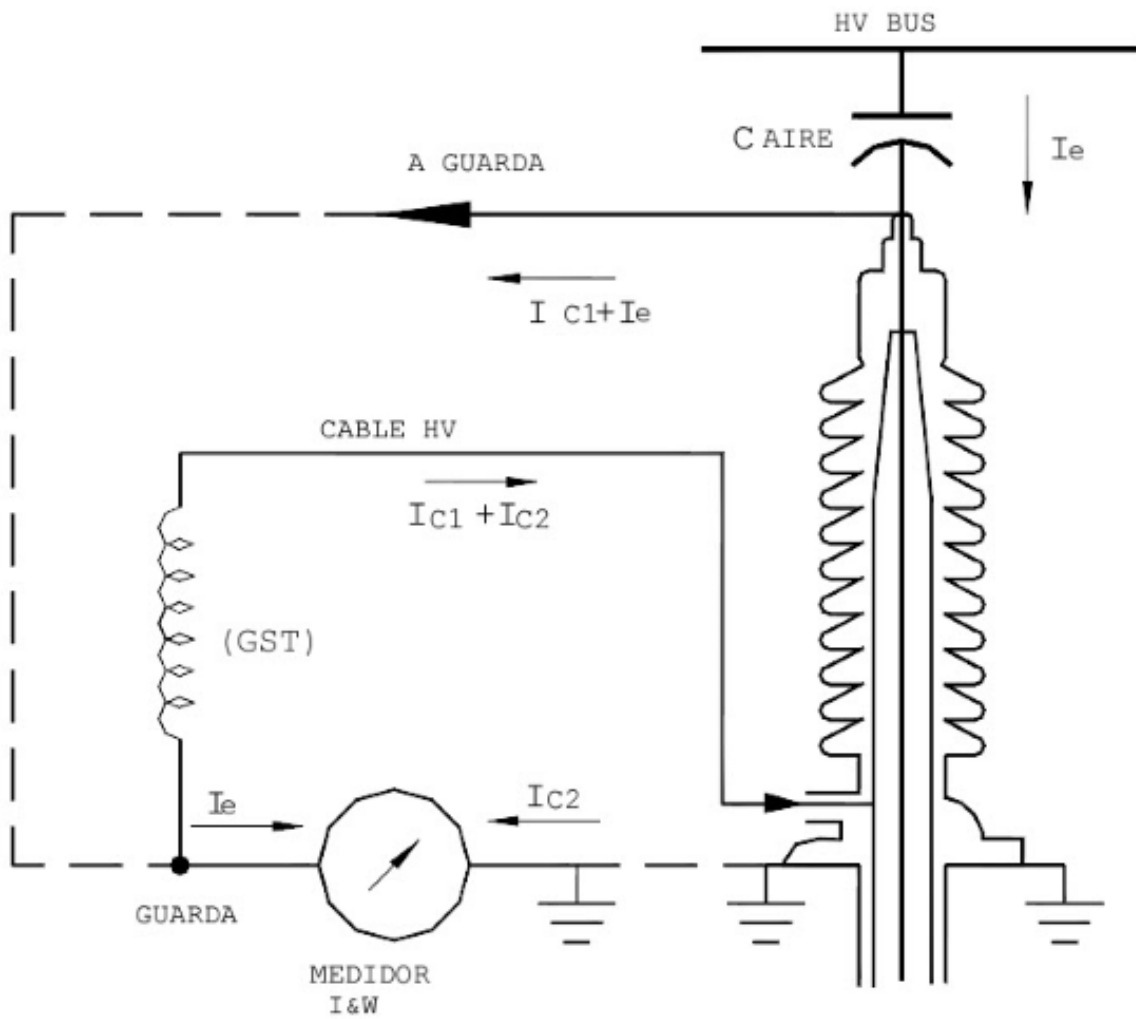


Figura 4.15 b) Medición de C2

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			KV. DE PRUEBA	MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR		
1	TERM. BOQUILLA	TAP CAPACITIVO	UST	2.5 o 10 kV	C1
2	TERM. BOQUILLA	BRIDA	GROUND	2.5 o 10 kV	C
3	TAP CAPACITIVO	TERM. BOQUILLA	GUARDA	500 V	C2
4	COLLAR	TERM. BOQUILLA	GROUND	2.5 o 10 kV	P

Figura 4.15 c) Tabla de conexiones de pruebas a boquillas

b) Collar caliente

Cuando las boquillas no cuentan con el tap capacitivo se les realiza la prueba de factor de potencia por el método de collar caliente:

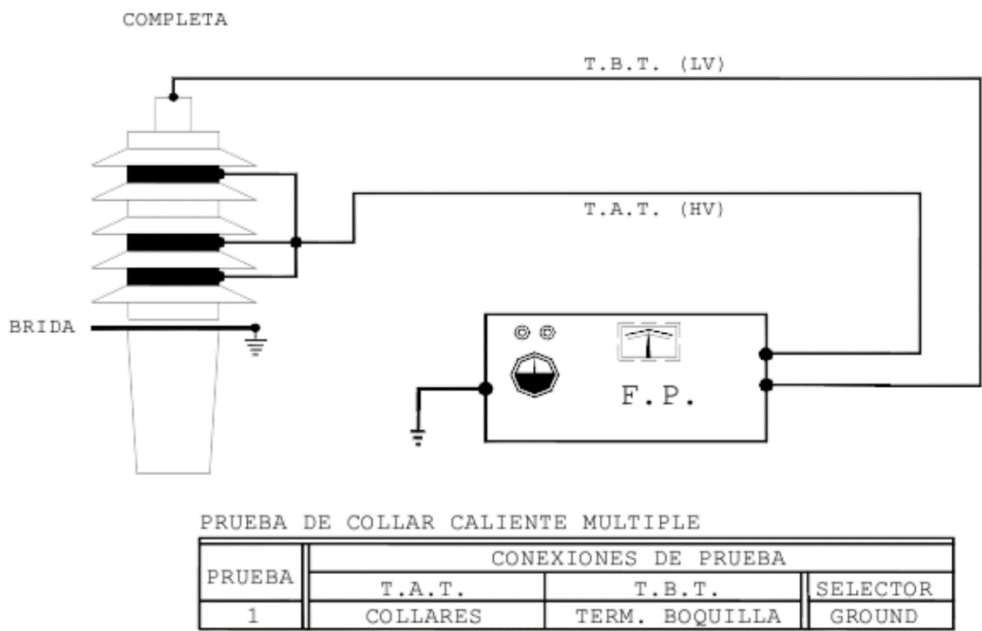


Figura 4.16 prueba de factor de potencia a boquillas collar caliente en 3 faldones

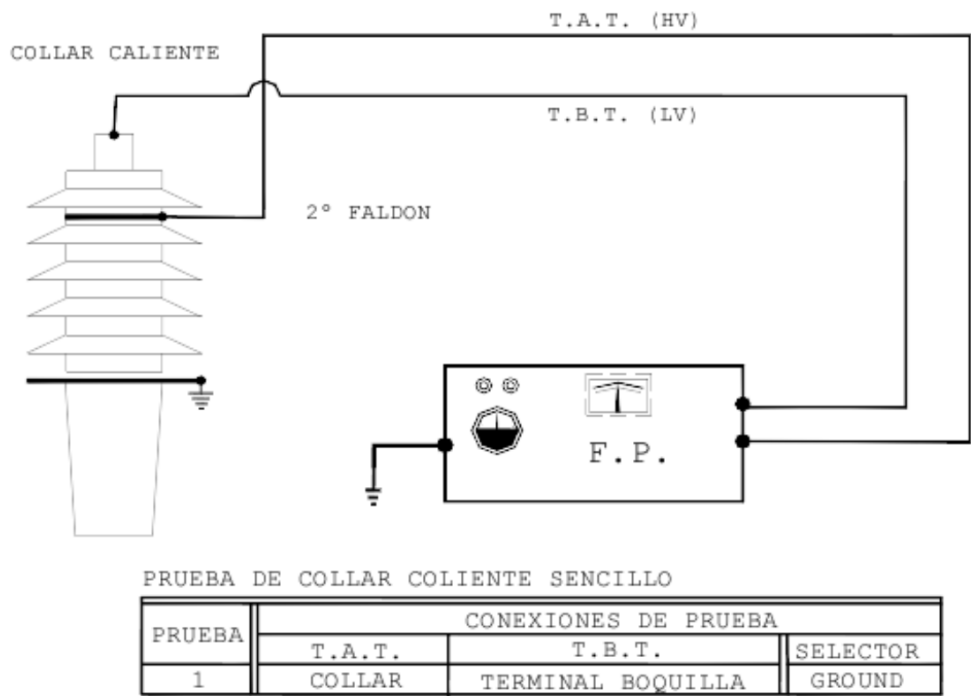


Figura 4.17 prueba de factor de potencia a boquillas collar caliente en 1 solo faldón

4.1.5 Reactancias de dispersión

La prueba de reactancias de dispersión en los transformadores de potencia es un auxiliar para detectar problemas relacionados con el cambio en la geometría del conjunto núcleo-bobinas.

Es una prueba que está influenciada por el canal de dispersión de los devanados y sus sistemas de sujeción en un transformador, debido a:

- Impactos y movimientos severos durante el transporte o maniobra
- Esfuerzos mecánicos por fallas externas de cortocircuito soportadas por el transformador
- Defectos derivados del diseño, fabricación o reparación del transformador

La mayoría de las fallas de transformadores se inician como problemas mecánicos y eventualmente ocurren directamente por razones eléctricas. Cuando se presentan fallas de cortocircuito externas, el transformador puede sufrir modificaciones en su geometría física y permanecer en servicio con los devanados y/o los sistemas de sujeción parcialmente dislocados, reduciendo la confiabilidad y la vida útil del transformador.

Dentro de las pruebas periódicas de mantenimiento al transformador, se recomienda realizar esta prueba. Los cambios en el parámetro de reactancia son indicador confiable para determinar una posible distorsión de los devanados y/o sus sistemas de sujeción.

Esta prueba se realiza con el M4000 acoplado con el módulo M4110 o módulo de reactancia de dispersión.

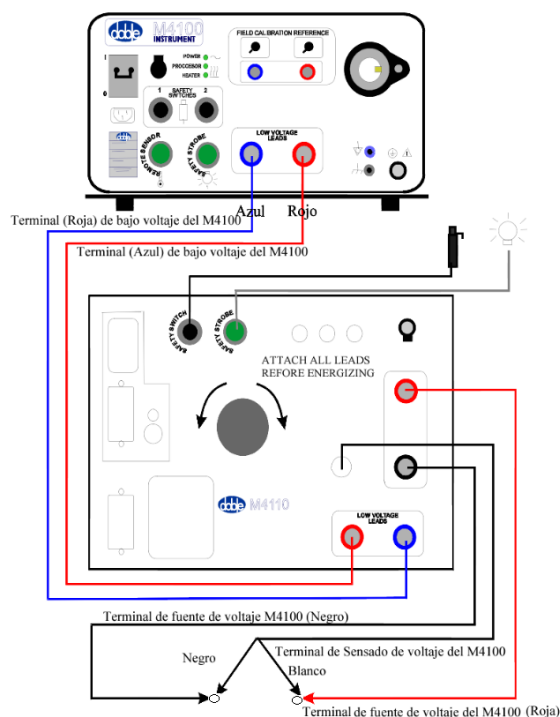


Figura 4.18 Equipo de prueba para realizar reactancias de dispersión (M4000 en conjunto con el módulo M4110)

4.1.5.1 Conexiones y procedimientos de prueba

a) Conexiones para realizar reactancias de dispersión de forma monofásica

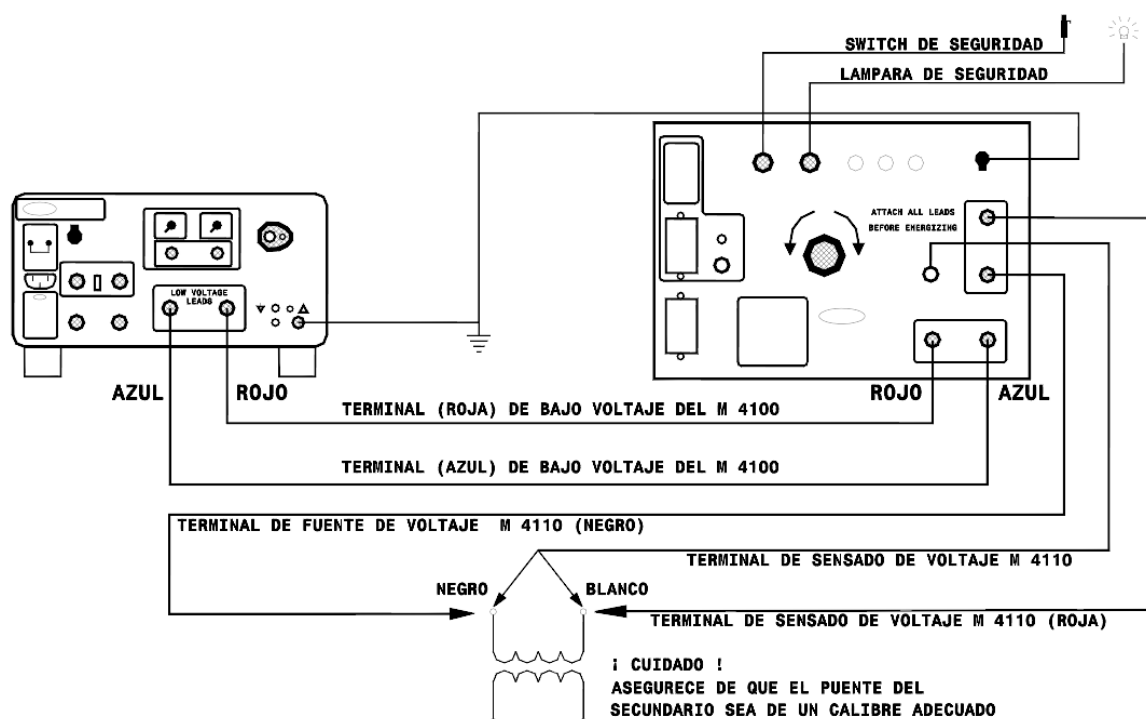


Figura 4.19 Forma de conexión de equipo de prueba

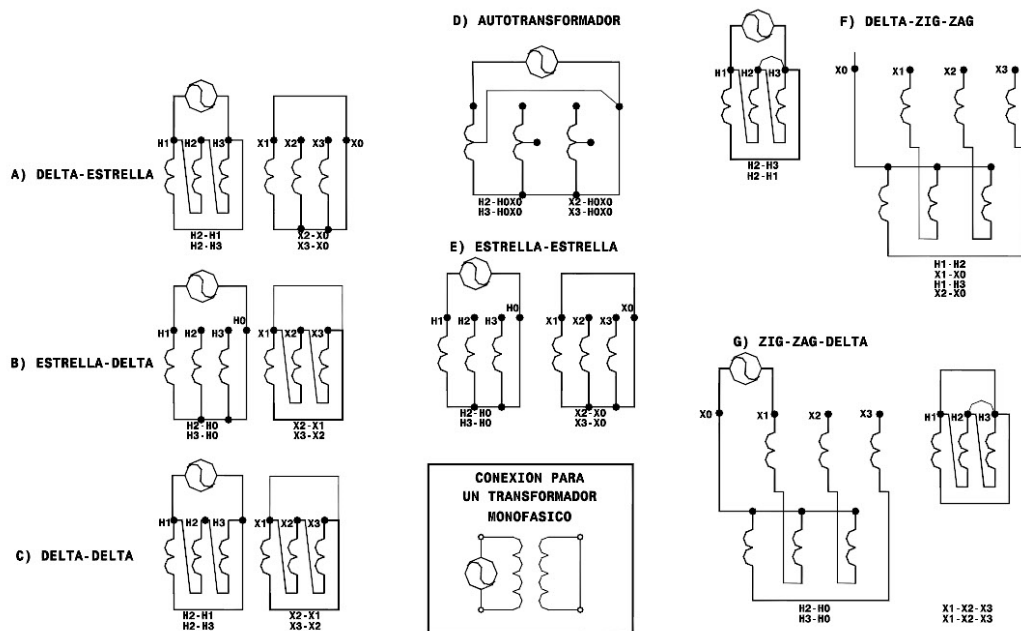


Figura 4.20 Esquema de conexiones para realizar pruebas de reactancia de dispersión de forma monofásica

b) Conexiones para realizar reactancias de dispersión de forma trifásica

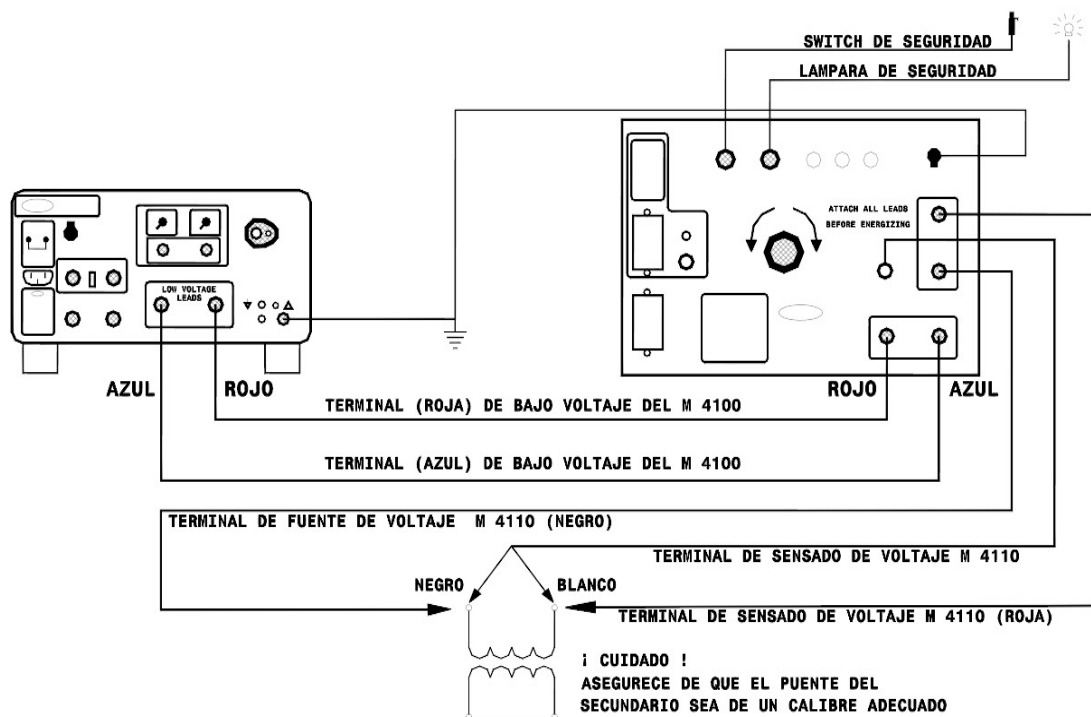
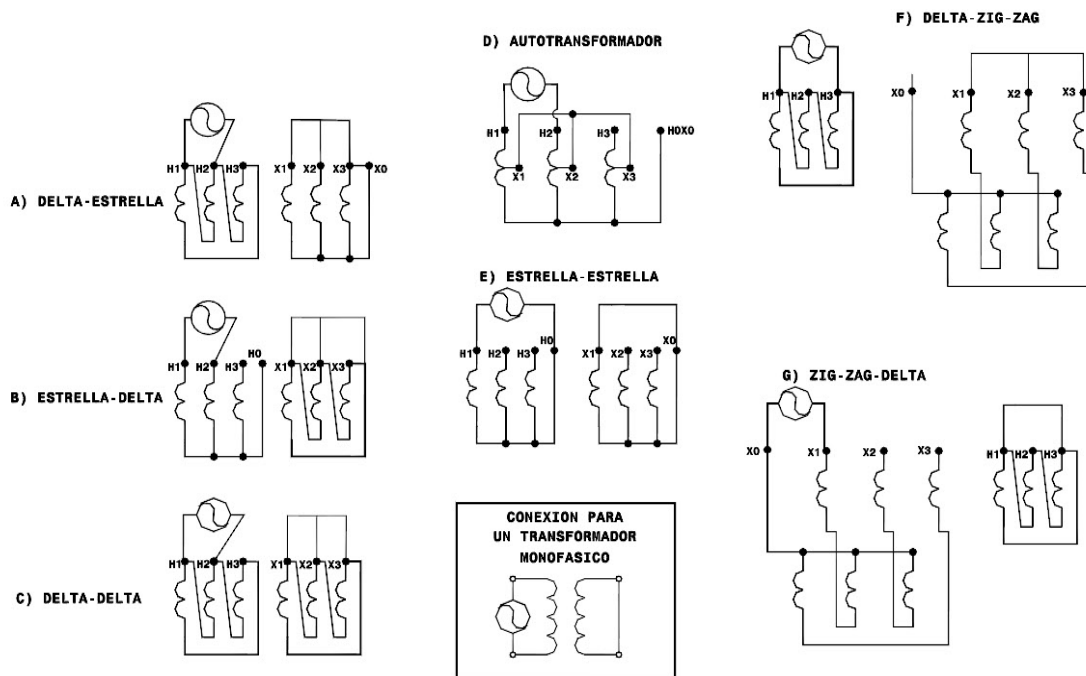


Figura 4.21 Forma de conexión de equipo de prueba



CONEXIONES PARA PRUEBAS EQUIVALENTES TRIFASICAS EN UN TRANSFORMADOR TRIFASICO

Figura 4.22 Esquema de conexiones para realizar pruebas de reactancia de dispersión de forma trifásica

4.1.6 Resistencia de aislamiento

Esta prueba es de gran utilidad para dar una idea rápida y confiable de las condiciones de aislamiento total del transformador bajo prueba.

La medición de esta resistencia independientemente de ser cuantitativa también es relativa, ya que el hecho de estar influenciada por aislamientos, tales como porcelana, papel, aceite, barnices, etc., la convierte en indicadora de la presencia de humedad y suciedad en esos materiales.

La prueba se efectúa con un medidor de aislamiento a una tensión mínima de 1000 volts, recomendándose realizarla a 2500 o 5000 volts y dura 10 minutos.

Al efectuar la prueba de resistencia de aislamiento a los transformadores, hay diferentes criterios al uso de la terminal guarda del medidor. El propósito de la terminal de guarda es para efectuar mediciones en mallas con tres elementos (devanado de A.T., devanado de B.T. y tanque).

La corriente de fuga de un aislamiento, conectada a la terminal de guarda, no interviene en la medición.

Si no se desea utilizar la terminal de guarda del medidor, el tercer elemento se conecta a través del tanque a la terminal de tierra del medidor, la corriente de fuga solamente tiene la trayectoria del devanado en prueba a tierra.

Con el objeto de unificar la manera de probar los transformadores de potencia, y para fines prácticos, en este procedimiento se considera la utilización de la terminal de guarda del medidor. Lo anterior permite el discriminar aquellos elementos y partes que se desea no intervengan en las mediciones, resultando estas más exactas, precisas y confiables.

4.1.6.1 Conexiones y procedimientos de prueba

a) Autotransformadores

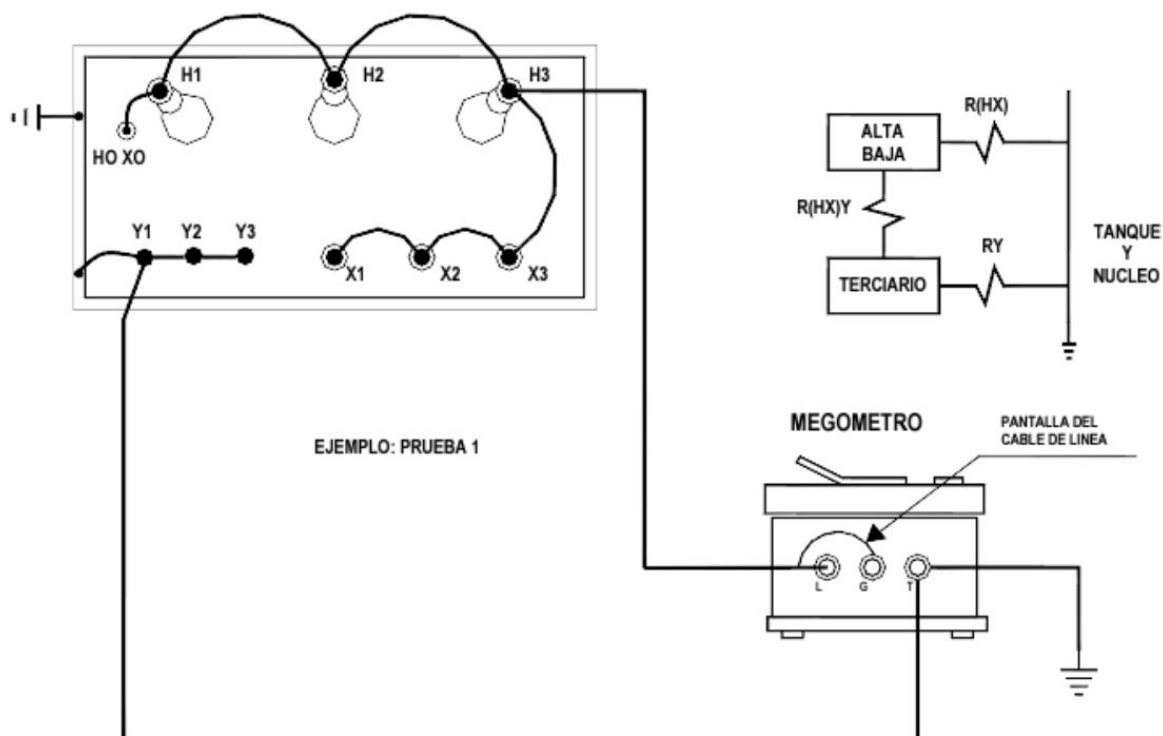


Figura 4.23 Esquema de conexiones para realizar pruebas de resistencia de aislamiento a autotransformadores

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	L	G	T	
1	H X	—	Tq + Y	$R(HX) + (HX)Y$
2	H X	Tq	Y	$R(HX)Y$
3	Y	—	HX+Tq	$RY + R(HX)Y$

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO
Tq= TANQUE

Figura 4.24 Tabla de conexiones para la prueba de resistencia de aislamiento a autotransformadores

b) Transformadores de dos devanados

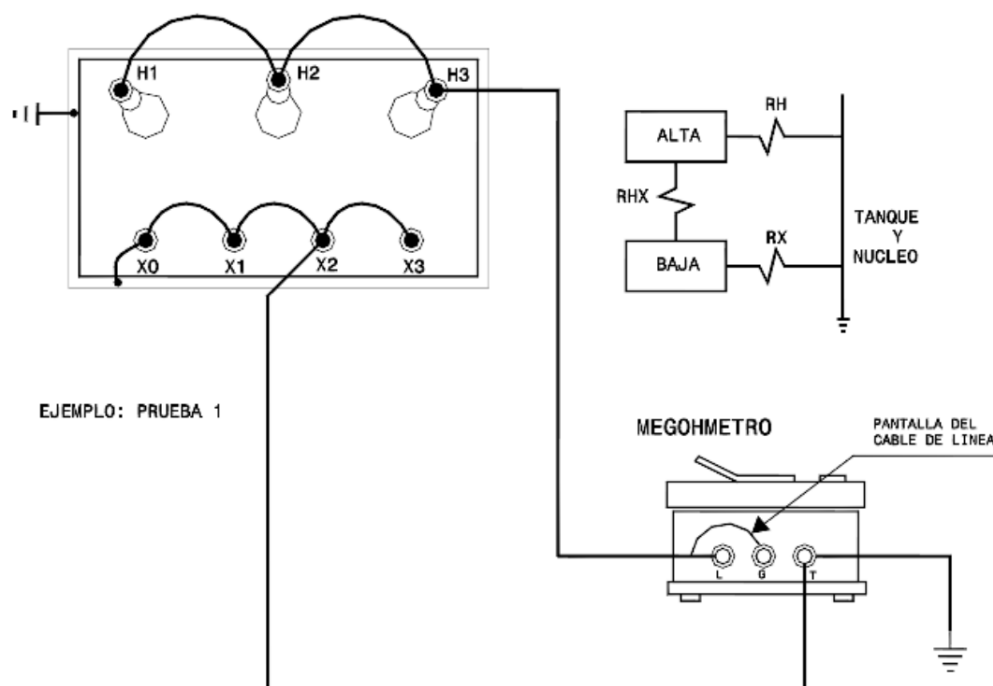


Figura 4.25 Esquema de conexiones para realizar pruebas de resistencia de aislamiento a transformadores de dos devanados

