UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGÓN

"CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE PRUEBAS PARA LA PUESTA EN SERVICIO DE LOS EQUIPOS PRIMARIOS DE LA BAHÍA C8 DE 400 kV TUXPAN VAPOR"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICO

ÁREA: ELÉCTRICA ELECTRÓNICA

P R E S E N T A :

JOSÉ LUIS FLORES ARCINIEGA

ASESOR:
ING. JAVIER PÉREZ VARGAS

MÉXICO

m. 340195

2005

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TÍTULO DE LA TESIS

"CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE PRUEBAS PARA LA PUESTA EN SERVICIO DE LOS EQUIPOS PRIMARIOS DE LA BAHÍA C8 DE 400 kV TUXPAN VAPOR".

Expositor:
José Luis Flores Arciniega

Dedico el presente trabajo a:

A Dios por darme la oportunidad de llegar hasta esta etapa tan importante de mi vida.

A mis padres y hermanos por todo su apoyo y confianza.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y en particular a la ENEP "Aragón" por darme la oprtunidad de prepararame profesionalmente.

Al Ing. Javier Pérez Vargas por su asesoría en la elaboración de este trabajo.

A todos mis compañeros y amigos de la Comisión Federal de Eléctricidad y en especial a:
Ing. Arturo Guzmán Ruíz
Ing. Robertino Aguirre Rodriguez
Sr. Mario Garduño Medina

A todos mis familiares y amigos en general.

JOSÉ LUIS FLORES ARCINIEGA

DICIEMBRE DE 2004

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

CAPÍTULO I GENERALIDADES 1

I.1. ANTECEDENTES 1
I.2. LOCALIZACIÓN DE LA CENTRAL 1
I.2.1. LOCALIZACIÓN 1
I.3. DATOS GENERALES DE LA CTPALM 2
I.4. SISTEMA DE GENERACIÓN PRINCIPAL DE LA UTG 3
I.4.1. FUNCIONES DEL SISTEMA Y COMPONENTES PRINCIPALES. 3
I.4.1.1. GENERADOR ELÉCTRICO. 4
I.4.1.2. TRANSFORMADOR PRINCIPAL DE POTENCIA. 4
I.4.1.3. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA. 5
I.4.2. DATOS TÉCNICOS DE LA UTG TUXPAN. 7
I.4.3. FECHAS RELEVANTES DEL PROYECTO. 7

CAPÍTULO II TEORÍA Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE LAS PRUEBAS 8

II.1. TIPOS DE PRUEBA 8
II.1.1. PRUEBAS DE FABRICA 8
II.1.2. PRUEBAS DE CAMPO 9
II.1.2.1. PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO 9
II.1.2.1.1. FACTORES QUE AFECTAN LA PRUEBA. 10
II.1.2.1.2. MÉTODOS DE MEDICIÓN. 10
II.1.2.1.3. CONSIDERACIONES 11
II.1.2.1.4. EQUIPOS DE MEDICIÓN 12
II.1.2.2. PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA A LOS AISLAMIENTOS 14
II.1.2.2.1. OPCIONES DE PRUEBA CON EL EQUIPO FACTOR DE POTENCIA. 16
II.1.2.2.2. FACTORES QUE AFECTAN LA PRUEBA 18
II.1.2.2.3. MÉTODO DE MEDICIÓN 18
II.1.2.2.4. EQUIPO UTILIZADO PARA MEDICIÓN DE FACTOR DE POTENCIA 18
II.1.2.3. PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS 18
II.1.2.4. PRUEBAS DE TIEMPO DE OPERACION Y SIMULTANEIDAD DE CIERRE Y APERTURA DE INTERRUPTORES 19
II.1.2.4.1. EQUIPOS DE PRUEBA 19
II.1.2.4.2. PRUEBAS NORMALES 20
II.1.2.4.3. LIMITACIÓN 20
II.1.2.5. PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACIÓN Y POLARIDAD 20
II.1.2.5.1. METODOS DE MEDICIÓN DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN 21
II.1.2.5.2. COMPROBACIÓN DE POLARIDAD. 22
II.1.2.6. PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACIÓN 22
II.1.2.6.1. FACTORES QUE AFECTAN LA PRUEBA 23
II.1.2.6.2. MÉTODOS DE MEDICIÓN. 23
II.1.2.7. PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE DEVANADOS 23
II.1.2.7.1. FACTORES QUE AFECTAN LA PRUEBA 23
II.1.2.7.2. METODOS DE MEDICIÓN. 24
II.1.3. PRUEBAS APLICABLES AL EQUIPO PRIMARIO DE LA SUBESTACIÓN. 24

ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL EQUIPO PRIMARIO DE LA BAHÍA C8 DE 400 kV. 26

III.1. PRUEBAS A INTERRUPTORES DE POTENCIA 28

III.1.1.	PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	28
III.1.1.1.	RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA	29
III.1.1.2.	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.	29
III.1.1.3.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS PARA LA EVALUACIÓN DEL AISLAMIENTO.	29
III.1.2.	PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA AL AISLAMIENTO.	29
III.1.2.1.	RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA	30
III.1.2.2.	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.	30
III.1.2.3.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS PARA LA EVALUACIÓN DEL AISLAMIENTO.	32
III.1.3.	PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS.	33
III.1.3.1.	RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA	34
III.1.3.2.	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.	34
III.1.3.3.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	34
III.1.4.	PRUEBA DE TIEMPO DE OPERACIÓN Y SIMULTANEIDAD DE CIERRE Y APERTURA	34
III.1.4.1.	RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA	35
III.1.4.2.	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.	36
III.1.4.3.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	36
III.1.5.	RESULTADOS DE PRUEBAS DE CAMPO A INTERRUPTORES DE POTENCIA DE LA BAHÍA C8 DE 400 kV.	37
III.2.	PRUEBAS A TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO (TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TC's) Y TRANSFORMADORES DE POTENCIAL (TP's))	38
III.2.1.	PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	39
III.2.1.1.	RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA	39
III.2.1.2.	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.	39
III.2.1.3.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	41
III.2.2.	PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA	41
III.2.2.1.	RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA	42
III.2.2.2.	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.	42
III.2.2.3.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	42
III.2.3.	RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.	43
III.2.3.1.	RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA	43
III.2.3.2.	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.	43
III.2.3.3.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	43
III.2.4.	POLARIDAD	43
III.2.4.1.	RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA	44
III.2.4.2.	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.	44
III.2.4.3.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	44
III.2.5.	PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACIÓN.	44
III.2.5.1.	RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA	44
III.2.5.2.	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.	44
III.2.5.3.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	45
III.2.6.	RESULTADOS DE PRUEBAS DE CAMPO A TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO DE LA BAHÍA C8 DE 400 kV.	45
III.3.	PRUEBAS A CUCHILLAS SECCIONADORAS	49
III.3.1.	PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	50
III.3.1.1.	RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA	50
III.3.1.2.	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.	51
III.3.1.3.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	51
III.3.2.	PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO.	52
III.3.2.1.	RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA	53
III.3.2.2.	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.	53
III.3.2.3.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	53
III.3.3.	PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS.	53
III.3.3.1.	RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA	54
III.3.3.2.	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.	54
III.3.3.3.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	54
III.3.4.	RESULTADOS DE PRUEBAS DE CAMPO A CUCHILLAS SECCIONADORAS DE LA BAHÍA C8 DE 400 kV.	55

III.4. PRUEBAS A APARTARRAYOS 56
III.4.1. PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO 56
III.4.1.1. RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA. 56
III.4.1.2. PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO. 57
III.4.1.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS. 57
III.4.2. PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA 58
III.4.2.1. RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA. 58
III.4.2.2. PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO. 58
III.4.2.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 59
III.4.3. RESULTADOS DE PRUEBAS DE CAMPO A APARTARRAYOS DE LA BAHÍA C8 DE 400 kV. 59

CAPÍTULO IV ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS PRUEBAS REALIZADAS. 61

IV.1. COSTO DE PRUEBAS A INTERRUPTORES DE POTENCIA 61
IV.1.1. ALCANCE DE LOS TRABAJOS. 61
IV.1.2. UNIDAD DE MEDICIÓN 61
IV.1.3. CARGOS Y OPERACIONES INCLUIDOS EN EL PRECIO UNITARIO. 61
IV.2. COSTO DE PRUEBAS A TRANSFORMADORES DE CORRIENTE. 61
IV.2.1. ALCANCE DE LOS TRABAJOS. 62
IV.2.2. UNIDAD DE MEDICIÓN 62
IV.2.3. CARGOS Y OPERACIONES INCLUIDOS EN EL PRECIO UNITARIO. 62
IV.3. COSTO DE PRUEBAS A TRANSFORMADORES DE POTENCIAL INDUCTIVO. 62
IV.3.1. ALCANCE DE LOS TRABAJOS. 62
IV.3.2. UNIDAD DE MEDICIÓN 62
IV.3.3. CARGOS Y OPERACIONES INCLUIDOS EN EL PRECIO UNITARIO. 63
IV.4. COSTO DE PRUEBAS A CUCHILLAS SECCIONADORAS 63
IV.4.1. ALCANCE DE LOS TRABAJOS. 63
IV.4.2. UNIDAD DE MEDICIÓN 63
IV.4.3. CARGOS Y OPERACIONES INCLUIDOS EN EL PRECIO UNITARIO. 63
IV.5. COSTO DE PRUEBAS A APARTARRAYOS 64
IV.5.1. ALCANCE DE LOS TRABAJOS. 64
IV.5.2. UNIDAD DE MEDICIÓN 64
IV.5.3. CARGOS Y OPERACIONES INCLUIDOS EN EL PRECIO UNITARIO. 64
IV.6. DESGLOSE DE COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS DE LA OBRA. 64
IV.6.1. EXPLOSIÓN DE INSUMOS DEL PREUPUESTO. 65

CONCLUSIONES 66

BIBLIOGRAFIA 67

INTRODUCCIÓN

En los sistemas eléctricos de potencia; las subestaciones pueden ser: Elevadoras, de enlace o switcheo, etc y son las que interconectan a través de sus circuitos la energía eléctrica al Sistema Eléctrico Nacional para su utilización.

El equipo primario de las Subestaciones eléctricas debe diseñarse con las mejores condiciones operativas, para reducir las probabilidades de falla; mejorando así, la continuidad del servicio.

Analizando lo anterior, es necesario que los trabajos de preparación del equipo primario para su puesta en servicio sean de calidad, para evitar la salida prematura del equipo en operación.

El presente trabajo profesional, describe en su primera parte las generalidades de la Central Termoeléctrica Presidente Adolfo López Mateos dentro de la cual se ubica la Unidad TurboGas Tuxpan la cual, a su vez se enlaza con la subestacion Tuxpan Vapor a través de la bahía C8.

En el capítulo II se proporcionan los elementos fundamentales de información, como apoyo en la manera de efectuar pruebas al equipo eléctrico primario. Considerando pruebas eléctricas, aquellas que determinan las condiciones en que se encuentra el equipo eléctrico, para determinar su operatividad y son la base para verificar y apoyar los criterios de aceptación o para análizar los efectos, cuando sucedan cambios o variaciones con respecto a los valores iniciales de puesta en servicio.

Se describen también en forma breve, algunas de las principales pruebas de fábrica que se realizan al equipo eléctrico primario para subestaciones.

En el capítulo III se analizan los resultados obtenidos en las pruebas de campo, verificando que cumplen con valores aceptables y que se mencionan en este trabajo, siendo la base para decidir la puesta en servicio de un equipo.

Las pruebas de campo son actividades dentro de los trabajos de mantenimiento y puesta en servicio, que el personal de Comisión Federal de Eléctricidad lleva a cabo en forma periódica, con la finalidad de mantener índices de confiabilidad y continuidad aceptables.

En el capitulo IV se analizan los costos de las pruebas realizadas a cada uno de los equipos de la subestación.

Este trabajo se ha complementado aprovechando la experiencia del personal, e información que posee la Comisión Federal de Eléctricidad en sus diferentes Divisiones.

OBJETIVO

El objeto principal del presente trabajo profesional de tesis, es exponer las Princiaples Pruebas de Campo, describiendo: su teoría, aplicación, recomendaciones para su ejecución y proporcionar los conocimientos teórico - prácticos de las pruebas que se deben realizar a los equipos primarios de una subestación con el fin de reforzar los conocimientos al programa de la carrera de Ingeniería Eléctrica. Asimismo, tiene la finalidad de unificar criterios en la forma en que se realizaron pruebas de campo al equipo primario de la bahía C8 de la subestacion Tuxpan Vapor ubicada en el interior de la Central Termoeléctrica Presidente Adolfo López Mateos y con la información obtenida, interpretar y evaluar resultados de las mismas para evitar posibles fallas de los equipos durante su vida útil y con ello garantizar que dicha bahía recibirá la energía proveniente de la Unidad Turbogas Tuxpan en forma continua, confiable y segura, mitigando al máximo la salida de la Unidad de la Red.

CAPÍTULO I

I. GENERALIDADES.

I.1. ANTECEDENTES

A raíz del continuo crecimiento en la demanda de energía eléctrica del País, se ha instrumentado una serie de acciones como parte de un plan de contingencia, y una de estas es la instalación de la Unidad Turbogas "Tuxpan" para compensar el incremento en la demanda de energía eléctrica en esta área del Sistema Eléctrico Nacional.

Durante el año 2003 se iniciaron los trabajos de construcción de la Unidad, el Proyecto consiste en un Conjunto de Obras Civiles, y Complejas Instalaciones Electromecánicas, que integran una Unidad Generadora del tipo Turbogas diseñada para operar con gas natural.

I.2. LOCALIZACIÓN DE LA CENTRAL

I.2.1. LOCALIZACIÓN

La unidad Turbogas Tuxpan esta localizada a 348 km de la ciudad de México, por la carretera federal que une a esta ciudad con el Puerto de Tuxpan, en el estado de Veracruz instalada al sur del predio de la Central Termoeléctrica Presidente Adolfo López Mateos (CTPALM) la cual, se encuentra localizado sobre la costa del Golfo de México 6 Kms. al Norte de la desembocadura del Río Tuxpan en el Municipio de Tuxpan de Rodríguez Cano, a una altitud de 3.5 msnm.(ver fig. I.1)

Fig. I.1

La CTPALM cuenta actualmente con 6 unidades generadoras las cuales, aportan energía al sistema Eléctrico Nacional a través de sus respectivos transformadores elevadores de potencia enlazados con la subestación de Potencia Tuxpan Vapor de 400 kV.

Las Turbinas que alimentan dichos generadores utilizan el vapor generado por la quema de combustoleo como combustible base (ver Fig. I.2).

Las características de los equipos principales de esta central se resumen en la tabla T.I.1 que se muestra a continuación:

I.3. DATOS GENERALES DE LA CTPALM

NUMERO DE UNIDADES:	6
TIPO:	Vapor
COMBUSTIBLE:	Combustoleo

Caracteristicas	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4	Unidad 5	Unidad 6
Capacidad de placa (MW):	350	350	350	350	350	350
Capacidad Efectiva (MW):	350	350	350	350	350	350
Fecha Inicio Operaciòn Comercial:	30/JUN/91	01/AGO/91	18/JUN/94	06/AGO/94	27/MAY/96	29/JUL/96

CAPACIDAD DE PLACA TOTAL DE LA CENTRAL (MW):	2100
CAPACIDAD EFECTIVA DE LA CENTRAL (MW):	2100

GENERADOR DE VAPOR

Caracteristicas	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4	Unidad 5	Unidad 6
Marca	Babcock	Babcock	Cerrey	Cerrey	Steind Id	Steind Id
Capacidad (T/H):	1126	1126	1038	1038	1038	1038
Presiòn (kg/cm^2):	181	181	173	173	184	184
Temperatura (ªC):	541	541	540	540	540	540

TURBINA

Caracteristicas	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4	Unidad 5	Unidad 6
Marca	Mitsubishi	Mitsubishi	Alsthom	Alsthom	Alsthom	Alsthom
Presiòn (kg/cm^2):	170	170	170	170	170	170
Temperatura (ªC):	538	538	538	538	538	538
No. de Extracciones:	7	7	7	7	7	7

GENERADOR ELÉCTRICO

Caracteristicas	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4	Unidad 5	Unidad 6
Marca	Westinghouse	Westinghouse	Alsthom	Alsthom	Alsthom	Alsthom
Voltaje de Generaciòn (kV):	20	20	20	20	20	20

TRANSFORMADOR PRINCIPAL

Caracteristicas	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4	Unidad 5	Unidad 6
Marca:	Alsthom	Alsthom	Alsthom	Alsthom	Alsthom	Alsthom
Voltaje de Transformación (kV):	20/400	20/400	20/400	20/400	20/400	20/400
Potencia (MVA's):	430	430	430	430	430	430
Sistema de Enfriamiento	OA/FOA/FOA	OA/FOA/FOA	OA/FOA/FOA	OA/FOA/FOA	OA/FOA/FOA	OA/FOA/FOA

Tabla T.I.1.

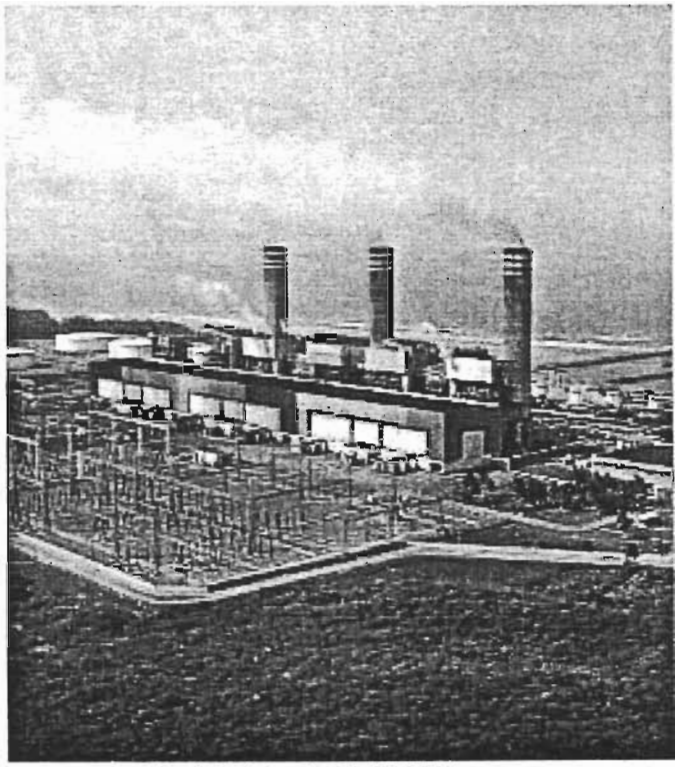


Fig. I.2 Vista de CTPALM

I.4. SISTEMA DE GENERACIÓN PRINCIPAL DE LA UNIDAD TURBOGAS (UTG)

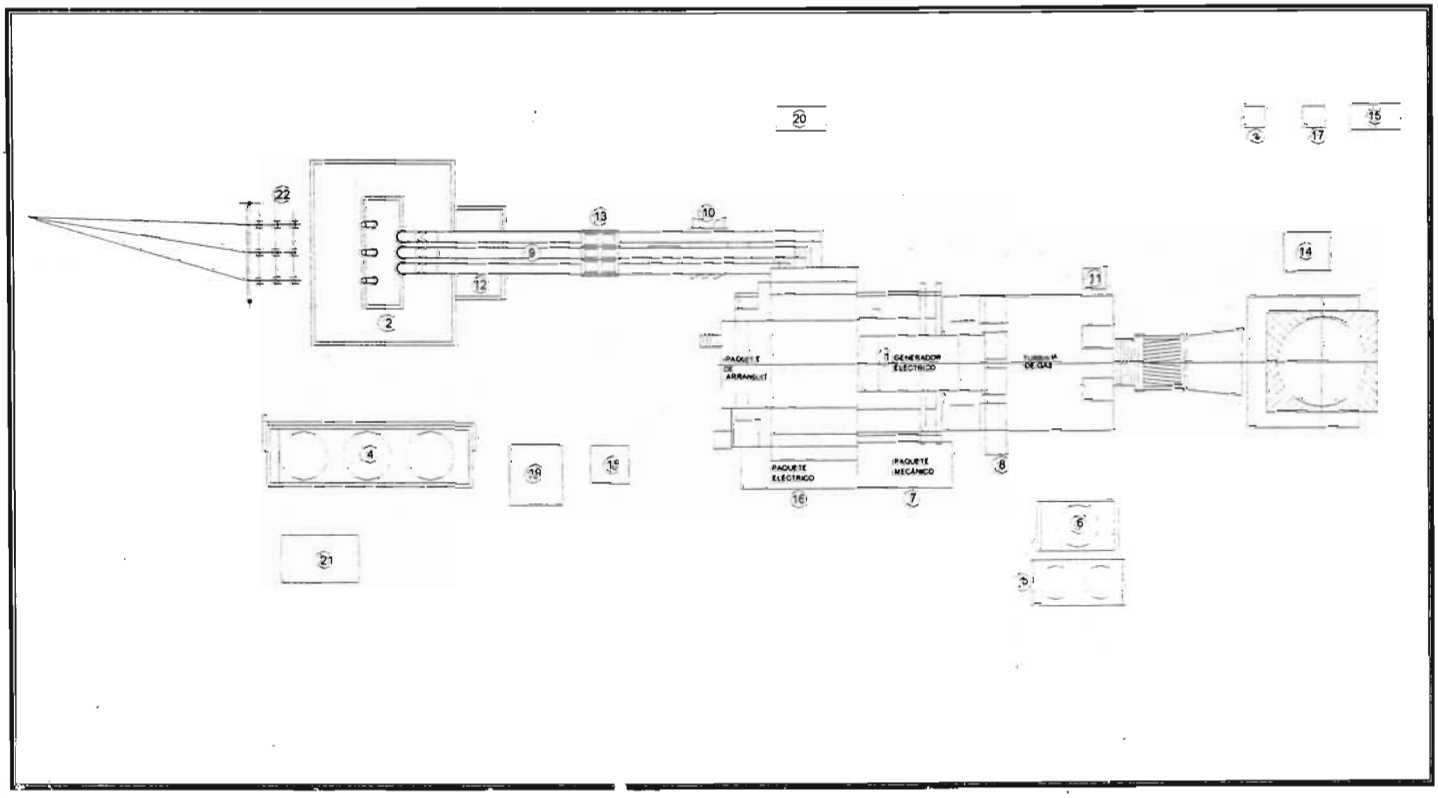


Fig. I.3 Equipos Principales de la UTG.

SIMBOLOGÍA:

1.- Turbina
2.- Transformador Principal
3.-Interruptor de emergencia del Generador.
4.- Enfriador de Glicol.
5.-Enfriador de aceite de lubricación.
6.- Enfriador de aire del rotor.
7.- Paquete mecánico.
8.- Control de aceite.
9.- Bus de fase aislada.
10.- Paquete de excitación.
11.- Separador del filtro de gas.
12.- Transformador auxiliar.
13.- Interruptor de Generador.
14.- Cems.
15.- Separador agua-aceite.
16.- Paquete de equipo eléctrico.
17.- Generador diesel de emergencia.
18.- Transformador de servicios.
19.- Tablero de medio voltaje (4.16 kV).
20.- Cuarto de servicios.
21.- Cuarto de comunicaciones.
22.- Equipo de medición para facturación

1.4.1. *FUNCIONES DEL SISTEMA Y COMPONENTES PRINCIPALES.*

El sistema de generación principal recibe energía mecánica de la turbina de gas, realiza el proceso de conversión de energía eléctrica y la entrega a la Subestación de alta tensión, a través del Transformador principal (ver fig.I.3).

1.4.1.1. *GENERADOR ELÉCTRICO.*

El Generador Eléctrico es trifásico conectado en estrella, con el neutro puesto a tierra a través de un transformador monofásico con resistencia en el secundario. El Generador eléctrico, transforma en energía eléctrica la energía mecánica que le transmite la turbina de gas, dicha energia se transmite a los transformadores principal y auxiliar.

Este Generador, es enfriado por aire en circuito cerrado diseñado con dos polos y rotor cilindrico, está equipado con las tuberías de aceite lubricante e instrumentos necesarios.

El Generador eléctrico cuenta con un motor trifásico de 4160 VCA, 2200 HP y todo el equipo necesario para proveer el torque de arranque necesario para acelerar hasta la velocidad de autosuficiencia (2600 rpm) y un medio para permitir el desacople del dispositivo de arranque cuando la unidad alcanza la velocidad de autosuficiencia.

La capacidad nominal del Generador Eléctrico es de 150 MW a condiciones nominales ISO temperatura de bulbo seco ambiente de 15°C y humedad relativa de 60%), en condiciones de sitio (24.7° C) la capacidad neta del Generador Eléctrico garantizan una capacidad de 162.544 MW de la Unidad Turbogas "Tuxpan".

Datos técnicos:

Tipo	Síncrono
Potencia	218 MVA
Factor de Potencia	0.9 atrasado
Amperios del estator	7628 A.
Voltaje del estator	16500 Volts.
Fases	3
Frecuencia (Hz)	60
Velocidad (r.p.m.)	3600
Voltaje de excitación	232 VCD

1.4.1.2. *TRANSFORMADOR PRINCIPAL DE POTENCIA.*

El Transformador Principal de Potencia está interconectado al Generador Eléctrico mediante un Bus de Fase Aislada de 16.5 kV y 8,200 Amperes de capacidad para elevar la tensión del Generador misma que es aportada a la Subestación de Potencia "Tuxpan Vapor" para interconectarse al Sistema Eléctrico Nacional por medio de Líneas de Transmisión de 400 kV

Características técnicas:

Clase de enfriamiento	ONAN/ONAF/ONAF
Capacidad	132/176/220/246.4 MVA a 55°C
	246.4 MVA a 65°C
Tensiones	400 kV en A.T.
	16.5 kV en B.T.
Conexiones	Estrella con neutro solidamente aterrizado en A.T
	Delta en B.T.
Niveles de impulso de onda completa	Devanado de A.T. 1425 kV
	Boquillas de A.T. 1550 kV
	Devanado de B.T. 150 kV
	Boquillas de B.T. 150 kV
Impedancia (Z%)	7.511 % basada en 132 MVA

1.4.1.3. *SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.*

La Subestación de alta tensión "Tuxpan Vapor" (TUV) de 400 kV propiedad de CFE tiene la función de recibir y distribuir la potencia eléctrica generada en la Central y transmitirla mediante líneas de transmisión, a los centros de consumo. Ademas de suministrar la potencia desde la red de alta tensión a través del transformador principal a los sistemas auxiliares de las unidades turbogeneradoras durante el arranque.

La actual Subestación "TUV" se encuentra Interconectada al Sistema Eléctrico Nacional por medio de 4 Líneas de Transmisión de 400 kV, 3 a las Subestaciones Texcoco en el estado de México, y una Línea de Transmisión de doble circuito a 400 kV a la subestación Poza Rica Las Líneas de Transmisión están soportadas por torres estructurales de acero galvanizadas por inmersión en caliente (ver Fig. I.4).

La Unidad Turbogas "Tuxpan", está conectada a la Subestación eléctrica "TUV" a través de la bahía C8 mediante un arreglo tipo intemperie de doble barra con doble interruptor dejando en esta el espacio necesario para un interruptor futuro y convertirse en un arreglo Interruptor y medio para mayor confiabilidad.