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	L	G	T	
1	H	—	X+Tq	RH+RHX
2	H	Tq	X	RHX
3	X	—	H+Tq	RX+RHX

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO
Tq= TANQUE

Figura 4.26 Tabla de conexiones para la prueba de resistencia de aislamiento a transformadores de dos devanados

c) Transformadores de tres devanados

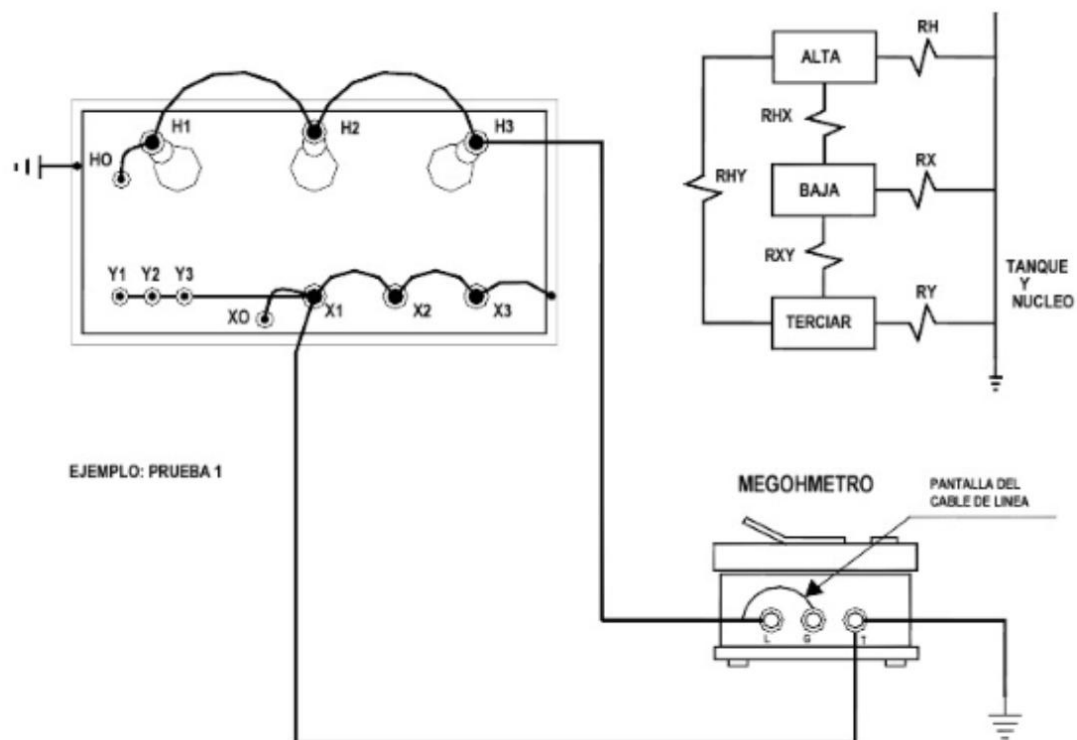


Figura 4.27 Esquema de conexiones para realizar pruebas de resistencia de aislamiento a transformadores de tres devanados

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	L	G	T	
1	H	—	X+Y+Tq	RH + RHX + RHY
2	H	Y, Tq	X	RHX
3	H	X, Tq	Y	RHY
4	X	—	H+Y+Tq	RX + RHX + RXY
5	X	H, Tx	Y	RXY
6	Y	—	H+X+Tq	RY + RHY + RXY

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO
Tq= TANQUE

Figura 4.28 Tabla de conexiones para la prueba de resistencia de aislamiento a transformadores de tres devanados

d) Al núcleo

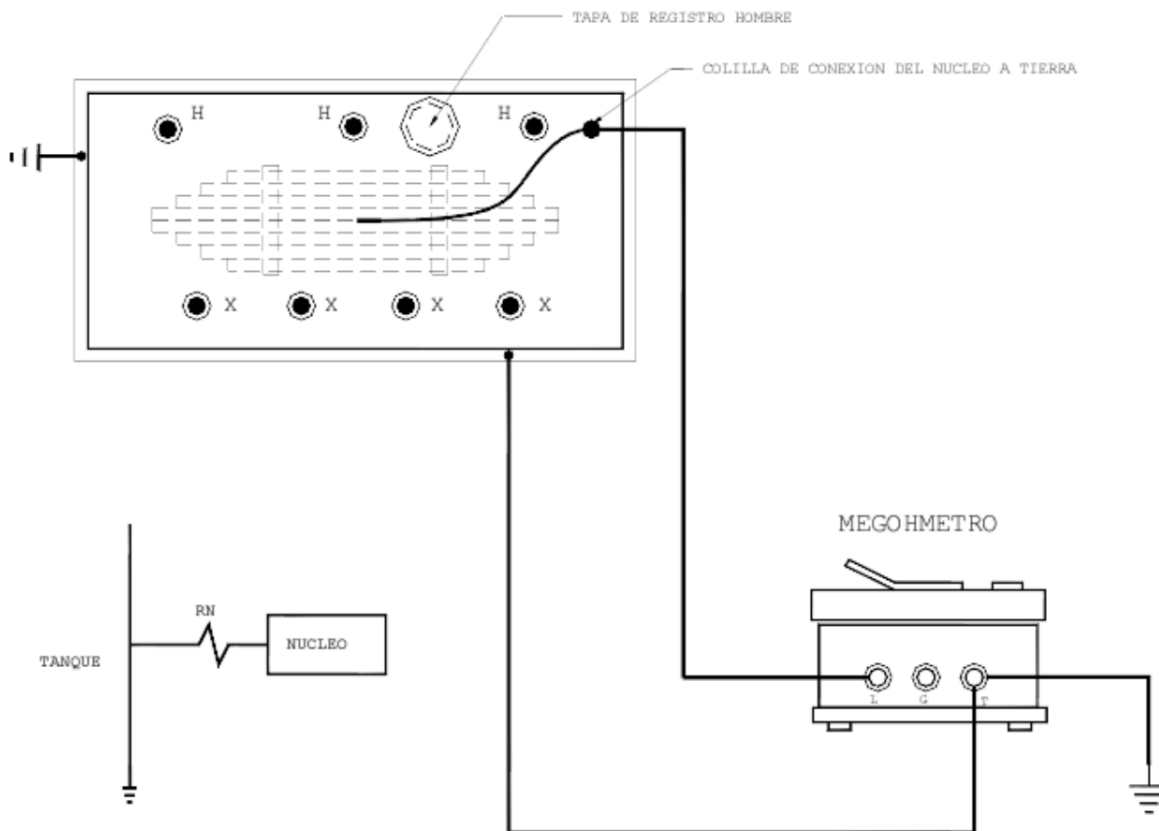


Figura 4.29 Esquema de conexiones para realizar pruebas de resistencia de aislamiento al núcleo

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	L	G	T	
1	NUCLEO *	—	Tq	RN

* PARA LA PRUEBA, LA COLILLA QUE ATERRIZA EL NUCLEO DEBE DE DESCONECTARSE DE LA TAPA DEL TRANSFORMADOR.

EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

Tq= TANQUE

Figura 4.30 Tabla de conexiones para la prueba de resistencia de aislamiento al núcleo

4.1.7 Resistencia óhmica

Esta prueba es utilizada para conocer el valor de la resistencia óhmica de los devanados de un transformador. Es auxiliar para conocer el valor de pérdidas en el cobre y detectar falsos contactos en conexiones de boquillas, cambiador de derivaciones, soldaduras deficientes y hasta alguna falla incipiente en los devanados.

La corriente empleada en la medición no debe de exceder el 15% del valor nominal del devanado, ya que con valores mayores puede obtenerse resultados inexactos causados por la variación en la resistencia debido a calentamiento de devanado.

Un puente de wheastone puede medir valores de orden de 1 mili ohm a 11.110 mega ohms; el puente de kelvin es susceptible a medir resistencias de orden de 0.1 micro ohms a 111 ohms. Para la operación de estos equipos es muy conveniente tomar en consideración el estado de sus baterías, para poder realizar mediciones lo más consistentes posibles.

Este equipo cuenta con un sistema de des magnetización del núcleo para que las mediciones a realizar en el transformador sean lo más precisas y confiables.

4.1.7.1 Conexiones y procedimientos de prueba

a) Autotransformadores

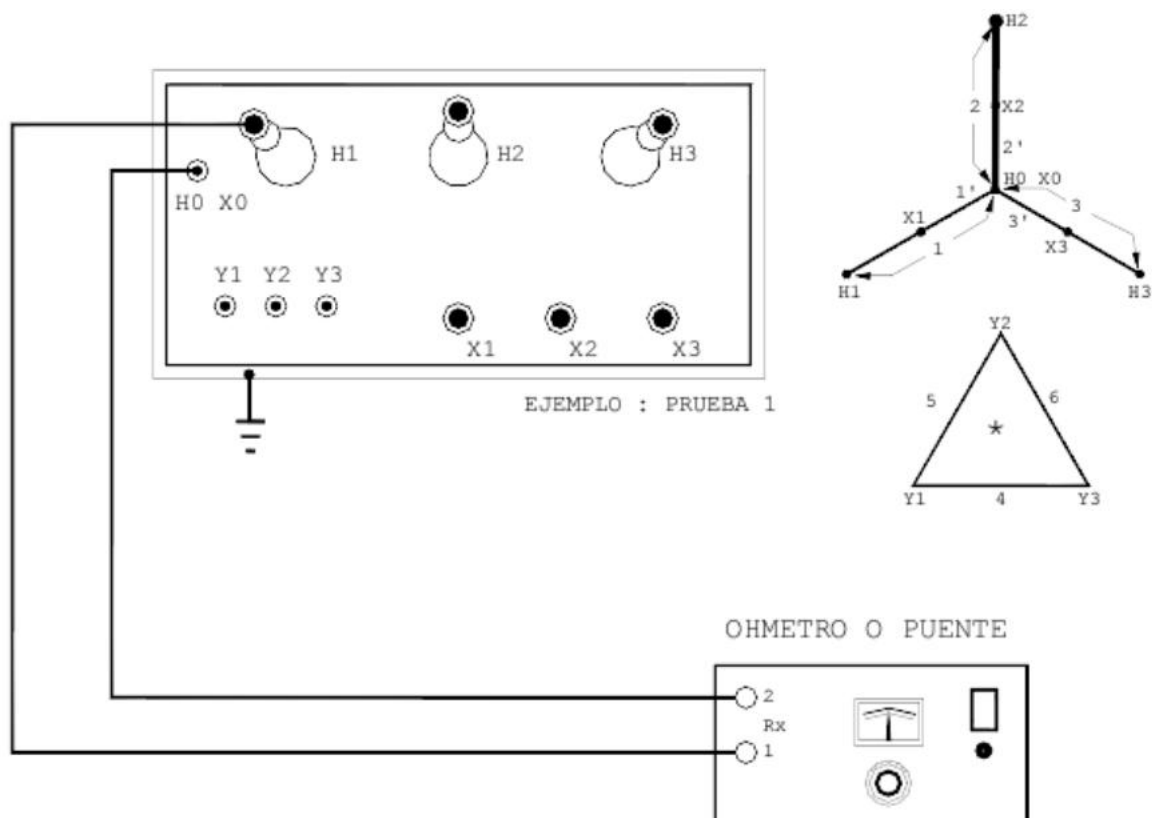


Figura 4.31 Esquema de conexiones para realizar pruebas de resistencia óhmica a autotransformadores

* NOTA: CUANDO SE DISPONGA DE BOQUILLAS PARA EL DEVANADO TERCIARIO (AMORTIGUADOR) EFECTUAR TAMBIEN LA PRUEBA.

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		MIDE (r)
	RX (1)	RX (2)	
1	H1	H0 (X0)	1
2	H2	H0 (X0)	2
3	H3	H0 (X0)	3
4	X1	H0 (X0)	1'
5	X2	H0 (X0)	2'
6	X3	H0 (X0)	3'
7	Y1	Y3	4, 5+6
8	Y2	Y1	5, 6+4
9	Y3	Y2	6, 4+5

Figura 4.32 Tabla de conexiones para la prueba de resistencia óhmica a autotransformadores

**b) Transformadores de dos devanados
- conexión Delta-Estrella**

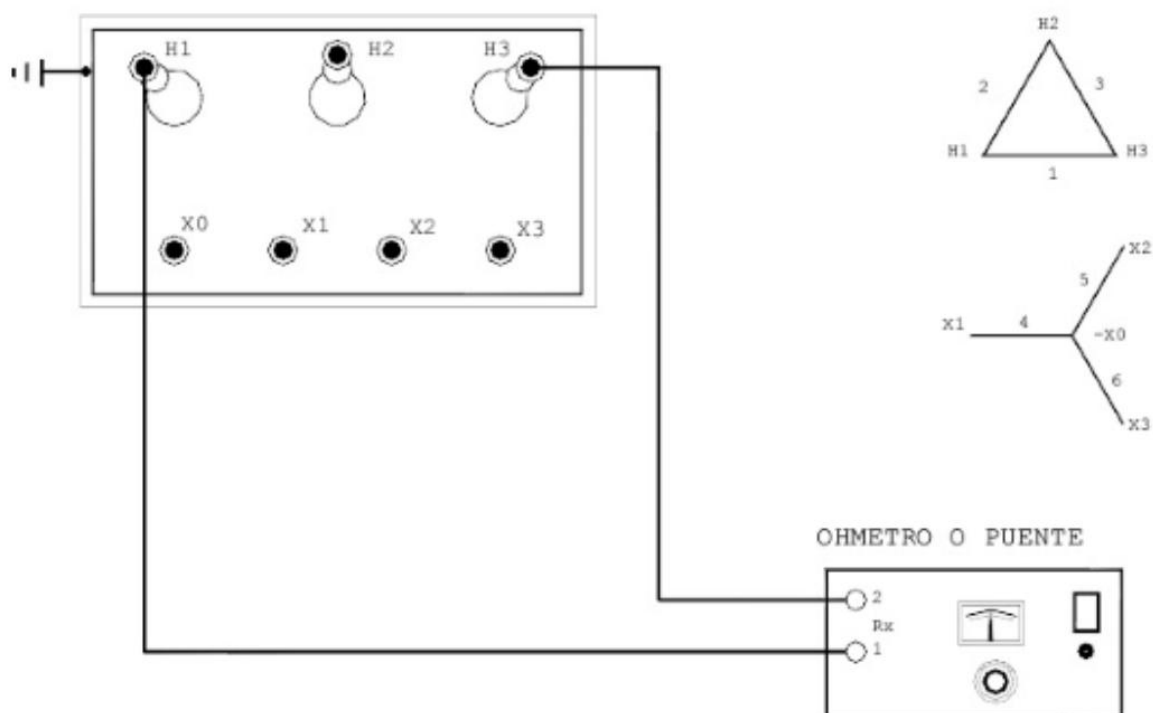


Figura 4.33 Esquema de conexiones para realizar pruebas de resistencia óhmica a transformadores de dos devanados con conexión Delta-Estrella

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		MIDE
	RX (1)	RX (2)	
1	H1	H3	1, 2+3
2	H2	H1	2, 3+1
3	H3	H2	3, 1+2
4	X1	X0	4
5	X2	X0	5
6	X3	X0	6

Figura 4.34 Tabla de conexiones para la prueba de resistencia óhmica a transformadores de dos devanados con conexión Delta-Estrella

- conexión Estrella-Delta

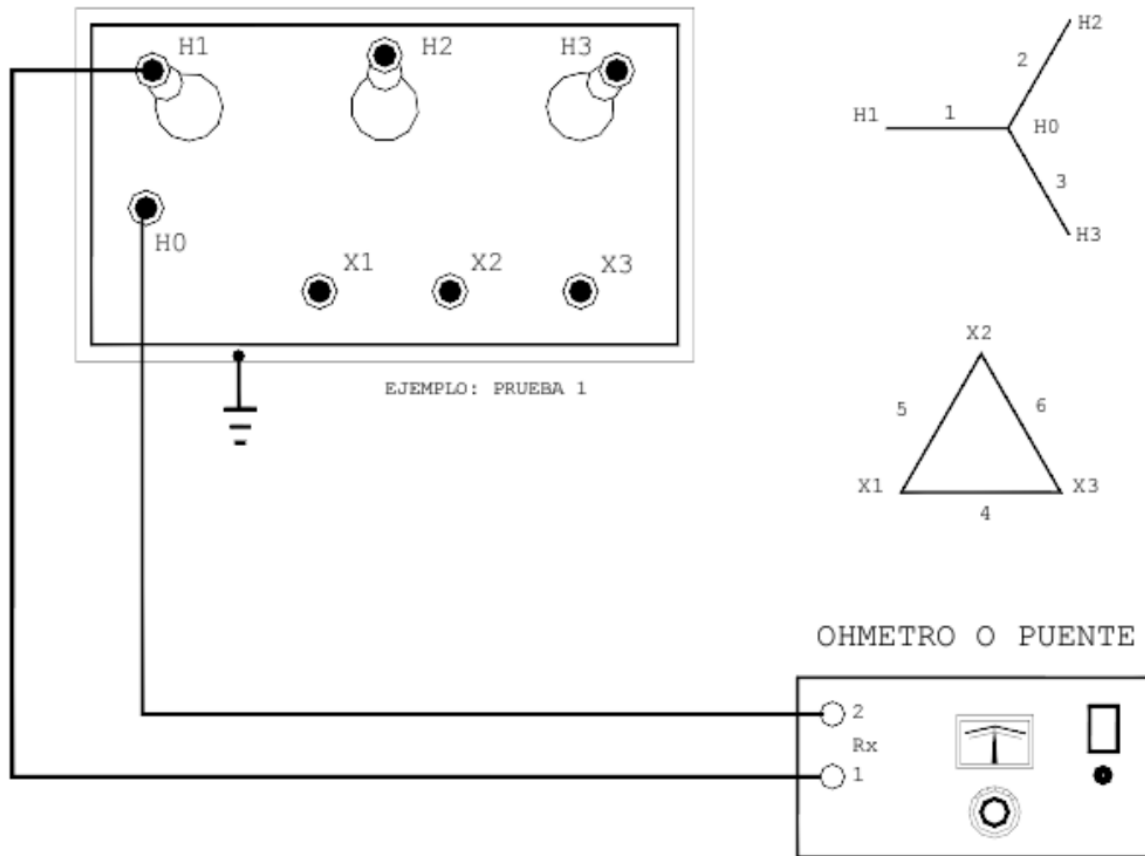


Figura 4.35 Esquema de conexiones para realizar pruebas de resistencia óhmica a transformadores de dos devanados con conexión Estrella-Delta

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		MIDE (r)
	RX (1)	RX (2)	
1	H1	H0	1
2	H2	H0	2
3	H3	H0	3
4	X1	X3	4, 5+6
5	X2	X1	5, 6+4
6	X3	X2	6, 4+5

NOTA: EL TANQUE DEBE ESTAR ATERRIZADO

Figura 4.36 Tabla de conexiones para la prueba de resistencia óhmica a transformadores de dos devanados con conexión Estrella-Delta

- c) Transformadores de tres devanados
- conexión Estrella-Estrella-delta

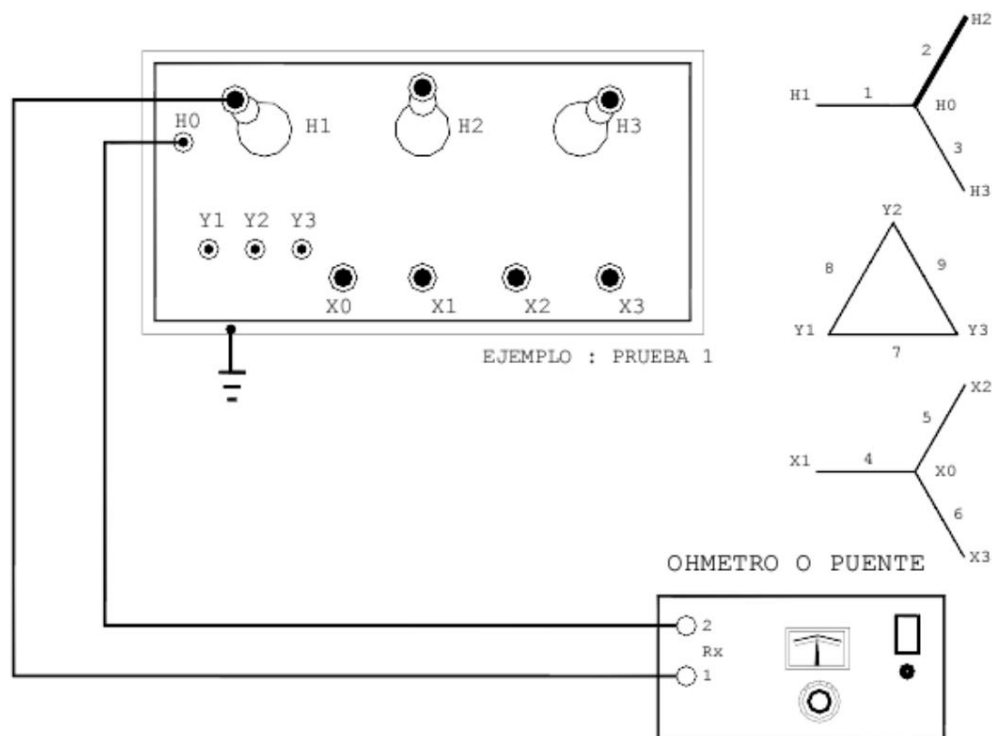


Figura 4.37 Esquema de conexiones para realizar pruebas de resistencia óhmica a transformadores de dos devanados con conexión Estrella-Estrella-Delta

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA		(r) MIDE
	RX (1)	RX (2)	
1	H1	H0	1
2	H2	H0	2
3	H3	H0	3
4	X1	X0	4
5	X2	X0	5
6	X3	X0	6
7	Y1	Y3	7, 8+9
8	Y2	Y1	8, 9+7
9	Y3	Y2	9, 7+8

Figura 4.38 Tabla de conexiones para la prueba de resistencia óhmica a transformadores de dos devanados con conexión Estrella-Estrella-Delta

4.1.8 Respuesta a la frecuencia (SFRA)

Esta prueba es una herramienta para investigar la integridad mecánica de: transformadores, trampas de línea, reactores, motores, etc.

Esta prueba es recomendable realizarla; en fábrica, en puesta en servicio, después de una relocalización, después de un incidente o para tener referencia del estado de nuestro transformador.

Si en esta prueba vemos cambios en la respuesta a la frecuencia de un devanado; este puede ser causado por movimiento del devanado.

Un transformador puede ser inseguro para servicio por diferentes razones:

- Falla eléctrica
- Impactos en el traslado o relocalización
- Degradación del aislamiento

El equipo utilizado es el de megger



Figura 4.39 Equipo de prueba para realizar respuesta a la frecuencia (SFRA)

4.1.8.1 Conexiones y procedimientos de prueba

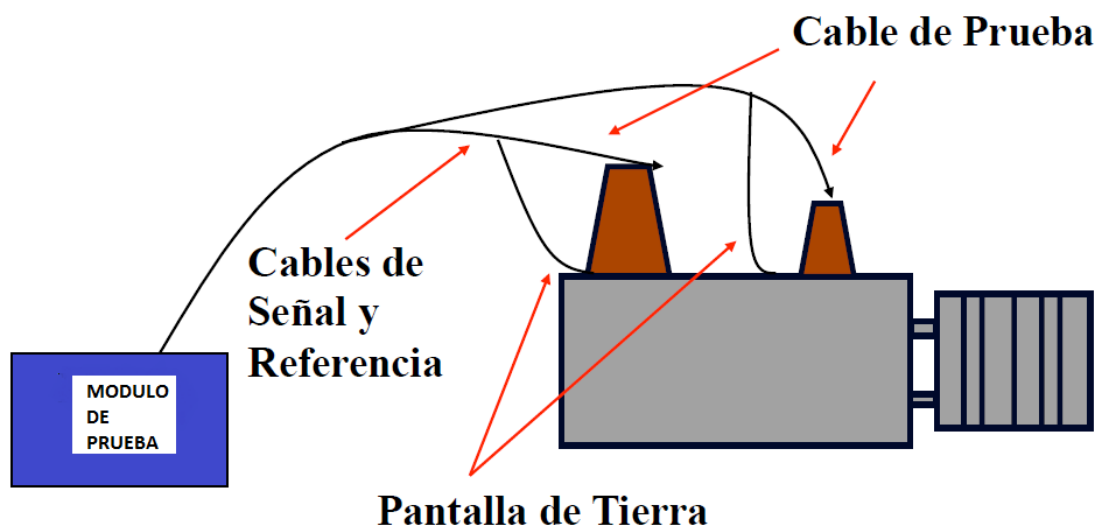


Figura 4.40 Esquema de conexión para realizar respuesta a la frecuencia (SFRA)

Esta prueba es mas de interpretación de los resultados, ya que esta es en forma de gráficos con tendencias inductivas (bobinas), capacitivas (gradientes capacitivos acoplamientos) y resistivos.

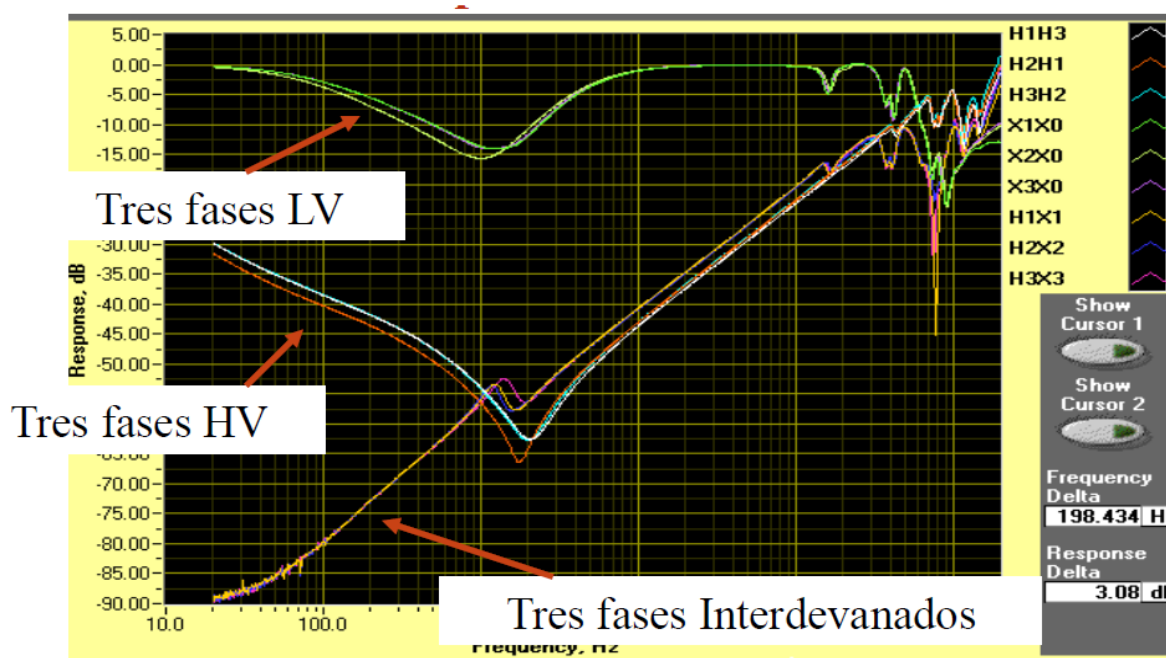


Figura 4.41 Graficas de análisis de respuesta a la frecuencia de un transformador de tres devanados

El barrido ala frecuencia (SFRA)

- Aplica 10V p-p senoidal al devanado
- Usa un analizador de redes
- Mide la señal de entrada/salida del otro extremo del mismo devanado, o de otro devanado, como una función de la frecuencia.