Esta bahía sirve para recibir la linea de transmisión de 650 m. proveniente de la unidad Turbogas y, para interconectarse con los buses principales de la subestacion de 400 kV "TUV"

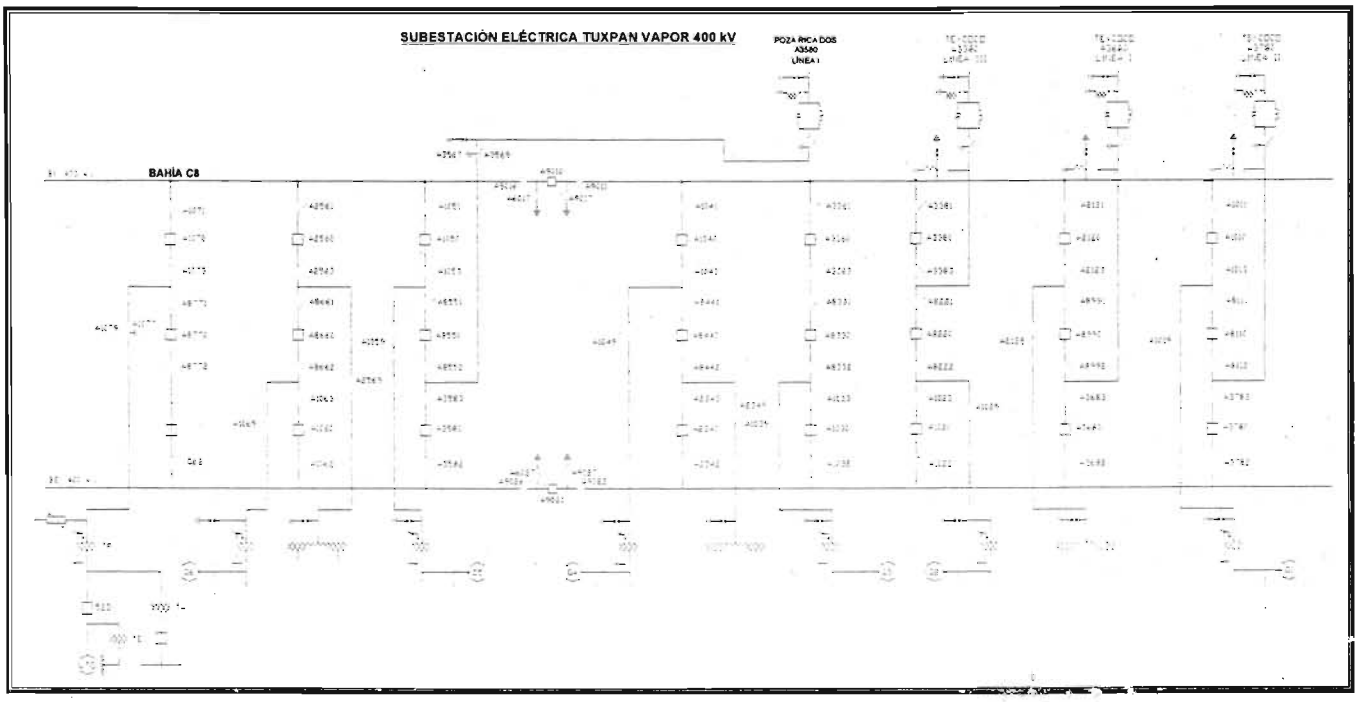


Fig. I.4 Diagrama unifilar de subestación existente

La interconexión entre el Transformador Principal de la UTG y la subestación de 400 kV "TUV" se realizará utilizando cable aereo calibre 1113 Kilo Circular Mils (KCM) de Aluminio con Cableado Concentrico y alma de Acero con recubrimiento de Aluminio Soldado (ACSR/AS) dos conductores por fase soportados por postes troncocónicos de acero galvanizado (ver Fig I.5a y I.5b).

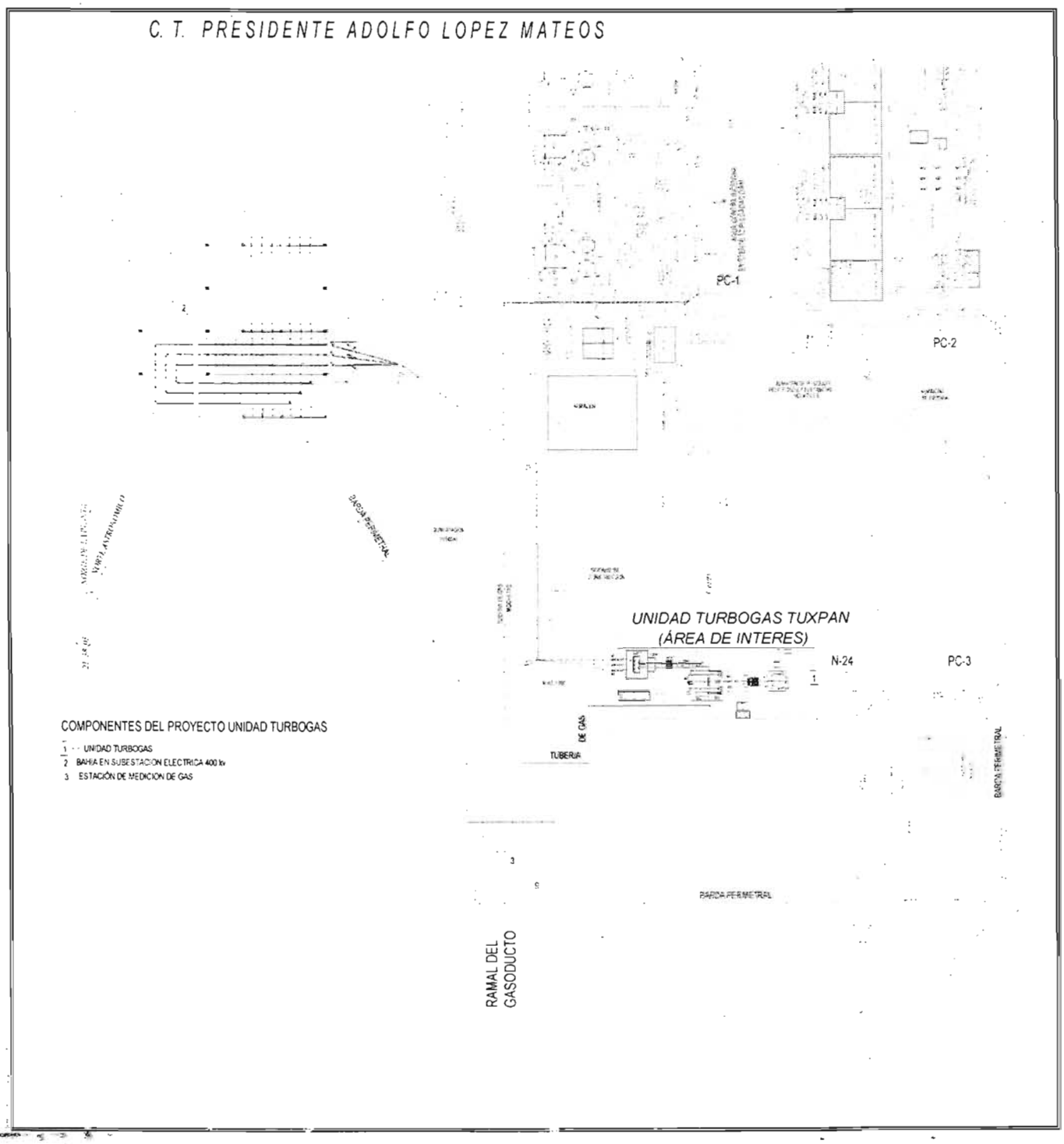


fig. I.5a

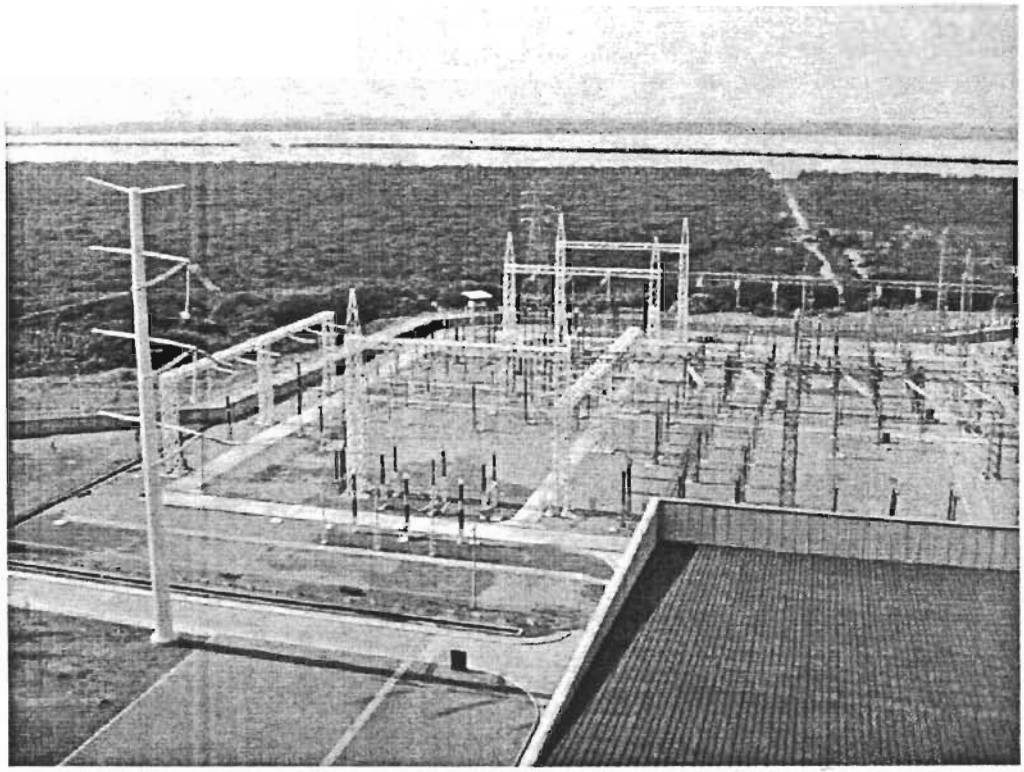


fig. I.5b

1.4.2. *DATOS TÉCNICOS DE LA UTG "TUXPAN":*

Capacidad Nominal ISO	150 MW.
Capacidad Neta en Sitio (24.7° C)	162.544 MW (eliminando el consumo de servicios propios).
Eficiencia Neta al 100% de Carga	35.66%.
Turbina de Gas	W501F.
Generador Eléctrico	218 MVA's de capacidad, Enfriado por Aire.
Consumo Térmico unitario garantizado a condiciones de diseño.	10.097 kJ/kWh

1.4.3. *FECHAS RELEVANTES DEL PROYECTO:*

EVENTO	FECHA
Inicio del Contrato	27-DIC-02
Inicio de Construcción	01-MZO-03
Generador en Sitio	30-MAY-03
Energización Bahía 400 kV	12-NOV-03
Energización del Transf. Ppal.	12-NOV-03
1ª Sincronización	16-DIC-03
Operación Comercial	02-ENE-04

CAPÍTULO II

II. TEORÍA Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE LA PRUEBAS.

De acuerdo con las Normas internacionales (IEC) es un requerimiento obligatorio de la Comisión Federal de Eléctricidad el aplicar pruebas eléctricas primarias a cada uno de los equipos de una subestación eléctrica necesarias para determinar el estado final de los aislamientos antes de ponerlos en servicio por primera vez ya sea que dichos equipos sean nuevos o que esten almacenados por algun período largo de tiempo como es el caso de los interruptores de potencia de la Bahía C8.

En base a los resultados obtenidos en pruebas realizadas al equipo eléctrico; el personal responsable tendrá los argumentos suficientes para tomar la decisión de poner o no en servicio un equipo.

A su vez, el conjunto de datos obtenidos de las pruebas sirven de antecedente para que, a lo largo de la vida útil de los equipos el personal de operación tenga una base para determinar el grado de deterioro que van sufriendo los diferentes equipos, así como una referencia para comparar las nuevas lecturas después de su puesta en operación.

II.1. *TIPOS DE PRUEBAS.*

a).- PRUEBAS DE FÁBRICA.
b).- PRUEBAS DE CAMPO.

II.1.1.*PRUEBAS DE FÁBRICA.*

Las pruebas de fábrica son aquellas pruebas realizadas en fábrica y requeridas para verificar el diseño y la funcionabilidad de elementos de Equipos y/o Sistemas para asegurar una operación estable, confiable y segura de sus equipos y se clasifican en 3 grupos:

1).- PRUEBAS DE PROTOTIPO.

Las Pruebas de Prototipo son las que se realizan a diseños nuevos y tienen por finalidad, que cumplan con los valores establecidos en las normas que se aplican y especificaciones para lo cuál fueron fábricados los equipos. En estas pruebas entran en función los materiales utilizados para su fábricación.

2).- PRUEBAS DE RUTINA.

Son pruebas que deben efectuarse a cada uno de los equipos, conforme a métodos establecidos en las normas correspondientes, para verificar la calidad del producto y que están dentro de los valores permitidos. Estas pruebas son las que determinan la aceptación o rechazo de los equipos.

3).- PRUEBAS DE ACEPTACIÓN.

Estas pruebas son las que se realizan a los equipos, conjuntamente entre el FÁBRICAnte y usuario a fin de determinar algunas características particulares del equipo.

Dentro de las más importantes pruebas de Fábrica, se pueden citar las siguientes:

a) PRUEBA DE IMPULSO POR RAYO. Consiste en simular en el Laboratorio las condiciones de falla provocadas por descargas atmosféricas en los equipos:

Esta prueba se realiza aplicando al equipo impulsos de onda positiva o negativa, de acuerdo al nivel básico de impulso para cada tensión, en condiciones estándar y de acuerdo a las normas indicadas en las especificaciones.

b) PRUEBA DE POTENCIAL APLICADO. Consiste en aplicar al equipo un voltaje a la frecuencia de operación del sistema, cuyo valor varía de acuerdo a lo indicado en la norma correspondiente para cada nivel de voltaje (de 180% al 300% del voltaje nominal), su duración es de un minuto.

c) **PRUEBA DE DESCARGAS PARCIALES.** Esta determina la calidad del aislamiento, es útil para detectar porosidades, grietas, burbujas de aire, etc. en el interior de un aislamiento sólido. El resultado de esta prueba está dado en un Picocoulomb.

d) **PRUEBA DE ELEVACION DE TEMPERATURA.** Sirve para verificar que los equipos cumplan con la capacidad de diseño, sin rebasar los límites de temperatura establecidos por las normas correspondientes.

e) **PRUEBA DE POTENCIAL INDUCIDO.** El objetivo es verificar la resistencia del aislamiento entre diferentes partes de un equipo y el aislamiento de estas partes a tierra que no fueron probadas durante la prueba de potencial aplicado. La prueba consiste en inducir al devanado el 200% de su tensión nominal, por un tiempo, que dependerá de la frecuencia utilizada, la cuál es modificada para no saturar el núcleo.

La referencia de ésta prueba es aplicar el voltaje a 7200 ciclos en un segundo; como no es posible contar con un generador de esa frecuencia, en la práctica, el tiempo de prueba se obtiene dividiendo los 7200 Hz. entre la frecuencia que produzca el generador de inducido con que cuente cada fábrica, por ejemplo, para un generador de 240 Hz. el tiempo será de 30 segundos.

II.1.2. *PRUEBAS DE CAMPO.*

Son todas las pruebas requeridas para verificar la instalación, el diseño y la funcionabilidad de elementos de Equipos y/o Sistemas hasta dejarlos en condiciones de operación estable y confiable bajo cualquier condición operativa, las principales pruebas de campo aplicadas al equipo primario de una subestación eléctrica de potencia se describen a continuación.

II.1.2.1. *PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.*

La resistencia de aislamiento se define como la resistencia en megaohms que ofrece un aislamiento al aplicarle un voltaje de corriente directa durante un tiempo dado, medido a partir de la aplicación del mismo.

A la corriente resultante de la aplicación de voltaje de corriente directa, se le denomina **"Corriente de Aislamiento"** y consta de dos componentes principales:

a) La corriente que fluye dentro del volumen de aislamiento es compuesta por:

I) Corriente Capacitiva.
ii) Corriente de Absorción Dieléctrica.
iii) Corriente de conducción Irreversible.

I).- Corriente capacitiva.- Es una corriente de magnitud comparativamente alta y de corta duración, que decrece rápidamente a un valor despreciable (generalmente en un tiempo máximo de 15 segundos) conforme se carga el aislamiento, y es la responsable del bajo valor inicial de la Resistencia de Aislamiento.

II).- Corriente de absorción dieléctrica.- Esta corriente decrece gradualmente con el tiempo, desde un valor relativamente alto a un valor cercano a cero, siguiendo una función exponencial. Generalmente los valores de resistencia obtenidos en los primeros minutos de una prueba, quedan en gran parte determinados por la Corriente de Absorción. Dependiendo del tipo y volumen del aislamiento, esta corriente tarda desde unos cuantos minutos a varias horas en alcanzar un valor despreciable; sin embargo para efectos de prueba, puede despreciarse el cambio que ocurre después de 10 minutos.

ABSORCION DIELÉCTRICA .- La resistencia de aislamiento varía directamente con el espesor del aislamiento e inversamente al área del mismo; cuando repentinamente se aplica un voltaje de corriente directa a un aislamiento, la resistencia se inicia con un valor bajo y gradualmente va aumentando con el tiempo hasta estabilizarse.

Graficando los valores de resistencia de aislamiento contra tiempo, se obtiene una curva denominada de absorción dieléctrica; indicando su pendiente el grado relativo de secado y limpieza o suciedad del aislamiento. Si el aislamiento esta húmedo o sucio, se alcanzará un valor estable en uno o dos minutos después de haber iniciado la prueba y como resultado se obtendrá una curva con baja pendiente.

La pendiente de la curva puede expresarse mediante la relación de dos lecturas de resistencia de aislamiento, tomadas a diferentes intervalos de tiempo, durante la misma prueba. A la relación de 60 a 30 segundos se le conoce como "Indice de Absorción", y a la relación de 10 a 1 minuto como "Indice de Polarización".

iii).- **Corriente de conducción Irreversible.-** Esta corriente fluye a través del aislamiento y es prácticamente constante, predomina después que la corriente de absorción se hace insignificante.

b) Corriente de Fuga.- es la que fluye sobre la superficie del aislamiento. Esta corriente al igual que la Corriente de Conducción irreversible, permanece constante y ambas constituyen el factor primario para juzgar las condiciones del aislamiento.

II.1.2.1.1. *FACTORES QUE AFECTAN LA PRUEBA.*

Entre los factores que afectan la prueba y tienden a reducir la resistencia de aislamiento de una manera notable son: la suciedad, la húmedad relativa, la temperatura y la inducción electromagnética; para la suciedad, elimine toda materia extraña (polvo, carbón, aceite, etc.) que este depositada en la superficie del aislamiento; para la húmedad, efectúe las pruebas a una temperatura superior a la de rocío. La resistencia de aislamiento varía inversamente con la temperatura en la mayor parte de los materiales aislantes; para comparar adecuadamente las MEDICIÓNes periódicas de resistencia de aislamiento, es necesario efectuar las MEDICIÓNes a la misma temperatura, o convertir cada medición a una misma base.

Esta conversión se efectúa con la siguiente ecuación:

$$R_c = K_t (R_t)$$

Donde:

R_c = Resistencia de aislamiento en megaohms corregida a la temperatura base.
R_t = Resistencia de aislamiento a la temperatura que se efectuó la prueba.
K_t = Coeficiente de corrección por temperatura.

Para los equipos, como interruptores, apartarrayos, boquillas, pasamuros, etc., no existe temperatura base, ya que la variación de la resistencia con respecto a la temperatura es estable.

Para equipos a probar, que se encuentren bajo el efecto de inducción electromagnética, será necesario acondicionar un blindaje para drenar a tierra las corrientes inducidas que afectan a la prueba.

Una forma práctica para el blindaje, es utilizar malla metálica tipo mosquitero sobre el equipo, soportada con madera y aterrizada en un solo punto.

Para realizar lo anterior, tomar las medidas estrictas de seguridad por la proximidad con otros equipos energizados.

Otro factor que afecta a las MEDICIÓNes de resistencia de aislamiento y absorción dieléctrica es la presencia de carga previa en el aislamiento. Esta carga puede originarse porque el equipo trabaja aislado de tierra o por una aplicación del voltaje de C.D. en una prueba anterior. Por tanto es necesario que antes de efectuar las pruebas se descarguen los aislamientos mediante una conexión a tierra.

II.1.2.1.2. *MÉTODOS DE MEDICIÓN.*

Las MEDICIÓNes se pueden obtener de la siguiente manera:

a) Mediante un vóltmetro y un ampermetro, utilizando una fuente de potencial de corriente directa.
b) Mediante un ohmetro (Megger) de indicación directa.

El Megger ha sido el instrumento estándar para la verificación de la resistencia de aislamiento y de estos existen dos tipos: los accionados manualmente y los accionados por motor (ver Fig. II 1).
El primer tipo es satisfactorio para efectuar pruebas de tiempo corto y el tipo motorizado para pruebas en donde es necesario determinar los índices de absorción y polarización.

a) **MÉTODO DE TIEMPO CORTO.**- Consiste en conectar el instrumento al equipo que se va a probar y operarlo durante 60 segundos. Este método tiene su principal aplicación en equipos pequeños y en aquellos que no tienen una característica notable de absorción, como son los interruptores, cables, apartarrayos, etc.

b) **MÉTODO DE TIEMPO-RESISTENCIA O ABSORCIÓN DIELÉCTRICA.**- Consiste en aplicar el voltaje de prueba durante un período de 10 minutos, tomando lecturas a 15, 30, 45 y 60 segundos, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 minutos. Su principal aplicación es en transformadores de potencia y en grandes máquinas rotatorias por su características notables de absorción

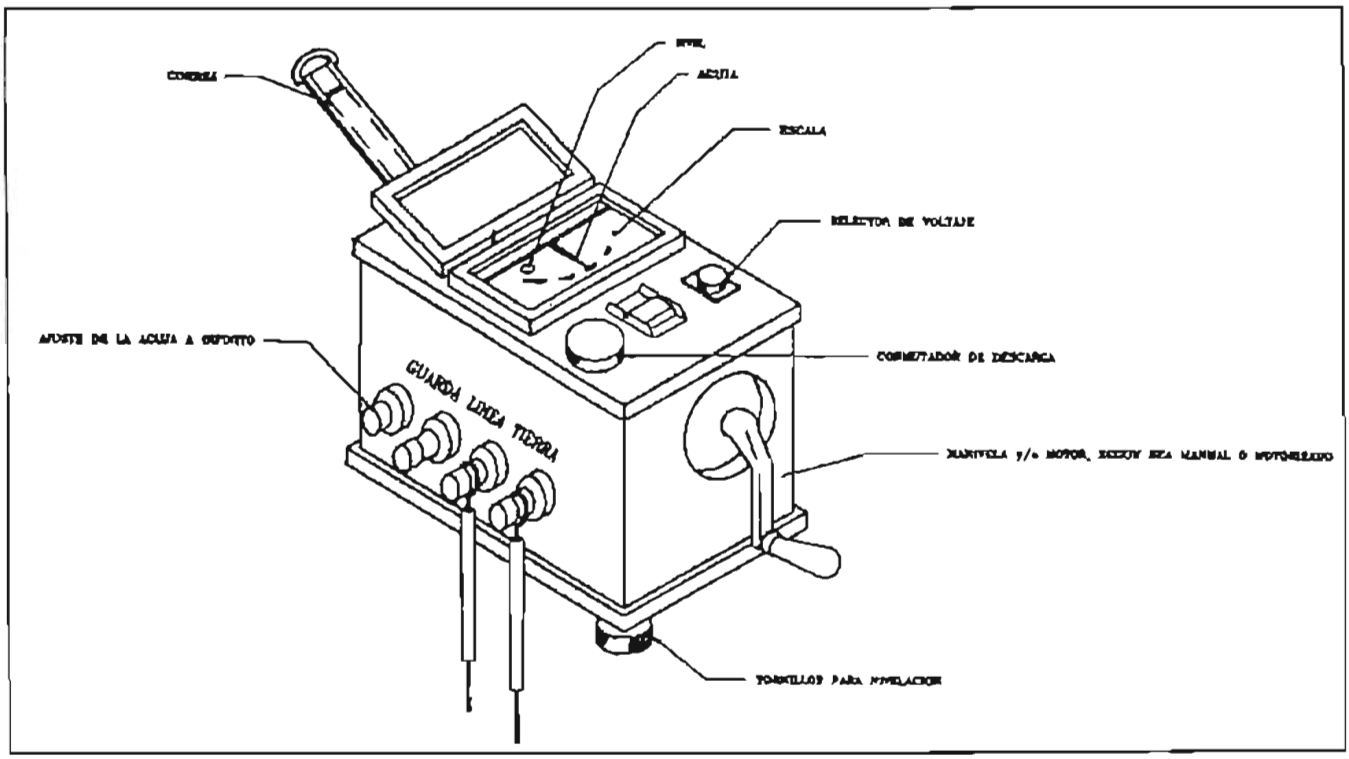


Fig. II.1 Megger de Aislamiento.

II.1.2.1.3. *CONSIDERACIONES.*

La medición de resistencia de aislamiento, es en sí misma una prueba de potencial, por lo tanto, debe restringirse a valores apropiados que dependan de la tensión nominal de operación del equipo que se va a probar y de las condiciones en que se encuentre su aislamiento. Si la tensión de prueba es alta, se puede provocar fatiga en el aislamiento.

Los potenciales de prueba más comúnmente utilizados son tensiones de corriente directa de 500 a 5,000 volts.

Las lecturas de resistencia de aislamiento disminuyen normalmente al utilizar potenciales altos, sin embargo para aislamiento en buenas condiciones, se obtendrán valores semejantes para diferentes tensiones de prueba.

Si al aumentar el potencial de prueba se reducen significativamente los valores de resistencia de aislamiento, esto nos puede indicar que existen imperfecciones o fracturas en el aislamiento, posiblemente agravadas por suciedad o húmedad, aún cuando también la sola presencia de húmedad con suciedad puede ocasionar este fenómeno.

II.1.2.1.4. *EQUIPOS DE MEDICIÓN.*

Aún cuando existe una gran variedad de instrumentos para la medición de la resistencia de aislamiento, puede decirse que la gran mayoría utiliza el elemento de medición de bobinas cruzadas, cuya principal característica es que su exactitud es independiente del voltaje aplicado en la prueba:
El megóhmetro (ver Fig.II.2) consiste fundamentalmente de dos bobinas designadas como A y B montadas en un sistema móvil común con una aguja indicadora unida a las mismas y con libertad para girar en un campo producido por un imán permanente. En el caso del Megger el sistema está sustentado en joyas soportadas en resortes y está exento de las espirales de control que llevan otros aparatos como los ampérmetros y vóltmetos.

La alimentación de señal a las bobinas se efectúa mediante ligamentos conductores que ofrecen la mínima restricción posible, de tal forma, que cuando el instrumento está nivelado y no se le está alimentando corriente, la aguja indicadora flotará libremente pudiendo quedar en reposo en cualquier posición de la escala.

Adicionalmente al elemento de medición, el megóhmetro tiene un generador de corriente directa accionado manualmente o mediante un motor el cual proporciona el voltaje necesario para efectuar la medición.

La bobina deflectora A está conectada en serie con una resistencia R', quedando la resistencia bajo prueba conectada entre las terminales línea y tierra del aparato.

Las bobinas A y B están montadas en el sistema móvil con un ángulo fijo entre ellas y están conectadas en tal forma que cuando se les alimenta corriente, desarrollan pares opuestos y tienden a girar el sistema móvil en direcciones contrarias. Por lo tanto, la aguja indicadora se estabilizará en el punto donde los pares se balancean. Cuando el aislamiento es casi perfecto o cuando no se conecta nada a las terminales de prueba no habrá flujo de corriente en la bobina A. Sin embargo, por la bobina B circulará un flujo de corriente y por tal razón, girará en contra de las manecillas del reloj hasta posicionarse sobre el entrehierro en el núcleo de hierro C. En esta posición la aguja indicadora estará sobre la marca del infinito.

Con las terminales de prueba en cortocircuito fluirá una corriente mayor en la bobina A que en la bobina B, por tal motivo un par mayor en la bobina A desplazará el sistema móvil en sentido de las manecillas del reloj, hasta posicionar la aguja indicadora en el cero de la escala. Cuando se conecta una resistencia entre las terminales marcadas como línea y tierra del aparato, fluirá una corriente en la bobina deflectora A y el par correspondiente, desplazará el sistema sacándolo de la posición del infinito hacia un campo magnético que aumenta gradualmente, hasta que se alcanza un balance entre los pares de las dos bobinas Esta posición depende del valor de la resistencia externa que controla la magnitud relativa de la corriente en la bobina A. Debido a que los cambios en el voltaje afectan las dos bobinas en la misma proporción, la posición del sistema móvil es independiente del voltaje.

La función de la resistencia R' es la de limitar la corriente en la bobina A y evitar se dañe el aparato cuando se ponen en cortocircuito las terminales de prueba.

En la figura II.2 se muestra como se guarda la terminal de línea mediante una arandela metálica conectada al circuito de guarda, esto evita errores debido a fugas a través de la superficie del aparato entre las terminales de línea y tierra. Básicamente lo que se hace, es proporcionar a la corriente de fuga un camino en derivación hacia la fuente de alimentación, que no pase por la bobina deflectora del aparato.

Generalmente todos los meggers con rango mayor de 1000 megohms están equipados con terminal de guarda. El propósito de esta terminal es el contar con un medio para efectuar MEDICIÓNes en mallas de

tres terminales (ver Fig. II.3) en tal forma que puede determinarse directamente el valor de una de las dos trayectorias posibles. Además de esta finalidad principal, dicha terminal hace posible que el Megger pueda utilizarse como una fuente de voltaje de corriente directa con buena regulación, aunque con capacidad de corriente limitada.
Concretamente puede decirse que la corriente de fuga de toda componente de un sistema de aislamiento conectada a la terminal de guarda no interviene en la medición.
Así usando las conexiones indicadas en la (fig. II.3), se medirá la resistencia R12 directamente ya que las otras dos no entran en la medición por estar conectada la terminal 3 a guarda.