Los parámetros utilizados para determinar el lugar específico de las posibles fallas se muestran a continuación:

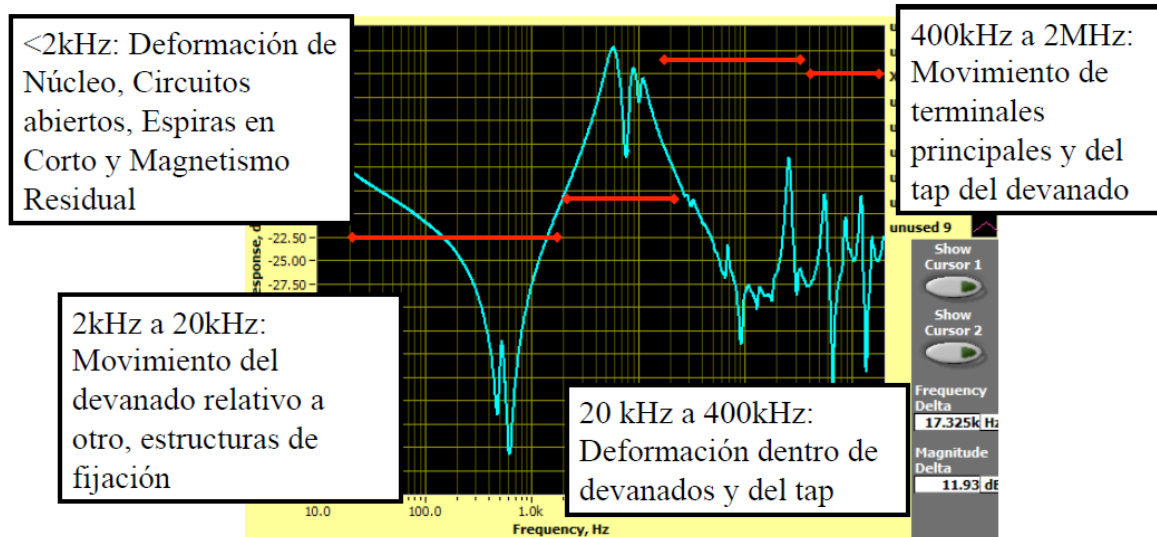


Figura 4.42 Graficas de análisis de respuesta a la frecuencia con los parámetros por zona con respecto a la frecuencia aplicada (Hz)

4.1.9 Factor de potencia al aceite

El aceite mineral como medio aislante y refrigerante es el más usado para transformadores de potencia, se ha desarrollado nuevas tecnologías para su refinación adaptándose a las necesidades específicas de los equipos de acuerdo a la finalidad y diseño de estos.

El factor de potencia es una prueba para evaluar la condición del aceite aislante desde el punto de vista dieléctrico. El factor de potencia de un aceite es la relación de la potencia disipada en watts en el aceite, entre el producto de voltaje efectivo y la corriente, expresado en voltampers.

La especificación (CFE D3100-19 vigente) para aceites nuevo es 0.05 % a 25 °C y 0.3 % a 100 °C. Para aceites en servicio el criterio a seguir varía de acuerdo al nivel de aislamiento y capacitancia del transformador.

4.1.9.1 Conexiones y procedimientos de prueba

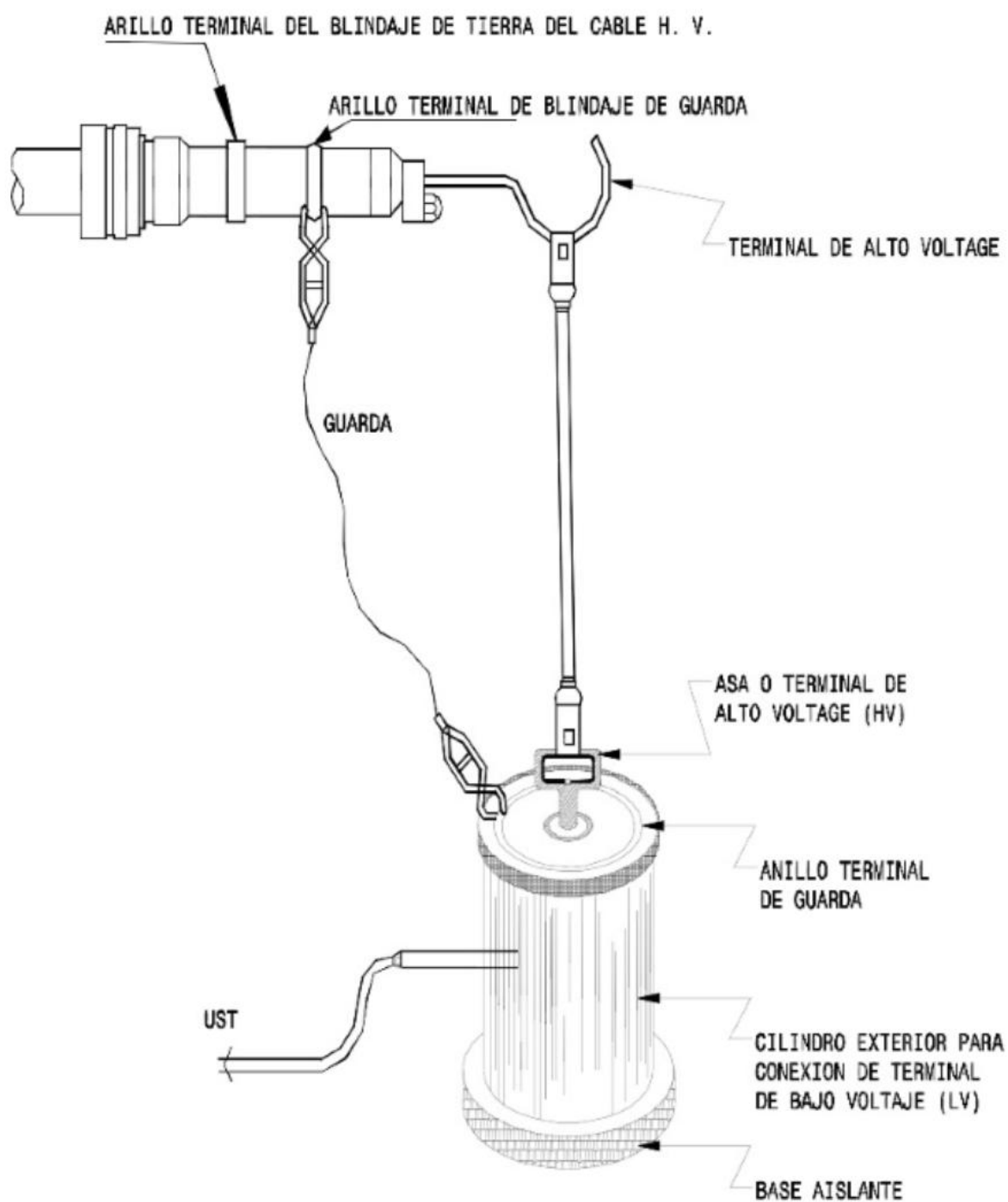


Figura 4.43 Prueba de factor de potencia al aceite

4.2 PRUEBAS ELECTRICAS A INTERRUPTORES DE POTENCIA

Un interruptor debe ser sometido a pruebas eléctricas de diferente naturaleza, con el objeto de verificar el correcto estado de sus componentes. Así entonces, es necesario probar sus aislamientos, su mecanismo de operación, sus cámaras interruptivas, sus contactos.

4.2.1 Tiempos de operación

El objeto de la prueba es determinar los tiempos de operación de los interruptores de potencia en su diferentes formas de maniobra, así como la de verificar la simultaneidad de los polos o fases.

El principio de la prueba se basa en usar una referencia conocida de tiempo trazado sobre el papel del equipo de prueba, se obtienen los trazos de los instantes en que los contactos de un interruptor se tocan o se separan a partir de las señales eléctricas de apertura y cierre de los dispositivos de mando del interruptor, estas señales de mando también son registradas sobre la gráfica, la señal de referencia permite medir el tiempo y la secuencia de los eventos anteriores.

a) Tiempo de apertura

Es el tiempo medio desde el instante que se energiza la bobina de disparo hasta el instante en que los contactos de arqueo se han separado.

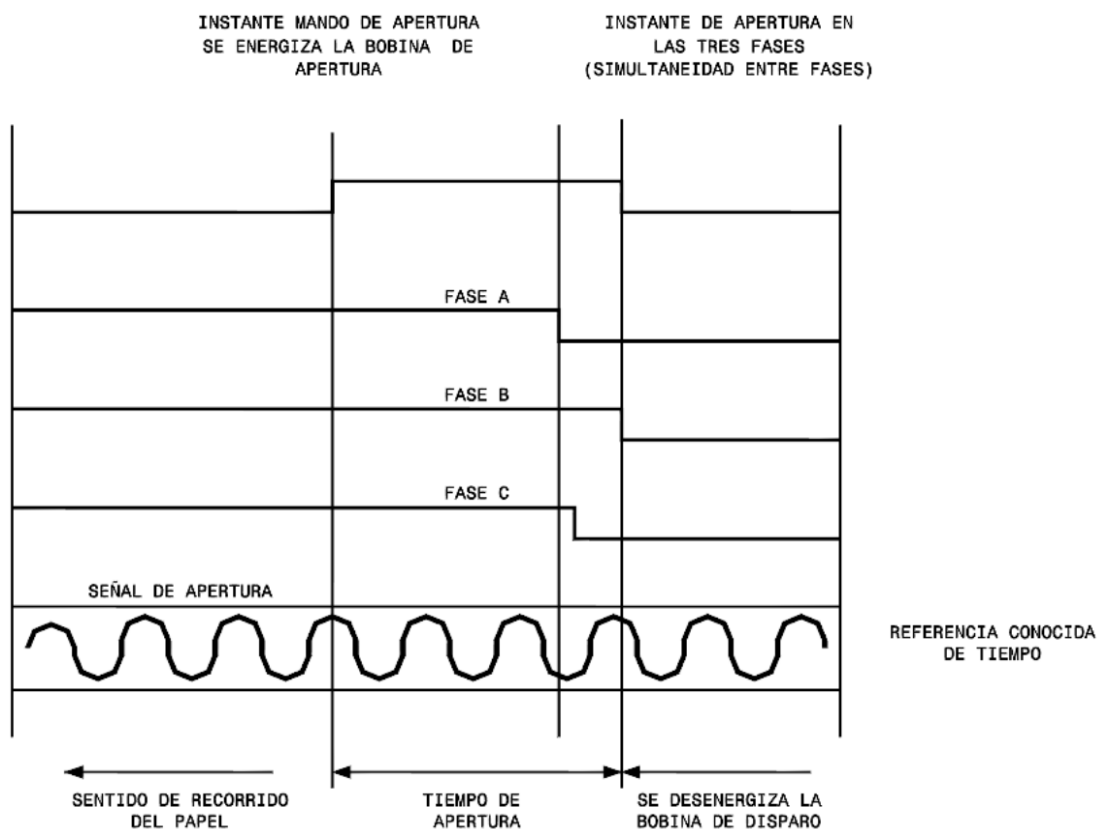


Figura 4.44 Grafica de comportamiento de apertura de un interruptor de potencia

b) Tiempo de cierre

Es el intervalo de tiempo medio desde el instante en que se energiza la bobina de cierre, hasta el instante en que se tocan los contactos primarios de arqueo en todos los polos.

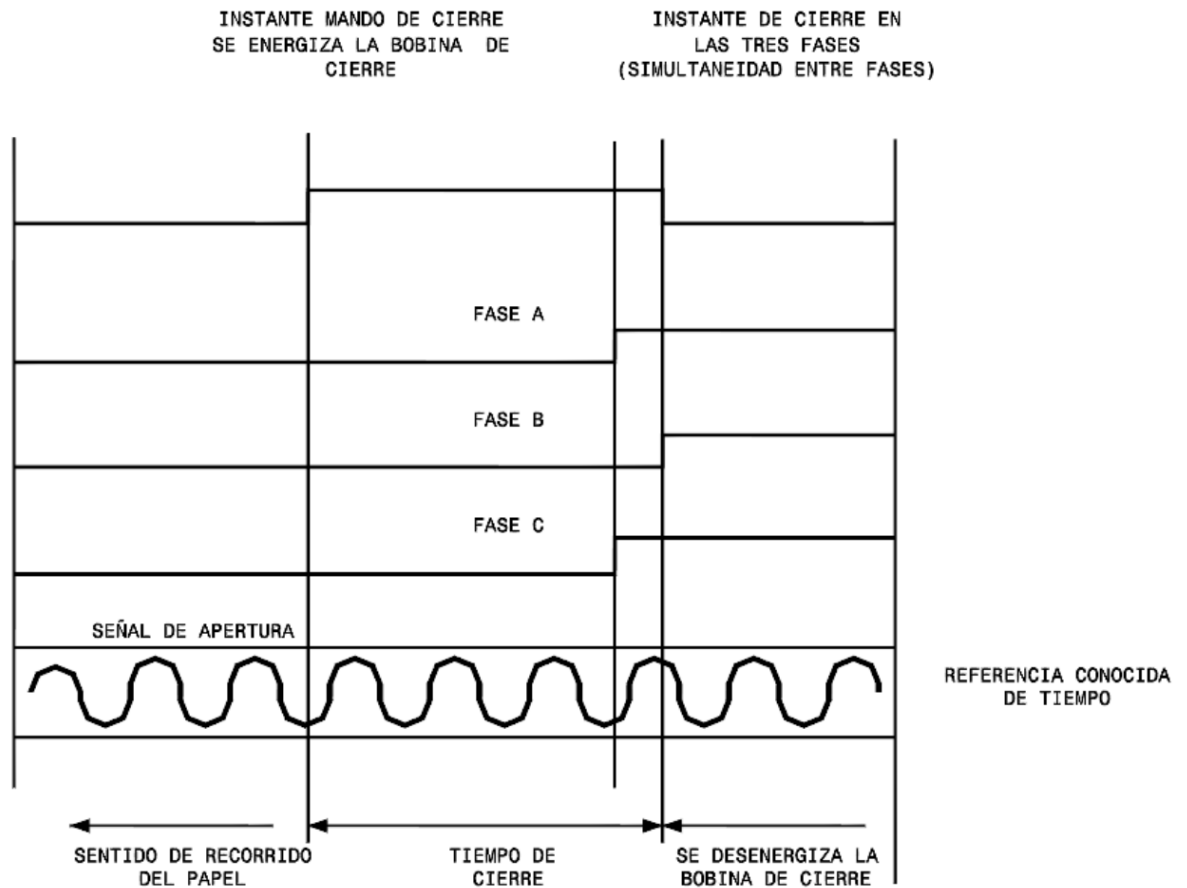


Figura 4.45 Grafica de comportamiento del cierre de un interruptor de potencia

4.2.1.1 Conexiones y procedimientos de prueba

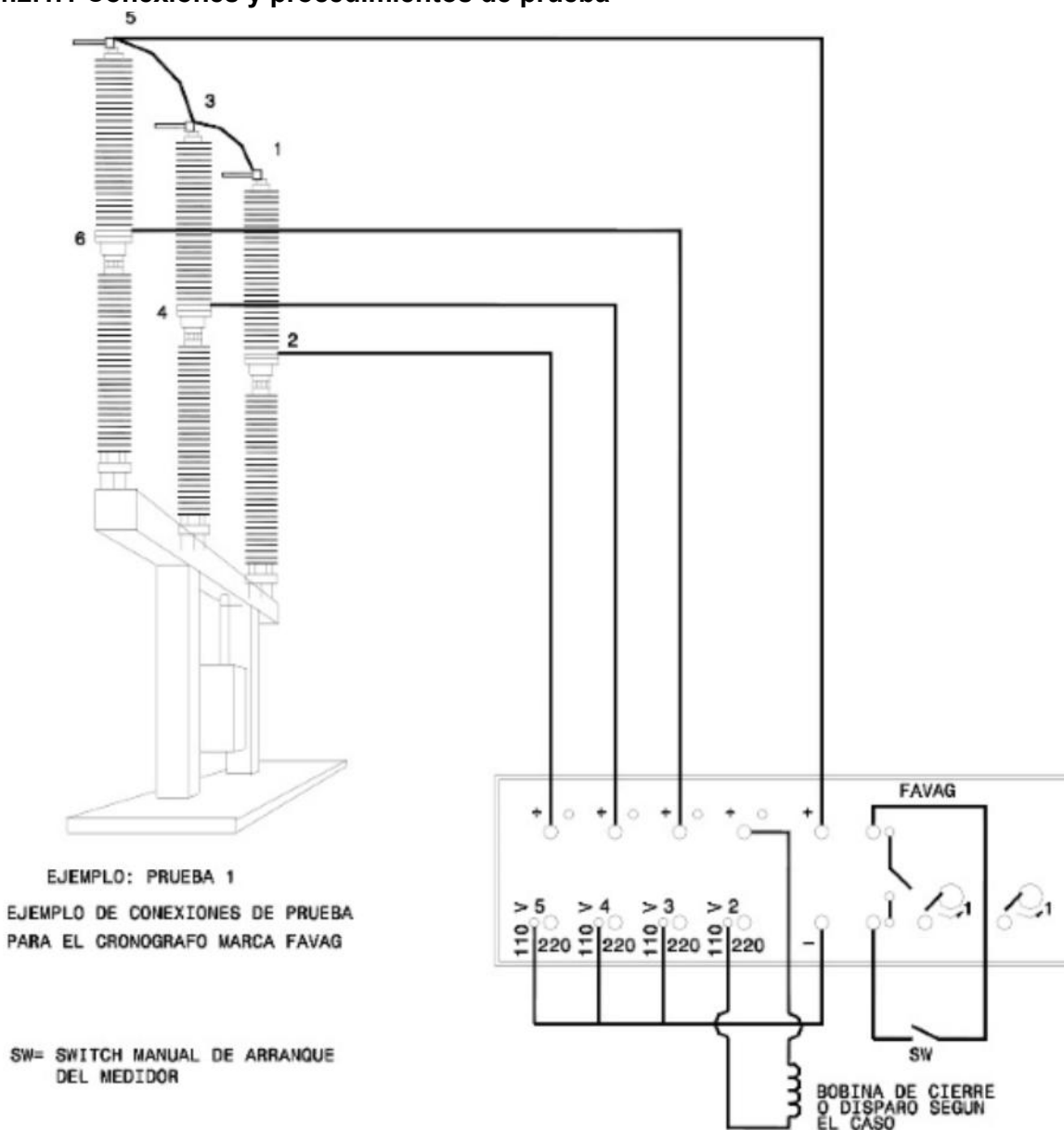


Figura 4.46 Prueba de tiempos de operación de interruptor de potencia

NOTA: Se sigue el mismo procedimiento para todos los interruptores; con una sola cámara de interrupción por fase.

4.2.2 Resistencia de contactos

Los puntos con alta resistencia en partes de conduccion, originan caidas de voltaje, generacion de calor, perdidas de potencial, etc.

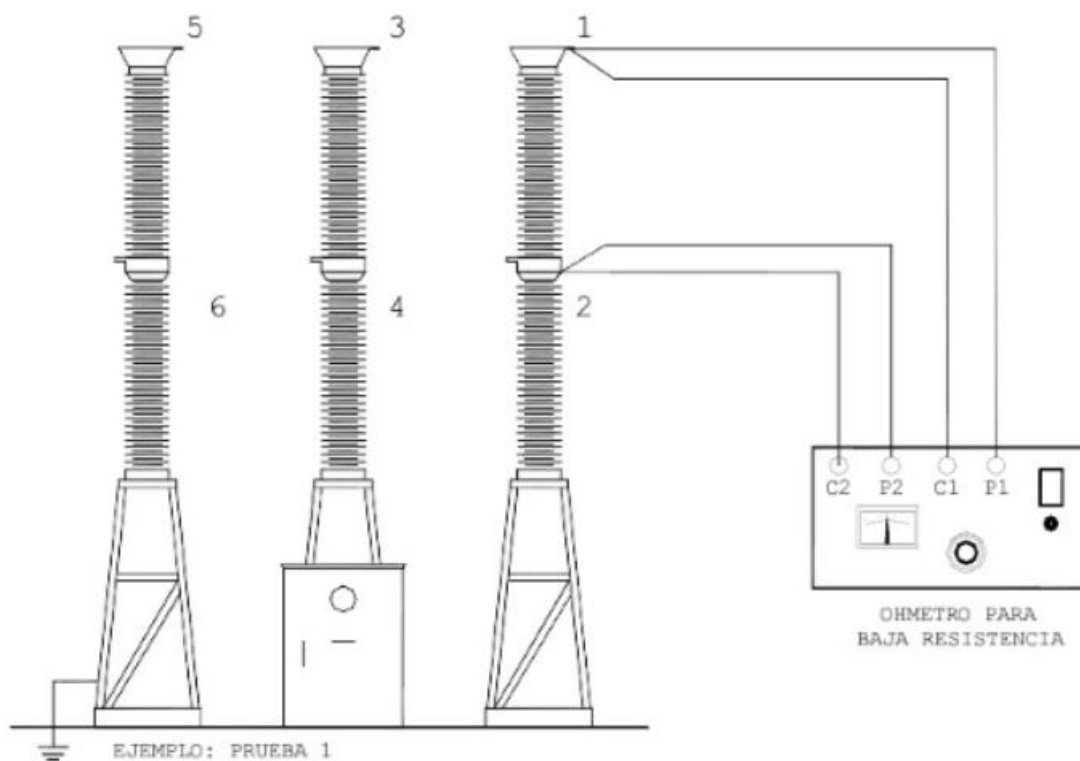
La prueba se realiza en circuitos donde existen puntos de contacto a presion o deslizables, como es el caso de los interruptores.

Para medir la resistencia de contactos existen diferentes marcas de equipos, de diferentes rangos de medicion que fluctuan entre 0 y 100 amperes para esta prueba.

Los equipos cuentan con una fuente de corriente directa que puede ser uan bateria o un rectificador.

4.2.2.1 Conexiones y procedimientos de prueba

a) Interruptor tipo I, aislado en SF6

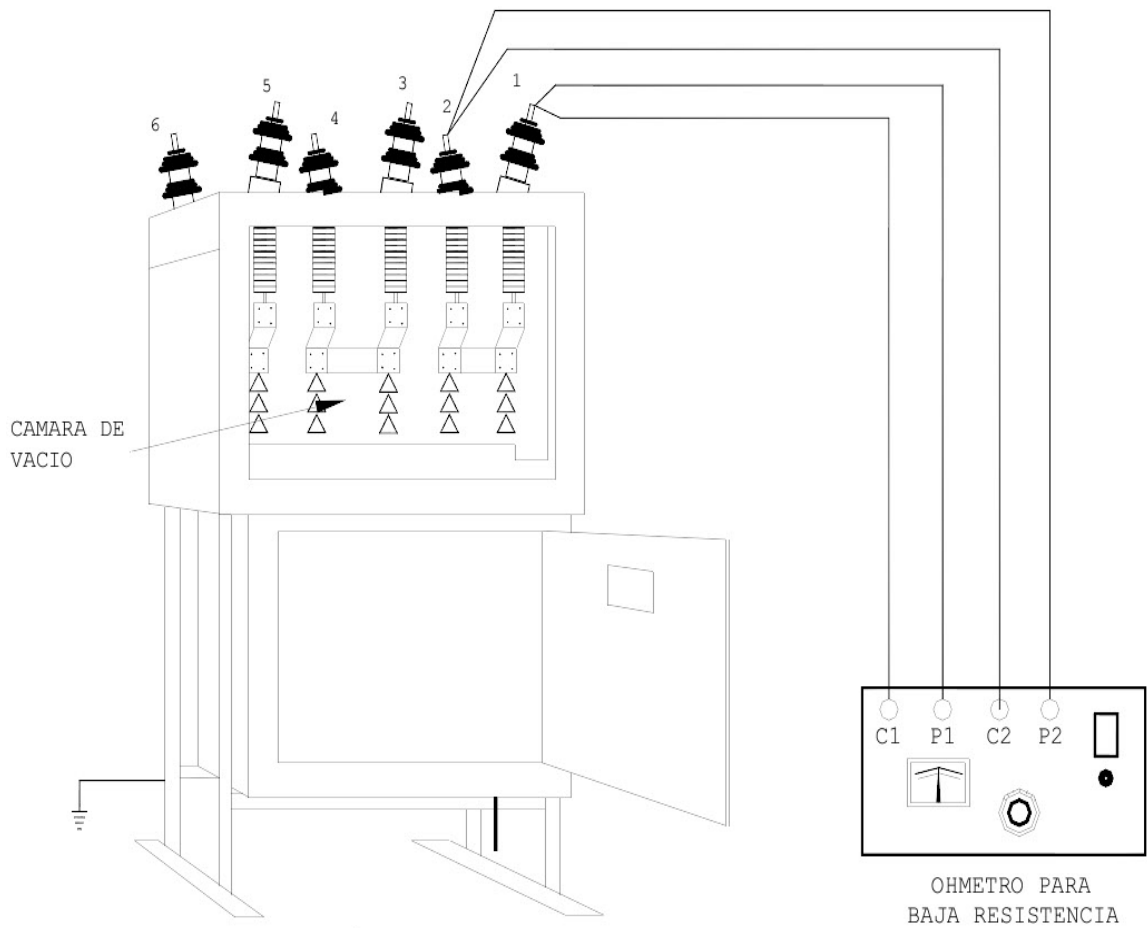


PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				M I D E
	C1	P1	C2	P2	
1	1	1	2	2	RESIST. CONTACTO POLO 1
2	3	3	4	4	RESIST. CONTACTO POLO 2
3	5	5	6	6	RESIST. CONTACTO POLO 3

NOTA: LAS PRUEBAS SE REALIZAN CON EL INTERRUPTOR CERRADO

Figura 4.47 Prueba de resistencia de contactos de interruptor de potencia tipo I

b) Interruptor tipo casa de perro, aislado en Vacío



EJEMPLO: PRUEBA 1

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				M I D E
	C1	P1	C2	P2	
1	1	1	2	2	RESIST. CONTACTO FASE A
2	3	3	4	4	RESIST. CONTACTO FASE B
3	5	5	6	6	RESIST. CONTACTO FASE C

NOTA: LAS PRUEBAS SE REALIZAN CON EL INTERRUPTOR CERRADO

Figura 4.48 Prueba de resistencia de contactos de interruptor de potencia tipo casa de perro

4.2.3 Factor de potencia

Al efectuar las pruebas de factor de potencia, intervienen las boquillas, y los otros materiales que forman parte del aislamiento (aceite aislante, gas SF6, vacio, etc.).

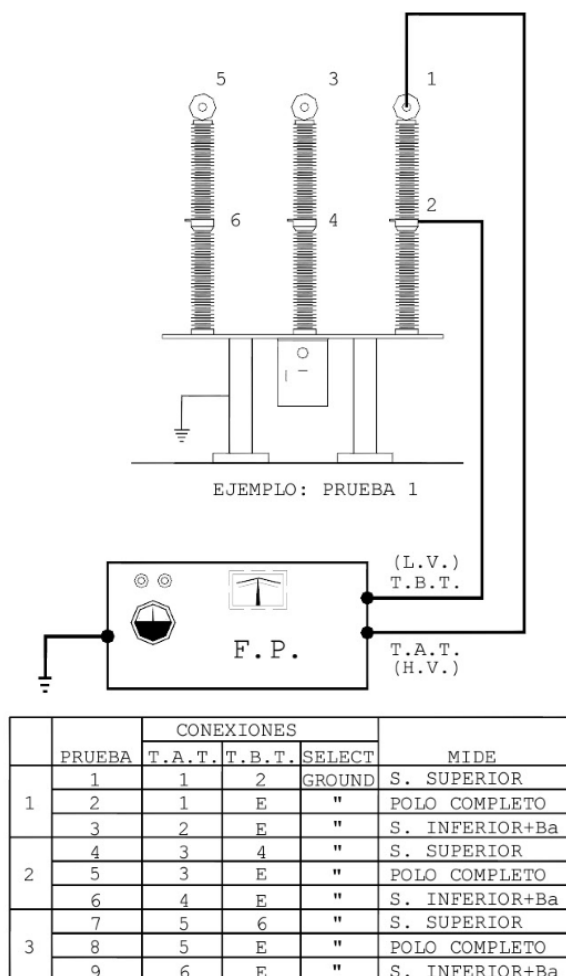
Al afectar la prueba de factor de potencia el metodo consiste en aplicar el potencial de prueba a cada una de las terminales del interruptor.