Al usar la terminal de guarda, particularmente en el caso de los instrumentos accionados con motor, o los de tipo rectificador, deberá de tenerse seguridad que no existen posibilidades de que se produzca un brinco eléctrico entre las terminales de la muestra bajo prueba, conectadas a guarda y tierra. Tal situación podría causar arqueo indeseable en el conmutador del generador del instrumento.

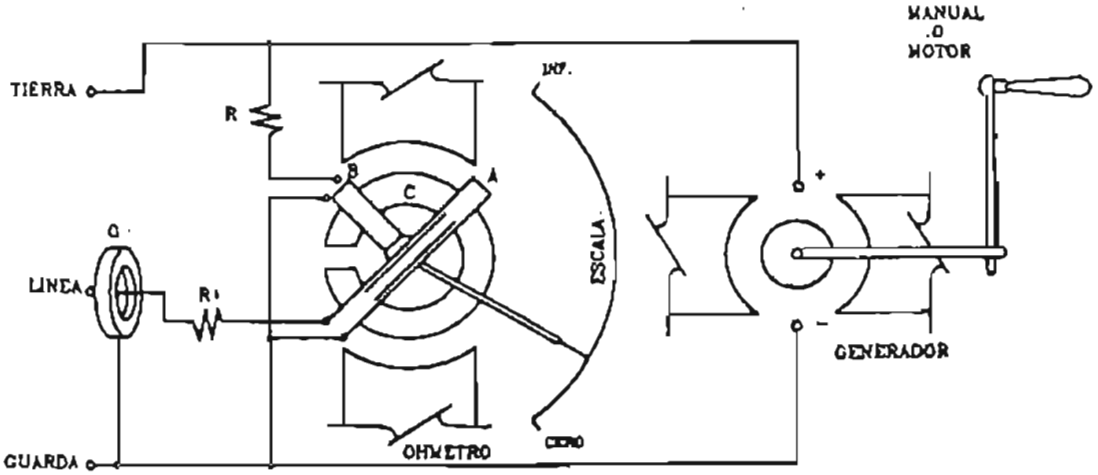


FIG. II.2 DIAGRAMA ELEMENTAL DEL MEGGER

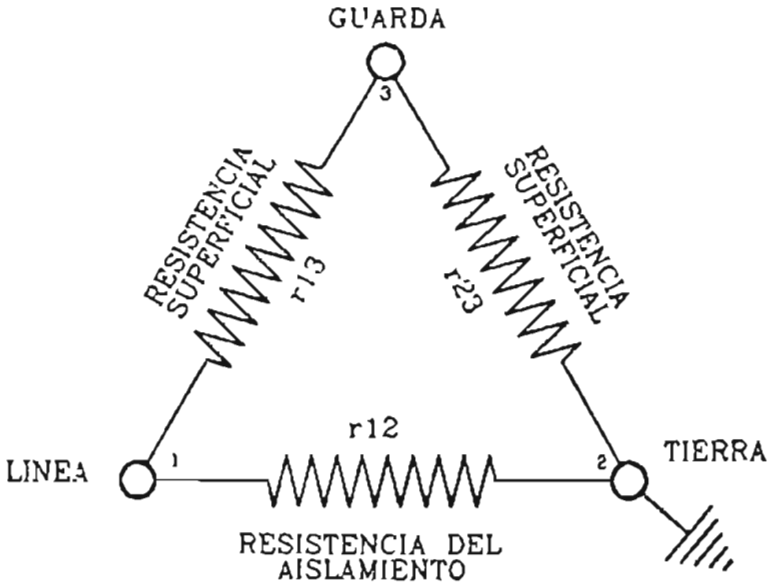


Fig. II.3

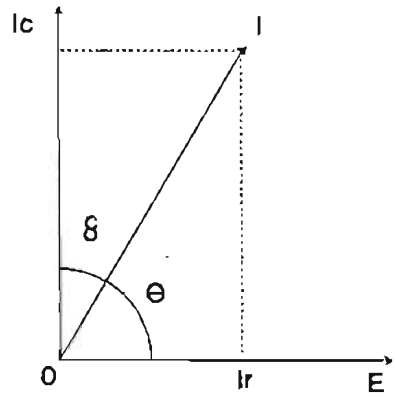
II.1.2.2. *PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA A LOS AISLAMIENTOS.*

Una de las aplicaciones de esta prueba es la de conocer el estado de los aislamientos, se basa en la comparación de un dieléctrico con un condensador, en donde el conductor energizado se puede considerar una placa y la carcaza o tierra del equipo como la otra placa del capacitor.

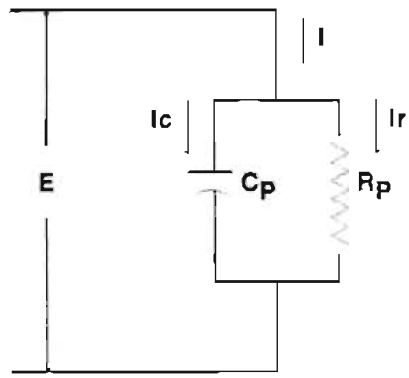
El equipo de prueba de aislamiento F.P. mide la corriente de carga y watts de pérdida, en donde el factor de potencia, capacitancia y resistencia de corriente alterna pueden ser fácilmente calculados para un voltaje de prueba dado.

El Factor de Potencia de un aislamiento es una cantidad adimensional normalmente expresada en porciento para facilidad de referencia, que se obtiene de la resultante formada por la corriente de carga y la corriente de pérdidas que toma el aislamiento al aplicarle un voltaje determinado, es en si, una característica propia del aislamiento al ser sometido a campos eléctricos.

Debido a la situación de no ser aislantes perfectos, además de una corriente de carga puramente capacitiva, siempre los atravesara una corriente que está en fase con el voltaje aplicado (Ir), a esta corriente se le denomina de pérdidas dieléctricas, en estas condiciones el comportamiento de los dieléctricos queda representado por el siguiente diagrama vectorial.



Ir = Corriente de pérdidas.
Ic = Corriente de carga capacitiva.
I = Corriente resultante de Ic más Ir.
E = Voltaje aplicado.
Cp = Capacitancia del aislamiento del especimen.
Rp = Resistencia del aislamiento del espécimen.



WATTS = E × I × COSENO θ

$$\text{FACTOR DE POTENCIA} = \text{COSENO}\ \theta = \frac{\text{WATTS}}{E \times I}$$

Figura II.4. Circuito simplificado equivalente de un dieléctrico.

Para aislamientos con bajo Factor de Potencia, (Ic) e (I) son substancialmente de la misma magnitud y la corriente de pérdidas (Ir) muy pequeña, en estas condiciones el ángulo θ es muy pequeño y el Factor de Potencia estará dado entonces por:

FP = COS θ = SEN δ y prácticamente = TAN δ

De lo anterior se desprende que el Factor de Potencia siempre será la relación de los Watts de pérdidas (Ir), entre la carga en Volts- Amperes del dieléctrico bajo prueba (I). El valor obtenido de esta relación para un aislamiento en particular es independiente del área o espesor y depende de las condiciones de humedad, ionización y temperatura.

El método de medida del equipo de prueba, se fundamenta, en un circuito puente de resistencias y capacitores.

Con el conocimiento de los valores de la corriente de carga, el voltaje de prueba y la frecuencia, la capacitancia del aislamiento puede ser determinada de la siguiente manera:

$$Xc = V/I$$

$$C = 1/\omega Xc$$

La capacitancia de aislamientos secos no es afectada apreciablemente por la temperatura; sin embargo en los casos de aislamientos húmedos o contaminados, esta tiende a incrementarse con la temperatura.

Tomando en consideración que la reactancia de los aislamientos es predominantemente capacitiva y las pérdidas eléctricas reducidas, la magnitud de la corriente de carga puede calcularse por:

$$I = V \cdot \omega \cdot C \qquad ó \qquad V A = V^2 \cdot \omega \cdot C$$

Donde:
I = Magnitud de la corriente de carga
V = Potencial aplicado
ω = frecuencia angular ($2\pi f$); f= 60 Hz; π = cte.= 3.141592.
C = Capacitancia

De las fórmulas anteriores puede determinarse la máxima capacitancia que un equipo de prueba puede aceptar para obtener MEDICIÓNes confiables. Por ejemplo:

La máxima capacitancia que un equipo de prueba para 10 KV, puede medir por 15 minutos de prueba, seria:

$$C = I/\omega \times V = (0.200 \times 10^{12})/(377 \times 10^{4}) = 53{,}000 \text{ picofaradios}$$

Y en forma continua:

$$C = I/w \times V = (0.100 \times 10^{12})/(377 \times 10^{4}) = 26{,}500 \text{ picofaradios}$$

Las boquillas para Transformadores, Interruptores, etc. usualmente tienen capacitancias considerablemente menores que los valores calculados anteriormente.

Los cables de potencia de gran longitud, pueden tener una capacitancia que excedan a los 26,500 picofaradios del medidor, se recomienda hacer el cálculo previo del valor de la capacitancia del cable de que se trate, para poder efectuar la prueba de factor potencia.

En equipos con capacitancias mayores que los valores límites calculados para el medidor de 10 KV, deben ser probados a voltajes menores.

El diagrama simplificado de la (Fig. II.4) nos muestra en una forma muy general la operación del equipo.
De la fuente de alimentación se toma el autotransformador que alimenta a través del switch de reversa cambiando la polaridad al transformador de alto voltaje con lo cual se elimina la interferencia causada por el campo eléctrico de otros equipos energizados.
La alimentación al circuito amplificador puede ser switcheada a las posiciones A, B, C.

En la posición "A" el medidor es ajustado a escala plena por medio del control.

En la posición "B" el medidor registra el voltaje a través de RB el cual es función de la corriente total IT y la lectura que se tiene son miliamperes.

En la posición "C" la entrada al circuito amplificador consiste de ambos voltajes, el voltaje a través de la resistencia RB y el voltaje r, ambos voltajes están en oposición y pueden ser balanceados por el ajuste de R.

No es posible un balance completo, el voltaje a través de RB incluye ambas componentes, en fase (IR) y la componente en cuadratura (IC); mientras en el circuito de referencia el voltaje a través de r esta en cuadratura, y se puede variar su valor, por lo tanto se tiene un balance parcial o una lectura mínima la cual es proporcional al voltaje a través de RB, resultando la corriente en fase (IR).

El producto de la mínima lectura y el multiplicador de watts es igual a los watts de pérdida disipados en el espécimen bajo prueba.

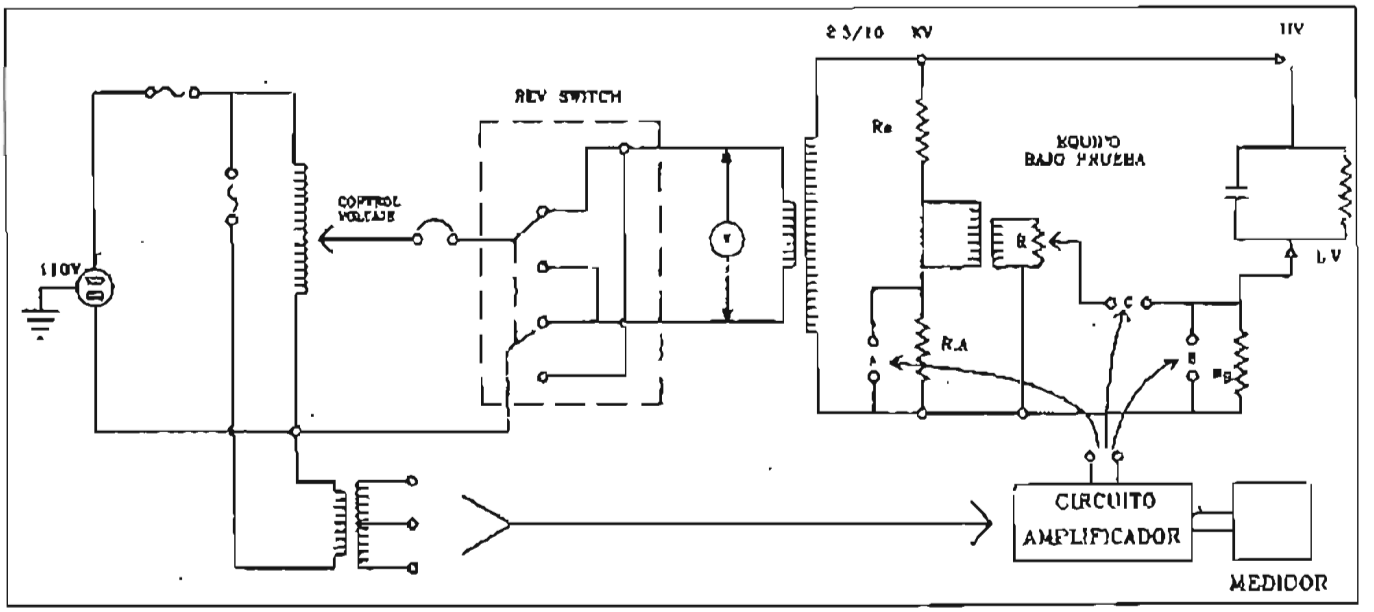


Fig. II.5 Circuito simplificado de equipo medidor de Factor de Potencia.

II.1.2.2.1. *OPCIONES DE PRUEBA CON EL EQUIPO F.P.*

a).- **ESPECIMEN ATERRIZADO.-** Se prueba en GST (Ground Specimen Test). Cuando el control de LV se coloca en posición GROUND (Figura II.7(a)), el cable LV es conectado a potencial de tierra. De esta forma el cable LV puede ser utilizado para aterrizar el espécimen bajo prueba. Es también posible aterrizar el espécimen, utilizando la terminal de tierra del cable de alto voltaje (HV), del cual se muestra un detalle en la figura II.6. Otra forma es aterrizar directamente a tierra.

b).- **ESPECIMEN GUARDADO.-** Se prueba en GST-GUARD. Cuando el control del LV se coloca en posición GUARD (Figura II.7(b)), el cable LV es conectado a guarda del equipo de prueba, haciendo una comparación entre las figuras II.7(a) y II.7(b) se puede observar esta diferencia entre ambos circuitos de medición entre las terminales de alto voltaje y tierra. La simple diferencia entre las dos figuras es la posición de la conexión del cable LV con respecto al medidor de MVA y MW. La conexión a guarda también puede ser posible si se utiliza la terminal de guarda del cable HV.

c).- **ESPECIMEN NO ATERRIZADO.-** Se prueba en UST (Ungrounded Specimen Test). Cuando el control de LV se coloca en posición UST (Figura II.7(c)), solamente la medición de MVA y MW se efectúa a través del cable LV. Se puede observar como el punto de conexión de guarda y tierra son comunes, de este modo la medición de MVA y MW no es realizada a través de tierra.

Nota:
Si se utiliza el método GST, lo que no se quiera medir se conecta a guarda.
Si se utiliza el método UST, lo que no se quiera medir se conecta a tierra.

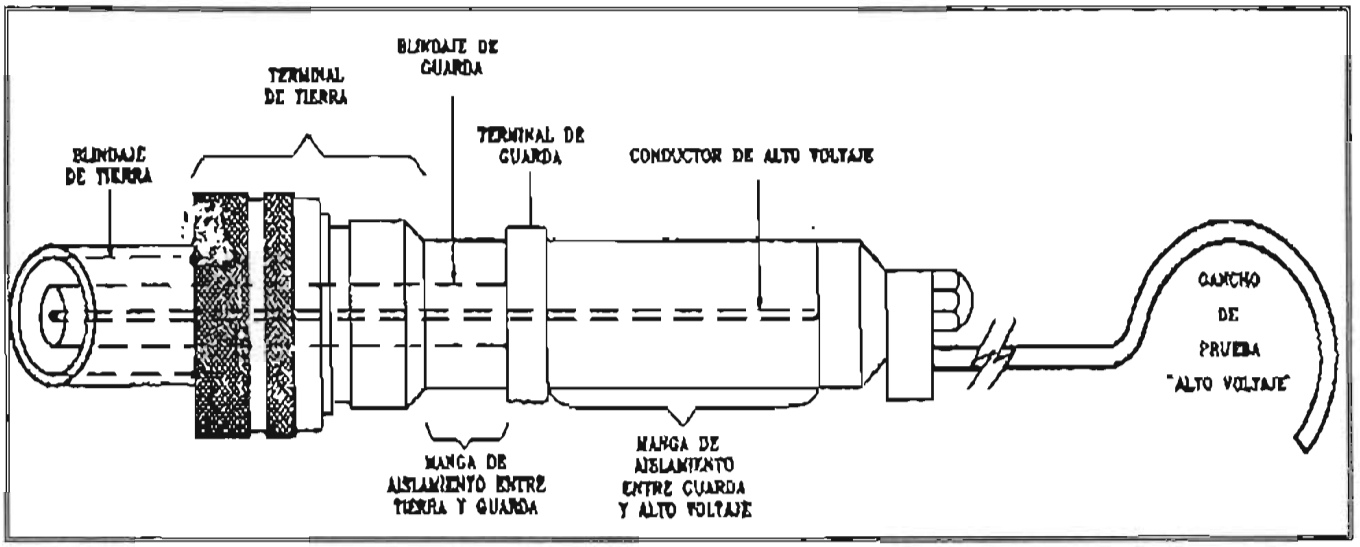


Fig. II.6 Terminal de alto voltaje

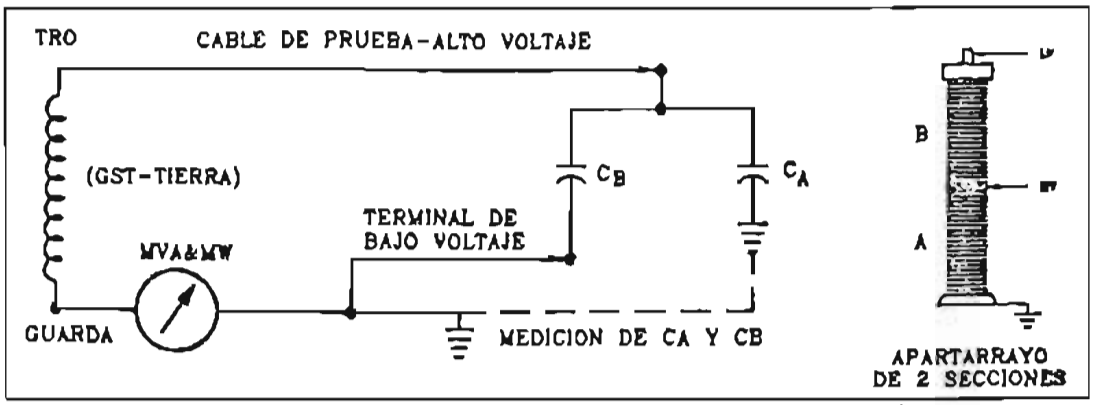


Fig. II.7 (a) POSICION DEL CABLE DE BAJO VOLTAJE-TIERRA

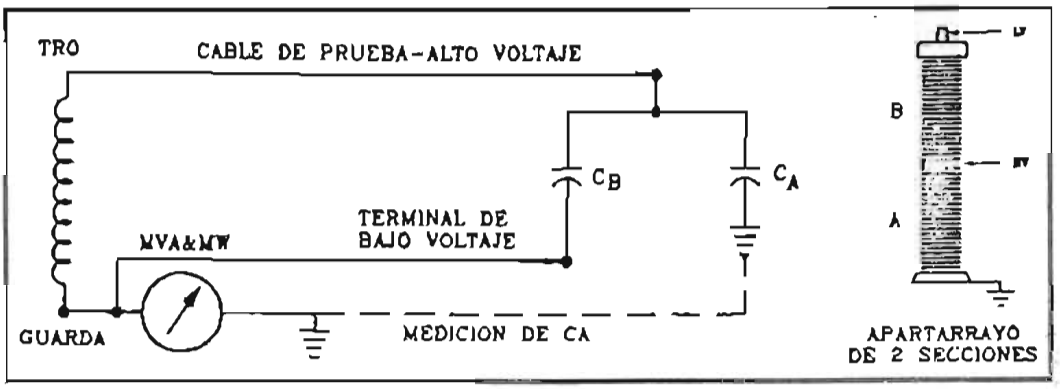


Fig. II.7b POSICION DEL CABLE DE BAJO VOLTAJE-GUARDA

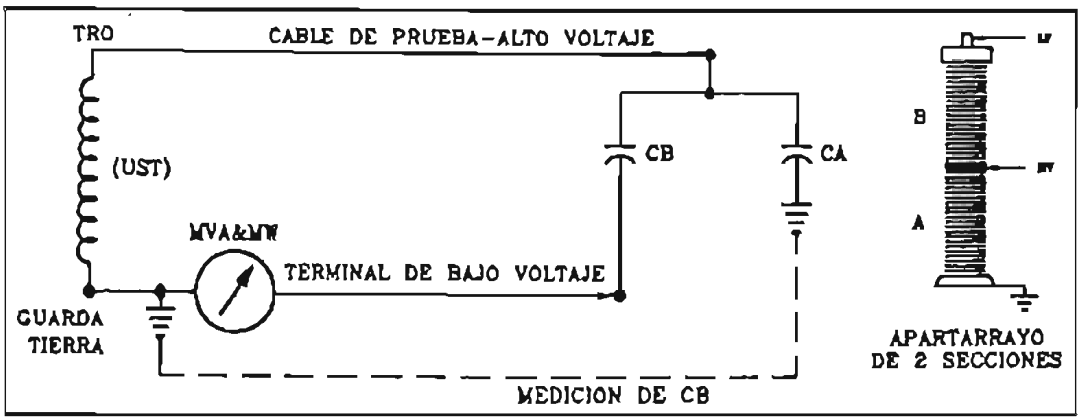


Fig. II.7c POSICION DEL CABLE DE BAJO VOLTAJE-UST

II.1.2.2.2. *FACTORES QUE AFECTAN LA PRUEBA.*

Entre los factores que afectan la prueba y tienden a aumentar el valor de factor de potencia de los aislamientos de una manera notable son: la suciedad, la húmedad relativa, la temperatura y la inducción electromagnética.

II.1.2.2.3. *MÉTODO DE MEDICIÓN.*

La prueba consiste en aplicar un potencial determinado al aislamiento que se desea probar, medir la potencia en Watts que se disipa a través de él y medir la carga del mismo en Volts-Amperes. El Factor de Potencia se calcula dividiendo los Watts entre los Volt-Amperes y el resultado se multiplica por 100.

El principio fundamental de las pruebas es la detección de algunos cambios de la característica del aislamiento, producidos por envejecimiento y contaminación del mismo, como resultado del tiempo y condiciones de operación del equipo y los producidos por el efecto corona.

II.1.2.2.4. *EQUIPO UTILIZADO PARA MEDICIÓN DE FACTOR DE POTENCIA .*

En este trabajo se hace una breve descripción de los medidores de Factor de Potencia que en mayor número de unidades, posee Comisión Federal de Electricidad (Dobble Engineering). En el capítulo III se mencionan las instrucciones de comprobación en campo, para el equipo DOBBLE. Para otras marcas consultar los instructivos correspondientes.

Una de las aplicaciones de este equipo es la prueba mediante la cual se puede conocer el estado de los aislamientos. La teoría de esta prueba se basa en la comparación de un dieléctrico con un condensador en donde el conductor energizado se puede considerar una placa y la carcaza o tierra del equipo como la otra placa del capacitor.

El equipo de prueba de aislamiento F.P. mide la corriente de carga y watts de pérdida en donde el factor de potencia, capacitancia y resistencia de corriente alterna pueden ser fácilmente calculados para un voltaje de prueba dado.

II.1.2.3. *PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS.*

Los puntos con alta resistencia en partes de conducción, originan caidas de voltaje, generación de calor, pérdidas de potencia, etc.

La prueba se realiza en circuitos donde existen puntos de contacto a presión o deslizables, como es el caso en interruptores y cuchillas seccionadoras.

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

Para medir la resistencia de contactos existen diferentes marcas de equipo, de diferentes rangos de medición, como por ejemplo el de la marca Games J. Biddle; el cual tiene un rango de medida de 0 a 20 ohms.

II.1.2.4. *TIEMPO DE OPERACIÓN Y SIMULTANEIDAD DE CIERRE Y APERTURA.*

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

Lo anterior permite comprobar si estas características se mantienen durante su operación dentro de los límites permitidos o garantizados por el FÁBRICAnte o bien lo establecido por las normas correspondientes, de no ser así, será posible entonces programar para efectuar ajustes al interruptor para recuperar sus valores o límites originales.

Estas comprobaciones deberán efectuarse en forma periódica a todos los interruptores de potencia, de acuerdo a lo establecido por manuales y guías de mantenimiento.

El principio de esta prueba es en base a una referencia trazada sobre el papel de equipo de prueba, se obtienen los trazos de los instantes en que los diferentes contactos de un interruptor se tocan o separan, a partir de las señales 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 entonces medir en tiempo y secuencia los eventos anteriores.

Para tener una referencia sobre las diferentes velocidades de graficado disponibles en los equipos de prueba comúnmente empleados para esta verificación, en la siguiente página se incluye una Tabla donde se muestran las principales características para dichos equipos.
El principio de la prueba se basa en 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.

Existen básicamente dos tipos de instrumentos de prueba, los que utilizan dispositivos electromecánicos en los cuáles una señal eléctrica sobre una bobina, actúa mecánicamente sobre agujas que marcan un trazo sobre un papel tratado en su superficie; y los que utilizan galvánometros que al accionar varían el punto de incidencia de un rayo luminoso sobre un papel fotosensible; en ambos tipos el movimiento del papel es efectuado por un motor de corriente directa a una velocidad constante.

TIEMPO DE APERTURA.- Es el tiempo medido desde el instante que se energiza la bobina de disparo hasta el instante en que los contactos de arqueo se han separado.

TIEMPO DE CIERRE.- Es el intervalo de tiempo medido 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.

NOTA: En el caso de interruptores dotados de resistencias de pre-inserción, por lo general existe una diferencia entre los tiempos de cierre o apertura hasta el momento en que los contactos auxiliares en serie con las resistencias se tocan o se separan.

II.1.2.4.1. *EQUIPOS DE PRUEBA.*

Existen varios tipos y marcas de equipos de prueba, distinguiéndose dos principalmente, que son los de tipo cronógrafo y los del tipo oscilógrafo, las características generales de los equipos comúnmente usados se muestran en la tabla anexa, indicándose sobre la misma características de aplicación, así como ventajas y desventajas.

Entre las características deseables de cualquier equipo se puede mencionar lo siguiente:

a) Velocidad de papel.- Se considera que debe ser como mínimo de 1 m/seg a fin de poder apreciar o medir con precisión tiempos del orden de milisegundos.

b) Número de canales.- Dependiendo del tipo de interruptor por probar se requiere de diferente número de canales, por lo que este deberá ser suficiente para poder probar por lo menos un polo.

II.1.2.4.2. *PRUEBAS NORMALES.*

Las pruebas o MEDICIÓNes que a continuación se indican son aquellas que se consideran normales, tanto para mantenimiento como para puesta en servicio de un interruptor.

a) Determinación del tiempo de apertura.
b) Determinación del tiempo de cierre
c) Determinación del tiempo cierre-apertura en condición de disparo libre (trip-free) o sea el mando de una operación de cierre y uno de apertura en forma simultánea, se verifica además el dispositivo de antibombeo.
d) Determinación de la simultaneidad entre contactos de una misma fase, tanto en cierre como apertura.
e) Determinación de la diferencia en tiempo entre los contactos principales y contactos auxiliares de resistencia de pre-inserción, ya sean estos para apertura o cierre.
f) Determinación de los tiempos de retraso en operación de recierre si el interruptor está previsto para este tipo de aplicación, ya sea recierre monopolar o tripolar.

Las tres primeras pruebas son aplicables a todo tipo de interruptor mientras que las tres últimas son aplicables a tipos específicos; la prueba d) a interruptores multicámaras, la e) a interruptores dotados de resistencia de pre-inserción y la f) a equipos aplicados con recierre.

Dependiendo del interruptor por probar en lo que a número de cámaras se refiere, así como el número de canales disponibles en el equipo de prueba, es posible en algunos casos determinar dos o más de los tiempos anteriores simultáneamente en una sola operación.

II.1.2.4.3. *LIMITACION.*

Se pueden presentar casos en los cuales por razones especificas se requiere efectuar algunas pruebas diferentes a los normales o bien algunas variaciones de estas que le dan carácter de especial.

Este tipo de pruebas son necesarias cuando se necesita una mayor investigación en algún problema específico y deberán diseñarse de acuerdo a lo que se desea investigar.

Otro caso de prueba especial es aquella que requiere un determinado tipo de interruptor que por su diseño o arreglo de cámaras esté fuera de lo que pueda considerarse normal, como es el caso de algunos interruptores neumáticos Mitsubishi y modelos antiguos de Merlin & Gerin, en los cuales en serie con las cámaras de interrupción se tienen desconectadores cuya función exclusiva es dar aislamiento (no tienen capacidad de interrupción); para estos casos el sincronismo entre cámaras y desconectadores debe entonces ser verificado periódicamente.