Las perdidas dielectricas de los aislamientos no son las mismas estando el interruptor abierto que cerrado, por que intervienen diferentes aislamientos.

Con el interruptor cerrado intervienen dependiendo del tipo de interruptor, las perdidas en boquillas y de otros aislamientos auxiliares. Con el interruptor abierto intervienen tambien dependiendo del tipo de interruptor, las perdidas en boquillas y del aceite aislante.

4.2.3.1 Conexiones y procedimientos de prueba

a) Interruptor tipo I, aislado en SF6

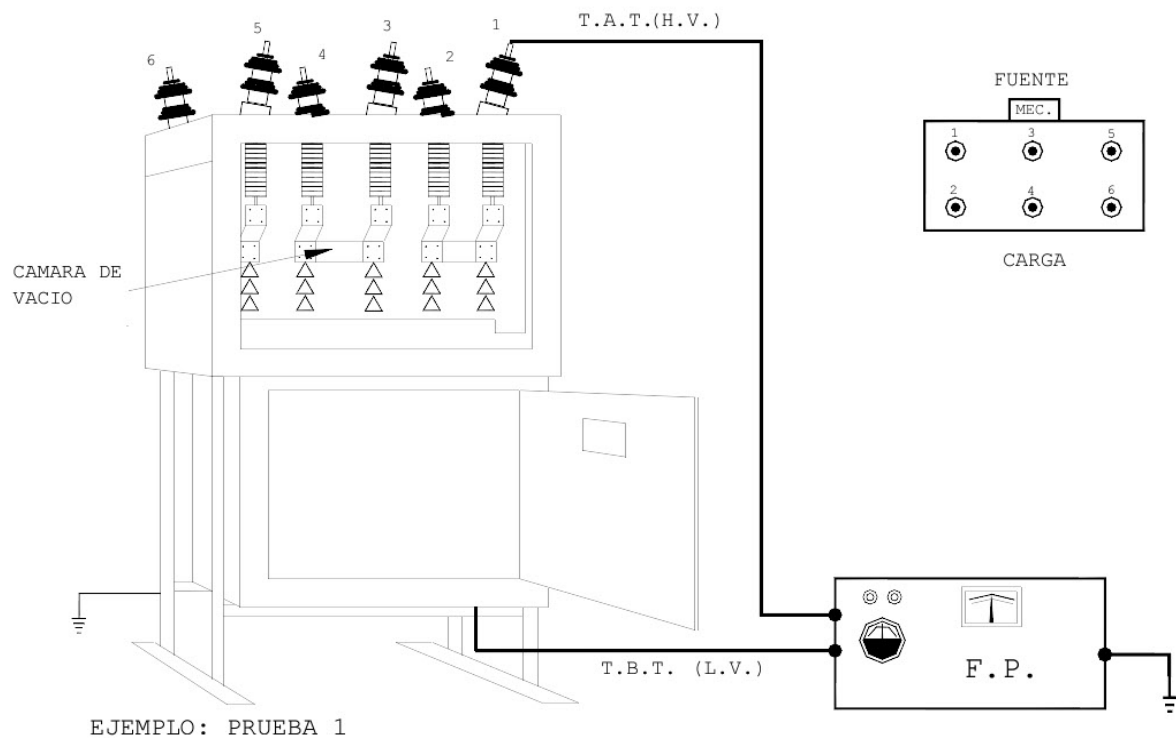


NOTA:

LAS PRUEBAS SE REALIZAN CON INTERRUPTOR EN POSICION DE ABIERTO.

Figura 4.49 Prueba de factor de potencia a interruptor de potencia tipo I

b) Interruptor tipo casa de perro, aislado en Vacío



PRUEBA	POSICION INTERRUPTOR	CONEXIONES			MIDE
		T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	ABIERTO	1	E	GROUND	B1, As
2	"	2	E	"	B2, As, Ba
3	"	3	E	"	B3, As
4	"	4	E	"	B4, As, Ba
5	"	5	E	"	B5, As
6	"	6	E	"	B6, As, Ba
7	"	1	2	UST	Cv
8	"	3	4	"	Cv
9	"	5	6	"	Cv

E=ESTRUCTURA Ba=BARRA DE ACCIONAMIENTO As=AISLADOR SOPORTE Boq.=BOQUILLA
Cv=CAMARA DE VACIO

Figura 4.50 Prueba de factor de potencia a interruptor de potencia tipo casa de perro

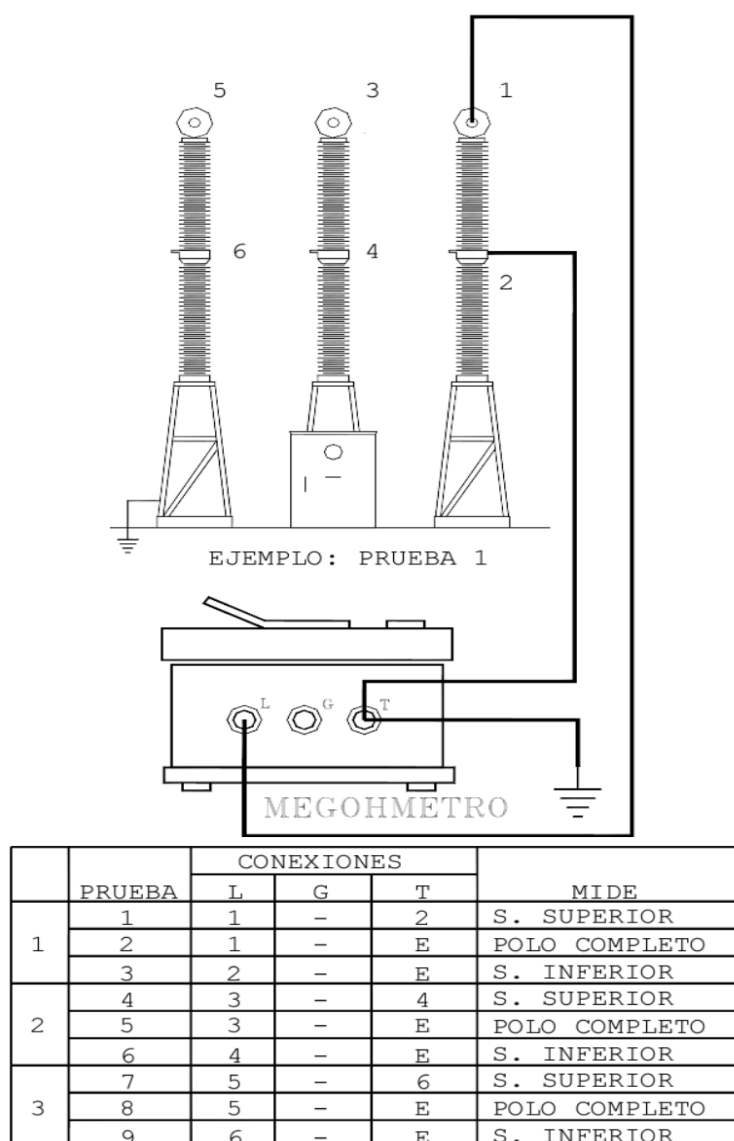
4.2.4 Resistencia de aislamiento

Las pruebas de resistencia de aislamiento en interruptores de potencia son importantes, para conocer las condiciones de sus aislamientos.

Las pruebas de resistencia de aislamiento se aplican a todos los tipos de interruptores de potencia, en aceite, en vacío y SF6; en los que normalmente se usa porcelana como aislamiento.

4.2.4.1 Conexiones y procedimientos de prueba

a) Interruptor tipo I, aislado en SF6

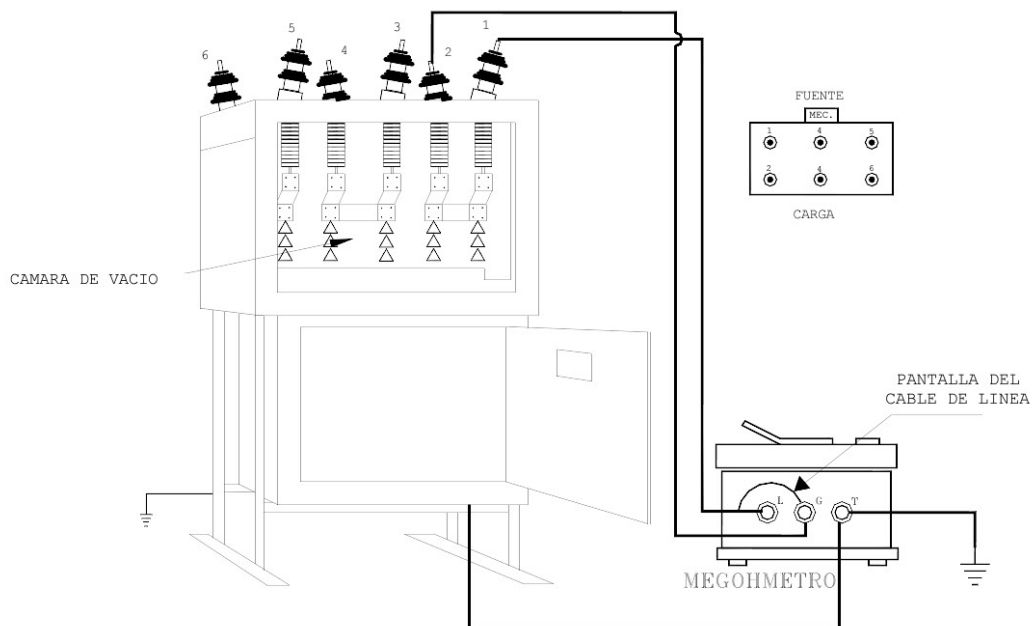


NOTA:

LAS PRUEBAS SE REALIZAN CON INTERRUPTOR EN POSICION DE ABIERTO.

Figura 4.51 Prueba de resistencia de aislamiento a interruptor de potencia tipo I

b) Interruptor tipo casa de perro, aislado en Vacío



EJEMPLO: PRUEBA 1

PRUEBA	POSICION INTERRUPTOR	CONEXIONES			MIDE
		L	G	T	
1	ABIERTO	1	2	E	Boq. 1, As
2	ABIERTO	2	1	E	Boq. 2, As
3	ABIERTO	3	4	E	Boq. 3, As
4	ABIERTO	4	3	E	Boq. 4, As
5	ABIERTO	5	6	E	Boq. 5, As
6	ABIERTO	6	5	E	Boq. 6, As
7	CERRADO	1-2	-	E	Boq. 1-2, As, Ba
8	CERRADO	3-4	-	E	Boq. 3-4, As, Ba
9	CERRADO	5-6	-	E	Boq. 5-6, As, Ba

E=ESTRUCTURA

Boq.=BOQUILLA

As=AISLADOR SOPORTE

Ba=BARRA DE ACCIONAMIENTO

Figura 4.52 Prueba de resistencia de aislamiento a interruptor de potencia tipo casa de perro

4.3 PRUEBAS ELECTRICAS A TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO

Los diferentes diseños en TC`s y TP`s requieren que la persona que debe probarlos analice con detenimiento si diagrama en particular, determine las conexiones que convengan seguir y las resistencias dieléctricas que están bajo prueba.

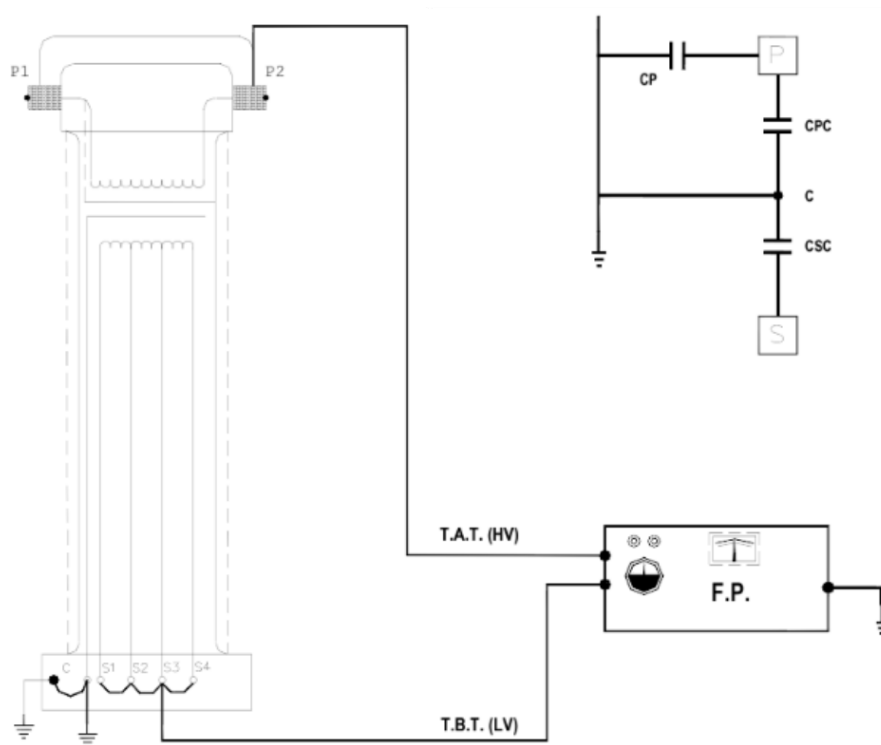
Al probar un transformador de instrumento se determinan las condiciones del aislamiento entre devanados primario y secundario contra tierra. Para la prueba del primario contra tierra, se utiliza el rango de mayor tensión del equipo de prueba, dependiendo de su tipo; y para la prueba del secundario contra tierra, se usa el rango del medidor para una tensión aproximada a la tensión nominal del equipo a probar, de 500 volts.

4.3.1 Pruebas a transformadores de corriente

- a) Factor de potencia
- b) Resistencia de aislamiento

4.3.1.1 Factor de potencia

- a) Conexiones de prueba



NOTA: TAMBIEN REALIZAR LA PRUEBA DE COLLAR CALIENTE

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	VOLTS PRUEBA
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR		
1	P1- P2	S1, S2, S3, S4	GROUND	CP - CPC	2500
2	S1, S2, S3, S4	P1- P2	GROUND	CSC	500

Figura 4.53 Prueba de factor de potencia a transformador de corriente

4.3.1.2 Resistencia de aislamiento

b) Conexiones de prueba

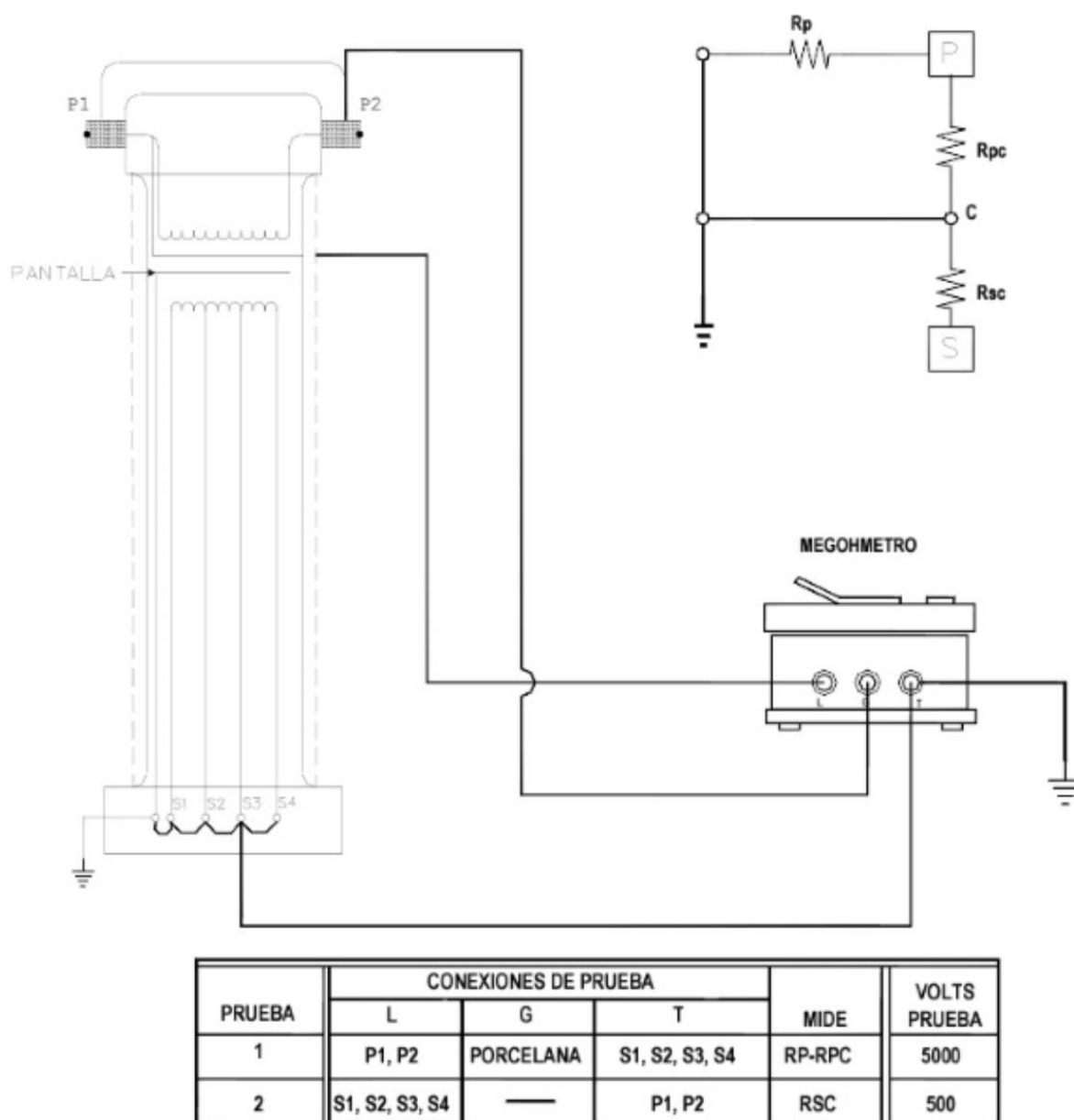


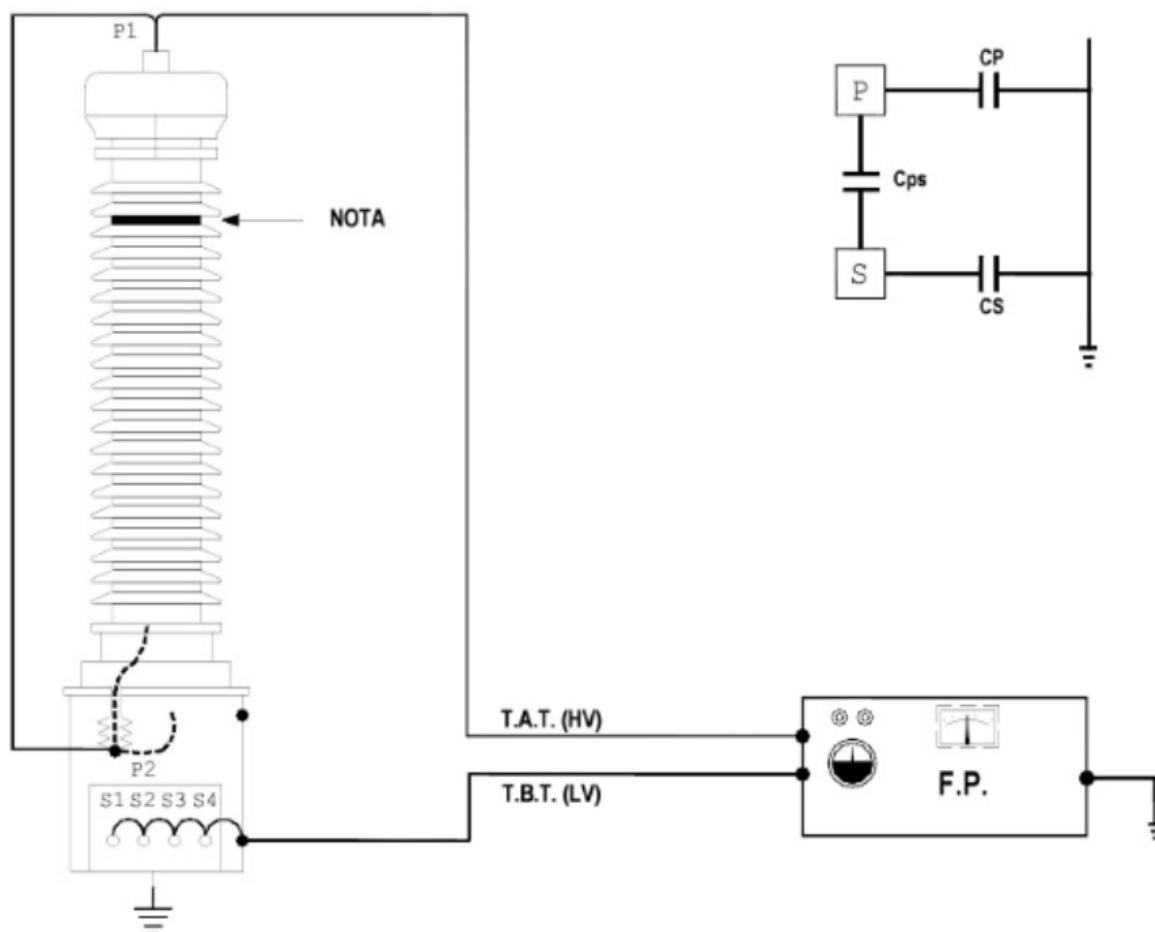
Figura 4.54 Prueba de resistencia de aislamiento a transformador de corriente

4.3.2 Pruebas a transformadores de potencial

- a) Factor de potencia
- b) Resistencia de aislamiento

4.3.2.1 Factor de potencia

- c) Conexiones de prueba



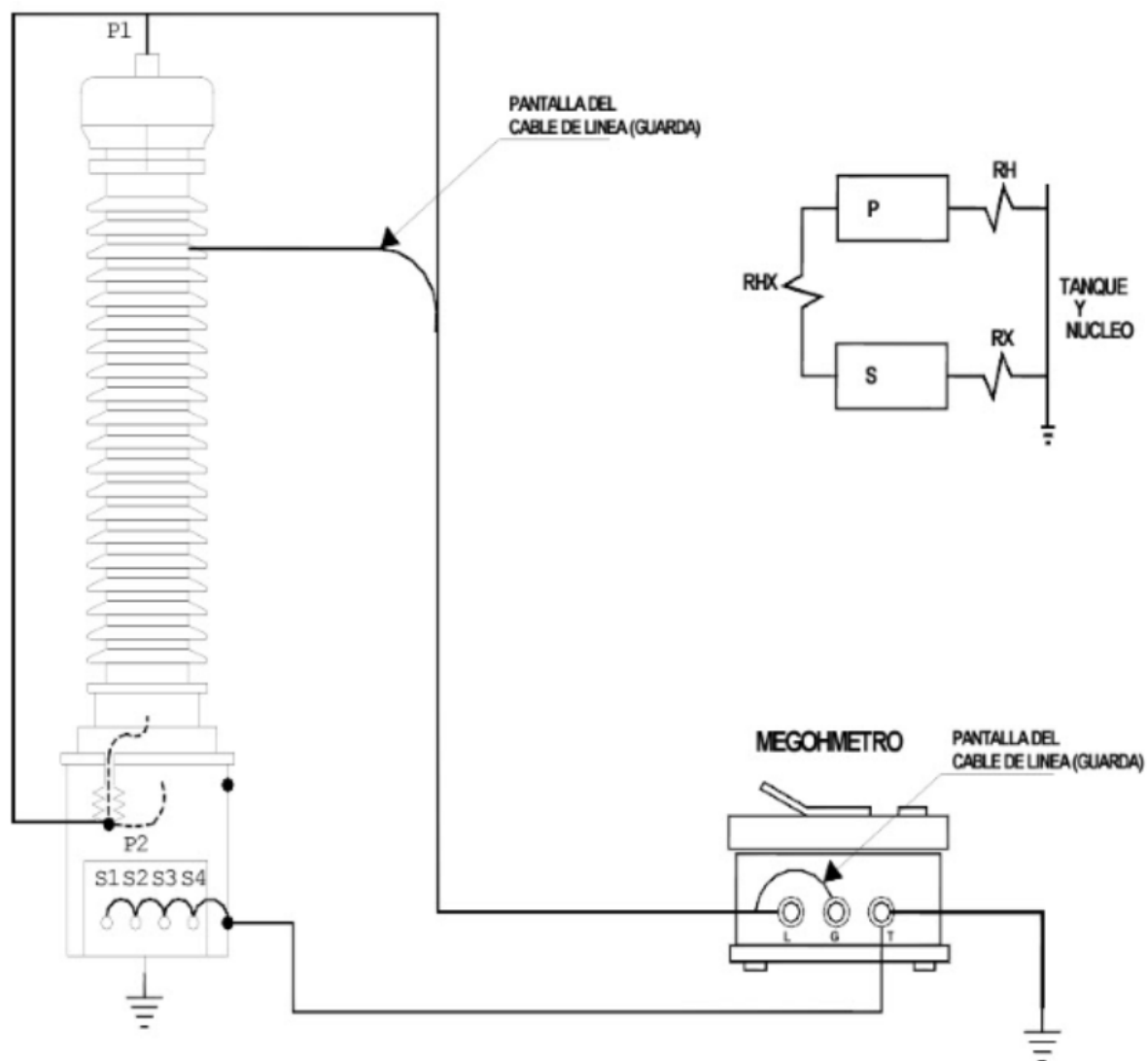
NOTA: TAMBIEN REALIZAR LA PRUEBA DE COLLAR CALIENTE
CONECTANDO T.A.T. AL SEGUNDO FALDON Y T.B.T. A P1

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	kV PRUEBA
	T. A. T.	T. B. T.	SELECTOR		
1	P1 - P2	S1, S2, S3, S4	GROUND	CP - CPS	10 o 2.5
2	S1, S2, S3, S4	P1 - P2	GROUND	CS - CPS	0.5

Figura 4.55 Prueba de factor de potencia a transformador de potencial

4.3.2.2 Resistencia de aislamiento

d) Conexiones de prueba



PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	VOLTS PRUEBA
	L	G	T		
1	P1, P2	PORCELANA	S1, S2, S3, S4	RP-RPS	5000
2	S1, S2, S3, S4	—	P1, P2	RP-RPS	500

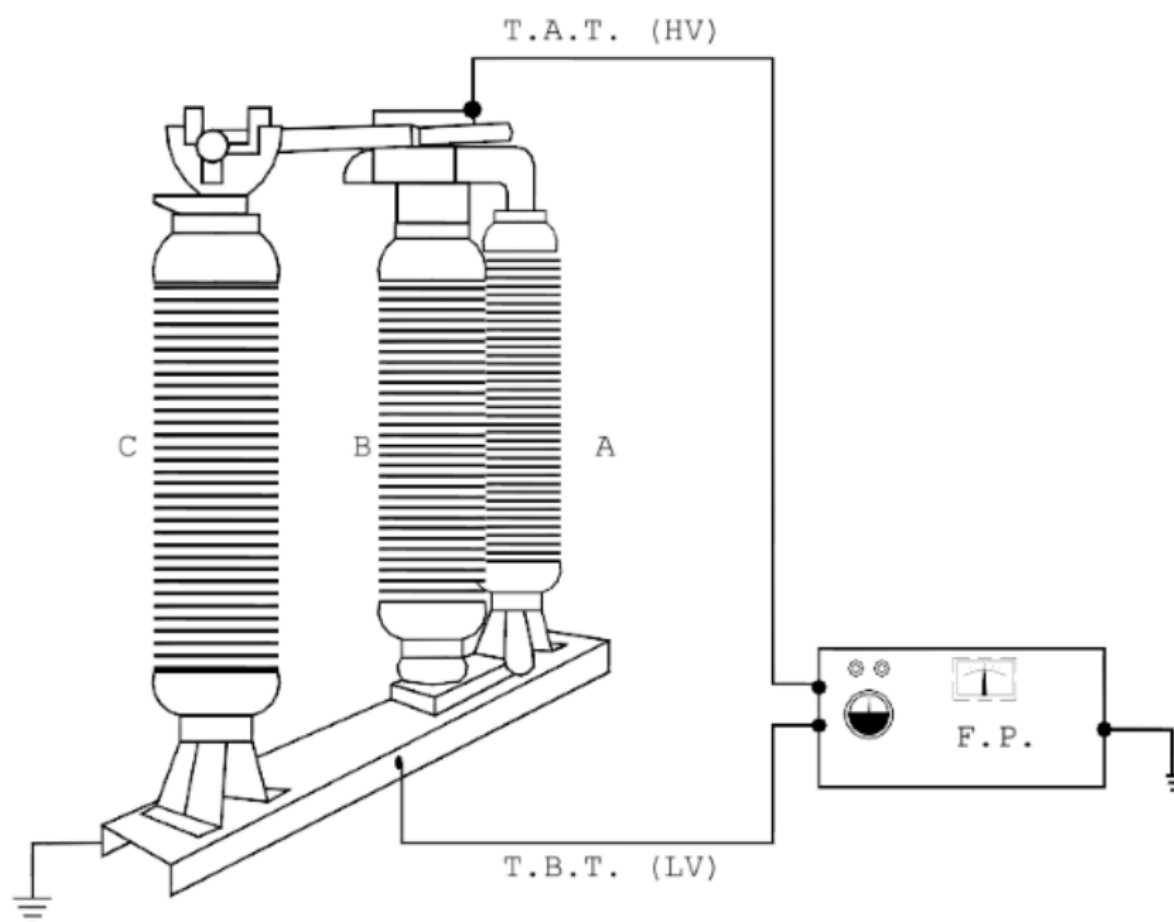
Figura 4.56 Prueba de resistencia de aislamiento a transformador de potencial

4.4 PRUEBAS ELECTRICAS A CUCHILLAS SECCIONADORAS

4.4.1 Factor de potencia

El efectuar esta prueba a cuchillas desconectadoras, tiene por objetivo detectar las perdidas dieléctricas del aislamiento producidas por imperfecciones, degradación por envejecimiento y por contaminación.

4.4.1.1 Conexiones y procedimientos de prueba



EJEMPLO: PRUEBA 1

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			CUCHILLA
	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	A+B	BASE	GROUND	ABIERTA
2	C	BASE	GROUND	ABIERTA
3	A+B+C	BASE	GROUND	CERRADA

NOTA: SI EN LA PRUEBA 1 EL RESULTADO ES BAJO
 PROBAR EN FORMA IDEPENDIENTE CADA AISLADOR PARA
 DETERMINAR CUAL DE ELLOS ES EL DE BAJO VALOR

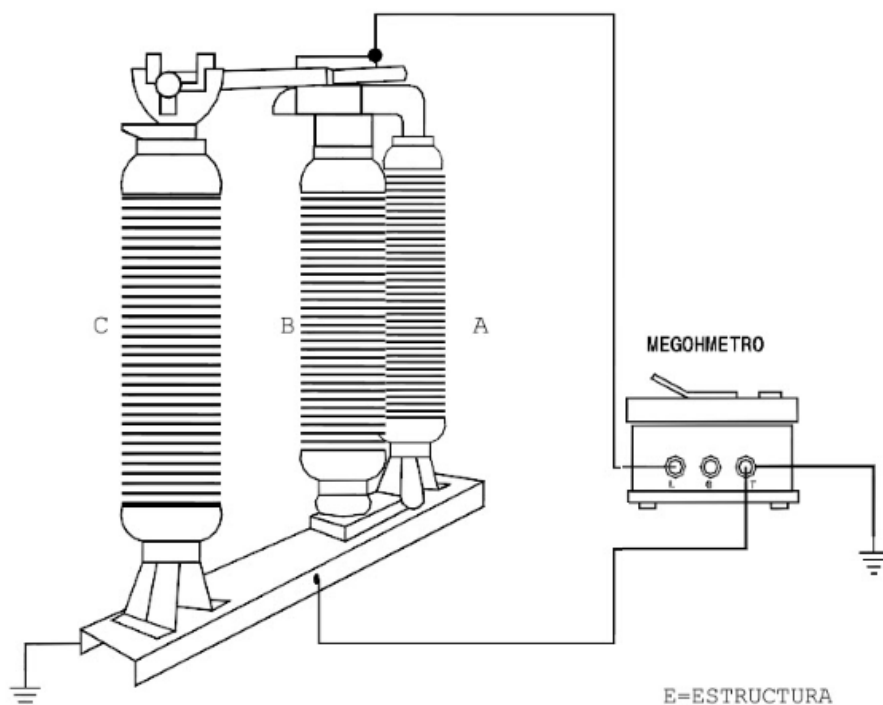
Figura 4.57 Prueba de factor de potencia a cuchillas seccionadoras

4.4.2 Resistencia de aislamiento

Esta prueba tiene como finalidad determinar las condiciones del aislamiento, para detectar pequeñas imperfecciones o fisuras en el mismo; así como detectar su degradación por envejecimiento.

La prueba se lleva a cabo durante los trabajos de puesta en servicio y rutina en pruebas de campo.

4.4.2.1 Conexiones y procedimientos de prueba



EJEMPLO: PRUEBA 1

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE	V _{PRUEBA}
	LINEA	GUARDA	TIERRA		
1	A	-	E	RA	5000 V
2	B	-	E	RB	
3	C	-	E	RC	

NOTA: SI EN LA PRUEBA 1 EL RESULTADO ES BACU
 PROBAR EN FORMA IDEPENDIENTE CADA AISLADOR PARA
 DETERMINAR CUAL DE ELLOS ES EL DE BAJO VALOR

Figura 4.58 Prueba de resistencia de aislamiento a cuchilla seccionadora

4.5 PRUEBAS ELECTRICAS A BANCOS DE CAPACITORES

4.5.1 Capacitancia

La manera más simplificada para hacer la medición es directamente un puente o medidor de capacitancias; en el caso que no se disponga de un equipo de tales características en campo, es posible determinar la capacitancia en forma indirecta a través de la obtención de la reactancia capacitiva, midiendo la corriente que toma el capacitor cuando se le somete a un voltaje y frecuencia conocidos (por ejemplo 220 volts a 60 Hz.)

4.5.1.1 Conexiones y procedimientos de prueba

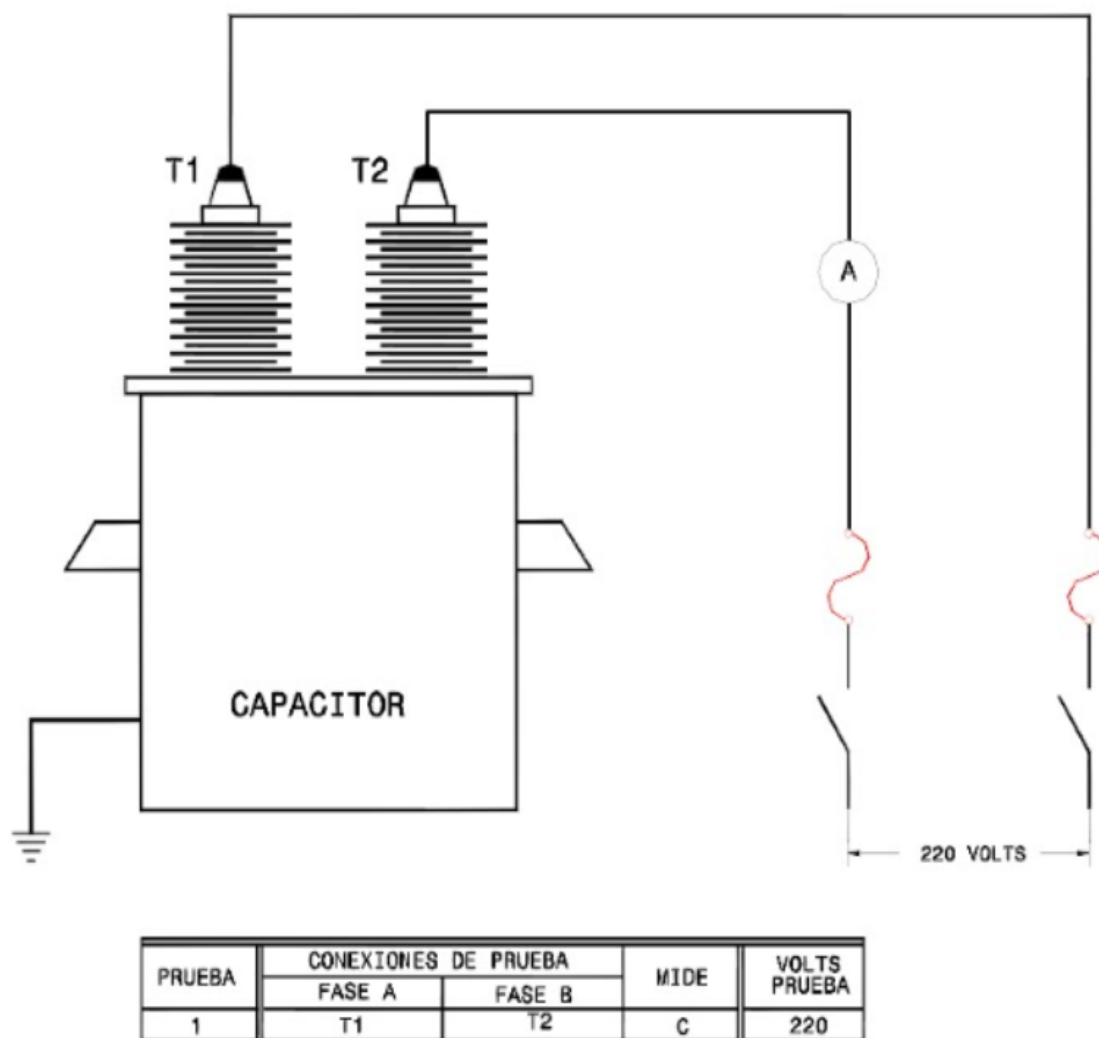


Figura 4.59 Prueba de capacitancia a celdas capacitivas

4.5.2 Resistencia de aislamiento

La aplicación de esta prueba en capacitores, es con finalidad de detectar fallas incipientes en la estructura aislante del mismo. Esta prueba sopló debe efectuarse entre las placas del capacitor, tal y como sucedería para un capacitor de una boquilla, donde una de sus dos placas está referida al tanque del mismo. De realizarse la prueba bajo estas condiciones, se estaría registrando el volar de la resistencia interna de descarga, y no la resistencia de aislamiento existente entre partes vivas y tierra.

4.5.2.1 Conexiones y procedimientos de prueba

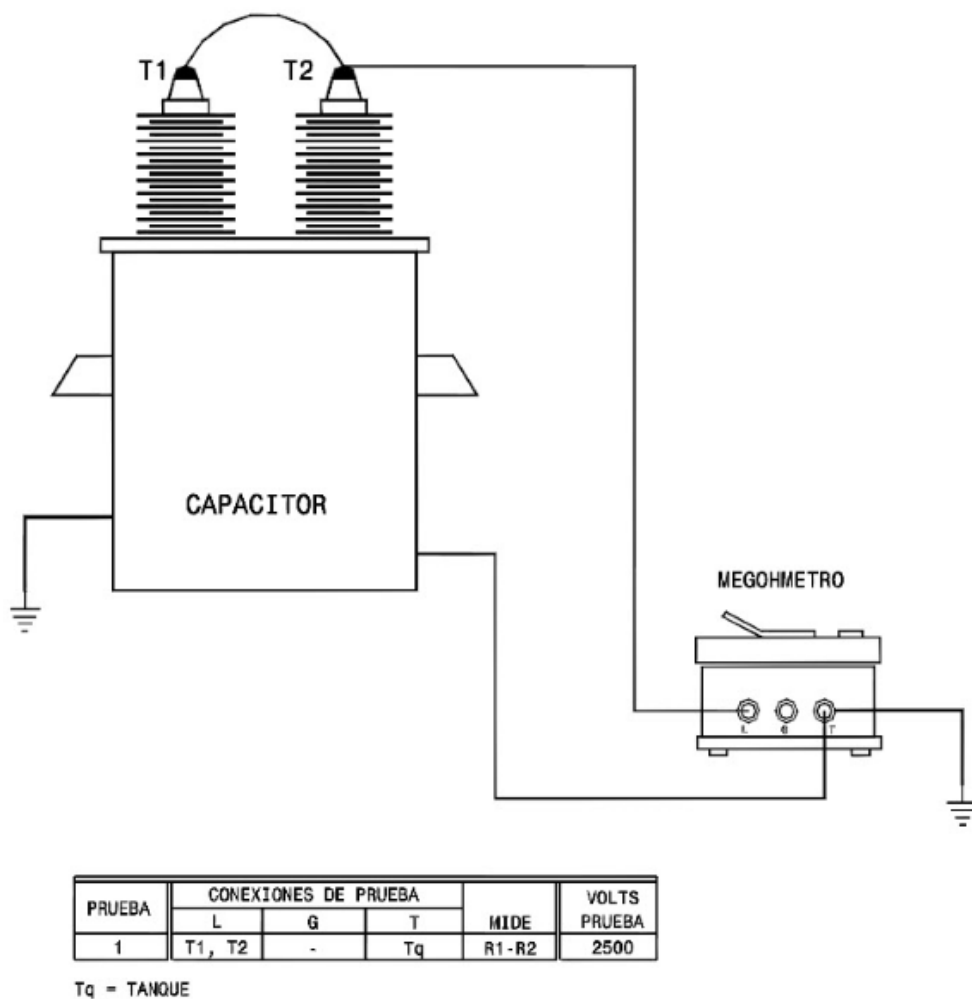


Figura 4.60 Prueba de resistencia de aislamiento a celdas capacitivas

4.6 PRUEBAS ELECTRICAS A BANCOS DE BATERIAS

Las baterías son un elemento de vital importancia en una subestación. Son la fuente de alimentación de corriente directa permanente para los sistemas de protección, control, señalización y operación de los equipos de desconexión automática. Por tal motivo, en una contingencia por falla u operación anormal de algún componente del sistema eléctrico, la batería y su cargador asociado, representan una condición estratégica para que dicha contingencia pueda ser liberada de manera adecuada.

4.6.1 Medición de voltaje en celdas

La finalidad de la revisar y monitorear el voltaje de las baterías, es el aumentar su vida útil de estas; ya que son una parte vital dentro de una subestación eléctrica de potencia.

Teniendo en cuenta que si tenemos una tensión por debajo de 2.13 VCD por celda. Puede reducir la vida esperada de la batería.

4.6.2 Medición de densidad del electrolito

La densidad del electrolito para baterías alcalinas níquel-cadmio tiene un valor de 1.170-1.190 g/dm³. Si al medir la densidad del electrolito su valor está dentro de la escala anterior, es conveniente determinar el pH para asegurar que no es alcalino. El pH ácido tiene un valor de 0.0-6.9 y el pH alcalino tiene un valor de 7.1-14.0. el pH neutro tiene un valor de 7.0.

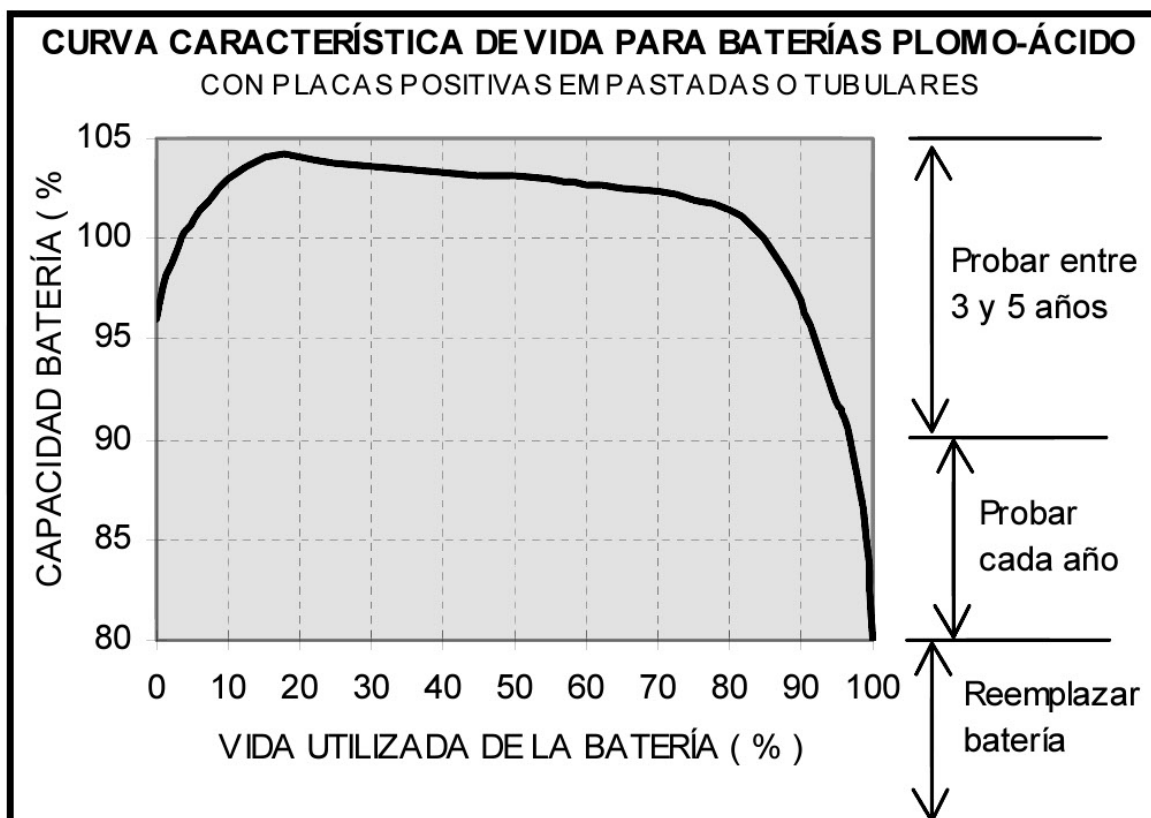


Figura 4.61 Grafica de vida útil de una batería de plomo-acido

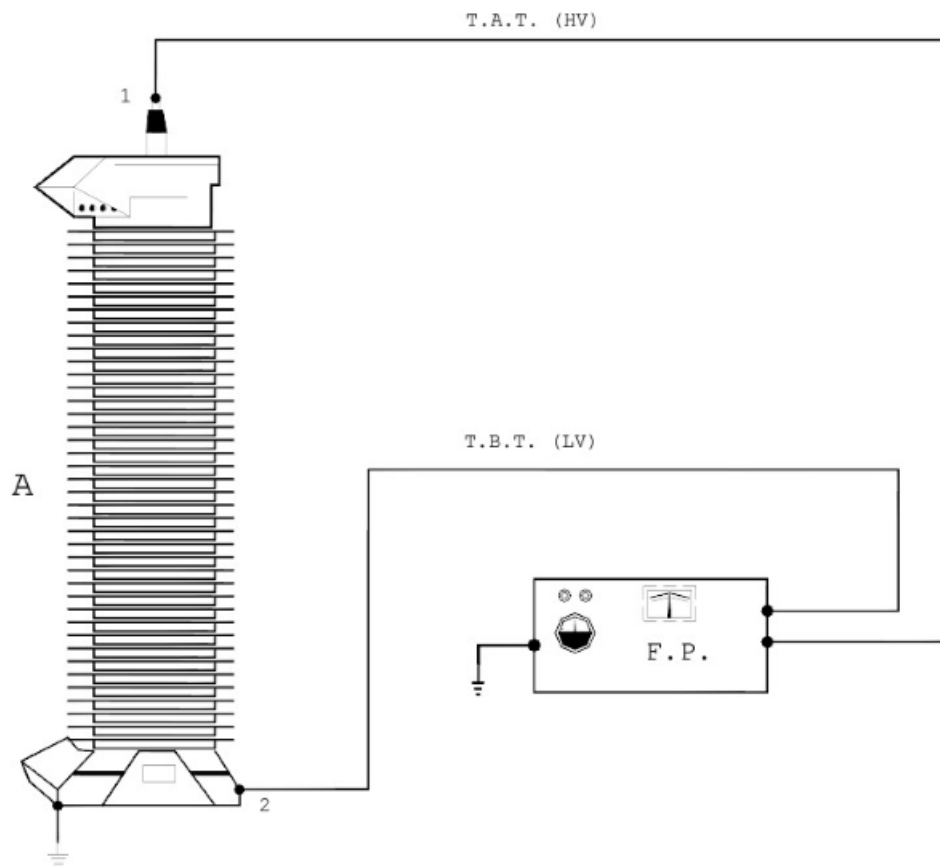
4.7 PRUEBAS ELECTRICAS A APARTARRAYOS

4.7.1 Factor de potencia

El objeto de efectuar la prueba de factor de potencia en Apartarrayos es detectar las pérdidas dieléctricas, producidas por contaminación o suciedad en los elementos autovalvulares, porcelana despostillada, porosas, envoltentes poliméricos degradados, etc.

4.7.1.1 Conexiones y procedimientos de prueba

a) Apartarrayos de una sección



EJEMPLO : PRUEBA 1

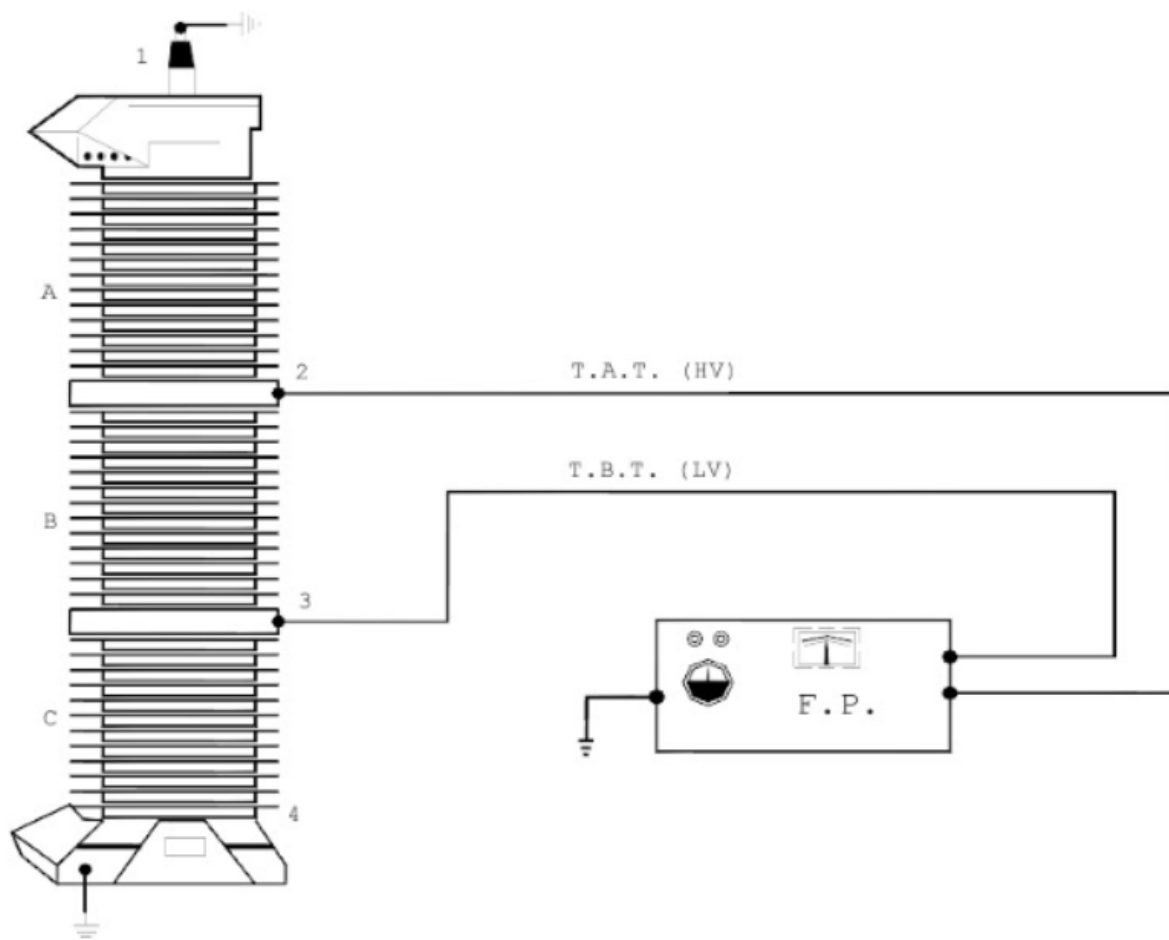
PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	1	2	GROUND	A
2	COLLAR	1	GROUND	PA

P= PORCELANA

COLLAR :2º FALDON

Figura 4.62 Prueba de factor de potencia a apartarrayos de una sección

b) Apartarrayos de tres secciones



EJEMPLO : PRUEBA 1

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				MIDE
	T.A.T.	T.B.T.	TIERRA	SELECTOR	
1	2	3	1, 4	GUARDA	A
2	2	3	1, 4	UST	B
3	3	2	4	GUARDA	C
4	COLLAR EN A	3	1, 2, 4	GUARDA	P _A
5	COLLAR EN B	1	2, 3, 4	GUARDA	P _B
6	COLLAR EN C	2	3, 4	GUARDA	P _C

P_A, P_B, P_C = PORCELANA DE LA SECCION A, B, C
 COLLAR : 2° FALDON DE CADA SECCION

Figura 4.63 Prueba de factor de potencia a apartarrayos de tres secciones

4.7.2 resistencia de aislamiento

Con el objetivo de determinar mediante pruebas dieléctricas el posible deterioro o contaminación en apartarrayos de una sección, o en unidades de varias secciones, se efectúan las pruebas de resistencia de aislamiento.