II.1.2.5. *PRUEBA DE RELACION DE TRANSFORMACION Y POLARIDAD.*

Estas pruebas solamente se realizan a los transformadores de instrumento (Transformadores de corriente y potencial)

La relación de transformación se define como la relación de vueltas o de voltajes del primario al secundario, o la relación de corrientes del secundario al primario en los transformadores y se obtiene por la relación:

$$RT = Np/Ns = Vp/Vs = Is/Ip$$

Mediante la aplicación de esta prueba es posible detectar corto circuito entre espiras, falsos contactos, circuitos abiertos, etc.

Respecto a la polaridad, es importante conocerla, porque permite verificar el diagrama de conexión de los transformadores monofásicos y trifásicos, más aun, cuando se tengan transformadores cuya placa se ha extraviado.

II.1.2.5.1. *MÉTODOS DE MEDICIÓN DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.*

El método mas utilizado para llevar a cabo estas pruebas es con el medidor de relación de vueltas, Transformer Turn Ratio (T.T.R.), que opera bajo el conocido principio de que cuando dos transformadores que nominalmente tienen la misma relación de transformación y polaridad, y se excitan en paralelo, con la mas pequeña diferencia en la relación de alguno de ellos, se produce una corriente circulante entre ambos relativamente alta.

La prueba de relación de transformación a transformadores de corriente, también se realiza con un transformador de alta carga, un variac y dos amperímetros. Para efectuarla es necesario puntear las terminales del devanado secundario de la relación a comprobar, aplicando al devanado primario diferentes valores de corriente preestablecidos y midiendo las correspondientes corrientes en el devanado secundario. Conforme a los datos de placa, debe efectuarse la comprobación en las relaciones de que disponga el transformador. (Ver fig. II.8).

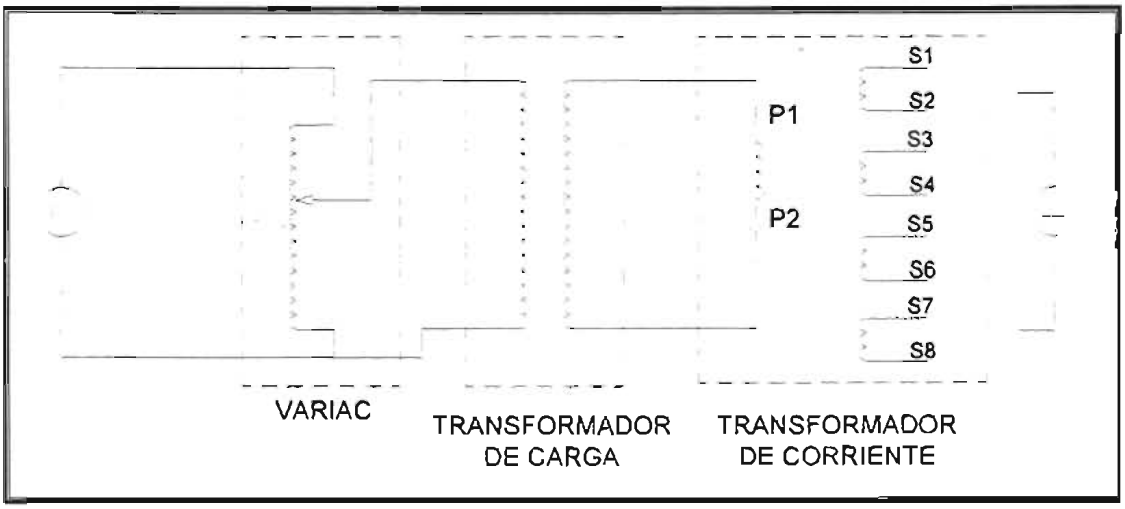


Fig. II.8 Diagrama para prueba de relación de transformación de TC's.

Para el caso de los Transformadores de Potencial (TP's) el método consiste en aplicar una tensión de CA en las terminales de alta tensión y medir los valores de tensión tanto en el devanado primario como en el secundario y verificar la relación conforme a los datos de placa del TP (Ver Fig II.9).

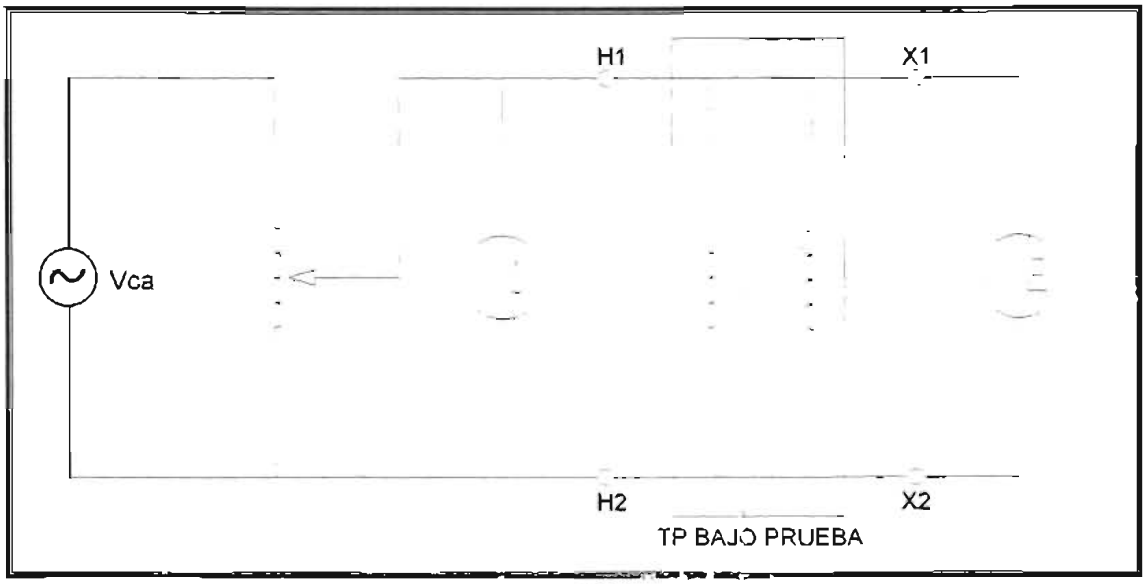


Fig. II.9 Diagrama para prueba de relación de transformación de TP's.

II.1.2.5.2. *COMPROBACION DE POLARIDAD.*

Esta prueba llamada "Golpe inductivo" se efectua con una bateria y un voltmetro analogico de CD bajo la conexión mostrada en la fig. II.10. Se cerrara y abrira subitamente el SW1.

La polaridad es correcta si la aguja del voltmetro se desplaza en dirección de la escala (+), al momento de cerrar el interruptor SW1 y hacia la escala (-) al momento de abrirlo.

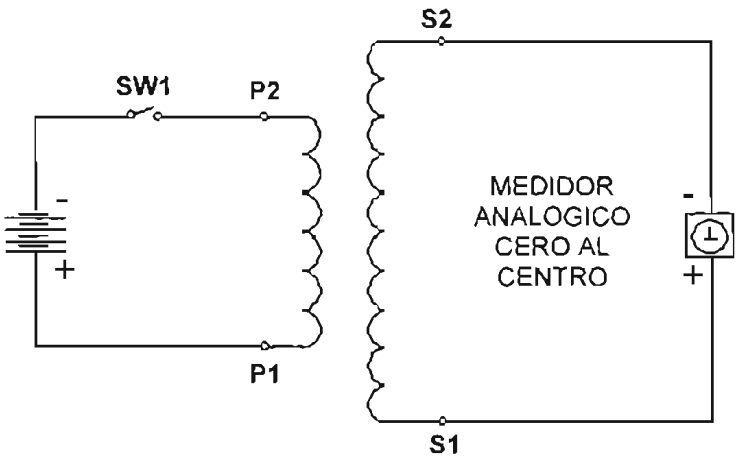


Fig. II.10 Diagrama elemental para realizar la prueba de polaridad a TC's.

II.1.2.6. *PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACIÓN.*

La medición de la Corriente de Excitación en transformadores, determina la existencia de espiras en corto circuito, desplazamiento de devanados y núcleo, conexiones defectuosas, etc.

La Corriente de Excitación de un transformador, es aquella que se obtiene en el devanado primario al aplicar a éste un voltaje, manteniendo el devanado secundario en circuito abierto.

La Corriente de Excitación consta de dos componentes: Una en cuadratura (I_L) y la otra en fase (I_R). La componente en cuadratura corresponde a la corriente reactiva magnetizante del núcleo, mientras la componente en fase incluye pérdidas en el núcleo, cobre y aislamiento.

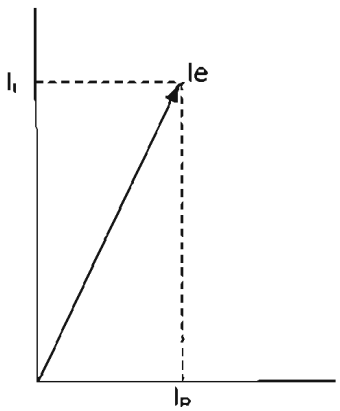


Fig. II.11. Diagrama vectorial de corrientes.

donde:

I_e.- Corriente de Excitación del devanado del transformador.
I_L.- Corriente Magnetizante.
I_R.- Corriente de Pérdidas.

La magnitud de la Corriente de Excitación, depende en parte del voltaje aplicado, del número de vueltas en el devanado, de las dimensiones del devanado, de la reluctancia y de otras condiciones tanto geométricas como eléctricas que existen en el transformador.

Una corriente primaria y/o una carga demasiado grandes pueden provocar una densidad de flujo muy alta en el núcleo de hierro del transformador de corriente. Cuando esta densidad de flujo alcanza o sobrepasa el límite de diseño, ocurre el fenomeno conocido como SATURACION, si el nucleo del transformador esta totalmente saturado, un incremento de la corriente primaria nos da un aumento excesivo de la corriente de excitación y un pequeño incremento de la corriente secundaria.

Al alcanzar el punto de saturación la precisión del transformador de corriente se vuelve muy pobre y la corriente secundaria sera menor que la indicada por la relación de transformación.

II.1.2.6.1. *FACTORES QUE AFECTAN LA PRUEBA.*

De acuerdo con experiencias en las pruebas de Corriente de Excitación el factor que afecta las lecturas, en forma relevante, es el magnetismo remanente en el núcleo del transformador y la inducción electromagnética; el magnetismo es indeseable por dos razones:

a) Al volver a conectar un transformador con magnetismo remanente, la corriente de magnetización o de "arranque" (INRUSH), que súbitamente demanda el transformador; aumenta considerablemente.

b) Puede originar valores anormales de Corriente de Excitación durante las pruebas, al analizar las condiciones de los devanados o alguno en especial.

II.1.2.6.2. *MÉTODOS DE MEDICIÓN.*

En el caso de un transformador monofásico, bastará conectar directamente un ampérmetro en uno de los extremos del devanado energizado. En un transformador trifásico conectado en estrella, la Corriente de Excitación puede medirse aplicando voltaje independientemente a cada una de las fases y conectando un ampérmetro en serie entre el neutro y tierra, en este caso se puede observar que la corriente de la fase central es menor que las otras dos fases, debido a que la reluctancia del circuito magnético es menor.

Para devanados conectados en delta, se analiza e incluye una descripción de la distribución del flujo en el núcleo para cada una de las fases, así como sus efectos en la apreciación de la medición.

II.1.2.7. *PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE DEVANADOS.*

La resistencia, es una propiedad (de los conductores) de un circuito eléctrico, que determina la proporción en que la energia eléctrica es convertida en calor y tiene un valor tal que, multiplicado por el cuadrado de la corriente, da el coeficiente de conversión de energía. La relación física por la que puede ser calculada la resistencia de un material de sección uniforme es:

$$R = (\delta L)/A$$

Donde: R= resistencia en ohms.
δ = resistividad específica del material en Ohm-cm.
L= longitud en centímetros
A= área de la sección transversal en cm^2.

Esta prueba es aplicable a transformadores de potencia, de instrumento, autotransformadores, reguladores, reactores. Y nos sirve también para calcular las pérdidas en el cobre (I^2R).

II.1.2.7.1. *FACTORES QUE AFECTAN LA PRUEBA.*

Los factores que afectan la prueba son: cables inapropiados, suciedad en terminales del equipo bajo prueba y los puntos de alta resistencia.

II.1.2.7.2. *MÉTODOS DE MEDICIÓN.*

Puesto que la Resistencia de un circuito es la relación entre la diferencia de potencial aplicado entre sus extremos y la intensidad de la corriente resultante. El método mas inmediato para medir la resistencia de un circuito, es conectarlo a una fuente de corriente directa tal como una baterla y medir la intensidad de corriente por medio de un ampérmetro.

Cuando se emplee este método, es importante seleccionar un voltaje adecuado para el equipo de que se trate, ya que valores grandes de corriente pueden causar calentamiento y cambia el valor de la resistencia.

El segundo método para la medición de Resistencia Ohmica es utilizando un medidor de indicación directa llamado ohmetro, su principio de operación es el mismo del vóltmetro y ampérmetro con una fuente de corriente directa, integrada en el medidor.

Para las mediciónes de Resistencia Ohmica, existen equipos de prueba específicamente diseñados para ello, como son los puentes de Wheatstone y Kelvin; su aplicación no presenta mayor problema ya que en sí, son ohmetros prácticamente comunes en cuanto a la forma de conexión.

Los principios de operación para ambos equipos, se basan en la medición de una corriente resultante del desequilibrio entre las tensiones presentadas en un circuito formado por resistencias de valor conocido, y por una resistencia de valor por determinar (que corresponde a la del devanado por medir). Lo anterior se efectúa mediante una- fuente incorporada al equipo, circulando por tanto una corriente a través del circuito, cuyo valor es registrado por el galvanómetro.

II.1.3. *PRUEBAS APLICABLES AL EQUIPO PRIMARIO DE LA SUBESTACIÓN.*

EQUIPO PRIMARIO	NOMBRE DE LA PRUEBA	PRUEBAS DE PROTOTIPO	PRUEBAS DE RUTINA	PRUEBAS DE CAMPO
TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	X	X	
	IMPULSO	X		
	POTENCIAL APLICADO A DEVANADO PRIMARIO	X	X	
	POTENCIAL APLICADO A DEVANADO SECUNDARIO	X	X	
	PRUEBAS DE RELACIÓN	X	X	X
	PRUEBAS DE SATURACIÓN	X	X	
	VERIFICACIÓN DE LAS MARCAS DE POLARIDAD	X	X	X
	BURDEN	X	X	X
	DESCARGAS PARCIALES	X	X	
	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	X	X	X
	FACTOR DE POTENCIA DE AISLAMIENTO	X	X	X
	IMPULSO	X		
	POTENCIAL APLICADO A 60 Hz EN SECO Y HUMEDO	X	X	
	VERIFICACION DE LA CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE CORTO CIRCUITO	X		
	FALLA EN LÍNEA CORTA Y CIERRE EN CONDICIONES DE FALLA	X	X	
	VERIFICACIONDE LA CORRIENTE SOSTENIDA DE CORTA DURACIÓN	X	X	
	VERIFICACIÓN DE CORRIENTE DE INTERRUPCIÓN DE LÍNEA EN VACÍO.	X	X	
	VERIFICACIÓN DE CORRIENTE DE INTERRUPCIÓN DE CABLE EN VACÍO	X	X	
	VERIFICACION DE LA "I" DE INTERRUPCIÓN DE PEQUEÑAS CORR. INDUCTIVAS.	X	X	
	VERIFICACIÓN DE LAS CORRIENTES INTERRUPTIVAS DE DEFASAMIENTO.	X	X	
	POTENCIAL APLICADO A CIRCUITOS AUXILIARES	X	X	
	MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE CONTACTOS	X	X	X
	DIELECTRICAS (FACTOR DE POTENCIA Y RESISTENCIA DE AISLAMIENTO)	X	X	X

EQUIPO PRIMARIO	NOMBRE DE LA PRUEBA	PRUEBAS DE PROTOTIPO	PRUEBAS DE RUTINA	PRUEBAS DE CAMPO
	VERIFICACIÓN DE TIEMPOS DE APERTURA Y CIERRE	X	X	X
	ELEVACIÓN DE TEMPERATURA	X	X	
	DESCARGAS PARCIALES		X	
	PRUEBAS A BOQUILLAS	X	X	X
	OPERACIÓN MECÁNICA	X	X	X
TRANSFORMADORES DE POTENCIAL INDUCTIVO	IMPULSO	X		
	POTENCIAL INDUCIDO	X	X	
	POTENCIAL APLICADO A 60 Hz A DEVANADO PRIMARIO	X	X	
	POTENCIAL APLICADO A 60 Hz A DEVANADO SECUNDARIO	X	X	
	PRUEBA DE RELACIÓN	X	X	X
	PRUEBA DE SATURACIÓN	X	X	X
	VERIFICACIÓN DE LAS MARCAS DE POLARIDAD	X	X	X
	BURDEN	X	X	X
	DESCARGAS PARCIALES	X	X	
	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	X	X	X
	FACTOR DE POTENCIA DE AISLAMIENTO	X	X	X
APARTARRAYOS	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	X	X	X
	PERDIDAS DIELÉCTRICAS	X	X	X
	CORRIENTE DE DESCARGA	X	X	
	TIEMPO DE RECUPERACIÓN	X	X	
CUCHILLAS SECCIONADORAS.	INSPECCIÓN VISUAL.		X	
	TENSIÓN DE AGUANTE A 60 Hz. EN SECO AL CIRCUITO PRINCIPAL.	X	X	
	POTENCIAL APLICDO A CIRCUITOS AUXILIARES DE FUERZA Y CONTROL	X	X	
	MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CIRCUITO PRINCIPAL.	X	X	
	PRUEBAS DE OPERACIÓN MECÁNICA.	X	X	
	RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO.		X	
	GALVANIZADO		X	
	RESISTENCIA DE ASILAMIENTO			X
	FACTOR DE POTENCIA AL AISLAMIENTO			X
	RESISTENCIA DE CONTACTOS			X

CAPÍTULO III

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LAS PRUEBAS REALIZADAS AL EQUIPO PRIMARIO DE LA BAHÍA C8 DE 400 kV.

En el presente capítulo se analizara cada una de las pruebas de campo realizadas al equipo primario de la bahía C8 de la subestación de 400 kV "TUV".

Para identificar los equipos se utiliza la nomencaltura indicada por el CENACE de acuerdo con el reglamento de Despacho y Operación del Sistema Eléctrico Nacional la identificación del equipo de una instalación determinada, se hará con cinco dígitos.

El orden que ocuparán los dígitos de acuerdo a a su función, se hará de izquierda a derecha.

PRIMERO	Tensión de operación.
SEGUNDO	Tipo de equipo.
TERCERO Y CUARTO	Numero asignado al equipo
QUINTO	Tipo de dispositivo

TENSIÓN DE OPERACIÓN. Esta definido por el primer carácter alfanumerico de acuerdo a lo siguiente:

TENSIÓN EN KV		NÚMERO
DESDE	HASTA	ASIGNADO
0.00	2.40	1
2.41	4.16	2
4.17	6.99	3
7.0	16.50	4
16.60	44.00	5
44.10	70.00	6
70.10	115.00	7
115.10	161.00	8
161.10	230.00	9
230.10	499.00	A
500.10	700.00	B

TIPO DE EQUIPO. Está definido por el segundo carácter númerico de acuerdo a lo siguiente:

No.	EQUIPO
1	Grupo generador - transformador (unidades generadoras
2	Transformadores o autotransformadores
3	Líneas de transmisión o alimentadores
4	Reactores
5	Capacitores (serie o paralelo)
6	Equipo especial
7	Esquema de interruptor de transferencia o comodín.
8	Esquema de interruptor y medio
9	Esquema de amarre de barras
0	Esquema de doble interruptor lado barra numero 2

NÚMERO ASIGNADO AL EQUIPO. El tercero y cuarto dígito definen el numero económico del equipo de que se trate y su combinación permite tener del 00 al Z9.

TIPO DE DISPOSITIVO. Para identificarlo use el quinto dígito númerico que especifica el tipo de dispositivo de que se trata.

No.	DISPOSITIVO
0	Interruptor
1	Cuchillas a barra uno

1 Cuchillas a barra uno
2 Cuchillas a barra dos
3 Cuchillas adicionales
4 Cuchillas fusibles
5 Interruptor en gabinete blindado (extracción)
6 Cuchilla de enlace entere alimentadores y/o barras.
7 Cuchillas de pueta a tierra
8 Cuchillas de transferencia.
9 Cuchillas lado equipo (línea, transformador, generador)

La nomenclatura asignada para la bahía C8 se indica en la siguiente figura.

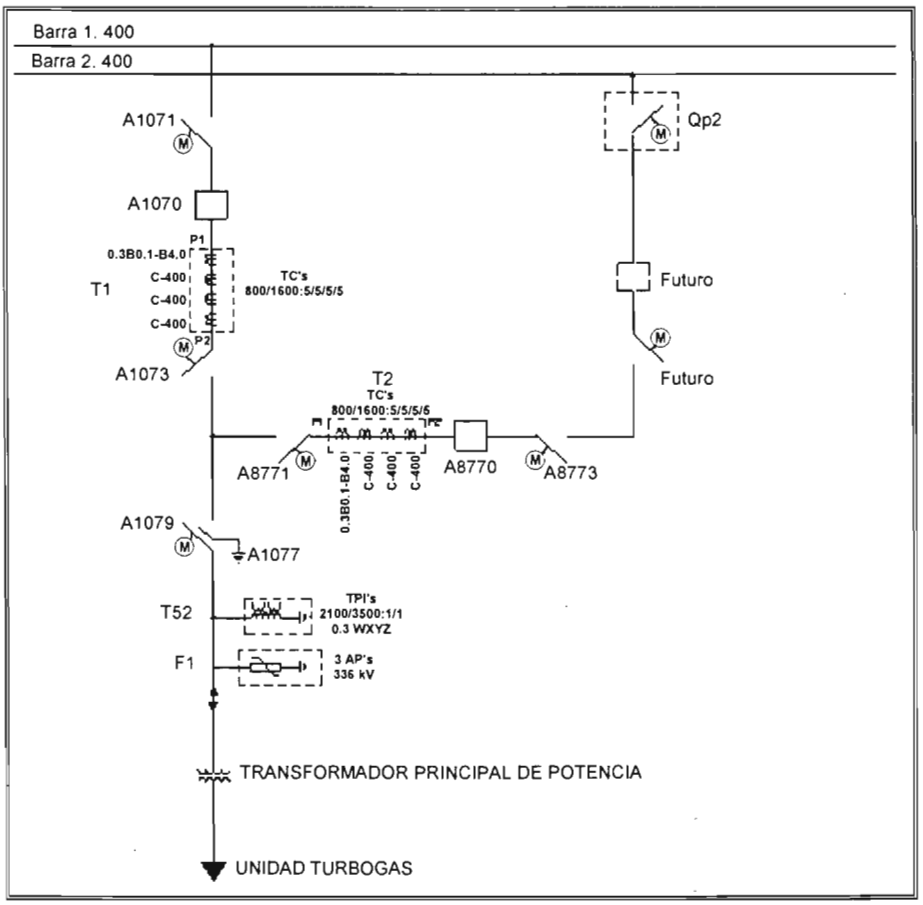
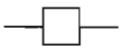
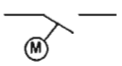
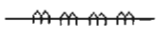


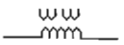
Fig. III.1 Diagrama unifilar de la Bahía C8

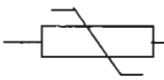
SIMBOLOGIA:


Interruptor de potencia en SF6


Cuchilla seccionadora con mando motorizado


Transformador de Corriente


Transformador de Potencial Inductivo

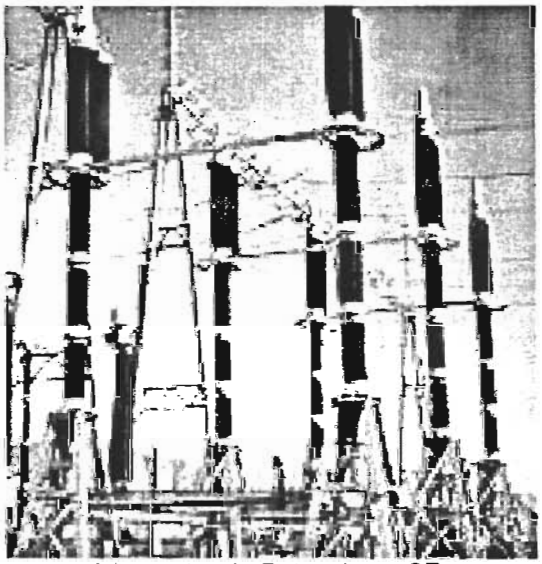

Apartarrayos de Oxidos Metálicos.

III.1. *PRUEBAS A INTERRUPTORES DE POTENCIA.*

Un interruptor de potencia debe ser sometido a pruebas 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 así como sus cámaras interruptivas y sus contactos.

Los interruptores de potencia, son trifásicos, servicio intemperie, autocontenidos, 60 Hz, con dos cámaras de interrupción en Hexafluoruro de Azufre (SF6) a una sola presión con un mecanismo por polo y son parte del equipo existente de la Subestación "TUV". Las características partículares se indican a continuación:

Características:
Marca:.....GEC Alsthom
Tipo de construcción:.....Tanque vivo monopolar
Tensión de diseño.....420 kV
Corriente nominal.....3000 A.
Distancia minima de fuga (fase-fase).....31 mm/kV
Capacidad interruptiva.....50 kA


Interruptor de Potencia en SF6

III.1.1. *PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.*

Las pruebas de resistencia de aislamiento en interruptores de potencia son importantes, para conocer las condiciones de sus aislamientos. Consiste en aplicar el voltaje de prueba durante un período de 60 segundos.

La medición de resistencia de aislamiento, es en sí misma una prueba de potencial, por lo tanto, debe restringirse a valores apropiados que dependan de la tensión nominal de operación del equipo que se va a probar y de las condiciones en que se encuentre su aislamiento. Si la tensión de prueba es alta, se puede provocar fatiga en el aislamiento.

El potencial de prueba utilizado en los interruptores para este caso en partícular, es de 5,000 Vcd. Las lecturas de resistencia de aislamiento disminuyen normalmente al utilizar potenciales altos, sin embargo para aislamiento en buenas condiciones, se obtendrán valores semejantes para diferentes tensiones de prueba.

Si al aumentar el potencial de prueba se reducen significativamente los valores de resistencia de aislamiento, esto nos puede indicar que existen imperfecciones o fracturas en el aislamiento, posiblemente agravadas por suciedad o humedad, aún cuando también la sola presencia de humedad con suciedad puede ocasionar este fenómeno.

III.1.1.1. *RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.*

a)Limpiar perfectamente la porcelana de las boquillas, quitando polvo, humedad o agentes contaminantes.
b)Conecte al tanque o estructura la terminal de tierra del medidor.
c)Efectuar la prueba cuando la humedad relativa sea menor de 75%.

En la figura III.2, se muestra la forma de conexión para la prueba de resistencia de aislamiento.

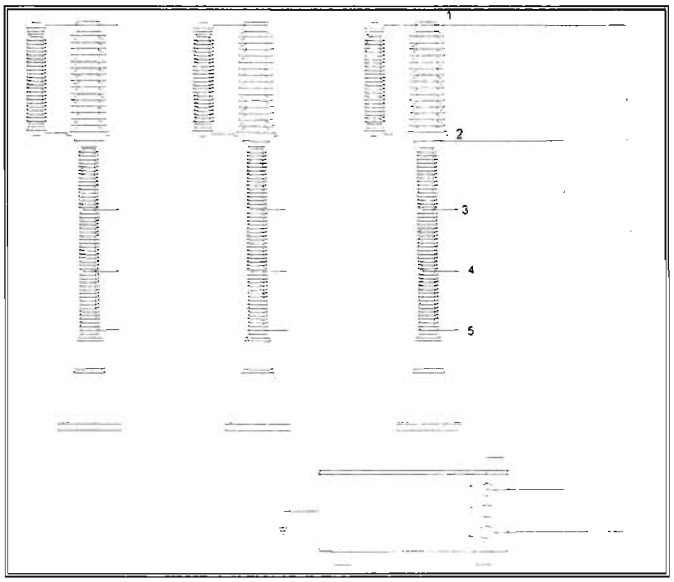


Fig. III.2 Prueba de Resistencia de Aislamiento a Interruptores de Potencia

III.1.1.2. *PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.*

Para la realización de esta prueba se aplican 5000 Vcd durante un minuto utilizando un Megger marca Chavin Arnous modelo ISOL 5000 siguiendo las recomendaciones del inciso anterior.