Con la prueba de resistencia de aislamiento se detecta:

- a) Contaminación por humedad y/o suciedad en las superficies internas de la porcelana
- b) Entre-hierros corroídos
- c) Depósitos de sales de aluminio, aparentemente causadas por interacción entre la humedad y los productos resultantes del efecto corona
- d) Porcelana fisurada, porosa o rota
- e) Envoltente polimérico degradado, contaminado o fisurado

4.7.2.1 Conexiones y procedimientos de prueba

- a) Apartarrayos de una sección

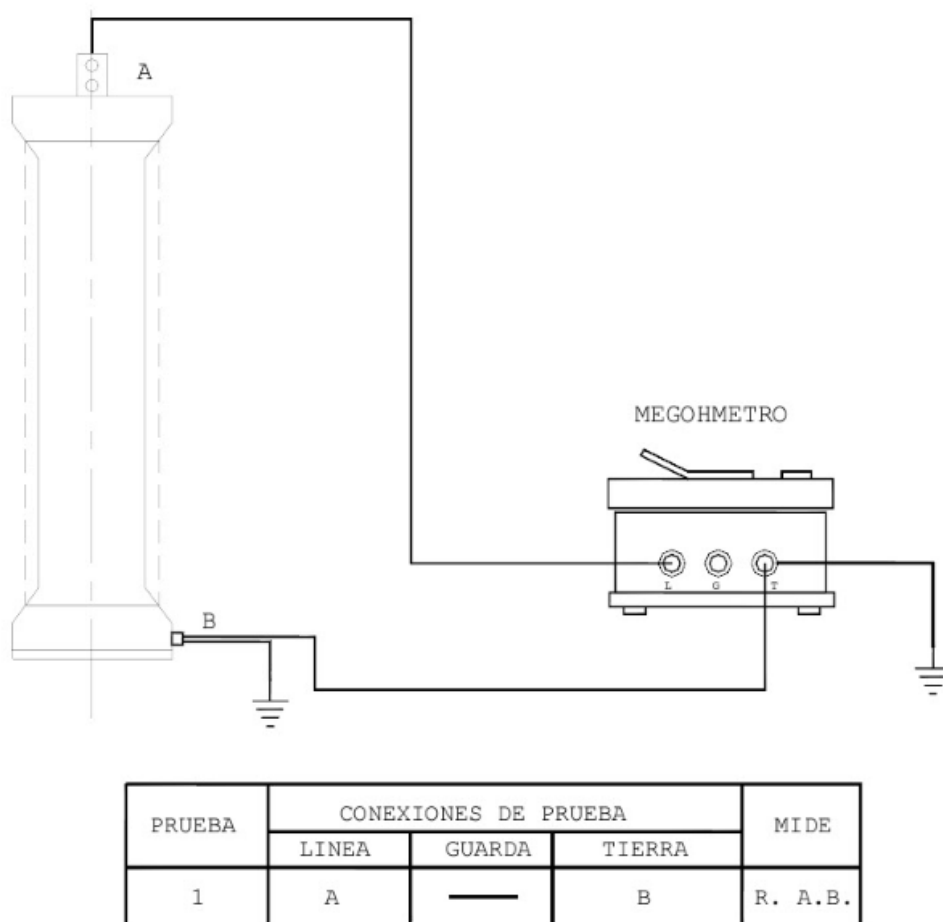


Figura 4.64 Prueba de resistencia de aislamiento a apartarrayos de una sección

b) Apartarrayos de tres secciones

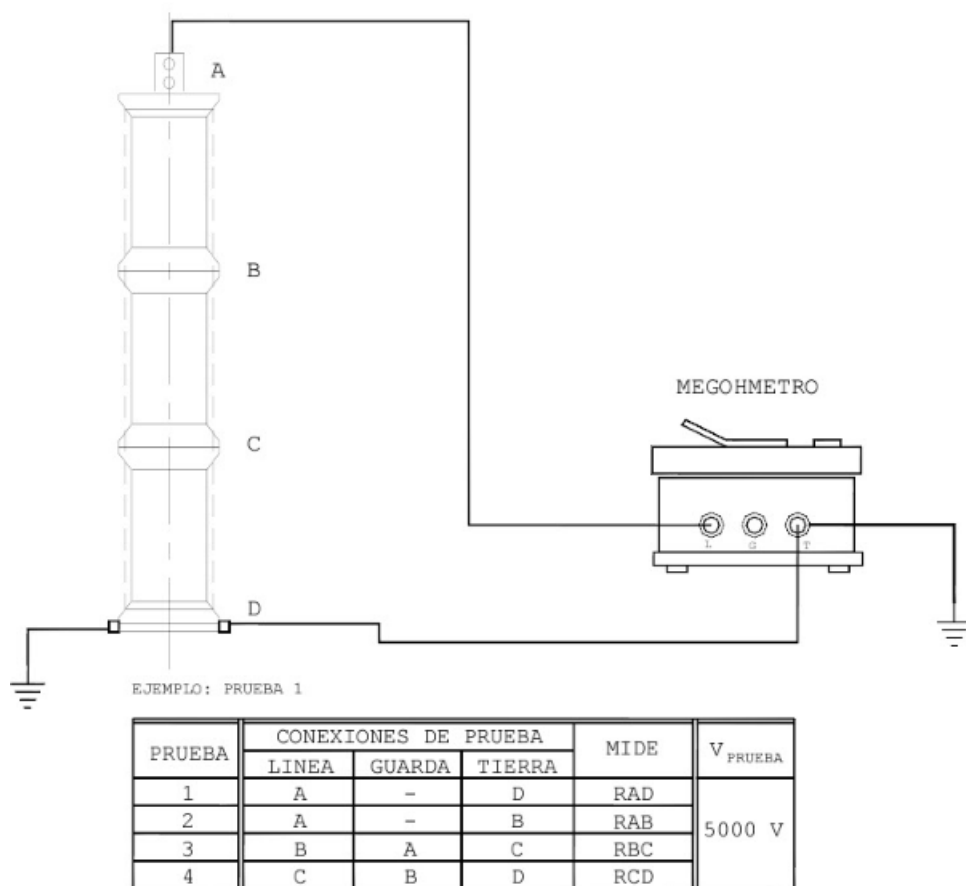


Figura 4.65 Prueba de resistencia de aislamiento a apartarrayos de tres secciones

CAPITULO 5. METODOLOGIA DE CFE PARA REALIZAR MANIOBRAS EN SUBESTACIONES ELECTRICAS.

5.1 PLANEACION DE OPERACION.

En este se describen los lineamientos que se deberán satisfacer para planear la operación del SEN (Sistema Eléctrico Nacional) en forma segura, confiable y económica a mediano (1 mes a 2 años) y corto (1 día a 1 mes). Para la planeación de la operación en el mediano plazo se consideran, entre otros, los requerimientos de energía y demanda, el programa de obras de inversión, el programa de modificaciones, a la infraestructura eléctrica, el programa de mantenimiento y disponibilidad de generadores, pronóstico de precios y disponibilidad de energéticos, porteo de autoabastecedores, pronóstico de lluvias, pronóstico de generación de fuentes renovables, restricción de transmisión y de origen ambiental así como la oferta de energía de productores externos. La planeación de la operación en el corto plazo considera, entre otras restricciones, en forma enunciativa pero no limitativa, las relativas a la red de transmisión, suministro de energéticos, al arranque y paro de unidades generadoras y su disponibilidad, las curvas de régimen térmico, los precios de oferta de productos de energía, el acoplamiento hidráulico de embalses en cascada y tiempos de viaje del agua de un embalse a otro, pronóstico de fuentes renovables, etc., obteniendo como resultado el predespacho horario de operación por unidad, minimizando el costo total de producción por consumo de energéticos.

5.2 OPERADORES.

Los operadores deben sujetarse a los lineamientos del reglamento, en lo referente al registro de las operaciones, uso de las comunicaciones, uso de los sistemas de información, actuación en casos de emergencia e interacción con otros operadores.

Por fines de este reglamento REDOSEN (Reglas de Despacho y Operación del Sistema Eléctrico Nacional), un operador será todo aquel trabajador que en algún momento ejerza alguna acción de supervisión y/o control o cualquier instalación del SEN.

En los centros de operación y en todas las estaciones, deberá llevarse un libro o sistema de captura de información que recibirá al nombre de relatorío, el cual tendrá carácter de documento oficial con valor probatoria y en él se anotaran los sucesos de la operación y de la programación de energía. El relatorío podrá ser llevado en papel (libros foliados) o en sistemas electrónicos.

Solo el operador en turno está autorizado para ordenar o ejecutar maniobras en el equipo a su cargo.

5.3 LICENCIAS.

Los trabajos de mantenimiento, modificaciones, ampliaciones y otras actividades necesarias para el correcto funcionamiento de los elementos del SEN, deberán coordinarse a través de licencias, a fin de adecuar de mejor forma la disponibilidad de generación, transmisión y transformación para mantener dichos elementos dentro de los límites operativos en todo momento.

Las licencias se clasifican en vivo o en muerto y podrán ser programadas o de emergencia.

Las licencias programadas deberán solicitarse al CENACE (Centro Nacional de Control de Energía) con anticipación adecuada a la importancia del elemento a librar y del trabajo a realizar. Con base en lo anterior, las solicitudes deberán realizarse con una anticipación mínima de 48 horas hábiles para que el CENACE cuente con el tiempo suficiente para analizar la factibilidad de su autorización.

Si la licencia ocasiona interrupción a los usuarios, la solicitud deberá hacerse con la suficiente anticipación y en ningún caso menor a 96 horas, para estar en condiciones de avisar a los usuarios en los términos que señalan los artículos 27 fracción II de la Ley y 38 y 39 del RLSPEE (Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica).

5.4 MANIOBRAS.

Las instalaciones deberán tener a la vista y actualizados: el diagrama unifilar con nomenclatura, diagrama de protecciones, manual de operación y un directorio donde se especifiquen los números telefónicos para caso de emergencia

Las maniobras se deben realizar por personal certificado y autorizado, tanto el que ejecuta como el que la ordena.

Las maniobras deberán transmitirse de manera electrónica o por voz, en forma clara y precisa, identificando el equipo por su nomenclatura y ejecutarse en la secuencia indicada de acuerdo con instrucción verbal, electrónica o a maniobra cotejada con el nivel operativo superior. Las instrucciones de maniobra deberán ser repetidas por el personal que va a ejecutarlas, como una medida de confirmación.

Las maniobras deberán ejecutarse cuando no existan dudas, en caso de que se presenten, o cuando se considere que las ordenes no fueron entendidas, estas deberán aclararse antes de efectuar cualquier maniobra. Si persisten dudas, los operadores deben suspender toda orden relacionada con la maniobra.

Si durante la maniobra el operador de estación observa alguna condición anormal, este debe comunicársela al operador del centro de control correspondiente. Si la condición creada fuera de peligro inmediato debe el operador de estación considerar el caso como emergencia.

Para que un equipo quede librado, el operador de estación o personal de campo solicitante de licencia deben de asegurarse de que este no pueda volver a energizarse. Por lo que deberán desconectar alimentación a bobinas de cierre, cerrar válvulas de tubería de aire, bloquear mecanismos o alguna otra acción que evite la operación de interruptores y cuchillas. Los interruptores de equipo blindado deberán desacoplarse. Invariablemente, el operador de estación o personal de campo solicitante de la licencia debe tener la seguridad, por la parte que corresponde, de que el equipo no tiene peligro de llegar a quedar energizado.

5.5 GENERADORES Y DESPACHO

De acuerdo a la ley, este reglamento (REDOSEN) es también aplicable a todo los permisionarios que estén conectados eléctricamente al SEN, por lo que deberán apegarse estrictamente a las reglas contenidas en este reglamento. Todos los responsables de las unidades generadoras que se interconecten al SEN, deberán celebrar un contrato de interconexión o equivalente con CFE conforme lo establece la normatividad emitida por la comisión reguladora y deberán cumplir con los requerimientos técnicos y trámites establecidos para interconectarse al sistema eléctrico nacional.

Los responsables de las unidades generadoras deberán coordinarse con el CENACE (Centro Nacional de Control de Energía), en particular, para conectarse al SEN, desconectarse de él, subir generación o bajarla, controlar las potencias activas y reactivas, así como para participar en la regulación primaria y de voltaje del SEN, de acuerdo con las capacidades de su fuente de energía y las condiciones del SEN. Las potencias activas y reactivas de las unidades generadoras sincronizadas al SEN, solo podrán ser modificadas mediante autorización o instrucción de operador del CENACE.

CAPITULO 6. ACTIVIDADES A REALIZAR.

6.1 PRUEBAS ELECTRICAS

6.1.1 Transformadores de potencia

Con respecto a pruebas de transformadores de potencia debido a que, por los arreglos de sistema eléctrico, no es muy frecuente la salida de estos para realizarles pruebas eléctricas.

Teniendo en cuenta los tiempos destinados para dicha actividad, se tuvo la oportunidad de realizar pruebas a un transformador de potencia ubicado en S.E. TULA, por una **FALLA** recibida por una mala maniobra.

Las condiciones en las que se encontró el transformador asemejaban que se encontraba en óptimas condiciones de operación.

Al realizar la prueba de reactancia de dispersión, los resultados arrojados fueron negativos, los resultados se quedaron a resguardo de personal de la S.E. TULA para su posterior análisis esto derivado a que personal de la ZTVMN solo realizo dichas pruebas y entrego resultados.



Figura 6.1 Transformador de potencia siendo revisado por personal de CFE

El transformador recibió una corriente trifásica de falla a tierra, las protecciones en esos instantes según los reportes obtenidos actuaron al instante liberando el transformador de ella. Teniendo en cuenta que estas son unidades monofásicas de 400/230 KV's, la falla recibida causó que internamente le ocurriera algún daño severo.



Figura 6.2 Personal de CFE realizando pruebas eléctricas

Posteriormente dando el diagnóstico que arrojaron las pruebas eléctricas que se le realizaron al transformador se tomó la decisión de sacar en servicio.



Figura 6.3 Personal trabajando en el cambio de la fase dañada por el transformador de reserva

Para la entrega de los resultados de las pruebas realizadas estas se quedaron a resguardo del centro de trabajo S.E. TULA, esto derivado de que son equipos a su resguardo.

6.1.1.1 Transformadores de potencia

Se realizan pruebas eléctricas al transformador VAJ T-05 conexión Estrella-Estrella las cuales están dentro del programa de mantenimiento predictivo.



Figura 6.4 Transformador de potencia VAJ T-05 siendo desconectado por personal de CFE

La corrida de pruebas que se realizaron los las siguientes:

- a) Prueba de Relación de Transformación
- b) Prueba de Corriente de Excitación
- c) Prueba de Factor de potencia (DEVANADOS Y BOQUILLAS)
- d) Prueba de Reactancia de Dispersión (IMPEDANCIA)
- e) Prueba de Resistencia de Aislamiento

Se anexan formatos de prueba en donde se plasman los valores obtenidos en las mismas, cabe mencionar que cada uno de los formatos utilizados trae valores aceptables y no aceptable, los cuales salen de los manuales de prueba de CFE.

Clase de enf. <u>CH/BP/EDA</u>	Año Fabricación: _____	Temp. Aceite: _____	Brisa ☐	Programado: ☒
# Taps <u>1</u> a <u>33</u> %	Año puesta en serv.: _____	Temp. Devanado: _____	1/2 nublado ☐	P.S. ☐
kV nom A.T.: <u>220</u>	%Z <u>16.73</u> a <u>60</u> MVA <u>220</u> kV		Lluvia ☐	Falta: ☐
kV nom B.T.: <u>23</u>	%Z <u>1</u> a <u>1</u> MVA <u>7</u> kV			
kV nom Terciario: <u>13.5</u>	%Z <u>1</u> a <u>1</u> MVA <u>7</u> kV			
Equipo de Medición Utilizado		Dibujar diagrama vectorial Tipo: <u>Estrella - Estrella</u>		
Modelo: _____	Fecha Calibración: _____			
Marca: _____	Fecha Vencimiento: _____			
No. Serie _____	No Inv. EIMP: _____			
Fecha de la última prueba: _____				
Alta Vs Baja ☒		Alta Vs Terciario ☐		Baja Vs Terciario ☐
TAP	Relación Teórica	Devanado: <u>A</u> Relación P.S.	Relación Medida	Dif %
1	10.522		10.547	-0.202
2	10.466		10.483	-0.201
3	10.402		10.423	-0.200
4	10.342		10.364	-0.209
5	10.283		10.305	-0.218
6	10.223		10.244	-0.207
7	10.163		10.185	-0.216
8	10.103		10.126	-0.225
9	10.043		10.066	-0.224
10	9.984		10.007	-0.237
11	9.924		9.945	-0.217
12	9.864		9.884	-0.205
13	9.804		9.825	-0.209
14	9.745		9.765	-0.208
15	9.685		9.703	-0.187
16	9.625		9.644	-0.193
17	9.565		9.584	-0.198
18	9.505		9.526	-0.210
19	9.446		9.468	-0.222
20	9.386		9.408	-0.230
21	9.326		9.347	-0.224
22	9.266		9.287	-0.226
23	9.207		9.226	-0.210
		Devanado: <u>B</u> Relación P.S.	Relación Medida	Dif %
			10.519	0.026
			10.461	0.009
			10.399	0.031
			10.341	0.013
			10.282	0.006
			10.222	0.008
			10.161	0.020
			10.102	0.012
			10.041	-0.005
			9.983	0.003
			9.925	-0.003
			9.865	-0.004
			9.805	-0.006
			9.743	0.012
			9.683	0.014
			9.624	0.010
			9.564	0.016
			9.504	0.017
			9.443	0.026
			9.385	0.010
			9.325	0.010
			9.266	0.000
			9.206	0.001
		Devanado: <u>C</u> Relación P.S.	Relación Medida	Dif %
			10.540	-0.114
			10.481	-0.182
			10.419	-0.162
			10.360	-0.170
			10.301	-0.208
			10.243	-0.197
			10.182	-0.187
			10.123	-0.195
			10.065	-0.214
			10.004	-0.203
			9.945	-0.212
			9.884	-0.199
			9.825	-0.208
			9.763	-0.190
			9.704	-0.194
			9.643	-0.184
			9.582	-0.180
			9.526	-0.211
			9.465	-0.200
			9.405	-0.204
			9.345	-0.206
			9.286	-0.213
			9.226	-0.212

Nota 1: Cuando se realice la primera medición del transformador se deberá considerar lo siguiente: la relación teórica es la que se calcula con los datos de placa. El % de diferencia es el valor teórico calculado contra el valor de puesta en servicio, aceptándose una diferencia máxima de 0.5%.

Nota 2: El % de diferencia es el valor de prueba de puesta en servicio (P.S.) contra el valor medido y éste no debe variar. Debido a la precisión del equipo se acepta una diferencia de 0.05%.

Nota 3: Se debe de volver a realizar la medición en la posición en que operará el equipo con respecto a las otras fases o bancos.

Observaciones: _____

Realizó: Pavel Valero Jimenez Aprobó: [Firma]

Nombre y firma

Condiciones del equipo
Satisfactorio ☒
No Satisfactorio ☐

R-T100-030-R-51

Eduardo Ruiz Moreno
Martin Horacio Costas de
9465X

ING. ENMORE F.C.

Datos obtenidos en la prueba de Relación de Transformación, teniendo en cuenta que los resultados obtenidos con respecto a la normativa de CFE podemos concluir que las pruebas son satisfactorias.

Clase de enf.: <u>FOA - FOA</u>		Año Fabricación:		Temp. Aceite:	1/2 nublado	Programado	☒																																																																																																																																																																																																																																																																																										
# Taps: <u>1-33</u>		Año Puesta en Servicio:		Temp. Devanado:	Brisa	P.S.:																																																																																																																																																																																																																																																																																											
kV nom. A.T.:		%Z: a MVA kV			Lluvia	Falla:																																																																																																																																																																																																																																																																																											
kV nom. B.T.:		%Z: a MVA kV		Dibujar diagrama vectorial																																																																																																																																																																																																																																																																																													
kV nom. Terciario:		%Z: a MVA kV		Tipo: _____																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Equipo de Medición Utilizado																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Modelo:		Fecha de Calibración:																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Marca:		Fecha Vencimiento:																																																																																																																																																																																																																																																																																															
No. Serie:		No. Inv. EIMP:																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Fecha última prueba:																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">TAP</th> <th rowspan="3">kV prueba</th> <th colspan="3">FASE A</th> <th colspan="3">FASE B</th> <th colspan="3">FASE C</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Medición Directa</th> <th>Medición Inversa</th> <th colspan="2">Medición Directa</th> <th>Medición Inversa</th> <th colspan="2">Medición Directa</th> <th>Medición Inversa</th> </tr> <tr> <th>Devanado: <u>114</u> W</th> <th>Relación P.S. Medida</th> <th>% Dif</th> <th>Devanado: <u>114</u> W</th> <th>Relación P.S. Medida</th> <th>% Dif</th> <th>Devanado: <u>114</u> W</th> <th>Relación P.S. Medida</th> <th>% Dif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>10</td><td>22.822</td><td>174.0</td><td></td><td>16.583</td><td>136.2</td><td></td><td>21.498</td><td>175.2</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>10</td><td>23.114</td><td>180.8</td><td></td><td>16.793</td><td>139.5</td><td></td><td>22.378</td><td>179.0</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>10</td><td>23.429</td><td>188.7</td><td></td><td>17.066</td><td>139.1</td><td></td><td>22.559</td><td>178.8</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>10</td><td>25.232</td><td>194.3</td><td></td><td>18.454</td><td>148.2</td><td></td><td>24.343</td><td>190.3</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>10</td><td>27.222</td><td>207.3</td><td></td><td>19.957</td><td>158.5</td><td></td><td>26.267</td><td>205.8</td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td>10</td><td>27.559</td><td>209.7</td><td></td><td>20.214</td><td>160.3</td><td></td><td>26.548</td><td>205.3</td><td></td></tr> <tr><td>17</td><td>10</td><td>28.040</td><td>212.0</td><td></td><td>20.486</td><td>162.1</td><td></td><td>27.053</td><td>207.5</td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td>10</td><td>28.414</td><td>214.4</td><td></td><td>20.891</td><td>163.9</td><td></td><td>27.420</td><td>209.9</td><td></td></tr> <tr><td>19</td><td>10</td><td>28.773</td><td>217.0</td><td></td><td>21.186</td><td>165.8</td><td></td><td>27.795</td><td>212.4</td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td>10</td><td>33.815</td><td>244.9</td><td></td><td>25.038</td><td>192.04</td><td></td><td>32.693</td><td>244.6</td><td></td></tr> <tr><td>22</td><td>10</td><td>34.278</td><td>252.1</td><td></td><td>25.376</td><td>194.7</td><td></td><td>33.190</td><td>247.8</td><td></td></tr> <tr><td>23</td><td>10</td><td>34.737</td><td>256.5</td><td></td><td>25.728</td><td>196.9</td><td></td><td>33.624</td><td>251.1</td><td></td></tr> </tbody> </table>								TAP	kV prueba	FASE A			FASE B			FASE C			Medición Directa		Medición Inversa	Medición Directa		Medición Inversa	Medición Directa		Medición Inversa	Devanado: <u>114</u> W	Relación P.S. Medida	% Dif	Devanado: <u>114</u> W	Relación P.S. Medida	% Dif	Devanado: <u>114</u> W	Relación P.S. Medida	% Dif	1	10	22.822	174.0		16.583	136.2		21.498	175.2		2	10	23.114	180.8		16.793	139.5		22.378	179.0		3	10	23.429	188.7		17.066	139.1		22.559	178.8		4											5											6											7											8											9	10	25.232	194.3		18.454	148.2		24.343	190.3		10											11											12											13											14											15	10	27.222	207.3		19.957	158.5		26.267	205.8		16	10	27.559	209.7		20.214	160.3		26.548	205.3		17	10	28.040	212.0		20.486	162.1		27.053	207.5		18	10	28.414	214.4		20.891	163.9		27.420	209.9		19	10	28.773	217.0		21.186	165.8		27.795	212.4		20											21	10	33.815	244.9		25.038	192.04		32.693	244.6		22	10	34.278	252.1		25.376	194.7		33.190	247.8		23	10	34.737	256.5		25.728	196.9		33.624	251.1	
TAP	kV prueba	FASE A			FASE B					FASE C																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		Medición Directa		Medición Inversa	Medición Directa		Medición Inversa			Medición Directa		Medición Inversa																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		Devanado: <u>114</u> W	Relación P.S. Medida	% Dif	Devanado: <u>114</u> W	Relación P.S. Medida	% Dif	Devanado: <u>114</u> W	Relación P.S. Medida	% Dif																																																																																																																																																																																																																																																																																							
1	10	22.822	174.0		16.583	136.2		21.498	175.2																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2	10	23.114	180.8		16.793	139.5		22.378	179.0																																																																																																																																																																																																																																																																																								
3	10	23.429	188.7		17.066	139.1		22.559	178.8																																																																																																																																																																																																																																																																																								
4																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
6																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
7																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
8																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
9	10	25.232	194.3		18.454	148.2		24.343	190.3																																																																																																																																																																																																																																																																																								
10																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
11																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
12																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
13																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
14																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
15	10	27.222	207.3		19.957	158.5		26.267	205.8																																																																																																																																																																																																																																																																																								
16	10	27.559	209.7		20.214	160.3		26.548	205.3																																																																																																																																																																																																																																																																																								
17	10	28.040	212.0		20.486	162.1		27.053	207.5																																																																																																																																																																																																																																																																																								
18	10	28.414	214.4		20.891	163.9		27.420	209.9																																																																																																																																																																																																																																																																																								
19	10	28.773	217.0		21.186	165.8		27.795	212.4																																																																																																																																																																																																																																																																																								
20																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
21	10	33.815	244.9		25.038	192.04		32.693	244.6																																																																																																																																																																																																																																																																																								
22	10	34.278	252.1		25.376	194.7		33.190	247.8																																																																																																																																																																																																																																																																																								
23	10	34.737	256.5		25.728	196.9		33.624	251.1																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Criterio de aceptación Se recomienda que los resultados de la prueba actual se comparen con mediciones históricas del mismo devanado. Cuando no se tengan datos anteriores o alguna estadística sobre el equipo bajo prueba, la comparación podrá hacerse con resultados de pruebas de equipos similares. La comprobación de la corriente de excitación por fase se hará comparando las lecturas correspondientes a la misma fase, es decir, la medición directa contra la medición inversa. Variaciones del ±5% son consideradas aceptables al compararse con valores históricos, mediciones de otras fases o con las mediciones directa e inversa de la misma fase. NOTA: (1) Para mediciones en el lado de A.T., los valores de (a) en dos plamas deben ser sensiblemente iguales y en la tercer plama deberá tener un valor aproximadamente de la mitad. Dichos valores deberán ser similares a los valores del historial del equipo. (2) Si los devanados de baja están conectados en estrella, atenuar X0 y fotar X1, X2 y X0. (3) Se debe realizar la prueba a 10 kV, pero en caso de medición reporte MVA's, se debe dividir el valor obtenido entre el voltaje de prueba. (4) En autotransformadores, los devanados secundarios y terciarios se deben dejar fotados. (5) En transformadores monofásicos, los devanados secundarios y terciarios se deben dejar fotados. Si el secundario está atenuado, dejar atenuado X0.																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Observaciones: _____ Realizó: <u>Melba Alenzo Castañeda</u>  Aprobó:  Condiciones del equipo Satisfactorio ☒ No Satisfactorio ☐																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

Datos obtenidos en la prueba de Corriente de Excitación, teniendo en cuenta que los resultados obtenidos con respecto a la normativa de CFE podemos concluir que las pruebas son satisfactorias.

Datos obtenidos en la prueba de Factor de Potencia a Devanados, teniendo en cuenta que los resultados obtenidos con respecto a la normativa de CFE podemos concluir que las pruebas son satisfactorias.

Datos obtenidos en la prueba de Factor de Potencia a Boquillas, teniendo en cuenta que los resultados obtenidos con respecto a la normativa de CFE podemos concluir que las pruebas son satisfactorias.

Posición		Modo de Prueba:		Prueba Equivalente Trifásico ☒		Prueba realizada por Fase ☐	
A.T.	B.T.	Medición Alta Vs Baja ☒		Medición Alta Vs Terciario ☐		Medición Baja Vs Terciario ☐	
		Conexión	Voltaje	Corriente	Watts	FP	Ind.
12.3		H ₁ H ₂ α X ₁ X ₂ X ₃	305.136	1.001 A			
13.3		H ₂ H ₃ α X ₂ X ₃ X ₁	305.117	1.004 A			
14.3		H ₃ H ₁ α X ₃ X ₁ X ₂	305.202	0.997 A			
A.T.	B.T.	Conexión	Res.(Ohms)	Imp.(Ohms)	Reac.(Ohms)		
			5.750 JI		18.307.27H		
			5.982 JI		304.326		
			5.990 JI		306.333		
% Impedancia Medida Z _d				Datos Transformador (Z _p)			
Z Medida	Z placa	Z% = Z _p /Z _d * 100	Voltaje	Corriente	Z _p		
18.904	18.72	0.927	305.136	1.001 A	18.73		
Posición		Modo de Prueba:		Prueba Equivalente Trifásico ☐		Prueba realizada por Fase ☐	
A.T.	B.T.	Medición Alta Vs Baja ☐		Medición Alta Vs Terciario ☐		Medición Baja Vs Terciario ☐	
		Conexión	Voltaje	Corriente	Watts	FP	Ind.
A.T.	B.T.	Conexión	Res.(Ohms)	Imp.(Ohms)	Reac.(Ohms)		
% Impedancia				Datos Transformador (Z _p)			
Z Medida	Z placa	Z% = Z _p /Z _d * 100	Voltaje	Corriente	Z _p		
Comparación de valores		Normalmente, las mediciones son efectuadas en cada fase y un cambio mayor al 3% de la impedancia de cortocircuito debe ser considerado significativo.					
Observaciones:							
Condiciones del Equipo		Aceptado ☒		Rechazado ☐			
Realizo: <u>Melvin Alvarado</u>		Revisó:		Aprobo:		Nombre y Firma	

Datos obtenidos en la prueba de Reactancias de Dispersión (IMPEDANCIA), teniendo en cuenta que los resultados obtenidos con respecto a la normativa de CFE podemos concluir que las pruebas son satisfactorias.