III.1.1.3. *INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS PARA LA EVALUACIÓN DEL AISLAMIENTO.*

Las lecturas de resistencia de aislamiento en interruptores, por lo general son altas (del orden de GΩ) sin tener, absorción ni polarización, por estar constituido su aislamiento, en mayor parte por porcelana; una lectura baja es indicación de deterioro del mismo.

En los interruptores con medios de extinción en vacío y SF6, el aislamiento está formado por las boquillas y aislamientos soportes, los bajos valores de aislamiento se deben a deterioro de alguno de ellos.

Para interruptores monopolares, como es el caso de los interruptores de SF6 objeto del presente estudio, los valores de resistencia de aislamiento deben ser superiores a los 100 Gigaohms si los componentes aislantes están en buenas condiciones; para casos de valores bajos de aislamiento, se requieren pruebas de factor de potencia para complementar el análisis de las condiciones del aislamiento.

Los resultados obtenidos durante las pruebas de Resistencia de Aislamiento realizadas a los interruptores de potencia existentes en la bahía C8 de la subestación TUV se muestran en la sección III.1.5.

III.1.2. *PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA AL AISLAMIENTO*

La finalidad de esta prueba es la detección de cambios medibles en las características de los aislamientos que pueden asociarse con elementos destructivos como el agua, el calor y el efecto corona. En general, un incremento apreciable de las pérdidas dieléctricas en CA, volt-amperes o factor de potencia de un aislamiento indican deterioro.

Al efectuar las pruebas de Factor de Potencia se determina el estado del aislamiento de las boquillas, soportes y los otros materiales que forman parte del aislamiento (gas SF6).

La prueba de Factor de Potencia consiste en aplicar el potencial de prueba a cada una de las terminales del interruptor.

Las pérdidas dieléctricas de los aislamientos no son las mismas estando el interruptor abierto que cerrado, porque intervienen diferentes aislamientos.

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

III.1.2.1. *RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.*

a) Limpiar perfectamente la porcelana de las boquillas, quitando polvo, humedad o agentes contaminantes.
b) Conectar al tanque la tierra del medidor.
c) Procurar efectuar la prueba cuando la humedad relativa sea menor de 75%.

III.1.2.2. *PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.*

Para la realización de la prueba se utilizó un medidor marca Doble Engineering modelo 1291/858 (fig. III.3 a y b) de acuerdo al siguiente procedimiento:

a)Colocar el medidor de Factor de Potencia sobre una base firme y nivelada, conectando al medidor sus cables: tierra (esta es la primera y la última en conectarse y/o retirarse), HV y LV (roja y azul), alimentación de corriente alterna y el cable de extensión con interruptor de seguridad.

b)Conectar el cable de alto voltaje (HV) a la terminal del equipo bajo prueba, aterrizando también la malla de blindaje de dicho cable.
c)Conectar la terminal de bajo voltaje (LV). El switch selector (LV) se selecciona según la posición deseada (GROUND, GUARD o UST). Si la terminal de bajo voltaje (LV) no se va a usar, el switch (LV) se selecciona en GROUND.

d)Ajustar el control de voltaje en cero poscicionando el interruptor (Rev. Switch) en cualquiera de sus posciciones.

e)Colocar el selector de Watts y mA en su posición central (Check)

f) Seleccionar el máximo multiplicador de mA y Watts.
g)Accionar el interruptor ICC a la posición OFF.

h)El interruptor principal se deberá poner en la poscición ON

i) Energizar cerrando los interruptores local del operador (lámpara ambar) y el interruptor de seguridad del cable de extensión (lampara roja).

j) Observar el indicador de kV e incrementar lentamente el voltaje, girando hacia la derecha la perilla de control de voltaje hasta que el vóltmetro indique 5 KV. Si durante el ajuste del voltaje, el indicador del medidor tiende a sobrepasar su escala, ajustelo girando hacia la izquierda la perilla (METER ADJ.) de modo que la aguja se mantenga dentro del rango.

k)Con el selector en la poscición check ajuste a su máxima escala el medidor con la perilla (METER ADJ.)

l) Colocar el selector hacia el lado izquierdo para la medición de mA y seleccionar el multiplicador de mA que produzca la mayor deflexión del medidor.

m) Tomar la lectura para la otra posición de reversa con el mismo multiplicador.

n)Para la medición de watts, debe mantenerse el mismo multiplicador usado para la medición de mA.

o)Girando la perilla WATTS ADJUST de tal manera que se mueva la aguja del medidor hacia la izquierda, hasta obtener la mínima deflexión de la aguja en la escala.

p)Seleccionar el multiplicador de Watts que produzca la máxima deflexión medible en la escala. Cada vez que el multiplicador sea reducido, los Watts deberán de ser ajustados a la mínima deflexión de la aguja, con la perilla WATTS ADJUST.

q)Girar lentamente hacia la derecha el control POLARITY, mientras se observa la aguja del medidor. Si la aguja tiende a desviarse hacia la derecha, indica Watts negativos. Si lo hace hacia la izquierda indica que son positivos.
r) Cambie el switch de reversa a la posición opuesta y reajuste el control WATTS ADJUST para obtener la lectura mínima.

s)Cuando el signo de las dos lecturas sea diferente restarlas y el resultado dividirlo entre dos. Registrando el promedio, así como el multiplicador.

t) Colocar el selector en Check y el control de voltaje en cero.

CAPACITANCIA DE LA PRUEBA.- El potenciómetro de ajuste de watts (Watts ADJ) en el medidor está equipado con un indicador calibrado para obtener las lecturas de Capacitancia del equipo. Dicha lectura se obtiene en cuatro digitos. El indicador lee directamente en picofaradios (pf) y esta se debe afectar por el respectivo valor de capacitancia.

CÁLCULO DE LA CAPACITANCIA.- Cuando el espécimen bajo prueba tiene un factor de potencia menor a 15% se puede obtener una capacitancia aproximada utilizando las siguientes fórmulas:

$$\text{Capacitancia (PF)} = 265 \times \text{miliamperes}$$

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA:

$$R = E^2/\text{Watts} \qquad R(M\Omega)$$

R = Resistencia en megohms, E = Voltaje en volts, W = Pérdidas en watts

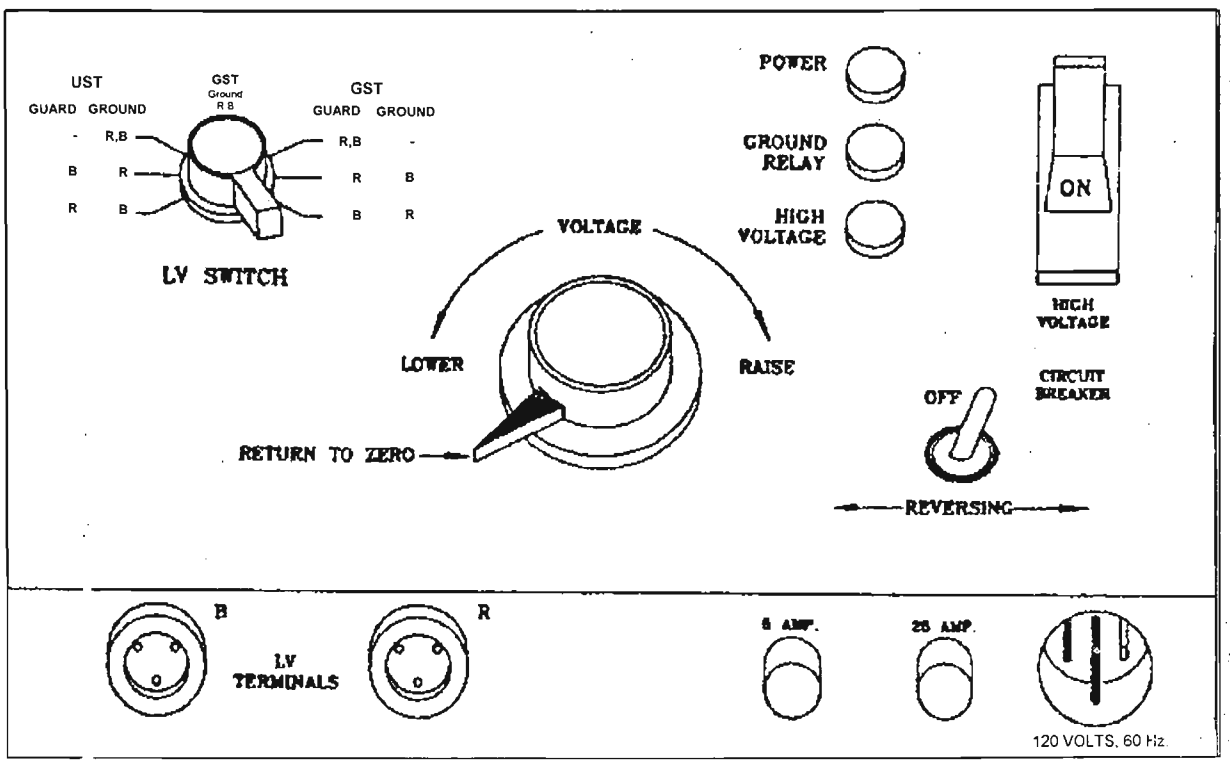


Fig. III.3a Medidor de factor de potencia

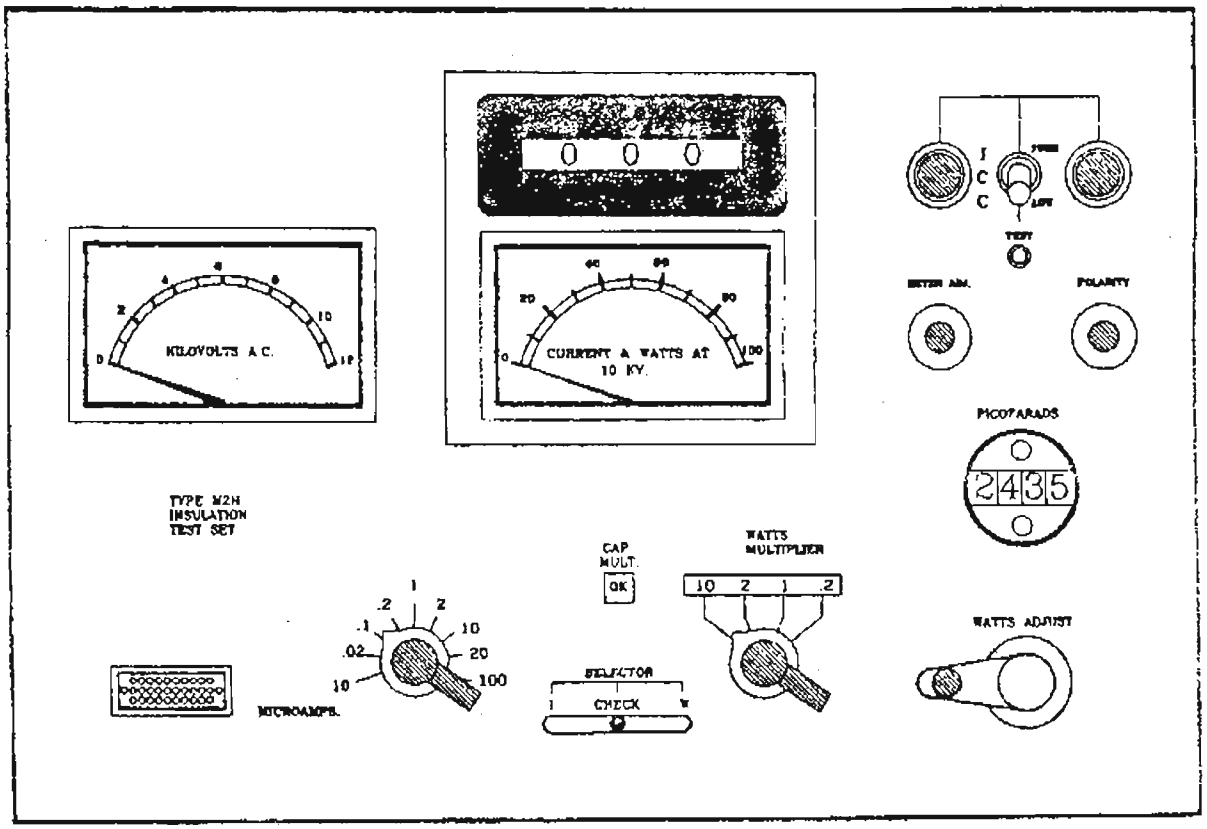


Fig. III.3b Panel de la unidad de Medición

CÁLCULO DE FACTOR DE POTENCIA:

$$\text{Factor de Potencia} = \cos\phi = \frac{\text{Watts}}{\text{Voltaje de Prueba x Corriente Total}} = \frac{\text{Watts}}{E \times I_t}$$

$$\%\,\text{Factor de Potencia} = \frac{\text{Watts x 10}}{\text{mA}}$$

En la figura III.5 se ilustra la forma de conexión para realizar la prueba de factor de potencia del aislamiento.

III.1.2.3. *INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS PARA LA EVALUACIÓN DEL AISLAMIENTO.*

Al efectuar las pruebas de Factor de Potencia, intervienen las boquillas o soportes aislantes, y los otros materiales que forma parte del aislamiento (aceite aislante, gas SF6, vacío, etc.). Al efectuar la prueba de Factor de Potencia el método consiste en aplicar el potencial de prueba a cada una de las terminales del interruptor.

Las pérdidas dieléctricas de los aislamientos no son las mismas estando el interruptor abierto que cerrado, porque intervienen diferentes aislamientos. Con el interruptor cerrado intervienen las pérdidas en boquillas y de otros aislamientos auxiliares, con el interruptor abierto intervienen las pérdidas en boquillas y en el aceite aislante. Esto es solo para el caso de interruptores de gran volumen de aceite.

Los resultados obtenidos durante la prueba de Factor de potencia a los interruptores A1070 y A8770 instalados en la bahía C8 de la S.E. "TUV" se indican en la sección III.1.5.

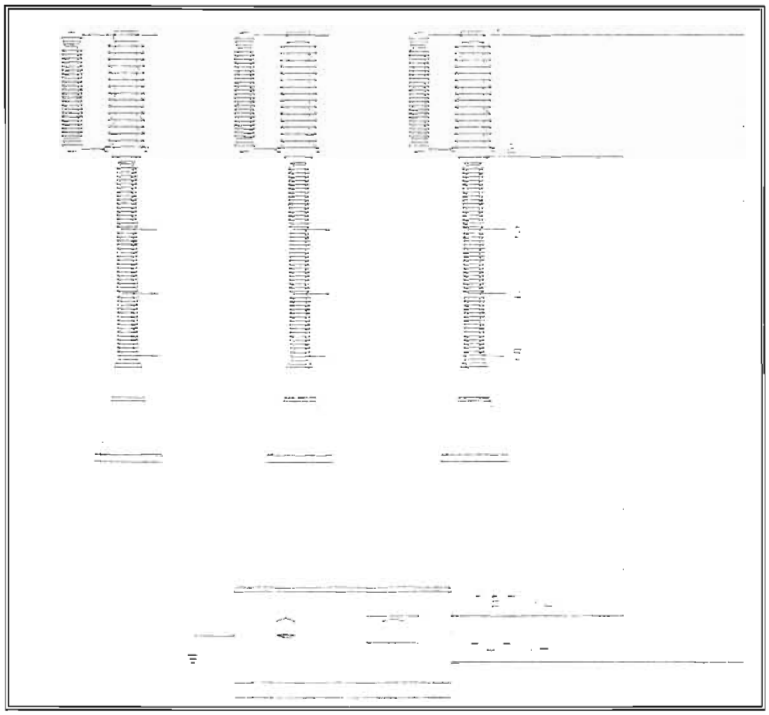


Fig. III.4 Prueba de Factor de potencia a interruptores de potencia

III.1.3. *PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS.*

Los puntos con alta resistencia en partes de conducción, originan caídas de voltaje, generación de calor, pérdidas de potencia, etc.
La prueba se realiza en circuitos donde existen puntos de contacto a presión o deslizables, como es el caso de los interruptores.

Los equipos utilizados para realizar esta prueba cuentan básicamente con una fuente de corriente directa que puede ser una batería o un rectificador como es el caso del megger de baja resistencia.

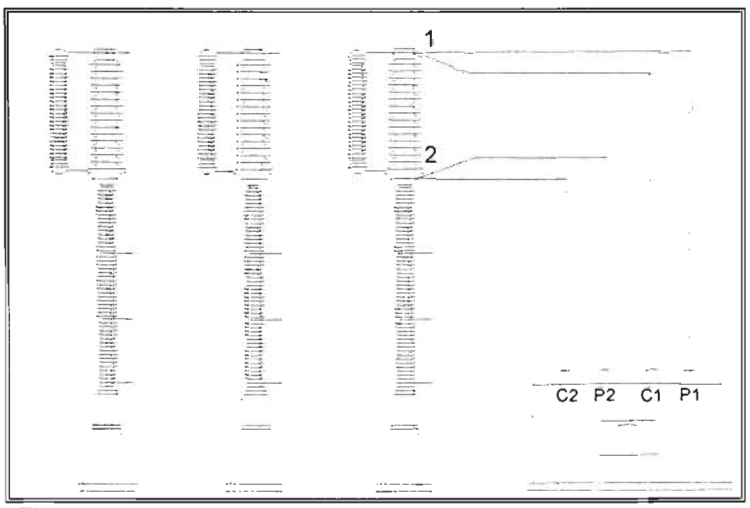


Fig. III.5 Prueba de Resistencia de contactos a Interruptores

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA				
	C1	P1	C2	P2	POLO
1	1	1	2	2	A
2	3	3	4	4	B
3	5	5	6	6	C

III.1.3.1. *RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.*

a)El equipo bajo prueba debe estar desenergizado y en la posición cerrado.
b)Se debe aislar el equipo en lo posible contra la inducción electromagnética, ya que ésta produce errores en la medición y puede dañar el equipo de prueba.
c)Se deben limpiar perfectamente los conectores donde se van a colocar las terminales del equipo de prueba a fin de asegurar un buen contacto y no afectar la medición.

En la figura III.5 se ilustra las conexiones de los circuitos de prueba para la medición de resistencia de contactos de los interruptores.

III.1.3.2. *PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO*

Para realizar las pruebas de resistencia de contactos se sigue el método siguiente:
a) Realizar las conexiones propias del equipo.
b) Aplicar 100 A.
c) Registrar el valor de Resistencia de contacto.

Para la realización de esta prueba se utiliza un ducter marca Programa modelo MOM 2004 siguiendo las recomendaciones del punto anterior.

III.1.3.3. *INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS*

Esta prueba permite detectar oportunamente los problemas que se presentan por alta resistencia de contactos, que puede ser causa por cualquier elemento que forma el conjunto de contactos; desde el conector de la boquilla hasta los conectores fijos y móviles con todos sus accesorios.

La resistencia de contactos varía de acuerdo al tipo y diseño del equipo, y debe ser de acuerdo a las normas correspondientes, los valores establecidos en los instructivos así como los obtenidos durante la puesta en servicio, nos sirven de referencia para pruebas posteriores. En algunos equipos el fabricante proporciona estos valores en milivolts de caída de tensión, por lo que será necesario hacer la conversión a microohms.

Para interruptores en vacío y SF6, los valores de resistencia de contactos aceptables son del orden de 30-100 microohms.

Los resultados obtenidos durante la realización de las pruebas de resistencia de contactos se indican en la sección III.1.5.

III.1.4. *PRUEBA DE TIEMPO DE OPERACIÓN Y SIMULTANEIDAD DE CIERRE Y APERTURA.*

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

El principio de la prueba se basa en 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.

TIEMPO DE APERTURA.- Es el tiempo medido desde el instante que se energiza la bobina de disparo hasta el instante en que los contactos de arqueo se han separado.

TIEMPO DE CIERRE.- Es el intervalo de tiempo medido 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.

PRUEBAS NORMALES.- Las pruebas o mediciones que a continuación se indican son aquellas que se consideran normales, tanto para mantenimiento como para puesta en servicio de un interruptor.

a) Determinación del tiempo de apertura.

b) Determinación del tiempo de cierre

c) Determinación del tiempo cierre-apertura en condición de disparo libre (trip-free) o sea el mando de una operación de cierre y uno de apertura en forma simultánea, se verifica además el dispositivo de antibombeo.

d) Determinación de la simultaneidad entre contactos de una misma fase, tanto en cierre como apertura.

e) Determinación de la diferencia en tiempo entre los contactos principales y contactos auxiliares de resistencia de pre-inserción, ya sean estos para apertura o cierre.

f) Determinación de los tiempos de retraso en operación de recierre si el interruptor está previsto para este tipo de aplicación, ya sea recierre monopolar o tripolar.

Las tres primeras pruebas son aplicables a todo tipo de interruptor mientras que las tres últimas son aplicables a tipos específicos; la prueba d) a interruptores multicámaras, la e) a interruptores dotados de resistencia de pre-inserción y la f) a equipos aplicados con recierre.

Dependiendo del interruptor por probar en lo que a número de cámaras se refiere, así como el número de canales disponibles en el equipo de prueba, es posible en algunos casos determinar dos o más de los tiempos anteriores simultáneamente en una sola operación.

III.1.4.1. *RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.*

a) Librar al interruptor completamente, asegurándose que las cuchillas seccionadoras respectivas se encuentran en posición abierta.
b) Limpiar las terminales del interruptor donde se conectarán las terminales del equipo de prueba.
c) Observar las recomendaciones del equipo utilizado.

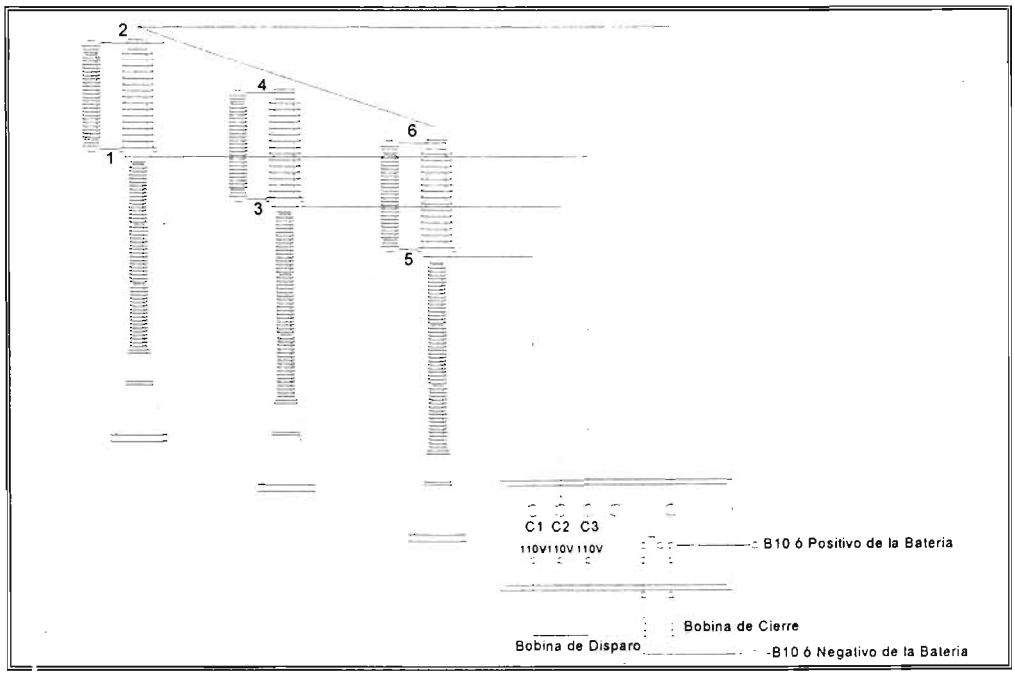


Fig. III.6 Prueba de Simultaneidad de contactos

CUADRO DE PRUEBAS PARA REALIZAR PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS

PRUEBA	POLO	CANAL 1	CANAL 2	CANAL 3	REFERENCIA	SELECTOR	POSICIÓN DE INTERRUPTOR
1	A-B-C	1	3	5	2-4-6	C	ABIERTO
2	A-B-C	1	3	5	2-4-6	O	CERRADO
3	A-B-C	1	3	5	2-4-6	O-C-O	CERRADO

III.1.4.2. *PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.*

Las conexiones entre el equipo de prueba y el interruptor por probar, están determinadas en el instructivo de cada equipo de prueba en particular y en el conocimiento del arreglo físico de las cámaras y contactos del interruptor, así como del arreglo del circuito de control para el cierre y apertura del interruptor.

Aplicar una corriente de 100 A con el equipo de prueba y registrar los valores de resistencia de contacto de los interruptores.

EQUIPOS DE PRUEBA.- Existen varios tipos y marcas de equipos de prueba, distinguiéndose básicamente dos tipos de instrumentos de prueba, los que utilizan dispositivos electromecánicos en los cuáles una señal eléctrica sobre una bobina, actúa mecánicamente sobre agujas que marcan un trazo sobre un papel tratado en su superficie; y los que utilizan galvánometros que al accionar varían el punto de incidencia de un rayo luminoso sobre un papel fotosensible; en ambos tipos el movimiento del papel es efectuado por un motor de corriente directa a una velocidad constante.
Entre las características deseables de cualquier equipo se puede mencionar lo siguiente:

a) Velocidad de papel.- Se considera que debe ser como mínimo de 1 m/seg a fin de poder apreciar o medir con precisión tiempos del orden de milisegundos.
b) Número de canales.- Dependiendo del tipo de interruptor por probar se requiere de diferente número de canales, por lo que este deberá ser suficiente para poder probar por lo menos un polo.

La figura III.6, muestra las conexiones para la prueba de interruptores.

III.1.4.3. *INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.*

TIEMPO DE APERTURA. Se efectúa al interruptor registrando el instante de apertura de cada una de las fases y midiendo el intervalo en cada una, a partir de la señal de disparo del interruptor, que también queda registrada.
Esta prueba es general e independiente del número de cámaras o contactos en serie que se tengan por fase, puesto que se mide la fase completa, que para el caso de varios contactos en serie, el registro en la gráfica corresponde al instante en que se abre el primer par. De esta misma prueba puede obtenerse además la simultaneidad entre fases del interruptor a la apertura.

TIEMPO DE CIERRE. Se efectúa al interruptor completo registrando el instante de cierre de cada una de las fases y midiendo el intervalo en cada una, a partir de la señal de cierre del interruptor, que también queda registrada.

Esta prueba es general e independiente del número de cámaras o contactos en serie que se tengan por fase, puesto que se miden las tres fases completas. Debe tomarse en cuenta que en el caso de varios contactos en serie por fase, el registro en la gráfica corresponde al instante en que se cierra el último par.

VALORES DE PRUEBA. A continuación se hace referencia respecto a los valores de los tiempos anteriormente descritos para establecer un cierto criterio a modo de guía general, ya que los valores particulares para cada tipo de interruptor son una característica propia que generalmente proporciona el fabricante en sus instructivos.

Los interruptores están clasificados en lo que se refiere a su tiempo de interrupción, en interruptores de 8, 5 y 3 ciclos (1 ciclo = 0.0167 segundos), estos rangos están dados en base a las pruebas de prototipo que se efectúan y es el tiempo máximo obtenido dentro de toda la gama de pruebas efectuadas.

Los tiempos de cierre son generalmente más largos que los de apertura y su importancia es relativamente menor, pueden variar dependiendo del tipo de interruptor, su mecanismo y el tamaño de sus partes en movimiento, por lo general los tiempos son del orden de 6 a 16 ciclos.

Para evaluar la simultaneidad entre fases y entre contactos de una misma fase, es necesario considerar la máxima diferencia entre los instantes que se tocan los contactos durante el cierre o entre los instantes en que se separan durante la apertura, y no deberá exceder de 1/2 ciclo en base a la frecuencia nominal. La operación de contactos de un mismo polo debe ser prácticamente simultanea.

III.1.5. *RESULTADOS DE PRUEBAS DE CAMPO A INTERRUPTORES DE POTENCIA DE LA BAHÍA C8 DE 400 kV.*

INTERRUPTOR DE POTENCIA A1070
Marca: GEC ALSTHOM Tipo: FX22
No. de Serie: 00 LJP 80LJA Tensión Nominal: 420 kV Corriente Nominal: 3,000 A.

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.
Volts de prueba: 5000 Tiempo: 1 min. Humedad Relativa: 70% Temperatura: 30 °C

Pba. No.	Se prueba	+	-	G
1	Sección # 1	1	2	
2	Sección # 2	2	3	1
3	Sección # 3	3	4	2
4	Sección # 4	4	5	3
5	Sección # 5	5	Tierra	4
6	Secciones del 1 al 5	1	Tierra	

Fase	Pba. No.	30 s	60s
A	1	3000 GΩ	3000 GΩ
	2	3000 GΩ	3000 GΩ
	3	3000 GΩ	3000 GΩ
	4	3000 GΩ	3000 GΩ
	5	3000 GΩ	3000 GΩ
	6	3000 GΩ	3000 GΩ
B	1	3000 GΩ	3000 GΩ
	2	3000 GΩ	3000 GΩ
	3	3000 GΩ	3000 GΩ
	4	3000 GΩ	3000 GΩ
	5	3000 GΩ	3000 GΩ
	6	3000 GΩ	3000 GΩ
C	1	3000 GΩ	3000 GΩ
	2	3000 GΩ	3000 GΩ
	3	3000 GΩ	3000 GΩ
	4	3000 GΩ	3000 GΩ
	5	3000 GΩ	3000 GΩ
	6	3000 GΩ	3000 GΩ

RESISTENCIA DE CONTACTOS

Corriente de Prueba: 100 A.

A	51 μΩ	40 μΩ
B	51 μΩ	40 μΩ
C	51 μΩ	40 μΩ
	Cámara 1	Cámara 2

FACTOR DE POTENCIA

No.	Fase	Lec. 1	Lect. 2	Mult.	Corr. (mA)	Lect. 1	Lect. 2	Mult.	Watts	Cap. 1	Cap. 2	Mult.	F.P: %
1	A	45.2		0.1	4.52	8.50		0.02	0.17	1203	1359		0.37
2	A	53.1		0.1	5.31	17.50		0.02	0.35	1367	1199		0.68
3	A	53.8		0.1	5.38	16.05		0.02	0.32	1364	1365		0.61
4	B	45.3		0.1	4.53	12.25		0.02	0.24	1203	1190		0.54
5	B	51.1		0.1	5.11	18.60		0.02	0.37	1364	1354		0.72
6	B	51.5		0.1	5.12	18.35		0.02	0.36	1358	1348		0.71
7	C	45.2		0.1	4.52	10.50		0.02	0.21	1169	1190		0.46
8	C	53.1		0.1	5.31	16.80		0.02	0.33	1193	1301		0.63
9	C	53.8		0.1	5.38	6.28		0.02	0.12	1391	1389		0.23

Cuadro de Pruebas para Factor de Potencia.

No.	Posición	Modo	HV	Tierra	Guarda	UST
1	Abierto	C1	2	1	-	-
2			2	3	1	-
3			3	4	2	-
4	Abierto	C2	2	1	-	-
5			2	3	1	-
6			3	4	2	-

INTERRUPTOR DE POTENCIA A8770

Marca: GEC ALSTHOM Tipo: FX22

No. de Serie: 00 LJP 80LJA Tensión Nominal: 420 kV Corriente Nominal: 3,000 A.

Volts de prueba: 5000 Tiempo: 1 min. Humedad Relativa: 70% Temperatura: 30 °C

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Pba. No.	Se prueba	+	-	G
1	Sección # 1	1	2	
2	Sección # 2	2	3	1
3	Sección # 3	3	4	2
4	Sección # 4	4	5	3
5	Sección # 5	5	Tierra	4
6	Secciones del 1 al 5	1	Tierra	

Fase	Pba. No.	30 s	60s
A	1	3000 GΩ	3000 GΩ
	2	3000 GΩ	3000 GΩ
	3	3000 GΩ	3000 GΩ
	4	3000 GΩ	3000 GΩ
	5	3000 GΩ	3000 GΩ
	6	3000 GΩ	3000 GΩ
B	1	3000 GΩ	3000 GΩ
	2	3000 GΩ	3000 GΩ
	3	3000 GΩ	3000 GΩ
	4	3000 GΩ	3000 GΩ
	5	3000 GΩ	3000 GΩ
	6	3000 GΩ	3000 GΩ
C	1	3000 GΩ	3000 GΩ
	2	3000 GΩ	3000 GΩ
	3	3000 GΩ	3000 GΩ
	4	3000 GΩ	3000 GΩ
	5	3000 GΩ	3000 GΩ
	6	3000 GΩ	3000 GΩ

RESISTENCIA DE CONTACTOS

Corriente de Prueba: 100 A.

A	51 μΩ	40 μΩ
B	51 Mω	50 μΩ
C	51 μΩ	43 μΩ
	Cámara 1	Cámara 2

FACTOR DE POTENCIA

No.	Fase	Lec. 1	Lect. 2	Mult.	Corr. (mA)	Lect. 1	Lect. 2	Mult.	Watts	Cap. 1	Cap. 2	Mult.	F.P: %
1	A	45.3	45	0.1	4.515	4.4	7.4	0.02	0.118	121.3	120.8	10	0.2614
2	A	18.5	21	10μA	197.5	39	11.4	0.002	0.0276				1.3975
3	A	45.5	45	0.1	4.525	1.6	8.3	0.02	0.099	121.5	120.5	10	0.2188
4	A	20.5	28.1	10μA	243	18.3	-10	0.01	0.0415				1.7078
1	B	44.7	44.6	0.1	4.465	5.3	7.9	0.02	0.132	119.9	119.6	10	0.2956
2	B	18.1	20.6	10μA	193.5	35.9	-7.8	0.002	0.0281				1.4522
3	B	44.8	44.5	0.1	4.465	3.6	8.3	0.02	0.119	119.8	119.3	10	0.2665
4	B	18.5	22.1	10μA	203	49	-17.2	0.002	0.0318				1.5665
1	C	44.9	44.4	0.1	4.465	3.4	5.5	0.02	0.089	120.4	120.1	10	0.1993
2	C	20.4	22.6	10μA	215	32	-4.3	0.002	0.0277				1.2884
3	C	44.8	44.4	0.1	4.46	3.3	7.2	0.02	0.105	120.5	119.9	10	0.2354
4	C	20.1	23.4	10μA	217.5	49.4	-8.8	0.002	0.0406				1.8667

Cuadro de Pruebas para Factor de Potencia.

No.	Posición	Modo	HV	Tierra	Guarda	UST	GST
1	Abierto	C1	1	-	-	X	
2	Abierto	C1	1	3	2		X
3	Abierto	C2	1			X	-
4	Abierto	C2	1	3	2		X

III.2. *PRUEBAS A TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO (TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TC's) Y TRANSFORMADORES DE POTENCIAL(TP's)).*

Para este proyecto se utilizarón seis transformadores de corriente del tipo devanado, monofásicos, 60 Hz, servicio intemperie, doble relación de transformación, sumergidos en aceite, para un sistema con neutro sólidamente conectado a tierra, con cuatro devanados secundarios de 5A (tres para protección y uno para medición).

Las características particulares son las siguientes:

Marca	Arteche
Tensión Nominal:	420 kV
NBI:	1425 kV
Relación de transformación:.....	1600/800/5/5/5/5.
Clase de exactitud y carga	C400 para medición.
	0.3B4.0 para medición.

Asimismo, se utilizarón tres transformadores de potencial inductivo monofasicos, servicio tipo intemperie para sistemas con tensión nominal de 420 kV. Las características particulares son las siguientes:

Marca	Arteche
Tensión nominal de fase a tierra	241.5 kV
Relación de transformación:	2100/3500:1/1.
Clase de exactitud y carga:	0.3B;W,X,Y,Z

III.2.1. *PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.*

Los diferentes diseños en TC's y TP's requieren que la persona que debe realizar la prueba analice con detenimiento su diagrama en particular, determine las conexiones que convenga seguir y las resistencias dieléctricas que están bajo prueba. Esta conexión deberá quedar asentada en el reporte de prueba del equipo. Invariablemente en fechas posteriores se harán pruebas con conexiones iguales, a fin de tener datos comparativos.

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

Una terminal del devanado primario está conectada directamente a tierra. Al probar los TPI's es necesario desconectar la terminal P2 de tierra con objeto de efectuar la prueba de este devanado a tierra.

III.2.1.1. *RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.*

a) Desconectar cables de las terminales primaria y secundaria del transformador o dispositivo.
b) Cortocircuitar terminales del devanado primario y secundario en forma independiente.
c) Limpiar el aislamiento externo.
d) Realizar la prueba de humedad relativa menor del 75 %.

III.2.1.2. *PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.*

Para la prueba de transformadores de instrumento se tomarán las medidas de seguridad y se seguirán las instrucciones para el uso del probador de resistencia de aislamiento descritas en las secciones respectivas.

La prueba se realiza al medir la resistencia de aislamiento entre el devanado primario contra devanado secundario a tierra.

Posteriormente se mide la resistencia de aislamiento entre devanado primario a tierra contra devanado secundario.

Para la prueba de primario contra tierra se utiliza el máximo voltaje del medidor (5000 Vcd) y para la prueba de secundario contra tierra se utiliza la escala mas cercana a su voltaje nominal (500 Vcd).

Todas las pruebas se harán a 1 minuto aplicando el voltaje de prueba adecuado, conforme a lo descrito anteriormente.

Estas pruebas se realizan con un megger registarando las lecturas obtenidas después de la aplicación del voltaje especificado por un minuto.

En las figuras III.7 y III.8, se ilustran las conexiones para la prueba de resistencia de aislamiento a transformadores de instrumento.

Fig. III.7 Resistencia de aislamiento a TC's

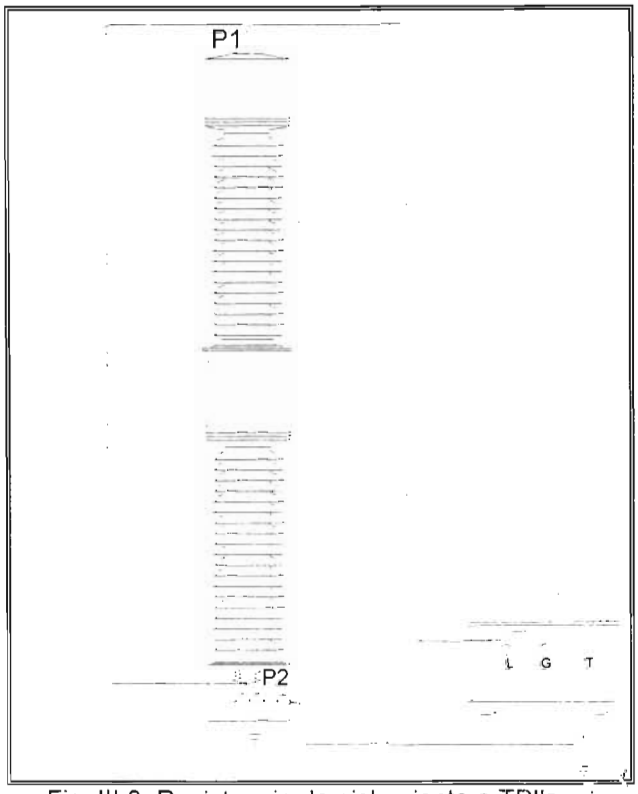


Fig. III.8. Resistencia de aislamiento a TPI's

III.2.1.3. *INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.*

Por la experiencia en la diversidad de pruebas que se han realizado a este tipo de equipos, es recomendable que los valores que se obtengan en los aislamientos tanto de alta tensión como de baja tensión, deben ser superiores a 50,000 megaohms.

Para valores inferiores a lo descrito anteriormente y con el objeto de analizar las condiciones del aislamiento, deberá complementarse ésta prueba con los valores de pérdidas dieléctricas que se obtienen con las pruebas de factor de potencia.

Los valores obtenidos durante las pruebas de Resistencia de aislamiento para los trasnformadores de Corriente y Potencial se indican en la sección III.2.6.

III.2.2. *PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA.*

Con la prueba de factor de potencia se determinan las pérdidas dieléctricas de los aislamientos de los devanados primario y secundario que integran a los transformadores de instrumento.

En cuanto a los transformadores de corriente se refiere, estos tienen un devanado primario (devanado en alta tensión), el cual puede estar formado de una o varias espiras. Para realizar la prueba, debe cortocircuitarse el primario, aterrizandose el devanado secundario (devanado de baja tensión). Para transformadores que se encuentren almacenados, deberá tenerse especial cuidado en aterrizarlos lo mejor posible para efectuarles la prueba. La rutina llevada a cabo para realizar esta prueba, consiste en aplicar el voltaje al primario y registrar la corriente y las pérdidas con respecto a tierra, calculando con estos parámetros el factor de potencia.

Para la determinación de las condiciones del aislamiento se deben realizar también las pruebas de collar caliente.

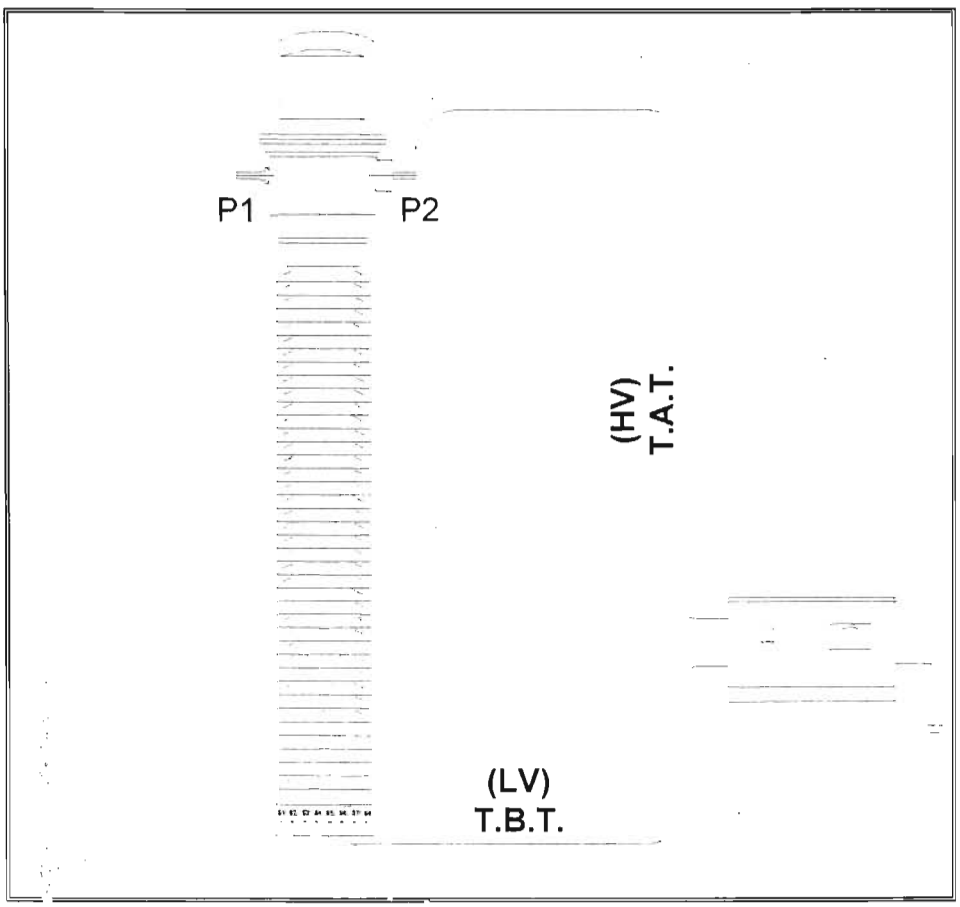


Fig. III.9 Conexión para prueba de factor de Potencia a TC's

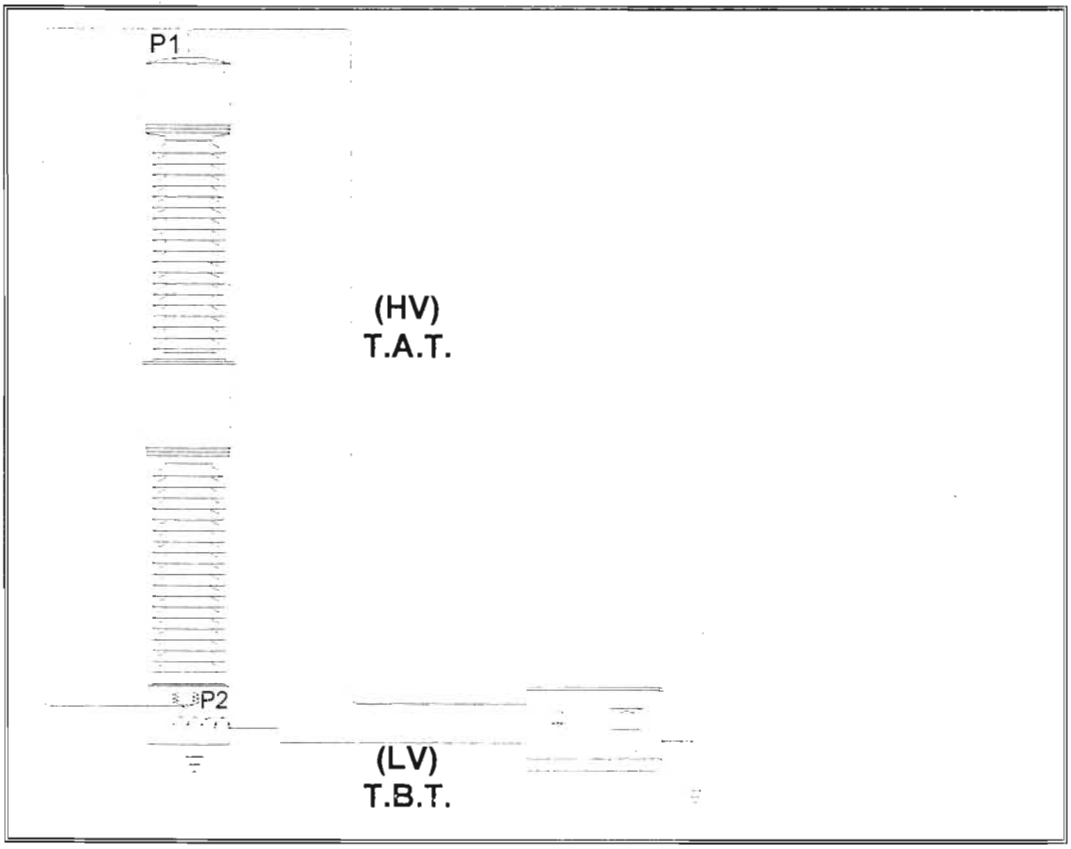


Fig. III.10 Conexión para prueba de factor de Potencia a TP's

III.2.2.1. *RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.*

a) Se deberá limpiar el aislamiento externo.
b) Para el devanado primario utilizar el rango mayor de voltaje del medidor, y para el devanado secundario aplicar un voltaje no mayor de 500 volts.

III.2.2.2. *PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS Y EQUIPO UTILIZADO.*

Para realilzar la prueba de factor de potencia se aplica un voltaje y se va incrementando de acuerdo a lo establecido por el fabricante del instrumento de medición registrando los valores de corriente de fuga y watts de medidas.

El factor de potencia se calcula aplicando valores de corrección por temperatura y humedad.

En las figuras III.9 y III.10, se ilustran los diagramas de conexión para circuitos de prueba de factor de potencia a transformadores de instrumento.

Los valores de prueba de Factor de potencia a Transformadores de corriente y potencial se indican en la sección III.2.6.

III.2.2.3. *INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.*

Un valor de factor de potencia mayor de 2 % y pérdidas dieléctricas en la prueba de collar caliente mayores de 6 mW a 2.5 KV o 0.1 watts a 10 KV, será indicativo de que existe un deterioro en el aislamiento del transformador, pudiendo ser la causa el aceite aislante de aquellos que lo contengan, o microfisuras en la resina del aislamiento tipo seco.

Al obtener resultados con valores mayores, deberá investigarse y compararse con los da os estadísticos de equipos similares.

III.2.3. *RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.*

En los TC's la prueba se realiza para determinar la exactidud del trasnsformador en la medición de corriente secundaria con respecto a la corriente primaria.

En los TP's la prueba se realiza para determinar la exactidud del trasnsformador en la medición de tensión secundaria con respecto a la tensión primaria.

III.2.3.1. *RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.*

a) Considerar las recomendaciones generales para realizar pruebas de campo.

III.2.3.2. *PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.*

La prueba de relación de transformación a transformadores de corriente, se realiza con un transformador de alta carga, un variac y dos ampérmetros. Para efectuarla es necesario puentear o cortocircuitar las terminales del devanado secundario de la relación a comprobar, aplicando al devanado primario diferentes valores de corriente pre-establecidos y midiendo las correspondientes corrientes en el devanado secundario. Conforme a los datos de placa, debe efectuarse la comprobación en las relaciones de que disponga el transformador.

La prueba de relación de transformación a transformadores de potencial se realiza dejando libres las terminales de tanto primarias como secundarias y se comienza a aplicar tensión en el lado primario, midiendo voltanjes en ambos devanados y obtener la relación comparandola con los datos de placa del TP.

Los diagramas para realizar las pruebas de relación de transformación a los TC's y TPI's se muestran en las figuras II.8 y II.9 del capítulo II respectivamente.

A continuación se indica un ejemplo de las conexiones para la realización de las pruebas

Para los TC's:

Prueba	Polo	Corr. Prim.	Corr. Sec.	Corto Circuito
1	A	P1-P2	S1-S2	S3 a S8
1	B	P1-P2	S1-S2	S3 a S8
1	C	P1-P2	S1-S2	S3 a S8

Para los TPI's

Prueba	Polo	Voltaje Prim.	Voltaje Sec.
1	A	P1-P2	X1-X3
1	B	P1-P2	X1-X3
1	C	P1-P2	X1-X3

III.2.3.3. *INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.*

El porciento de diferencia en la relación de transformación medida con respecto a la teórica no debe ser mayor de 0.15 %.
Los valores obtenidos durante las pruebas de Realación de Transformación realizadas a Transformadores de instrumento se indican en la sección III.2.6.

III.2.4. *POLARIDAD.*

Es conveniente relizar la prueba de polaridad a los transformadores de instrumento cuando se utilizan con medidores o relevadores cuya operación depende de la magnitud de la corriente y del ángulo de desfasamiento ya que una conexión errónea puede provocar la operación equivocada del equipo.

III.2.4.1. *RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.*

a) Aislar el equipo de las conexiones de alimentación de energía eléctrica.

III.2.4.2. *PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.*

Esta prueba llamada "Golpe Inductivo" se efectua con una batería y un vóltmetro analógico de CD bajo la conexión mostrada en la fig. II.10. siguiendo los siguientes pasos:

a) Se aplica un pulso de voltaje de CD en el devanado primario del TC conectando la terminal de polaridad al borne positivo de la batería y la terminal de no polaridad al borne negativo.

b) En cada uno de los devanados secundarios se conecta un vóltmetro de CD con la marca de polaridad a la terminal positiva y la marca de no polaridad a la terminal negativa.

III.2.4.3. *INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.*

La polaridad es correcta si la guja se deflexiona hacia la derecha al momento de conectar la batería y hacia la izquierda al momento de desconectarla.

III.2.5. *PRUEBA DE CORRIENTE DE EXCITACIÓN.*

Esta prueba se realiza para determinar la curva de saturación de un transformador de corriente y verificar si es el adecuado para la función a la que esta siendo utilizado.

III.2.5.1. *RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.*

a) Antes de realizar la prueba de excitación, el transformador debe ser desmagnetizado aplicando una tensión alterna en el secundario con magnitud suficiente para forzar la densidad de flujo cerca del punto de saturación y entonces disminuir lentamente la tensión aplicada en forma continua hasta cero.

En la figura III.11 a) se muestran las conexiones para realizar la prueba.

III.2.5.2. *PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.*

La prueba se realiza para determinar a que tensión se satura el núcleo del transformador de corriente. La curva de saturación se puede determinar mediante la aplicación de un voltaje conocido en las terminales del secundario del transformador, estando el devanado primario en circuito abierto.
La prueba consiste en aplicar tensión a cada uno de los devanados secundarios del TC midiendo el valor de la tensión y la corriente que circula por el devanado hasta que a un pequeño incremento en la tensión la corriente se incremente demasiado en ese momento se dice que el TC esta saturado (Ver fig. III.11 b).

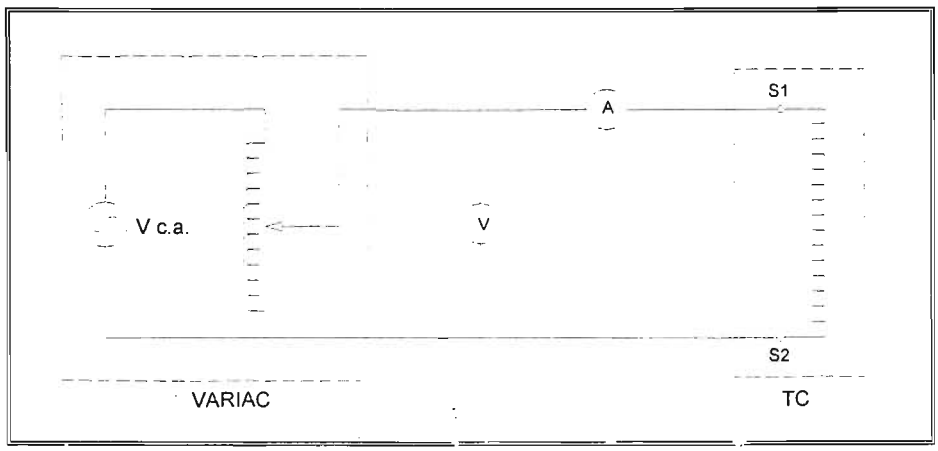


Fig. III.11 a) Dagrama para realizar Prueba de excitación a TC's

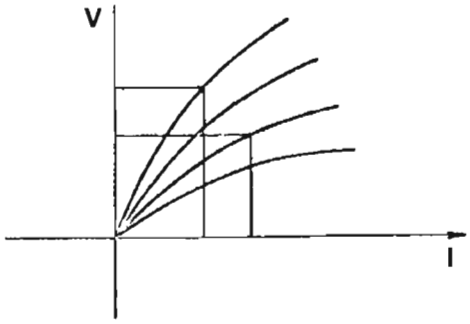


Fig. III.11 b) Ejemplo de grafica de saturación.

III.2.5.3. *INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.*

Para determinar si el transformador de corriente corresponde con el seleccionado es necesario saber la clase de precisión del transformador que normalmente es C-400 que corresponde al voltaje de saturación del TC.