Clase de enf. <u>FOA FOA</u>	Año Fabricación: _____	Temp. Aceite: _____	Brisa ☐	Programado: ☒
# Taps <u>1 ± 33 %</u>	Año puesta en serv.: _____	Temp. Devanado: _____	1/2 nublado ☐	P.S. ☐
kV nom A.T.: <u>220</u>	%Z <u>18.7</u> a <u>60</u> MVA <u>220</u> KV		Lluvia ☐	Falla: ☐
kV nom B.T.: <u>23</u>	%Z _____ a _____ MVA _____ KV	Dibujar diagrama vectorial		
kV nom Terciario: <u>23.2</u>	%Z _____ a _____ MVA _____ KV	Tipo: <u>Estrella-Estrella-Delta</u>		

Equipo de Medición Utilizado			
Modelo: <u>M4100</u>	Fecha Calibración: _____		
Marca: <u>DOBLE</u>	Fecha Vencimiento: _____		
No. Serie: <u>211010511</u>	No Inv. EIMP: _____		

Fecha de la última medición: _____										
Conexiones de Prueba										
	R_H	R_x	R_{H-X}							
Línea	H	X	H							
Guarda	X	H	Tanque							
Tierra	Tanque	Tanque	X							
Factor de Corr. A 20 °C										
Tiempo de la Medición en minutos	Lecturas			Lecturas			Lecturas			
	Medida	Factor de Corrección	Corregida a 20 °C	Medida	Factor de Corrección	Corregida a 20 °C	Medida	Factor de Corrección	Corregida a 20 °C	
1/2	3.93 GΩ			3.08 GΩ			3.15 GΩ			
1	4.91 GΩ			3.67 GΩ			3.78 GΩ			
2	5.18 GΩ			4.96 GΩ			4.42 GΩ			
3	5.50 GΩ			4.96 GΩ			4.80 GΩ			
4	5.76 GΩ			5.21 GΩ			5.13 GΩ			
5	5.86 GΩ			5.74 GΩ			5.36 GΩ			
6	6.22 GΩ			5.98 GΩ			5.56 GΩ			
7	6.37 GΩ			6.12 GΩ			5.68 GΩ			
8	6.16 GΩ			6.47 GΩ			5.70 GΩ			
9	6.34 GΩ			6.70 GΩ			6.05 GΩ			
10	7.63 GΩ			6.89 GΩ			6.06 GΩ			
$I_p = 1.7$			Valores de aceptación			$I_p = 1.8$			$I_p = 1.6$	
Índice de Polarización										
$i_p = \frac{R_{AISL} \text{ a 10 min}}{R_{AISL} \text{ a 1 min}} \quad i_p \geq 1.5 \quad = \quad I_p = 1.7$										
Observaciones _____										
Condiciones del equipo SATISFACTORIO ☒ NO SATISFACTORIO ☐										
Realizó: <u>Martin Alarzo Castañeda</u>					Aprobó: _____					
Nombre y firma					Nombre y firma					

Datos obtenidos en la prueba de Resistencia de Aislamiento, teniendo en cuenta que los resultados obtenidos con respecto a la normativa de CFE podemos concluir que las pruebas son satisfactorias.

6.1.2 transformadores de instrumento

6.1.2.1 transformadores de corriente

Se realizan pruebas a transformadores de corriente de 85 KV 's en S.E. VALLEJO, las cuales son pruebas de factor de potencia y resistencia de aislamiento, estas pruebas se realizan derivado a que son equipos nuevos y se pondrán en servicio.

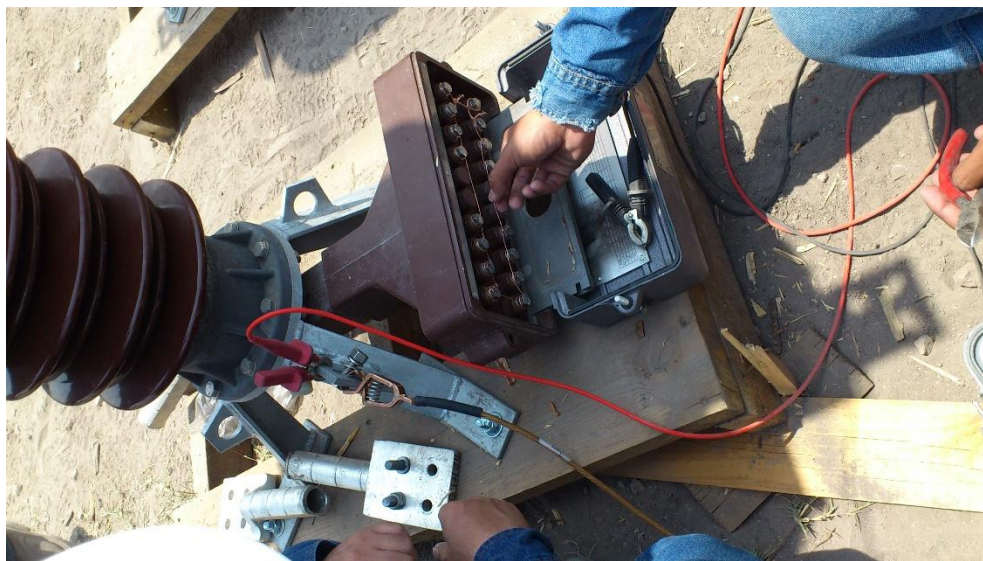


Figura 6.5 Prueba de resistencia de aislamiento

Estos se encuentran en piso por que serán utilizados debido a modernización a estos se les realizan pruebas de factor de potencia y resistencia de aislamiento obteniendo resultados favorables para su puesta en servicio.



Figura 6.6 Equipo de prueba M4000



Figura 6.7 Conexión de prueba de factor de potencia a TC's



Figura 6.8 realizando prueba de resistencia de aislamiento

Se anexan formatos de prueba en donde se plasman los valores obtenidos en las mismas, cabe mencionar que cada uno de los formatos utilizados trae valores aceptables y no aceptable, los cuales salen de los manuales de prueba de CFE.

EQUIPO DE MEDICIÓN UTILIZADO		Modelo: <u>M4100</u>	Fecha Calibración: _____	Lluvia	Falla:
		Marca: <u>Fluke</u>	Fecha Vencimiento: _____		
		No. Serie: <u>71121078</u>	No. Inv. EIMP: _____		

ϕC lado Bus I

Fecha última prueba: _____

PRUEBA	Conexiones para prueba			Procedimiento de Prueba				% Factor de Potencia			Factor de Corrección			Condiciones de Aislamiento (En Buena o Mala In-Insulator)
	Desarrollado Energizado	Desarrollado a tierra	Desarrollado a guanta	Modo	kV	Lectura de Medición	Multiplicador	Watts	Modo	Corr. A 20°C	P.S. 20°C	Última 20°C	Aislamiento Probado	
1	P ₁ -P ₂	S ₁ -S ₂ -S ₃	—	Ground	10	4.02		0.101	0.144				C ₀	1080
2	S ₁ -S ₂ -S ₃	P ₁ -P ₂	—	Ground	0.5	8.45		0.163	0.193				C ₀	2252
Transformador de Corriente con dos módulos (módulo superior)														
1	P ₁ -P ₂	S ₁ -S ₂	—	Ground									C ₀	
2	S ₁ -S ₂	P ₁ -P ₂	—	Ground									C ₀	
Transformador de Corriente con dos módulos (módulo inferior)														
1	P ₁ -P ₂	S ₁ -S ₂	—	Ground									C ₀	
2	S ₁ -S ₂	P ₁ -P ₂	—	Ground									C ₀	
Prueba a aceite														
Transformador de corriente Factor de potencia a 20°C Excelente ≤ 0.5% Límite ≤ 1.0%														
Observaciones: _____														
Realizó: <u>Angel De la Torre B y</u>														
Aprobó: <u>[Firma]</u>														

Condiciones del equipo:
Satisfactorio ☒
No Satisfactorio ☐

Datos obtenidos en la prueba de Factor de Potencia, teniendo en cuenta que los resultados obtenidos con respecto a la normativa de CFE podemos concluir que las pruebas son satisfactorias.

kV Nom. <u>85 kV</u>	Año puesta en serv.: _____	1/2 nublado	P.S.
		Lluvia	Falla:

Equipo de Medición Utilizado

Modelo: 51554/2 Fecha Calibración: _____

Marca: Megger Fecha Vencimiento: _____

No. Serie: 091109/1021 No Inv. EIMP: _____

Fecha de la última medición: _____

Prueba	Conexiones de prueba				Mide	Lectura	Factor de Corrección a 20°C	Corregida a 20°C	Megohms	
	L	G	T	Volts de Prueba					Anterior	Actual
FASE A										
1	P ₁ -P ₂	Porcelana	S ₁ -S ₂	2500	R ₀ +R _{0C}	3364				
2	S ₁ -S ₂	-----	P ₁ -P ₂	500	R _{SC}	1776				
FASE B										
1	P ₁ -P ₂	Porcelana	S ₁ -S ₂	2500	R ₀ +R _{0C}	3350				
2	S ₁ -S ₂	-----	P ₁ -P ₂	500	R _{SC}	1776				
FASE C										
1	P ₁ -P ₂	Porcelana	S ₁ -S ₂	2500	R ₀ +R _{0C}	14030				
2	S ₁ -S ₂	-----	P ₁ -P ₂	500	R _{SC}	2756				
Observaciones: <u>Ver lado Bus</u> <u>TC de</u> <u>TC de</u> <u>TC de</u>										
Condiciones del equipo: Satisfactorio ☒ No Satisfactorio ☐										
Realizó: <u>Angel De la Torre B y</u>										
Aprobó: <u>[Firma]</u>										

Datos obtenidos en la prueba de Resistencia de Aislamiento, teniendo en cuenta que los resultados obtenidos con respecto a la normativa de CFE podemos concluir que las pruebas son satisfactorias.

6.1.2.2 transformadores de potencial

Se realizan pruebas a transformadores de potencial ubicados en subestación Cartagena atendida por la zona de transmisión valle de México norte.

Los TP'S a probar ya se encontraban en servicio en otra subestación eléctrica de potencia; por una emergencia, fueron trasladados a S.E. CARTAGENA para su energización.

Derivado al traslado de dichos equipos, como estos sufren movimientos dentro del mismo traslado, lo cual lo recomendable es realizar pruebas eléctricas nuevamente para saber su estado actual y así corroborar el buen estado de los equipos.

Nota: este procedimiento se aplica a todo equipo eléctrico primario que se traslade del almacén u subestación a otra ubicación diferente ya sea para puesta en servicio o reubicación,

Las pruebas realizadas a estos son factor de potencia y resistencia de aislamiento.



Figura 6.9 Realizando prueba de factor de potencia a TP's

Por los pequeños tiempos que se tenían en este trabajo en campo, solo se realizaron pruebas de factor de potencia a los tres TP'S., dando resultados satisfactorios para su puesta en servicio.

Se anexan formatos de prueba en donde se plasman los valores obtenidos en las mismas, cabe mencionar que cada uno de los formatos utilizados trae valores aceptables y no aceptables, los cuales salen de los manuales de prueba de CFE.

6.1.3 Interruptores de potencia

Se realiza pruebas a interruptores de módulo MetalClad de S.E. COFRADIA II, esto suscitado a su reubicación por modernización de la misma.

Se le realizaron todas sus pruebas obteniendo resultados satisfactorios para su energización.



Figura 6.10 Realizando prueba de factor de potencia a interruptor de 23 KV's



Figura 6.11 Realizando prueba de resistencia de contactos a interruptor de 23 KV's



Figura 6.12 Realizando prueba de resistencia de aislamiento a interruptor de 23 KV's

Se anexan formatos de prueba en donde se plasman los valores obtenidos en las mismas, cabe mencionar que cada uno de los formatos utilizados trae valores aceptables y no aceptables, los cuales salen de los manuales de prueba de CFE.

MARCA	SIGAMEUS	TPO	3AH3004-2	Nº SERIE	BI/2483	MECANISMO	Resorte
NO. NDA	24	AMP. NOM.	1250	CAPACIDAD INT.	25 KA	MEC. EXT.	Vario
TEMP. AMB.	23 °C	FECHA PUESTA EN SERV.		FECHA ULTIMA PRUEBA			
TEMP. NOM. DE INTERFERENCIA	60 °C	RESISTENCIAS DE INERCIÓN SI	NO	X	APERTURA		
Nº OPERACIONES	ANTERIOR	ACTUAL	568	DIFERENCIA		OP. DESDE ULTIMO MANITO. COMPLETO	
EQUIPO DE PRUEBA	MARCA	VALGUARD	TPO	CT-7500	Nº DE SERIE	77121	
FECHA ELABORACIÓN		FECHA VERIFICACIÓN		Nº INI. EMP.			

CONCEPTO	TIEMPO MEDIDO (ms)	MEDIDO EN FASE (ms)			OBSERVACIONES
		A	B	C	
TIEMPO DE APERTURA		45.7	45.9	45.85	Alcance 71.0 a 79.7 Ø 8.39 Ø 6.794
TIEMPO DE CIERRE		85.7	85.4	85.5	A = 0.15
LINEALIDAD ENTRE FASES		0.25	0.35	0.25	
ΔT ENTRE FASES A Y ULTIMA FASE		0.30	0.30	0.30	
TIEMPO CIERRE-APERTURA		144.6	141.8	141.8	

FASE	DIFERENCIA MÁXIMA APERTURA (ms)		DIFERENCIA MÁXIMA CIERRE (ms)		OBSERVACIONES
	A	B	A	B	
A					
B					
C					

FASE	EN APERTURA (ms)						EN CIERRE (ms)					
	MODULO 1		MODULO 2		MODULO 3		MODULO 1		MODULO 2		MODULO 3	
	C-1	C-2	C-1	C-2	C-1	C-2	C-1	C-2	C-1	C-2	C-1	C-2
A												
B												
C												

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	Satisfactorios	OBSERVACIONES	
APROBADO POR	Paul Palma	REVISADO POR	

Datos obtenidos en la prueba de Tiempos de Operación, teniendo en cuenta que los resultados obtenidos con respecto a la normativa de CFE podemos concluir que las pruebas son satisfactorias.

MARCA	SIGAMEUS	TPO	3AH3004-2	Nº SERIE	BI/3483	MECANISMO	Resorte
NO. NDA	24	AMP. NOM.	1250	CAPACIDAD INT.	25 KA	MEC. EXT.	Vario
TEMP. AMB.	24 °C	FECHA PUESTA EN SERV.		FECHA ULTIMA PRUEBA			
Nº OPERACIONES	ANTERIOR	ACTUAL	568	DIFERENCIA		OP. DESDE ULTIMO MANITO. COMPLETO	
EQUIPO DE PRUEBA	MARCA	MEGGER	TPO	DURO 200-115	Nº DE SERIE	10107769	

MIDE	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA								
	FASE A			FASE B			FASE C		
	LECTURA	K	μΩ	LECTURA	K	μΩ	LECTURA	K	μΩ
1-2	24.1		X						
3-4				24.7		X			
5-6							25.1		X

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	Satisfactorios	OBSERVACIONES	
APROBADO POR	Paul Palma	REVISADO POR	

Datos obtenidos en la prueba de Resistencia de Resistencia de contactos, teniendo en cuenta que los resultados obtenidos con respecto a la normativa de CFE podemos concluir que las pruebas son satisfactorias.

MARCA SIEMENS TPO JAH3264-2 No. SERIE BI/3483 MECANISMO Resorte
 KV NOM. 24 AMP. NOM. 1.50 CAPACIDAD INT. 25K MEDIO EXT. 40010
 TEMP. AMB. 23 °C %HR. _____ FECHA PUESTA EN SERV. _____ FECHA ULTIMA PRUEBA _____
 No. OPERACIONES: ANTERIOR _____ ACTUAL 568 DIFERENCIA _____ OP. DESDE ULTIMO MANTO. COMPLETO _____
 EQUIPO DE PRUEBA: MARCA _____ TPO _____ No. DE SERIE _____
 FECHA CALIBRACION: _____ FECHA VENCIMIENTO: _____ No. INV. EMP: _____

C B A
 8 4 2
 5 3 1
 MEC

1 2
 A
 MEC

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA													
POBIC.	KV	MIDE	EQUIPO			MILIVOLTAMPER			MILIWATTS			% F.P.	
			HV	LV	SEL	LECT	MULT	MVA o MA	LECT	MULT	MVA o MA	A X °C	A 20 °C
EN CAMARAS	1D	1	D	GROUND	D	0.104			0.004				0.148
	2D	2	D	GROUND	D	0.111			0.002				0.175
	3D	3	D	GROUND	D	0.104			0.002				0.174
	4D	4	D	GROUND	D	0.111			0.002				0.177
	5D	5	D	GROUND	D	0.103			0.001				0.142
	6D	6	D	GROUND	D	0.111			0.001				0.164
CAMARAS	AD	A	D	GROUND	D	0.035			0.0001				0.055
	BD	B	D	GROUND	D	0.041			0.0001				0.083
	CD	C	D	GROUND	D	0.040			0.0001				0.054
CON CAMARAS	1D	1	D	GROUND	D								
	2D	2	D	GROUND	D								
	3D	3	D	GROUND	D								
	4D	4	D	GROUND	D								
	5D	5	D	GROUND	D								
	6D	6	D	GROUND	D								

INTERPRETACION DE RESULTADOS Satisfactorio OBSERVACIONES _____
 APROBADO POR Pavel Palma Jimenez REVISADO POR _____ No. REPORTE _____

Datos obtenidos en la prueba de Factor de Potencia, teniendo en cuenta que los resultados obtenidos con respecto a la normativa de CFE podemos concluir que las pruebas son satisfactorias.

8 4 2
 5 3 1
 MEC

1 2
 A
 MEC

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA											
BOQUILLAS	SERIE	KV	PRUEBA	MIDE	L	G	T	LECTURA	K	M D	
										ANTERIOR	ACTUAL
A B B	SN		CAMARAS	1D	1	D		1.67 TΩ			
				2D	2	D		58.7 GΩ			
				3D	3	D		15.9 TΩ			
				4D	4	D		48.6 GΩ			
				5D	5	D		1.73 TΩ			
				6D	6	D		85.4 GΩ			
C O N	CAMARAS		1D	1	D						
			2D	2	D						
			3D	3	D						
			4D	4	D						
			5D	5	D						
			6D	6	D						
C O N	CAMARAS		1.2	1.2	D		563 GΩ				
			3.4	3.4	D		556 GΩ				
			5.6	5.6	D		742 GΩ				
			12A	12	D						
			3.4B	3.4	D						
			5.6C	5.6	D						
C A M A R A S		A	A	D		2.56 TΩ					
		B	B	D		2.11 TΩ					
		C	C	D		14.49 TΩ					

INTERPRETACION DE RESULTADOS Satisfactorio OBSERVACIONES _____
 APROBADO POR Pavel Palma Jimenez REVISADO POR _____ No. REPORTE _____

Datos obtenidos en la prueba de Resistencia de Aislamiento, teniendo en cuenta que los resultados obtenidos con respecto a la normativa de CFE podemos concluir que las pruebas son satisfactorias.

6.2 MANTENIMIENTO MENOR A BANCOS DE BATERIAS.

El mantenimiento a bancos de baterías es un trabajo que se realiza mensualmente dentro del programa de mantenimiento de CFE, esto derivado a que es de vital importancia ante la ausencia de energía de CA por alguna contingencia en la que los servicios propios de la subestación tuviesen una afectación. Esto quiere decir que los relevadores de protección están energizados por energía CD, por lo que, si en algún momento estos se quedaran sin suministro de energía, estos no podrían operar si se detectara una falla en el equipo ocasionando enormes daños a los equipos donde se genera la falla y así mismo a los equipos aledaños de la instalación.

S.E. Vallejo; los trabajos realizados son:

- a) Limpieza del cuarto de baterías, así mismo las propias celdas
- b) Reapriete a tornillería entre polos del banco de baterías
- c) Medición de densidad de electrolito de cada una de las baterías
- d) Medición de voltaje en cada una de las baterías



Figura 6.13 Revisión de niveles de electrolito



Figura 6.14 Cuarto de baterías limpio

MARCA <u>CSB</u>	TIPO <u>AGM / PL040</u>	Nº. DE CELDAS <u>60</u>	TEMPERATURA MÁXIMA <u>28.0</u>
CAPACIDAD <u>360</u> A.H.	EQUIPO <u>II</u>	VOLTS TOTALES <u>132.6</u>	TEMPERATURA MÍNIMA <u>27.3</u>
EQUIPO DE PRUEBA		MARCA <u>FAKE / Ahlabatter</u>	TIPO <u>87 / 04A35</u>
FECHA CALIBRACIÓN <u>—</u>		FECHA VENCIMIENTO <u>—</u>	Nº. SERIE <u>18672415</u>
Nº. INV. EIMP <u>—</u>			

ESTADO DE LAS CELDAS									
Nº.	DENSIDAD	VOLTS	TEMPERATURA	DENSIDAD A 25 °C	Nº.	DENSIDAD	VOLTS	TEMPERATURA	DENSIDAD A 25 °C
1	1210	2.21	27.3	1211	31	1208	2.21	27.3	1209
2	1216	2.21	27.6	1217	32	1214	2.21	27.5	1215
3	1217	2.21	27.6	1214	33	1216	2.21	27.5	1217
4	1208	2.21	27.7	1209	34	1210	2.20	27.6	1210
5	1216	2.21	27.7	1217	35	1211	2.20	27.6	1212
6	1210	2.21	27.7	1211	36	1204	2.17	27.6	1205
7	1217	2.21	27.7	1217	37	1212	2.20	27.6	1217
8	1216	2.21	27.7	1217	38	1214	2.21	27.6	1215
9	1187	2.20	27.7	1188	39	1212	2.20	27.7	1213
10	1216	2.21	27.8	1217	40	1212	2.21	27.7	1213
11	1211	2.21	27.8	1212	41	1212	2.21	27.7	1213
12	1212	2.21	27.8	1218	42	1211	2.21	27.7	1212
13	1217	2.21	27.9	1218	43	1210	2.20	27.7	1211
14	1167	2.20	27.9	1264	44	1207	2.20	27.7	1204
15	1219	2.21	27.9	1220	45	1210	2.21	27.7	1211
16	1214	2.20	28.0	1223	46	1214	2.20	27.7	1215
17	1198	2.17	28.0	1194	47	1216	2.20	27.7	1217
18	1151	2.20	28.0	1253	48	1216	2.20	27.8	1217
19	1151	2.20	28.0	1217	49	1210	2.22	27.6	1211
20	1216	2.21	28.0	1218	50	1218	2.21	27.6	1214
21	1211	2.20	28.0	1217	51	1211	2.21	27.6	1212
22	1211	2.20	27.9	1217	52	1217	2.20	27.6	1218
23	1212	2.21	27.9	1213	53	1220	2.21	27.5	1221
24	1207	2.21	27.8	1208	54	1215	2.21	27.6	1216
25	1210	2.20	27.9	1211	55	1211	2.21	27.6	1212
26	1210	2.21	27.9	1211	56	1212	2.21	27.6	1213
27	1210	2.21	27.8	1211	57	1211	2.20	27.6	1212
28	1210	2.21	27.7	1211	58	1214	2.21	27.6	1215
29	1212	2.21	27.7	1213	59	1210	2.21	27.5	1211
30	1217	2.21	27.8	1214	60	1210	2.21	27.7	1211

OBSERVACIONES _____

Probó JAP CAH Revisó _____ PÁGINA 1 DE 2

Los datos obtenidos en las mediciones de electrolito y voltajes con respecto a la normativa de CFE podemos concluir que las pruebas son satisfactorias.

S.E. Ceilán; los trabajos realizados son:

- a) Limpieza del cuarto de baterías, así mismo las propias celdas
- b) Reapriete a tornillería entre polos del banco de baterías
- c) Medición de densidad de electrolito de cada una de las baterías
- d) Medición de voltaje en cada una de las baterías



Figura 6.15 banco de baterías de S.E. CEILAN



Figura 6.16 banco de baterías de S.E. CEILAN

MARCA <u>ESB</u>	TIPO <u>AC100 / PLOMO</u>	No. DE CELDAS <u>60</u>	TEMPERATURA MAXIMA <u>27.1</u>
CAPACIDAD <u>360</u> A.H.	EQUIPO <u>I</u>	VOLTS TOTALES <u>125.2</u>	TEMPERATURA MINIMA <u>26.8</u>
EQUIPO DE PRUEBA	MARCA <u>FUDKE / Antea Pacer</u>	TIPO <u>82 / DHA 35</u>	No. SERIE <u>80672425</u>
	FECHA CALIBRACION <u>-</u>	FECHA VENCIMIENTO <u>-</u>	No. INV. EIMP

ESTADO DE LAS CELDAS									
No.	DENSIDAD	VOLTS	TEMPERATURA	DENSIDAD A 25 °C	No.	DENSIDAD	VOLTS	TEMPERATURA	DENSIDAD A 25 °C
1	1190	2.10	26.8	1190	31	1175	2.10	27.0	1176
2	1153	2.08	26.9	1153	32	1145	2.07	27.0	1146
3	1151	2.08	27.0	1152	33	1163	2.09	27.0	1164
4	1159	2.09	27.0	1160	34	1172	2.05	27.0	1174
5	1159	2.08	27.0	1160	35	1155	2.08	27.0	1156
6	1152	2.07	27.0	1153	36	1128	2.07	27.0	1129
7	1145	2.08	27.0	1146	37	1157	2.08	27.0	1158
8	1167	2.09	27.0	1168	38	1157	2.09	27.0	1158
9	1167	2.08	26.9	1164	39	1142	2.06	27.0	1143
10	1156	2.08	27.0	1157	40	1162	2.09	26.9	1163
11	1167	2.08	27.0	1163	41	1173	2.07	26.8	1174
12	1172	2.09	27.0	1173	42	1144	2.07	26.9	1145
13	1197	2.11	26.9	1194	43	1145	2.07	27.0	1146
14	1146	2.08	26.9	1147	44	1134	2.06	27.0	1135
15	1157	2.08	27.0	1158	45	1161	2.09	27.0	1162
16	1157	2.09	26.9	1158	46	1156	2.08	27.0	1157
17	1129	2.07	26.9	1120	47	1143	2.07	27.0	1144
18	1165	2.09	26.9	1166	48	1156	2.08	27.0	1157
19	1156	2.08	26.9	1157	49	1143	2.07	27.0	1144
20	1187	2.10	26.8	1184	50	1143	2.08	27.0	1148
21	1169	2.09	26.8	1170	51	1144	2.08	27.0	1145
22	1162	2.08	26.9	1163	52	1183	2.10	27.0	1184
23	1107	2.05	27.0	1108	53	1171	2.09	27.0	1172
24	1162	2.09	27.0	1163	54	1167	2.09	27.0	1168
25	1149	2.08	27.0	1150	55	1163	2.09	27.0	1164
26	1164	2.09	27.0	1165	56	1195	2.10	27.0	1196
27	1108	2.07	27.0	1109	57	1198	2.10	27.0	1199
28	1156	2.09	27.0	1157	58	1147	2.08	27.1	1147
29	1178	2.06	27.0	1179	59	1152	2.07	27.0	1153
30	1142	2.07	27.0	1143	60	1160	2.09	26.9	1161

OBSERVACIONES Baterías agrietadas, filtros rotos

Probó JAP CRH Quintanilla Revisó _____ PAGINA 1 DE 2

Los datos obtenidos en las mediciones de electrolito y voltajes con respecto a la normativa de CFE podemos concluir que las pruebas son satisfactorias.