III.2.6. *RESULTADOS DE PRUEBAS DE CAMPO A TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO DE LA BAHÍA C8 DE 400 kV.*

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE T1

Marca: ARTECHE Clase de Aislam: 420 kV
Tipo: CA-420 NBAI (BIL): 1425 kV
No. Serie A: 0340 230-1 Icc (kA): 50
No. Serie B: 0340 230-2
No. Serie C: 0340 230-3

Bornes	S1 - S2	S3 - S4	S5 - S6	S7 - S8
In Prim.	800/1600	800/1600	800/1600	800/1600
In Sec.	5/5	5/5	5/5	5/5
Carga	B-01 a B-0.4	B-4.0	B-4.0	B-4.0
Clase de Precisión	0.3	C-400	C-400	C-400

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO:

V pba. 1 y 2: 5000 Vcd
V pba. 3 y 4: 500 Vcd
t prueba: 1 min.
T amb. 34°C
H.R.: 55%

Guía de conexiones para las pruebas de Resistencia de Aislamiento:

Pba. No:	Mide	+	-	G
1	P v.s. S	P	S	Tierra
2	P v.s. Tierra	P	Tierra	S
3	S v.s. P	S	P	Tierra
4	S v.s. Tierra	S	Tierra	P

Fase	Pba. No.	15 s	30 s	45 s	60 s	
A	1	180	230	406	406	Valor en Gigaohms
	2	122	258	306	344	
	3	>50.5	>50.5	>50.5	>50.5	
	4	1.8	1.24	1.32	1.46	
B	1	113	1.48	170	210	
	2	99.0	112	151	174	
	3	31	>50.5	>50.5	>50.5	
	4	1.34	1.77	2.91	4.5	
C	1	79.5	122	122	132	
	2	98.5	107	116	116	
	3	>50.5	>50.5	>50.5	>50.5	
	4	1.89	5.25	6.15	6.25	

VERIFICACIÓN DE POLARIDAD

FASE \ BORNES	S1 - S2	S3 - S4	S5 - S6	S7 - S8
A	P. SUSTRACTIVA	P. SUSTRACTIVA	P. SUSTRACTIVA	P. SUSTRACTIVA
B	P. SUSTRACTIVA	P. SUSTRACTIVA	P. SUSTRACTIVA	P. SUSTRACTIVA
C	P. SUSTRACTIVA	P. SUSTRACTIVA	P. SUSTRACTIVA	P. SUSTRACTIVA

RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

Relación de Prueba	Fase	LECTURAS DE CORRIENTE							
		S1 - S2		S3 - S4		S5 - S6		S7 - S8	
		Corr. Nom.	Rel. Prue.	Corr. Nom.	Rel. Prue.	Corr. Nom.	Rel. Prue.	Corr. Nom.	Rel. Prue.
1600:5	A	320.0	318.8	320.0	319.7	320.0	319.8	320.0	321.0
800:5	A	160.0	159.7	160.0	160.1	160.0	160.3	160.0	160.7
1600:5	B	320.0	320.9	320.0	319.1	320.0	318.9	320.0	319.8
800:5	B	160.0	160.4	160.0	160.6	160.0	160.8	160.0	161.3
1600:5	C	320.0	321.9	320.0	322.9	320.0	321.2	320.0	322.1
800:5	C	160.0	159.1	160.0	159.5	160.0	160.4	160.0	160.8

SATURACIÓN

FASE A								FASE B								FASE C							
BORNES		BORNES		BORNES		BORNES		BORNES		BORNES		BORNES		BORNES		BORNES		BORNES		BORNES		BORNES	
S1 -S2		S3 - S4		S5 - S6		S7 - S8		S1 -S2		S3 - S4		S5 - S6		S7 - S8		S1 -S2		S3 - S4		S5 - S6		S7 - S8	
V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)
50	0.035	50	0.019	50	0.017	50	0.019	50	0.024	50	0.017	50	0.017	50	0.021	50	0.028	50	0.017	50	0.018	50	0.023
100	0.048	100	0.028	100	0.026	100	0.030	100	0.039	100	0.027	100	0.028	100	0.032	100	0.042	100	0.028	100	0.029	100	0.033
150	0.061	150	0.037	150	0.035	150	0.040	150	0.052	150	0.036	150	0.037	150	0.042	150	0.054	150	0.038	150	0.037	150	0.040
200	0.083	200	0.045	200	0.043	200	0.049	200	0.069	200	0.044	200	0.046	200	0.051	200	0.068	200	0.045	200	0.045	200	0.048
250	0.158	250	0.054	250	0.050	250	0.059	250	0.104	250	0.052	250	0.052	250	0.060	250	0.098	250	0.053	250	0.053	250	0.054
300	0.557	300	0.064	300	0.059	300	0.069	300	0.303	300	0.062	300	0.062	300	0.073	300	0.271	300	0.064	300	0.064	300	0.063
350	0.868	350	0.081	350	0.073	350	0.088	350	0.846	350	0.078	350	0.078	350	0.096	350	0.834	350	0.080	350	0.079	350	0.075
362	1.017	400	0.127	400	0.102	400	0.141	364	1.02	400	0.120	400	0.120	400	0.175	364	1.01	400	0.120	400	0.116	400	0.111
		450	0.305	450	0.213	450	0.313			450	0.267	450	0.223	450	0.386			450	0.262	450	0.239	450	0.212
		500	0.742	500	0.586	500	0.756			500	0.650	500	0.798	500	0.818			500	0.696	500	0.626	500	0.726
		525	1.032	544	1.001	530	1.008			533	1.01	545	1.02	520	1.01			533	1.013	535	1.00	529	1.01

FACTOR DE POTENCIA

No.	Fase	Lec. 1	Lect. 2	Mult.	Corr. (mA)	Lect. 1	Lect. 2	Mult.	Watts	Cap. 1	Cap. 2	Mult.	Cap. Tot.	F.P: %
1	A	28.4	25.9	0.1	2.715	52.2	-43.6	0.02	0.086	77.5	69.8	10	736.5	0.316
2	A	31.5	31.4	0.2	6.290	0.5	0.8	0.1	0.065	169.3	169.3	20	3386	0.103
3	A	4.0	4.0	0.1	0.400	23.0	26.6	0.02	0.496	10.8	10.9	10	108.5	12.4
1	B	27.3	26.6	0.1	2.695	19.2	-10.6	0.02	0.086	74	72.1	10	730.5	0.319
2	B	30.8	31.0	0.2	6.180	0.6	0.5	0.1	0.055	165.7	165.7	20	3314	0.088
3	B	4.0	4.0	0.1	0.400	23.7	26.4	0.02	0.501	11.0	11.6	10	113	12.52
1	C	27.0	27.8	0.1	2.70	11.3	-3.1	0.02	0.082	72.4	73.4	10	729	0.303
2	C	29.8	29.8	0.2	5.96	2.1	2.1	0.1	0.210	160.1	160.1	20	3202	0.352
3	C	4.1	4.1	0.1	0.41	23.8	26.4	0.02	0.502	11.5	11.2	10	113.5	12.24

Cuadro de Pruebas para Factor de Potencia.

No.	Mide	HV	LV	Modo
1	CP	P	S	Ground
2	CS	S	P	Ground
3	Collar Caliente	2F	P	Ground

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE T2

Marca: ARTECHE Clase de Aislam: 420 kV
Tipo: CA-420 NBAI (BIL): 1425 kV
No. Serie A: 0340 230-4 Icc (kA): 50
No. Serie B: 0340 230-5
No. Serie C: 0340 230-6

Bornes	S1 - S2	S3 - S4	S5 - S6	S7 - S8
In Prim.	800/1600	800/1600	800/1600	800/1600
In Sec.	5/5	5/5	5/5	5/5
Carga	B-01 a B-0.4	B-4.0	B-4.0	B-4.0
Clase de Precisión	0.3	C-400	C-400	C-400

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO:

V pba. 1 y 2: 5000 Vcd
V pba. 3 y 4: 500 Vcd
t prueba: 1 min.
T amb. 31°C
H.R.: 58 %

Guía de conexiones para las pruebas de Resistencia de Aislamiento:

Pba. No:	Mide	+	-	G
1	P v.s. S	P	S	Tierra
2	P v.s. Tierra	P	Tierra	S
3	S v.s. P	S	P	Tierra
4	S v.s. Tierra	S	Tierra	P

Fase	Pba. No.	15 s	30 s	45 s	60 s	
A	1	137	166	183	198	Valor en Gigaohms
	2	172	198	214	220	
	3	43.2	>50.5	>50.5	>50.5	
	4	2.18	3.5	4.38	5.45	
B	1	69.0	75.2	92.5	95.2	
	2	46.2	59.2	62.5	71.0	
	3	45.2	>50.5	>50.5	>50.5	
	4	3.98	6.8	9.35	11.8	
C	1	52.12	52.12	53.6	53.6	
	2	46.2	59.2	62.5	71.0	
	3	30.8	>50.5	>50.5	>50.5	
	4	1.56	2.16	2.20	2.22	

VERIFICACIÓN DE POLARIDAD

FASE \ BORNES	S1 - S2	S3 - S4	S5 - S6	S7 - S8
A	P. SUSTRACTIVA	P. SUSTRACTIVA	P. SUSTRACTIVA	P. SUSTRACTIVA
B	P. SUSTRACTIVA	P. SUSTRACTIVA	P. SUSTRACTIVA	P. SUSTRACTIVA
C	P. SUSTRACTIVA	P. SUSTRACTIVA	P. SUSTRACTIVA	P. SUSTRACTIVA

RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

Relación de Prueba	Fase	LECTURAS DE CORRIENTE							
		S1 - S2		S3 - S4		S5 - S6		S7 - S8	
		Corr. Nom.	Rel. Prue.	Corr. Nom.	Rel. Prue.	Corr. Nom.	Rel. Prue.	Corr. Nom.	Rel. Prue.
1600:5	A	320.0	319.6	320.0	322.8	320.0	319.4	320.0	323.2
800:5	A	160.0	159.4	160.0	160.2	160.0	160.5	160.0	160.9
1600:5	B	320.0	319.5	320.0	320.7	320.0	320.3	320.0	321.2
800:5	B	160.0	159.4	160.0	159.7	160.0	160.2	160.0	161.0
1600:5	C	320.0	321.0	320.0	321.3	320.0	321.1	320.0	323.1
800:5	C	160.0	159.2	160.0	160.3	160.0	159.8	160.0	161.2

SATURACIÓN

FASE A								FASE B								FASE C							
BORNES S1 -S2		BORNES S3 - S4		BORNES S5 - S6		BORNES S7 - S8		BORNES S1 -S2		BORNES S3 - S4		BORNES S5 - S6		BORNES S7 - S8		BORNES S1 -S2		BORNES S3 - S4		BORNES S5 - S6		BORNES S7 - S8	
V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)	V	I(mA)
50	0.034	50	0.022	50	0.017	50	0.019	50	0.028	50	0.023	50	0.018	50	0.022	50	0.031	50	0.027	50	0.022	50	0.018
100	0.048	100	0.032	100	0.028	100	0.030	100	0.044	100	0.034	100	0.028	100	0.032	100	0.044	100	0.034	100	0.033	100	0.029
150	0.062	150	0.042	150	0.045	150	0.040	150	0.060	150	0.042	150	0.036	150	0.041	150	0.056	150	0.042	150	0.041	150	0.039
200	0.083	200	0.050	200	0.054	200	0.049	200	0.082	200	0.050	200	0.044	200	0.049	200	0.070	200	0.049	200	0.048	200	0.046
250	0.154	250	0.061	250	0.065	250	0.059	250	0.144	250	0.059	250	0.051	250	0.057	250	0.105	250	0.057	250	0.057	250	0.055

300	0.403	300	0.075	300	0.074	300	0.069	300	0.361	300	0.070	300	0.061	300	0.068	300	0.311	300	0.067	300	0.066	300	0.066
350	0.945	350	0.103	350	0.093	350	0.088	350	0.964	350	0.093	350	0.074	350	0.085	350	0.872	350	0.087	350	0.080	350	0.082
362	1.025	400	0.172	400	0.153	400	0.141	359	1.032	400	0.147	400	0.108	400	0.124	364	1.03	400	0.140	400	0.119	400	0.125
		450	0.356	450	0.312	450	0.313			450	0.317	450	0.233	450	0.267			450	0.289	450	0.227	450	0.299
		500	0.807	500	0.710	500	0.756			500	0.770	500	0.606	500	0.677			500	0.707	500	0.558	500	0.730
		518	1.008	526	1.014	524	1.008			524	1.019	543	1.078	531	1.013			529	1.020	542	1.010	531	1.030

FACTOR DE POTENCIA

No.	Fase	Lec. 1	Lect. 2	Mult.	Corr. (mA)	Lect. 1	Lect. 2	Mult.	Watts	Cap. 1	Cap. 2	Mult.	Cap. Tot.	F.P: %
1	A	27.0	27.3	0.1	2.715	7.4	-2.5	0.02	0.049	73.7	73.2	10	734.5	0.18
2	A	35.0	35.0	0.2	7.0	1.44	1.31	0.1	0.137	187.9	187.8	20	3757	0.195
3	A	3.8	3.8	0.1	0.38	25.8	23.8	0.02	0.496	10.5	10.5	10	105	13.05
1	B	27.1	27.4	0.1	2.72	9.4	-0.4	0.02	0.090	74.1	73.4	10	737.5	0.33
2	B	30.9	30.4	0.2	6.13	1.6	1.4	0.1	0.150	162.6	162.6	20	3252	0.244
3	B	3.8	3.8	0.1	0.38	23.0	23.3	0.02	0.463	10.7	10.7	10	107	12.18
1	C	27.0	27.4	0.1	2.72	9.0	-0.2	0.02	0.088	73.8	73.3	10	735.5	0.322
2	C	29.6	29.7	0.2	5.93	1.1	0.6	0.1	0.085	160.3	160.6	20	3212	0.140
3	C	4.2	4.2	0.1	0.42	23.7	23.6	0.02	0.473	11.6	11.6	10	116	11.26

Cuadro de Pruebas para Factor de Potencia.

No.	Mide	HV	LV	Modo
1	CP	P	S	Ground
2	CS	S	P	Ground
3	Collar Caliente	2F	P	Ground

Voltaje de Prueba: Prueba 1 y 3 = 10 kV, Prueba 2 = 0.5 kV.
2F = Segundo Faldon.

TRANSFORMADORES DE POTENCIAL T52

Marca: ARTECHE
Tipo: UTF-420
No. Serie A: 0340 233-1
No. Serie B: 0340 233-2
No. Serie C: 0340 233-3

Clase de Aislam: 420 kV
NBAI (BIL): 1425 kV
Vn Primario: 241.5 kV
Frecuencia: 60 Hz.

Bornes	X1 - X3	X2 - X3	Y1 - Y3	Y2 - Y3
Relación.	2100/1	3500/1	2100/1	3500/1
V. Sec.	115 V.	69 V.	115 V.	69 V.
Carga	W, X, Y, Z	W, X, Y, Z	W, X, Y, Z	W, X, Y, Z
Clase de Precisión	0.3	0.3	0.3	0.3

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO:

V pba. 1 y 2: 5000 Vcd
V pba. 3 y 4: 500 Vcd
t prueba: 1 min.
T amb. 31°C
H.R.: 64 %

Guía de conexiones para las pruebas de Resistencia de Aislamiento:

Pba. No:	Mide	+	-	G
1	P v.s. S	P	S	Tierra
2	P v.s. Tierra	P	Tierra	S
3	S v.s. P	S	P	Tierra
4	S v.s. Tierra	S	Tierra	P

Fase	Pba. No.	15 s	30 s	45 s	60 s	
A	1	1.85	2.16	2.28	2.3	Valor en Gigaohms
	2	1.01	1.04	1.07	1.11	
	3	2.6	3.0	3.22	4.7	
	4	1.41	1.52	1.61	1.64	
B	1	5.95	6.3	6.8	6.8	
	2	1.2	1.6	1.6	1.8	
	3	1.35	1.42	1.6	3.02	
	4	3.6	3.8	4.32	5.5	
C	1	22.3	24.6	24.6	28.2	
	2	1.2	2.6	3.4	3.6	
	3	4.18	4.18	5.2	5.8	
	4	5.95	8.8	9.5	9.6	

RESISTENCIA OHMICA DE DEVANADOS

FASE \ BORNES	X1 - X3	Y1 - Y3
A	175	127
B	144	134
C	141	165

ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA

RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

Relación de Prueba	Fase	LECTURAS DE CORRIENTE							
		X1 - X3		X2 - X3		Y1 - Y3		Y2 - Y3	
		Rel. Teórica.	Rel. Medida.	Rel. Teórica.	Rel. Medida.	Rel. Teórica.	Rel. Medida.	Rel. Teórica.	Rel. Medida.
2100:1	A	2100	2112.8			2100	2112.5		
3500:1	A			3500	3511			3500	3505
1600:5	B	2100	2115.1			2100	2115.1		
800:5	B			3500	3503			3500	3503
1600:5	C	2100	2111.8			2100	2112.1		
800:5	C			3500	3502			3500	3502

FACTOR DE POTENCIA

No.	Fase	Lec. 1	Lect. 2	Mult.	Corr. (mA)	Lect. 1	Lect. 2	Mult.	Watts	Cap. 1	Cap. 2	Mult.	Cap. Tot.	F.P: %
1	A	40.7	42.0	0.2	8.27	12.3	1.3	0.1	0.68	112.7	109.4	20	2221	0.822
2	A	19.4	19.4	0.2	3.88	1.1	1.2	0.1	0.115	105.3	105.3	20	2106	0.296
3	A	45.2	42.3	0.02	0.875									
4	A	1.8	1.7	0.1	0.175	21.1	23.5	0.02	0.446	5.4	5.3	10	53.5	25.48
1	B	39.3	39.9	0.2	7.92	7.2	11.3	0.1	0.925	119.3	106.6	20	2149	1.16
2	B	13.8	14.0	0.2	2.78	1.2	1.2	0.1	0.120	74.6	74.9	20	1995	0.431
3	B	45.9	44.9	0.02	0.908									
4	B	1.6	1.7	0.1	0.165	13.2	14.0	0.02	0.272	5.2	5.1	10	51.5	16.48
1	C	34.0	34.4	0.2	6.84	8.7	4.7	0.1	0.67	91.0	90.4	20	1814	0.97
2	C	13.3	13.3	0.2	2.66	1.7	1.6	0.1	0.165	69.9	70.1	20	1400	0.620
3	C	43.8	43.8	0.002	0.876									
4	C	2.0	2.0	0.1	0.200	22.2	22.9	0.02	0.451	5.9	5.8	10	58.5	22.55

Cuadro de Pruebas para Factor de Potencia.

No.	Mide	HV	LV	Modo
1	CP - CPs	H	X	Ground
2	CS - CPs	X	H	Ground
3	I Ø	H1	H2	UST
4	Collar Caliente	2F	H	Ground

Voltaje de Prueba: Prueba 1, 3 y 4 = 10 kV, Prueba 2 = 0.5 kV.
2F = Segundo Faldon.

III.3. *PRUEBAS A CUCHILLAS SECCIONADORAS.*

Las cucchillas seccionadoras son dispositivos que sirven para conectar y desconectar la subestación con el fin de realizar maniobras de operación o de mantenimiento.

Las cuchillas pueden abrir circuitos con la tensión nominal pero nunca cuando este fluyendo corriente a través de ellas. Antes de abrir un juego de cuchillas primero se deberá abrir el interruptor correspondiente.

Cabe mencionar que las cuchillas denominadas A1071, A1073, A8771 y A8773 (Ver Fig. III.1) son parte de la bahía existente por lo que el alcance de las pruebas únicamente comprende las cuchillas A1079, A1071 y Qp2 indicadas en la misma figura.

Las cuchillas existentes tienen las siguientes características:
Tipo: Horizontal (OH)

Marca:	Merlin Gerin
Tensión de servicio asignado:	420 kV
Corriente Nominal:	2000 A.
Corriente de Corto Circuito Máxima:	40 kA/1seg.
Tipo de Mando:	Manual y eléctrico

Las cuchillas alcance del suministro y pruebas del Presente trabajo son (ver Fig. III.1):
1 cuchilla trifásica, servicio intemperie, tipo doble apertura lateral con cuchilla de puesta a tierra 60 Hz, operación manual y eléctrica mediante motor para abrir y cerrar sin carga, para sistema de alimentación con neutro sólidamrente conectado a tierra.

Tipo:	Horizontal (OH)
Marca:	Coelme
Tensión de servicio asignado:	420 kV
Corriente Nominal:	Hasta 6300 A.
Corriente de Corto Circuito Máxima:	75 kA/3seg.

1 cuchilla trifásica, servicio intemperie, tipo pantógrafo 60 Hz, operación manual y eléctrica mediante motor para abrir y cerrar sin carga, para sistema de alimentación con neutro sólidamrente conectado a tierra.

Tipo:	Pantografo
Marca:	Coelme
Tensión de servicio asignado:	420 kV
Corriente Nominal:	3150 A.
Corriente de Corto Circuito Máxima:	63 kA/1seg.

III.3.1. *PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.*

La prueba de resistencia de aislamiento a cuchillas, tiene como finalidad determinar las condiciones de la porcelana, detectar pequeñas imperfecciones o fisuras en la misma; así como detectar cambios por envejecimiento.

III.3.1.1. *RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.*

a) Antes de efectuar la prueba de resistencia de aislamiento a cuchillas, se deberá limpiar perfectamente la superficie del aislamiento, con el fin de no obtener valores erróneos, por suciedad o contaminación.
b) Por otra parte, es de suma importancia aterrizar la base de la cuchilla.

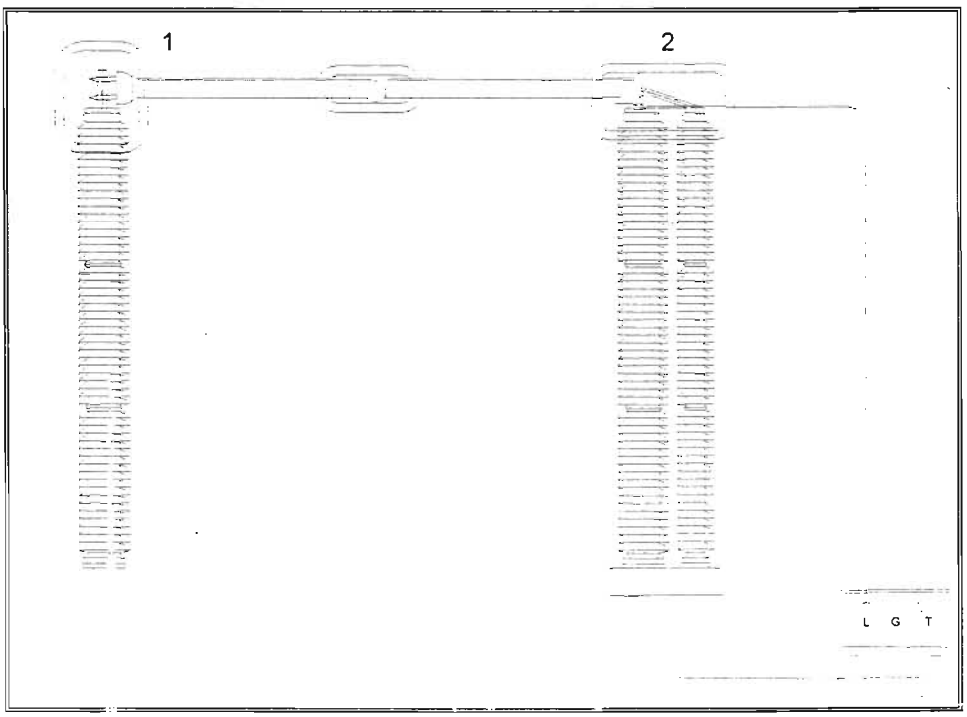


Fig. III.12a) Prueba de resistencia de aislamiento a cuchilla seccionadora tipo OH.

Cuadro de Pruebas para la Prueba de Resistencia de Asilamiento a Cuchilla OH.

PRUEBA	POLO	LINEA	TIERRA	VOLTS	TIEMPO	POSICIÓN DE CUCHILLA
1	A	1	T	5000	1 Min.	Abierta
2	A	2	T	5000	1 Min.	Abierta
3	A	1+2	T	5000	1 Min.	Cerrada
1	B	1	T	5000	1 Min.	Abierta
2	B	2	T	5000	1 Min.	Abierta
3	B	1+2	T	5000	1 Min.	Cerrada
1	C	1	T	5000	1 Min.	Abierta
2	C	2	T	5000	1 Min.	Abierta
3	C	1+2	T	5000	1 Min.	Cerrada

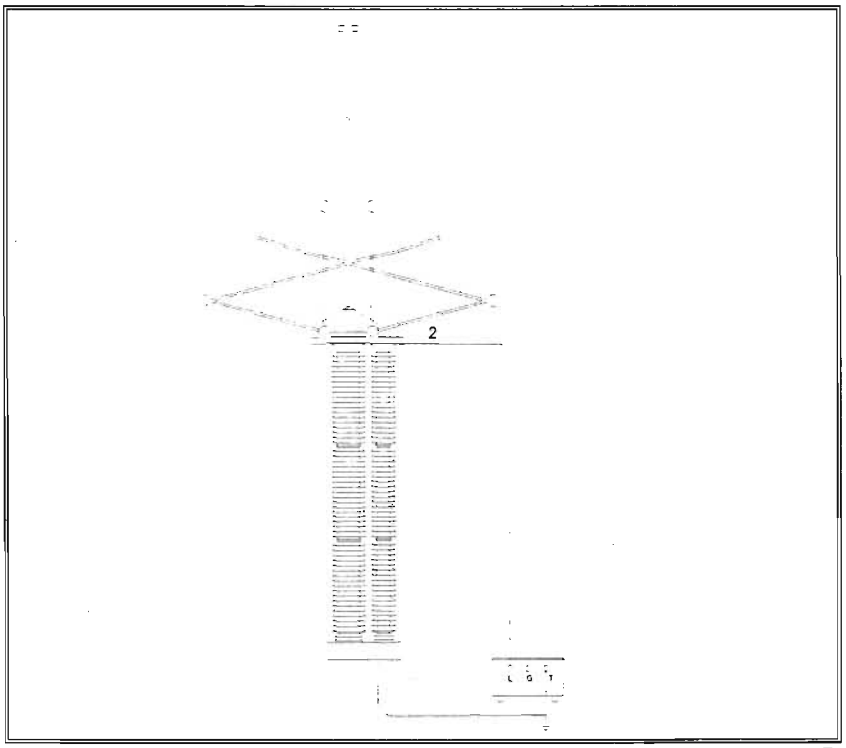


Fig. III.12b). Prueba de Resistencia de Asilamiento a Cuchilla Seccionadora tipo Pantógrafo

Cuadro de Pruebas para la Prueba de Resistencia de Asilamiento a Cuchilla Pantógrafo.

PRUEBA	POLO	LINEA	TIERRA	VOLTS	TIEMPO	POSICIÓN DE CUCHILLA
1	A	2	T	5000	1 Min.	Abierta
1	B	2	T	5000	1 Min.	Abierta
1	C	2	T	5000	1 Min.	Abierta

III.3.1.2. *PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.*

Las pruebas de resistencia de aislamiento se realizan para las cuchillas en posición de abiertas y cerradas Aplicando potencial a la cuchilla a través del megger durante un minuto. La manera de conexión para las pruebas se indica en la figura III.12.

III.3.1.3. *INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.*

Los valores de resistencia de aislamiento, para cuchillas seccionadoras deben ser del orden de 40,000 megaohms como mínimo.

Cuando no se disponga de valores de referencia, se recomienda complementar el análisis, con las pruebas de factor de potencia para dictaminar el estado de su aislamiento

III.3.2. *PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO.*

El objeto de efectuar la prueba de factor de potencia a cuchillas seccionadoras, es detectar las pérdidas dieléctricas producidas por contaminación, deterioro por envejecimiento e imperfecciones del aislamiento.

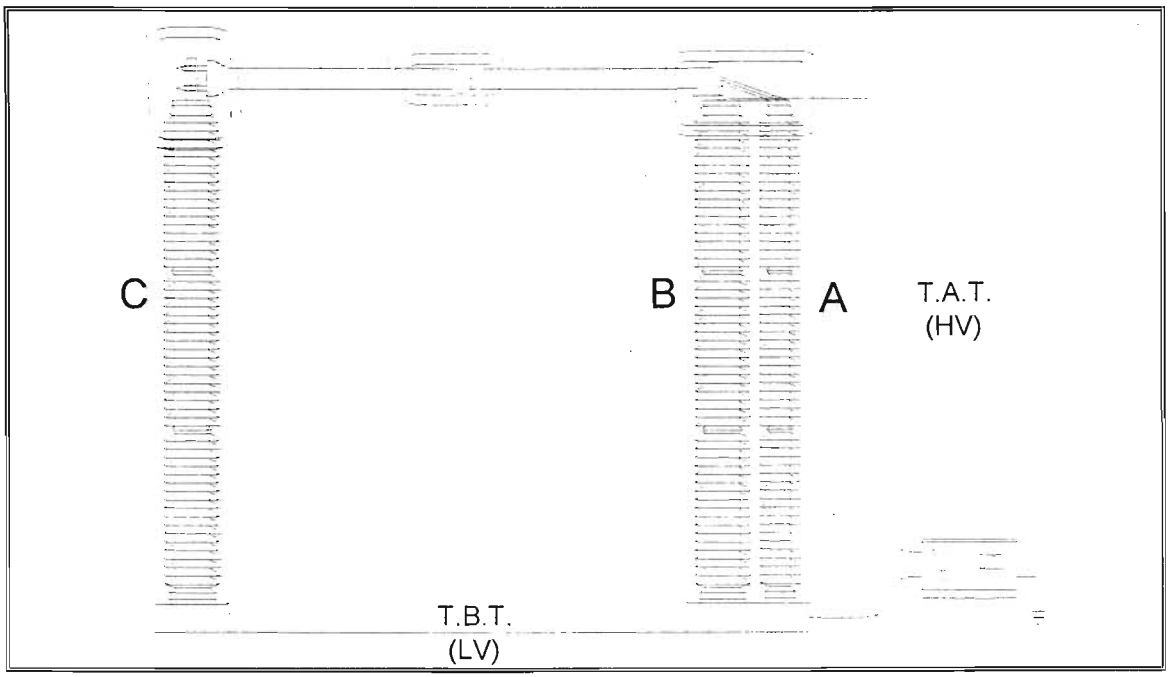


Fig III.13a). Prueba de Factor de Potencia a Cuchilla Seccionadora tipo OH.

Cuadro de conexiones para realizar prueba de Factor de Potencia.