6.3 INSPECCIONES VISUALES.

La inspección visual es una herramienta y/o mecanismo que nos permite la toma de decisiones para llevar a cabo acciones, siendo una de ellas la misma.

Esta nos ofrece periódicamente un panorama general del estado de las subestaciones con el propósito de programar con oportunidad la corrección de fallas potenciales, para mantener la confiabilidad, conservación y seguridad de la instalación.

Como tal se realizaron inspecciones visuales a las subestaciones de Vallejo, Ceilán y Victoria.

Estas inspecciones involucran los estados de los equipos como lo son:

- Toma de presiones de gas SF6 a interruptores de potencia
- Toma de condición del resorte de interruptores de potencia
- Niveles de aceite de tanque conservador de aceite de cada uno de los transformadores instalados en la subestación
- Estado de silica gel en transformadores
- Presión de nitrógeno en transformadores
- Verificación de temperatura mínima y máxima de los transformadores
- Revisión de funcionamiento de resistencias de calefacción en cada uno de los equipos; interruptor, cuchillas y tableros de control.

Como su nombre lo especifica es una inspección visual, es recomendable que si se encuentra alguna anomalía en alguno de los equipos esta se reporte, para que pueda fincarse una licencia para su corrección.

SUBDIRECCIÓN DE TRANSMISIÓN INSPECCIÓN A SUBESTACIONES										S.E. VALLEJO		Temp. Amb.						
TRANSFORMADORES, AUTOTRANSFORMADORES Y REACTORES																		
EQUIPO Y NOMENCLATURA	MARCA	CONEXIÓN	RELACION DE TRANSFORMACIÓN	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Temperatura de Aceite °C		Temperatura de Nitrógeno °C	Estado	Niveles de Aceite			Calificación	Cambios de Nivel	Estado Silica Gel	Observaciones			
					Actual	Máxima			Actual	Máxima	Placas					Tanque principal	Tanque conservador	
T1 DA	DEM	YD	230 / 85 kV	FOA	62	65	60	63	OK	OK	N/A	OK	OK	-	OK	N/A	N/A	N/A
T1 DB	DEM	YD	230 / 85 kV	FOA	62	65	60	65	OK	OK	N/A	OK	OK	-	OK	N/A	N/A	N/A
T1 DC	DEM	YD	230 / 85 kV	FOA	FUERA DE SERVICIO													
T1.2.3 R	DEM	YD	230 / 85 kV	FOA	45	55	43	53	OK	OK	N/A	OK	OK	-	OK	N/A	N/A	N/A
T2 DA	DEM	YD	230 / 85 kV	FOA	60	62	60	65	OK	OK	N/A	OK	OK	-	OK	N/A	N/A	N/A
T2 DB	GE	YD	230 / 85 kV	FOA	60	60			OK	ALTO	N/A	OK	OK	-	OK	N/A	N/A	N/A
T2 DC	GE	YD	230 / 85 kV	FOA	20	50			OK	ALTO	N/A	OK	OK	-	OK	N/A	N/A	N/A
T3 DA	GE	YD	230 / 85 kV	FOA	50	55	40	50	OK	OK	N/A	OK	OK	-	OK	N/A	N/A	N/A
T3 DB	GE	YD	230 / 85 kV	FOA	52	56	42	50	OK	OK	N/A	OK	OK	-	OK	N/A	N/A	N/A
T3 DC	GE	YD	230 / 85 kV	FOA	50	50	45	55	OK	OK	N/A	OK	OK	-	OK	N/A	N/A	N/A
T10					42	52	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	OK	OK	-	N/A	N/A	N/A	N/A
T20					38	46	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	OK	OK	-	N/A	N/A	N/A	N/A
TSP1					N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
TSP2					N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Banco de baterías y cargadores																		
Baterías de 12V y 150V		Licencia		Cargador		Banco		Ventilación		Observaciones:								
12V VCD I		12V VCD II		12V VCD III		12V VCD IV		12V VCD V		Observaciones:								
12V VCD I		12V VCD II		12V VCD III		12V VCD IV		12V VCD V		Observaciones:								
Unidad Auxiliar																		
Planta Auxiliar de Emergencia		Licencia		Cargador		Banco		Ventilación		Observaciones:								
Planta Auxiliar de Emergencia		Licencia		Cargador		Banco		Ventilación		Observaciones:								

Comisión Federal de Electricidad

GERENCIA REGIONAL DE TRANSMISION
ZONA DE TRANSMISION METROPOLITANA
SECTOR NORTE

S.E. VALLEJO

NOMENCLATURA	Presión de SF6	Presión del aire	Presión del aceite	Condición de resorte	No. Operaciones	Nivel de aceite		Resistencias Calefactoras								Observaciones		
						Interruptor	TP's	TC's	Ap's	RT	TC's	DP's TP's	Cuch. Bar 1	Cuch. Bar 2	Cuch. Bar 3		Cuch. T y/o R	Cuch. Línea
93J10	6.3	N/A	N/A	Correcto	814		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	X	OK				Falta Redundantes
	6.3			Correcto	816		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
	6.3			Correcto	818		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
98410	6.2	N/A	N/A	Correcto	1276		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	X	X				Falta Redundantes
	6.3			Correcto	1266		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
	6.2			Correcto	1236		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
92040	6.6	N/A	N/A	Correcto	827		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						Falta Redundantes
	6.3			Correcto	953		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
	6.6			Correcto	1068		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	✓	X				Falta Redundantes
92050	7.5	N/A	N/A	Correcto	4115		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						Falta Redundantes
	7.6			Correcto	446		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
	7.6			Correcto	446		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	✓	X				Falta Redundantes
98520	6.5	N/A	N/A	Correcto	1332		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	X	X				Falta Redundantes
	6.4			Correcto	1345		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
	6.3			Correcto	1313		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
93J20	6.5	N/A	N/A	Correcto	338		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	X	X				Falta Redundantes
	6.5			Correcto			✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
	6.5			Correcto			✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
92030	6.3	N/A	N/A	Correcto	1157		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	X	X				Falta Redundantes
	6.3			Correcto	1135		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
	6.2			Correcto	1164		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
98630	7.7	N/A	N/A	Correcto	820		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						Falta Redundantes
	7.6			Correcto	402		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	✓	✓				
	7.4			Correcto	346		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
92060	6.6	N/A	N/A	Correcto	408		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	✓	✓				Falta Redundantes
	6.6			Correcto	413		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
	6.5			Correcto	415		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
92010	7.6	N/A	N/A	Correcto	345		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	X	X				Falta Redundantes
	7.7			Correcto	345		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
	7.6			Correcto	345		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
98120	6.6	N/A	N/A	Correcto	1084		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	X	X				Falta Redundantes
	6.6			Correcto	1087		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
	6.6			Correcto	1072		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
92020	6.6	N/A	N/A	Correcto	632		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	X	X				Falta Redundantes
	6.1			Correcto	628		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
	6.3			Correcto	626		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
90J00	6.4	N/A	N/A	Correcto	954		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						Falta Redundantes
	6.1			Correcto	964		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
	6.4			Correcto	500		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
93J00	6.2	N/A	N/A	Correcto	422		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						Falta Redundantes
	6.4			Correcto	421		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						
	6.2			Correcto	421		✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A						

Realizó:

AGH 4mclp
JAP 9302P

Revisó: A. L. de TP' de Bgl y Bus 2 OK

Vo Bo.

Realizó: AGH 4444
JAP 9302P

Revisó: Archivo de TP' de AgL y Bus 2 OK

Comisión Federal de Electricidad		GERENCIA REGIONAL DE TRANSMISION CENTRAL ZONA DE TRANSMISION VALLE DE MEXICO NORTE SECTOR CUAUHUILAN										S.E. VALLEJO							
NOMENCLATURA	Φ	Presión de SF6	Presión del aire	Presión del aceite	Condición de resorte Cargado / Descarg.	No. Operaciones Interruptor	Nivel de aceite		No Operaciones	Resistencias Calefactoras							Observaciones		
		Bars	Bars	Bars			DP's TP's	TC's	Ap's	RT	TC's	DP's TP's	Cuch. Bar 1	Cuch. Bar 2	Cuch. Bar 3	Cuch. T y/o R		Cuch. Línea	
73J50	a	6.2	-	-	OK	508	/	OK	/	OK				OK				OK	R
	b						/	OK	/										C
	c						/	OK	/										
73J40	a	6.0	-	-	OK	271	/	OK	/	OK				OK				OK	R
	b						/	OK	/										C
	c						/	OK	/										
72030	a	6.8	-	-	OK	1156	/	OK	/	OK									R
	b						/	OK	/										C
	c						/	OK	/										
78630	a	6.8	-	-	OK	398	/	OK	/	OK			N/F	P/F					R
	b						/	OK	/										C
	c						/	OK	/										
73J60	a	6.8	-	-	OK	293	/	OK	/	OK			OK					4/F	R
	b						/	OK	/										C
	c						/	OK	/										
72020	a	6.8	-	-	OK	454	/	OK	/	OK			OK		OK				R
	b						/	OK	/										C
	c						/	OK	/										
72010	a	6.4	-	-	OK	710	/	OK	/	OK			OK		OK				R
	b						/	OK	/										C
	c						/	OK	/										
78150	a	6.0	-	-	OK	690	/		/										R
	b						/		/										C
	c						/		/										
79240	a	6.0	-	-	OK	408	/	OK	/	OK			OK	OK					R
	b						/	OK	/										C
	c						/	OK	/										

Realizó: CMH

Revisó: [Firma]

Vo. Bo.

SUBDIRECCIÓN DE TRANSMISIÓN INSPECCIÓN A SUBESTACIONES														
TRANSFORMADORES, AUTOTRANSFORMADORES Y REACTORES														
EQUIPO NÚMERO	MARCA	CONEXIÓN	RELACION DE TRANSFORMACIONES	SISTEMA DE CONEXIONADO	Temperatura de Aceite °C		Temperatura de Cables °C		Estado	Niveles de Aceite				
					Actual	Máxima	Actual	Máxima		Fuente	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente
T4	GE	Y/D	250/115/115 Y/D	FDA	36	42	38	34	OK	OK	OK	OK	OK	OK
T5	SEM	Y/D	250/115/115 Y/D	FDA	45	50	50	60	OK	OK	OK	OK	OK	OK
T6	SEM	Y/D	250/115/115 Y/D	FDA	25	35	29.5	-	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Realizó: *CAH*

Revisó: *[Firma]*

T04 => Revisión Silica gel
AUTOMÁTICO EUEF.
Fuga valvulas
Regulador de Voltaje AUT.

T05 => Guardamotor cambiador en puente
AUTOMÁTICO EUEF.

T06 => Regulador de Voltaje Manual
MANUAL EUEF.

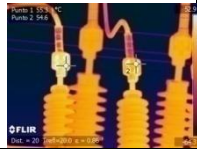
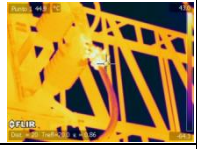
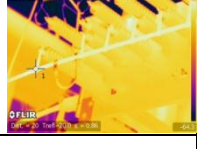
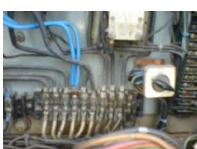
T01 ΦB => FOA AUTOMÁTICO
- Revisión silica gel
- Bomba II desconectada.
- Revisión FOA por estar dentro
sin temp. requerida.
ΦA - FOA AUTOMÁTICO
Fugas varias
hR - TOA AUT.

T02 ΦC => Gpo I, 1 vent. fuera
Bomba I fuera
FOA MANUAL
Gpo II, 2 ventiladores fuera
ΦB => Gpo I, 2 vent. fuera
- Termico Gpo II fuera (Revisión)
- INERTIAIRE FUERA POR FUGA
- FOA ANUAL
ΦA => Gpo I, 1 vent. fuera
- FOA AUT.

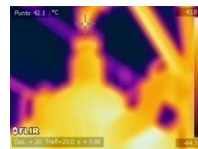
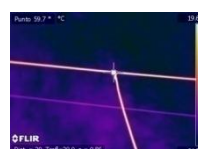
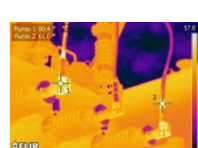
T03 ΦC => FOA AUT.
ΦB => FOA AUT.
ΦA => Bob. cables desconectados
- FOA AUT.

SUBDIRECCIÓN DE TRANSMISIÓN GERENCIA REGIONAL DE TRANSMISIÓN CENTRAL JORNAL DE TRANSFORMADORES Y REACTORES														
NÚMERO	MARCA	CONEXIÓN	RELACION DE TRANSFORMACIONES	SISTEMA DE CONEXIONADO	Temperatura de Aceite °C		Temperatura de Cables °C		Estado	Niveles de Aceite				
					Actual	Máxima	Actual	Máxima		Fuente	Fuente	Fuente	Fuente	Fuente
50010														
50010														
50020														
50030														
50040														
50050														
50060														
50070														
50080														
50090														
50100														
50110														
50120														
50130														
50140														
50150														
50160														
50170														
50180														
50190														
50200														
50210														
50220														
50230														
50240														
50250														
50260														
50270														
50280														
50290														
50300														
50310														
50320														
50330														
50340														
50350														
50360														
50370														
50380														
50390														
50400														

6.4 TERMOGRAFIA.

S.E	TENSION [Kv]	EQUIPO	TEMP. [°C]	OBSERVACIONES	IMÁGENES
VAJ VALLEJO	23	Interruptor 52-VAJ-21	54.6	Entrada fase B	 
	23	Interruptor 52-VAJ-22	38.9	Entrada fase C	 
	23	Interruptor 52-VAJ-22	44.9	Entrada fase A	 
	23	Banco de capacitores 92BK21	50.7	Fusible 20 de fase C	 
	23	Banco de capacitores 92BK21	65.2	Fusible 22 de fase C	 
	23	Banco de capacitores 52 K 23	50.9	Barra de fusibles del 1 al 14 fase A	 
	0.22	Gabinete de control de T221B	51.2	Fase B del termomagnético motoventiladores grupo 3	 
	0.22	Gabinete de control de T221B	54.3	Salida de fases A, B y C del termomagnético motoventiladores grupo 3	 
	0.22	Gabinete de control de T221B	48.1	Tablilla. Salida de grupo 3	 

Se realizó termografía en la sujeción VALLEJO, se encontraron diversos puntos caliente no muy elevados pero los cuales se deben de empezar a ir atacando para k no se hagan más graves.

S.E	TENSION [Kv]	EQUIPO	TEMP. [°C]	OBSERVACIONES	IMÁGENES	
VAJ VALLEJO	230/85	TII T28C	42	Zapata de conexión al H0		
	230	Conector de cable entre cuchillas 93J13 y 98512	43.3	Puente que conecta cuchillas en fase C		
	230	Conector de cable entre cuchillas 93J13 y 98512	59.7	Puente que conecta a línea en fase C, parte superior		
	230/23	Transformador T221A	60.4	Terminal de boquilla del secundario fase C		
	230/23	Transformador T221A	61	Terminal de boquilla del secundario fase A		
	23	TC de 23 Kv de salida T221A	61.9	Fase C		
	23	TC de 23 Kv de salida T221A	62.7	Fase B		
	23	TC de 23 Kv de salida T221A	62.6	Fase A		
	23	Cuchilla de 23 Kv y T221A	42.9	Zapata del puente que une cuchilla de 23 Kv y transformador en fase A		

6.5 MANTENIMIENTO MAYOR A TRANSFORMADORES DE POTENCIA.

Se realiza mantenimiento mayor a transformador T-82 de S.E. Victoria para cambio de empaques por fuga.

En el mantenimiento que se llevara a cabo es correctivo derivado a que se tiene una fuga constante de aceite dieléctrico.

Por lo consiguiente se tuvieron que realizar los siguientes trabajos:

- a) Desconexión a la red eléctrica dentro de la subestación
- b) Retiro de aceite dieléctrico en bolsa tipo PILOT 40000 Lt.
- c) Retiro de accesorios (Tanque conservador, Válvula de Sobre presión y Relevador Buchholz)
- d) Desmontaje de boquillas Alta y Baja tensión
- e) Retiro de tapa transformador
- f) Retiro de empaque NITRILO dañado
- g) Elaboración de empaque NITRILO nuevo
- h) Inspección visual a interior del transformador
- i) Colocación de empaque NITRILO
- j) Colocación de tapa principal transformador
- k) Instalación de boquillas Alta y Baja tensión
- l) Instalación de accesorios (Tanque conservador, Válvula de Sobre presión y Relevador Buchholz)
- m) Introducción de gas inerte (NITROGENO) a 5 lb/Pulg² para prueba hermética
- n) Liberación de gas inerte (NITROGENO)
- o) Llenado de aceite dielectrico
- p) Purgado de accesorios (Válvula de Sobre Presión y Relevador Buchholz)
- q) Conexión a la red eléctrica dentro de la subestación

De igual manera se ilustran con imágenes algunos de los pasos que se llevaron a cabo en este mantenimiento correctivo al transformador de tierras VIC T-82.

El trabajo realizado nos deja gran experiencia tanto en visualizar los componentes internos de un transformador (vista de los devanados y núcleo), así como su estructura (soportes de baquelita, revestimiento de papel, cartón, cinta de algodón y tornillería de material plástico).

De igual manera visualizamos las maniobras necesarias para los mismos dado a que se requirió el uso de grúa articulada para llevar a cabo el desmontaje y montaje de las diversas partes ya antes mencionadas.



Figura 6.17 Extracción de aceite del transformador T82

Extrayendo todo el aceite aislante del transformador, se almaceno en una bolsa pilot de 40000 lts.



Figura 6.18 Maniobra para retirar tapa del transformador T82

Al ir retirando la tapa se visualizó el desprendimiento del empaque dañado, su posible fractura pudo ser ocasionada por el tiempo de servicio o los materiales utilizados en mantenimientos anteriores eran de mala calidad.



Figura 6.19 Retiro de tapa y desprendimiento de empaque dañado



Figura 6.20 Devanados del transformador T82



Figura 6.21 Transformadores tipo dona del transformador T82

Concluido el empaque principal se pasa a instalar los empaques de las boquillas.



Figura 6.22 re-empaquetamiento de boquillas

Terminando el empaquetamiento ahora se colocara el tanque conservador del transformador.



Figura 6.23 Maniobra para colocación de tanque conservador

El mantenimiento mayor al transformador T82 concluye con éxito, ahora solo queda monitorearlo para corroborar que no vaya a tener una fuga.



Figura 6.24 Maniobra para retirar grúa

6.6 MANTENIMIENTO MAYOR A MODULOS METALCLAD Y ENCAPSULADAS EN GAS SF6.

Se realiza mantenimiento mayor correctivo a módulos MetalClad S.E. CEILAN, esto a raíz de falla presentada de fase a tierra originada por la humedad generada por la época de lluvias lo cual provoca perdida en las propiedades del aislamiento de los componentes de los módulos MetalClad.

Los trabajos consisten:

- a) Cambio de pasamuros de barra
- b) Cambio de cubierta de barras por manga termo contráctil
- c) Cambio de pasamuros hacia interruptor de potencia
- d) Limpieza de módulos

Condiciones en las que se encontraron los módulos dañados



Figura 6.25 Pasamuros de interruptor dañados



Figura 6.26 Aisladores y aislante de barras dañados



Figura 6.27 Pasamuros de barras dañado

Después de haber analizado los daños se realizaron trabajos de mantenimiento correctivo los cuales consistieron en lo siguiente:

- a) Limpieza en general
- b) Retiro de barras conductoras
- c) Retiro de manga termo contráctil dañadas
- d) Limpieza de barras y modulo en general con alcohol isopropílico
- e) Colocación de manga termo contráctil para una capacidad de aislamiento para 35 Kv's
- f) Ensamble de barras y torque de tornillería galvanizada
- g) colocación de cinta anti-esfuerzos eléctrico (ANTI TRAQUIN) entre partes de acoplamiento de barras conductoras.
- h) Aplicación de barniz dieléctrico a protecciones de fibra de vidrio
- i) Cierre de módulos MetalClad



Figura 6.28 Limpieza de barras hacia interruptor de potencia



Figura 6.29 Barras con manga termo contráctil de 35 Kv's

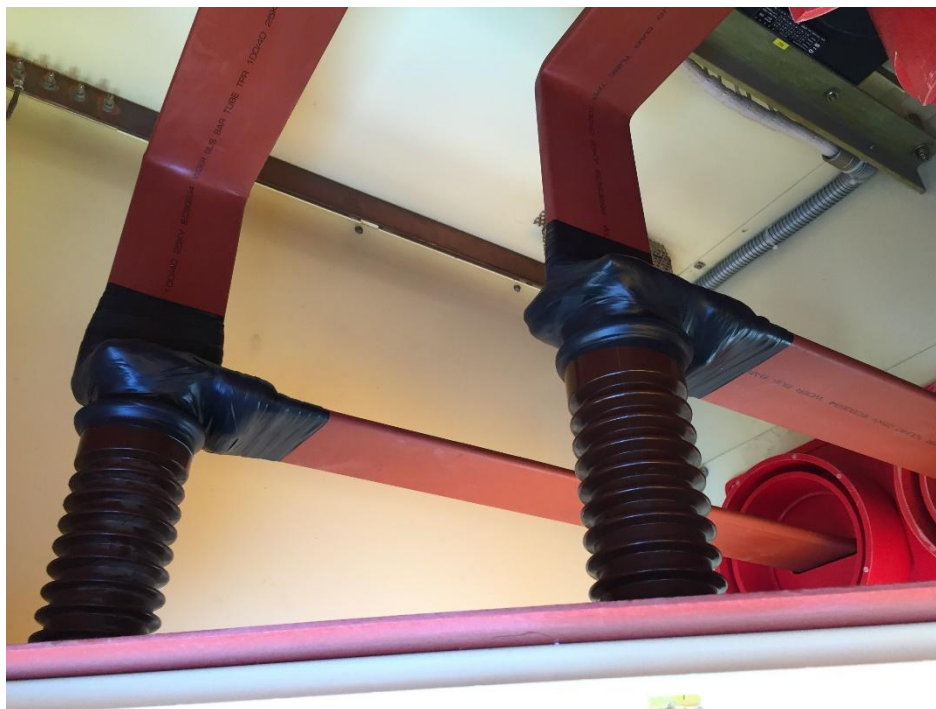


Figura 6.30 Barras con manga termo contráctil y pasamuros de barra nuevos, así como cinta anti-esfuerzos eléctricos (ANTI TRAQUIN)



Figura 6.31 Modulo MetalClad reparado

6.7 CONCLUSIONES

En este proyecto cabe mencionar la importancia del conocimiento de los equipos que se manejan dentro de una subestación eléctrica de potencia, así también el riesgo que conlleva trabajar cerca de partes energizadas.

La seguridad es primordial y es parte de nosotros.

En relación con el proyecto:

Podemos destacar que los trabajos realizados son con medida de tiempos; ya que las licencias otorgadas para trabajar sobre los equipos son de forma cortas.

El contar con un poco de conocimiento de lo que es una subestación, nos permitió aterrizar más, las cosas vistas en aulas de clase. El amplio panorama que abarca esta especialidad como lo es la energía eléctrica nos permite llenarnos más de conocimiento. Aunque los tiempos eran cortos el personal hace su propio trabajo para que estos se realicen a tiempo.

Es gratificante que todos los trabajadores hayan compartido su conocimiento y que al igual permitieran el involucramiento a trabajos de índole importante.

En base a los resultados obtenidos en la estancia queda plasmada una pequeña guía de pruebas de equipo eléctrico primario de una subestación eléctrica de potencia.

En relación personal:

En conclusión, se puede mencionar que este proyecto ayuda a reforzar los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la licenciatura debido a que se trata de una empresa de energía, está relacionada al máximo con la misma.

Se aprendió manejos de nuevos softwares, conocimiento de equipo de prueba para elementos de alta tensión.

Se adquirieron conocimientos más a detalle sobre el funcionamiento de los transformadores de potencia; así como se aprendió las diversas pruebas a cada uno de los dispositivos que conforman una subestación eléctrica de potencia.

6.8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Manual de operación y mantenimiento de subestaciones de potencia CFE
- Manual de operación y mantenimiento de transformadores de potencia CFE
- Estaciones de transformación y distribución
Enclopedia CEAC de electricidad
- Fundamentos de interrupción de la corriente alterna
Dr. Erwin Salzer
- Manual de REDOCEN CFE
- Manual de transformadores de potencia CFE

6.9 ANEXOS

6.9.1 TABLA DE VALORES PERMITIDOS PARA LAS PRUEBAS RELAIZADAS DE ACUERDO A PROCEDIMIENTOS DE CFE

EQUIPO ELECTRICO PRIMARIO	PRUEBAS QUE SE REALIZAN A ESTE EQUIPO			
INTERRUPTOR DE POTENCIA 23 KV	F.P.	R. A.	T. O.	R.C.
VALORES PERMITIDOS	MENOR A 0.5%	MAYORES A 50 MEGA HOMS	MENOR A 100 MILI SEGUNDOS	VERIFICADOS RESPECTO A DATO DE PLACA

EQUIPO ELECTRICO PRIMARIO	PRUEBAS QUE SE REALIZAN A ESTE EQUIPO			
INTERRUPTOR DE POTENCIA 85-400 KV	F.P.	R. A.	T. O.	R.C.
VALORES PERMITIDOS	MENOR A 0.5%	MAYORES A 50 MEGA HOMS	MENOR A 50 MILI SEGUNDOS	VERIFICADOS RESPECTO A DATO DE PLACA

EQUIPO ELECTRICO PRIMARIO	PRUEBAS QUE SE REALIZAN A ESTE EQUIPO	
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	F.P.	R. A.
VALORES PERMITIDOS	MENOR A 0.5%	MAYORES A 50 MEGA HOMS

EQUIPO ELECTRICO PRIMARIO	PRUEBAS QUE SE REALIZAN A ESTE EQUIPO	
BANCOS DE BATERIAS	DENSIDAD DE ELECTROLITO	VOLTAJE
VALORES PERMITIDOS	1100 A 1200 A 25°C	2.2

EQUIPO ELECTRICO PRIMARIO	PRUEBAS QUE SE REALIZAN A ESTE EQUIPO				
TRANSFORMADORES DE POTENCIA	R.T.T.	I.E.	F.P.	R.A.D.	R. D.
VALORES PERMITIDOS	DESVIACIÓN +- 10% DE LA RELACIÓN TEORIA SOBRE RELACIÓN MEDIDA	DESVIACIÓN DEL +- %10 I.E. PUESTA EN SERVICIO SOBRE LA I.E. MEDICIÓN EN PRUEBA ACTUAL	MENOR A 1.0 % PARA TRANSFORMADORES DE MAS DE 10 AÑOS Y MENORES A 0.5 PARA NUEVOS	INDICE DE POLARIDAD MAYOR A 1.5	DESVIACIÓN +- 10% SOBRE DATO DE PLACA

TERMOGRAFIA	NORMAL	PUNTO CALIENTE	PUNTO CALIENTE EMERGENTE
TEMPERATURA	MENOR A 50 °C	ENTRE 50-80 °C	MAYOR A 80 °C

F.P. = FACTOR DE POTENCIA
 R.A. = RESISTENCIA DE AISLAMIENTO
 R.C. = RESISTENCIA DE CONTACTOS
 T.O. = TIEMPOS DE OPERACIÓN
 I.E. = CORRIENTE DE EXITACIÓN
 R.T.T. = RELACIÓN DE TRASFORMACIÓN
 R.D. = REACTANCIA DE DISPERCIÓN (IMPEDANCIA)
 R.A.D. = RESISTENCIA DE AISLAMIENTO DEVANADOS