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			POSICIÓN DE CUCHILLA
	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	A + B	Base	GST	Abierta
2	C	Base	GST	Abierta

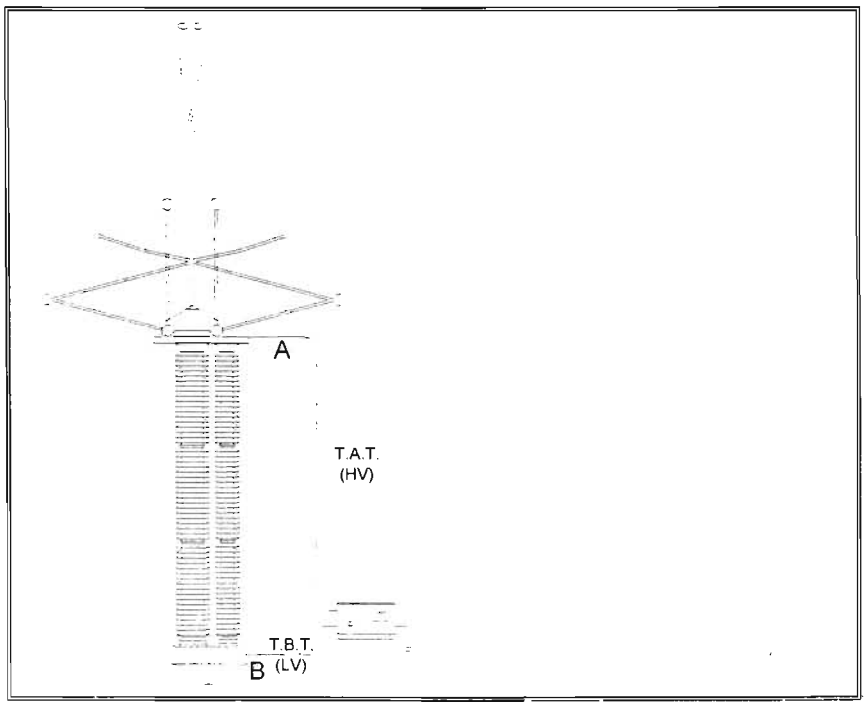


Fig. III.13b) Prueba de Factor de Potencia a Cuchilla Seccionadora tipo Pantógrafo

PRUEBA	CONEXIONES DE PRUEBA			POSICIÓN DE CUCHILLA
	T.A.T.	T.B.T.	SELECTOR	
1	A	Base	GST	Abierta

III.3.2.1. *RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA*

a) Antes de efectuar la prueba de factor de potencia a cuchillas seccionadoras, se deberá limpiar perfectamente la porcelana, a fin de evitar que se obtengan valores erróneos, ocasionados por la contaminación o suciedad del aislamiento. Además se debe aterrizar firmemente la base de la cuchilla.

III.3.2.2. *PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.*

Las pruebas de factor de potencia se realizan como se indica en la figura III.13, donde se muestra el diagrama de conexiones.

La prueba consiste en aplicar una tensión de 1000 volts y registrar los valores de corriente (I) y potencia (mW) y de ser el caso el valor de la capacitancia, con estos valores se calcula el factor de potencia.

III.3.2.3. *INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.*

Para evaluar las condiciones del aislamiento de cuchillas desconectadoras, se consideran las pérdidas. Valores de pérdidas inferiores a 9 miliwatts con voltaje de 2.5 KV, y a 0.1 watts a 10 KV se consideran aceptables.

III.3.3. *PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS.*

El objeto de realizar esta prueba es verificar que se tenga un bajo valor de resistencia eléctrica entre los contactos respectivos de la cuchilla.

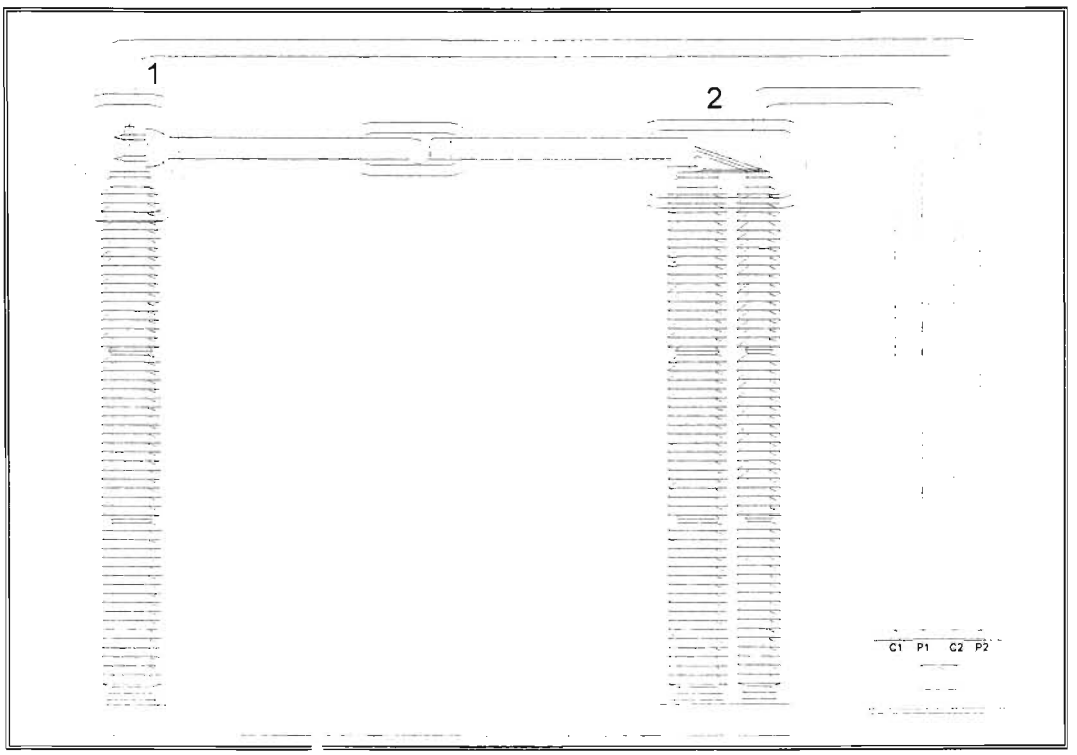
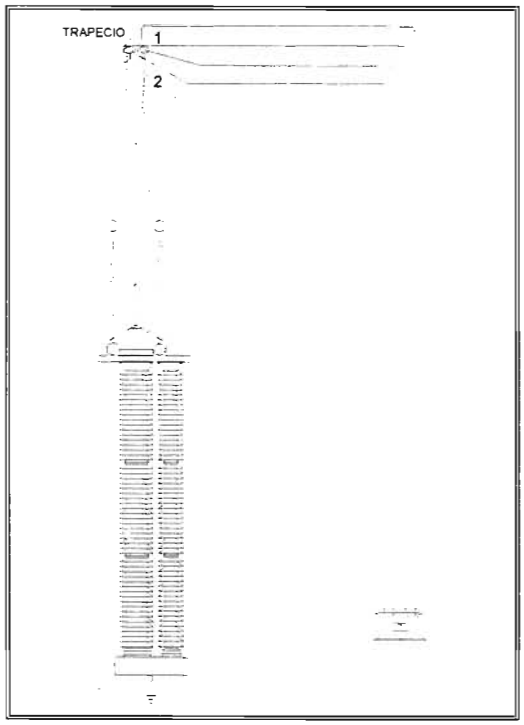


Fig. III.14a) Prueba de Resistencia de contactos a Cuchilla Seccionadora tipo OH.

Cuadro de conexiones para prueba de Resistencia de Contactos a cuchilla seccionadora tipo OH.

PRUEBA	POLO	C1 y P1	C2 y P2	CORRIENTE	POSICIÓN DE CUCHILLA
1	A	1	2	100 A	Cerrada
1	B	1	2	100 A	Cerrada
1	C	1	2	100 A	Cerrada



Cuadro de conexiones para prueba de Resistencia de Contactos a cuchilla seccionadora tipo Pantógrafo.

PRUEBA	POLO	C1 y P1	C2 y P2	CORRIENTE	POSICIÓN DE CUCHILLA
1	A	1	2	100 A	Cerrada
1	B	1	2	100 A	Cerrada
1	C	1	2	100 A	Cerrada

III.3.3.1. *RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.*

a) Librar completamente la cuchilla para realizar esta prueba, desconectándola de la línea.
b) Limpiar perfectamente las terminales de conexión de la cuchilla para asegurar una buena conducción, y poder obtener el valor real de la resistencia de contactos en el equipo de prueba.

III.3.3.2. *PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.*

Las pruebas de resistencia de contactos para cuchillas desconectadoras se deberán hacer de la manera indicada en la figura III.14.

III.3.3.3. *INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.*

Un valor de resistencia de contactos de 100 microohms, se considera aceptable para la confiabilidad en la operación de la cuchilla. Si resultasen valores superiores, se recomienda ajustar el mecanismo, así como limpiar y ajustar el área de contacto.

III.3.4. *RESULTADOS DE PRUEBAS DE CAMPO A CUCHILLAS SECCIONADORAS DE LA BAHÍA C8 DE 400 kV.*

CUCHILLA SECCIONADORA A1079

Marca: COELME Tipo: OH-420 NBAI: 1425 kV.
No. de Serie fase A: 34104 Tensión Nominal: 420 kV Corriente Nominal: 2000 A
No. de Serie fase B: 34105
No. de Serie fase C: 34106

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO:

Volts de prueba: 5000 V. Tiempo: 60 seg. H.R: 62 % T amb. 34°C

Pba. No:	Mide	+	-	G
1	1 - T	1	T	
2	2 - T	2	T	
3	1+2 - T	1+2	T	
4				

Fase	Pba. No.	15 s.	30s.	45 s.	60 s.
A	1	43	84	123	158
	2	26.2	38.4	42.8	52.0
	3	28.4	44.2	58.5	62.5
	4				
B	1	230	328	394	452
	2	82.1	94.2	138	146
	3	38.4	42.6	58.9	93
	4				
C	1	84.5	102	238	364
	2	25.8	38.2	60.8	90.5
	3	38.4	48.9	80.8	122
	4				

Valor en Gigaohms

RESISTENCIA DE CONTACTOS

Corriente de Prueba: 100 A

POLO	MIDE	Valor
A	Contacto	92 μΩ
B	Contacto	94 μΩ
C	Contacto	87 μΩ

FACTOR DE POTENCIA

No.	Fase	Lec. 1	Lect. 2	Mult.	Corr. (mA)	Lect. 1	Lect. 2	Mult.	Watts	Cap. 1	Cap. 2	Mult.	Cap. Tot.	F.P: %
1	A	15.1	12.6	0.02	0.277	13.9	16.2	0.01	0.0115	36.5	38.8	2	75.3	0.4
2	A	23.9	17.0	0.02	0.409	49.2	43.8	0.01	0.0271	36.4	40.6	2	77.0	0.6
1	B	14.2	13.4	0.02	0.276	3.1	6.7	0.01	0.0118	62.0	461	2	108.1	0.65
2	B	19.8	21.1	0.02	0.409	16.9	6.1	0.01	0.054	37.5	358	2	73.3	1.3
1	C	13.8	14.3	0.02	0.281	5.2	3.3	0.01	0.042	38.9	37.6	2	76.5	1.5
2	C	23.2	23.9	0.02	0.471	7.7	1.1	0.01	0.044	58.0	57.0	2	115.0	0.93

Cuadro de Pruebas para Factor de Potencia.

No.	Mide	Modo	HV	Tierra
1	1 Vs. T	GST	1	T
2	2 Vs. T	GST	2	T
4				

CUCHILLA SECCIONADORA Qp2

Marca: COELME Tipo: Pantógrafo NBAI: 1425 kV.
No. de Serie fase A: 7663051 Tensión Nominal: 420 kV Corriente Nominal: 2000 A
No. de Serie fase B: 7663052
No. de Serie fase C: 7663053

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO:

Volts de prueba: 5000 V. Tiempo: 60 seg. H.R: 54 % T amb. 34°C

Pba. No:	Se prueba	+	-	G
1	Aislamiento	2	T	
2				
3				
4				

Fase	Pba. No.	15 s.	30s.	45 s.	60 s.
A	1	45	87	122	151
	2				
	3				
	4				

VALORES EN GΩ

RESISTENCIA DE CONTACTOS

Corriente de Prueba: 100 A

POLO	MIDE	Valor
A	1 - 2	71 μΩ
B	1 - 2	32 μΩ
C	1 - 2	38 μΩ

B	1	125	187	343	505	VALORES EN GΩ
	2					
	3					
	4					
C	1	189	253	372	505	
	2					
	3					
	4					

FACTOR DE POTENCIA

No.	Fase	Lec. 1	Lect. 2	Mult.	Corr. (mA)	Lect. 1	Lect. 2	Mult.	Watts	Cap. 1	Cap. 2	Mult.	Cap. Tot.	F.P: %
1	A	15.1	12.6	0.02	0.277	13.9	16.2	0.01	0.0115	36.5	38.8	2	75.3	0.4
1	B	14.2	13.4	0.02	0.276	3.1	6.7	0.01	0.0118	62.0	461	2	108.1	0.65
1	C	13.8	14.3	0.02	0.281	5.2	3.3	0.01	0.042	38.9	37.6	2	76.5	1.5

Cuadro de Pruebas para Factor de Potencia.

No.	Mide	Modo	HV	Tierra
1	A Vs. B	GST	A	B
2				
3				
4				

III.4. *PRUEBAS A APARTARRAYOS.*

Los apartarrayos instalados son de óxido de zinc, tipo estación, servicio intemperie, para operar en sistemas de corriente alterna de 400 kV, sus características particulares son:

Marca	Siemens
Tensión de operación continua (MCOV):	269 kV
Corriente de descarga Nominal:	20 kA
Distancia de fuga mínima:	14025 mm.
Capacidad de alivio de presión:	65 kA/0.2 seg.

III.4.1. *PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.*

Con el objeto 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 porcelana.
b) Depósitos de sales de aluminio, aparentemente causados por interacción entre la humedad y los productos resultantes del efecto corona.
c) Porcelana rota.

III.4.1.1. *RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.*

a) Desconectar de la línea el apartarrayo, considerando las medidas de seguridad.
b) Drenar cargas estáticas.
c) Limpiar la porcelana.
d) Preparar el equipo de prueba.
e) Utilizar el mayor voltaje del equipo de prueba.

f) Tomar la lectura al minuto y anotarla en la hoja de prueba.
g) En apartarrayos compuestos de varias secciones se puede utilizar la terminal de guarda para efectos de corrientes de fuga por la superficie de la porcelana.

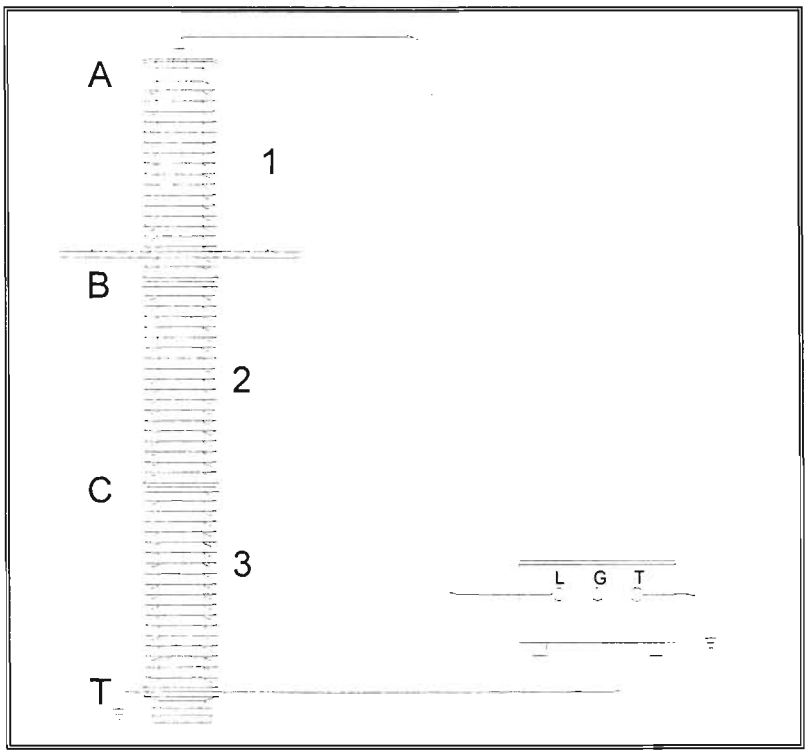


Fig. III.15 Prueba de Resistencia de Aislamiento a Apartarrayos.

PRUEBA	CONEXIONES			MIDE
	+	-	G	
1	A	T		COMPLETO
2	A	B		SECCIÓN 1
3	B	C		SECCIÓN 2
4	C	T		SECCIÓN 3
5				

III.4.1.2. *PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.*

En la figura III.15 se ilustran los diagramas de conexión de circuitos de prueba para determinar la resistencia de aislamiento de apartarrayos de varias secciones. La prueba se realiza aplicando con el megger al Apartarrayos una tensión de 5000 Volts durante un minuto, midiendo el valor de resistencia de aislamiento.

III.4.1.3. *INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.*

Los valores de resistencia de aislamiento en apartarrayos son variables; dependiendo de la marca y tipo, pudiendo ser desde 500 hasta 50,000 megaohms. Se recomienda efectuar comparaciones con apartarrayos de la misma marca, tipo y voltaje.

En caso de desviación notoria en los valores, se requiere efectuar una investigación.

III.4.2. *PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DEL AISLAMIENTO.*

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, porcelanas despostilladas o porosas, etc.

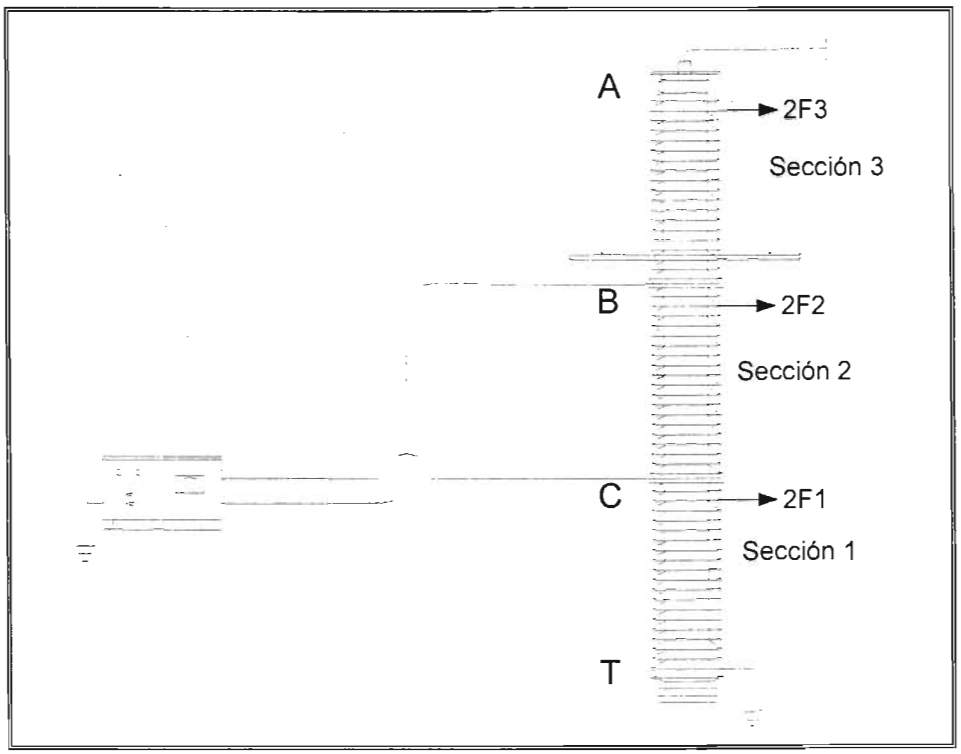


Fig. III.16 Prueba de Factor de Potencia a Apartarrayos.

Cuadro de Pruebas de factor de potencia a apartarrayos

PRUEBA	MIDE	MODO	HV-	TIERRA	GUARDA
1	SECCIÓN 3	GROUND	A	B	
2	SECCIÓN 2	GROUND	B	C	
3	SECCIÓN 1	GROUND	C	T	
4	COMPLETO	GROUND	A	T	
5	COLLAR CAL.	GROUND	2F3	A	
6	COLLAR CAL.	GROUND	2F2	B	
7	COLLAR CAL.	GROUND	2F1	C	

2F1 = Segundo Faldón Sección 1
2F2 = Segundo Faldón Sección 2.
2F3 = Segundo Faldón Sección 3.

III.4.2.1. *RECOMENDACIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA.*

a) Desconectar el apartarrayos de la línea considerando las medidas de seguridad.
b) Drenar cargas estáticas.
c) Limpiar perfectamente la porcelana.
d) Preparar el equipo de prueba.

III.4.2.2. *PROCEDIMIENTO DE PRUEBA Y EQUIPO UTILIZADO.*

En la figura III.16, se representan las conexiones para la prueba. Para realizar la prueba se debe aplicar una tensión incrementando este valor de acuerdo al fabricante del equipo de medición, registrando los valores de corriente (I) y potencia (watts).

En esta prueba no se calcula el factor de potencia debido a a que solo se busca medir las perdidas.

III.4.2.3. *INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.*

Con las pruebas de factor de potencia se obtienen las pérdidas dieléctricas de los apartarrayos en Miliwatts o Watts dependiendo del equipo de prueba que se utilice.

Debido a las diferencias de elementos de construcción de cada fabricante, no existen valores normalizados para su aceptación. La compañía Doble Engineering, en su manual de referencias proporciona información de estadística de pruebas de varias marcas y tipos de apartarrayos y que pueden servir de base para juzgar los resultados que se obtengan.

III.4.3. *RESULTADOS DE PRUEBAS DE CAMPO A APARTARRAYOS DE LA BAHÍA C8 DE 400 KV.*

APARTARRAYOS (F1).

Marca: SIEMENS Tipo: 3EP3 354-3PZ3 Tensión Nominal: 336 kV.
No. de Serie fase A: 350 83382
No. de Serie fase B: 350 83383
No. de Serie fase C: 350 83384

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO:

Volts de prueba: 5000 VCD. Tiempo: 60 seg. H.R: 66 % T amb. 33.6°C

Pba. No:	Se prueba	+	-	G
1	COMPLETO	A	T	
2	Sección 1	A	B	
3	Sección 2	B	C	
4	Sección 3	C	T	
5				
6				

Fase	Pba. No.	15 s.	30s.	45 s.	60 s.	
A	1	91	94	99.5	102	Valor en Gigaohms
	2	34	38.2	38.8	39.2	
	3	46.2	49.2	51.0	52.5	
	4	51.5	59.5	61.5	62.5	
	5					
B	1	157	185	224	256	
	2	34.8	37.4	38.0	38.6	
	3	47.0	52.5	53.0	55.0	
	4	134	248	378	454	
	5					
C	1	199	296	316	362	
	2	21.4	32.6	33.8	34.6	
	3	45.2	47.4	49.0	49.6	
	4	145	254	328	378	
	5					

FACTOR DE POTENCIA

No.	Fase	Lec. 1	Lect. 2	Mult.	Corr. (mA)	Lect. 1	Lect. 2	Mult.	Watts	Cap. 1	Cap. 2	Mult.	Cap. Tot.	F.P: %
1	A	25.1	25.1	0.02	0.502	11.1	11.4	0.01	0.112	67.6	67.9	2	135.5	2.23
2	A	12.0	12.1	0.02	0.241	15.6	15.6	0.01	0.156	32.7	33.1	2	66.8	6.47
3	A	12.4	12.4	0.02	0.248	16.5	16.5	0.01	0.165	33.4	33.4	2	66.8	6.65
4	A	20.6	20.6	0.02	0.412	4.9	4.9	0.01	0.049	55.7	55.9	2	111.6	1.189
5	A	9.1	9.2	0.02	0.183	40.9	41.5	0.01	0.412	24.5	25.0	2	49.1	22.51
6	A	8.3	8.2	0.02	0.165	29.5	29.4	0.01	0.294	22.7	22.5	2	45.2	17.81
7	A	8.2	8.2	0.02	0.164	29.1	28.8	0.01	0.289	22.4	22.4	2	44.8	17.62
1	B	25.7	25.7	0.02	0.514	12.8	13.0	0.01	0.129	69.9	69.9	2	139.8	2.5
2	B	12.3	12.3	0.02	0.246	15.2	15.4	0.01	0.153	34.0	34.1	2	68.1	6.21
3	B	12.2	12.3	0.02	0.245	15.4	15.2	0.01	0.153	33.9	33.9	2	67.8	6.24
4	B	22.2	22.4	0.02	0.446	7.8	8.0	0.01	0.079	60.2	60.2	2	120.4	1.77
5	B	7.1	7.1	0.02	0.142	20.4	20.3	0.01	0.203	19.7	19.7	2	39.4	14.29
6	B	6.8	6.9	0.02	0.137	17.8	17.9	0.01	0.178	18.6	18.8	2	37.4	12.99

7	B	6.6	6.7	0.02	0.133	14.7	14.8	0.01	0.147	18.8	18.6	2	37.4	11.05
1	C	24.8	24.8	0.02	0.496	10.4	10.6	0.01	0.105	67.3	67.4	2	134.7	2.11
2	C	12.0	12.0	0.02	0.240	14.9	15.1	0.01	0.150	33.0	32.8	2	65.8	6.25
3	C	12.1	12.1	0.02	0.242	14.5	14.6	0.01	0.145	33.5	33.5	2	67.0	5.99
4	C	20.4	20.3	0.02	0.407	3.8	3.6	0.01	0.037	55.4	55.4	2	110.8	0.909
5	C	8.4	8.5	0.02	0.169	29.1	28.8	0.01	0.289	23.5	23.5	2	47.0	17.10
6	C	8.1	8.1	0.02	0.162	22.2	21.1	0.01	0.216	22.3	22.3	2	44.6	13.33
7	C	7.8	7.8	0.02	0.156	18.8	18.8	0.01	0.188	21.3	21.3	2	42.6	12.05

Cuadro de Pruebas para Factor de Potencia.

No.	Mide	Modo	HV	Tierra
1	Modulo 3	Ground	A	B
2	Modulo 2	Ground	B	C
3	Modulo 1	Ground	C	T
4	Completo	Ground	A	T
5	Collar Cal.	Ground	2F3	A
6	Collar Cal.	Ground	2F2	B
7	Collar Cal.	Ground	2F1	C

2F1 = Segundo Faldón Sección 1
2F2 = Segundo Faldón Sección 2.
2F3 = Segundo Faldón Sección 3.

CAPÍTULO IV

IV. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS PRUEBAS REALIZADAS.

En este capítulo haremos un análisis de los costos de las pruebas realizadas a cada uno de los equipos primarios instalados en la bahía C8 de las Subestación Tuxpan Vapor de 400 kV para garantizar las mejores condiciones operativas, reduciendo así las probabilidades de falla y poder garantizar la continuidad del servicio.

Al realizar las pruebas de campo antes de poner en servicio los equipos, se logra una productividad mayor y se reducen los costos de mantenimiento y operación por salida prematura de los equipos.

IV.1. *COSTO DE PRUEBAS A INTERRUPTORES DE POTENCIA.*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Pruebas preoperativas a interruptor de potencia tripolar en SF6, modelo orthofluor FX22, tensión nominal 400 kV, tensión máxima de operación 420 kV, corriente nominal 300 A, capacidad interruptiva 50 kA, NBAI 1550 kV, 60 Hz, tensión de control 125 VCD, tensión de fuerza y calefacción 220/127 VCA, distancia de fuga mínima 31 mm/kV de fase a fase, 1000 msnm	PZA.	2.00	$29,083.26	$58,166.52

IV.1.1. *ALCANCE DE LOS TRABAJOS*

El Contratista debe realizar pruebas primarias a los interruptores de potencia de acuerdo a los procedimientos de CFE las cuales se enuncian a continuación:

a) Prueba de resistencia de aislamiento.
b) Prueba de factor de potencia de los aislamientos.
c) Prueba de resistencia de contactos.
d) Prueba de tiempos de operación y simultaneidad de cierre y apertura.

IV.1.2. *UNIDAD DE MEDICIÓN*

Para fines de pago y estimación, la unidad de medida será la PIEZA (PZA.) completamente terminada, incluyendo los reportes de prueba con valores aceptables.

IV.1.3. *CARGOS Y OPERACIONES INCLUIDOS EN EL PRECIO UNITARIO.*

Equipo, Herramientas y Transporte.- El contratista debe considerar dentro del alcance todo el equipo y material requerido para realizar las pruebas así como también el transporte del personal hasta el sitio de la obra donde se realizaran las pruebas.

Viáticos y mano de obra.- El contratista debe considerar dentro de su presupuesto el monto requerido para cubrir los gastos por concepto de viáticos del personal requerido para realizar las pruebas.

El desglose de los indirectos, material y mano de obra se indican en el anexo del final del capítulo.

IV.2. *COSTO DE PRUEBAS A TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Pruebas preoperativas transformador de corriente, monofásico, tensión nominal 400 kV, tensión máxima de operación 420 kV, nivel básico de aislamiento al impulso aislamiento externo 1425 kV, Icc 50 kA, relación de transformación de 1600-800/5-5-5-5 A, exactitud para	PZA	6.00	$2,406.61	$14,439.66

medición 0.3B4.0 y para protección C-400, distancia de fuga mínima de 31 mm kV de fase a fase: 1000 msnm.				

IV.2.1. *ALCANCE DE LOS TRABAJOS*

El Contratista debe realizar pruebas primarias a los transformadores de corriente de acuerdo a los procedimientos de CFE dichas pruebas, se enuncian a continuación:

a) Prueba de resistencia de aislamiento.
b) Prueba de factor de potencia de los aislamientos.
c) Prueba de relación de transformación y polaridad.
d) Prueba de saturación.
e) Prueba de resistencia ohmica de devanados.

IV.2.2. *UNIDAD DE MEDICIÓN*

Para fines de pago y estimación, la unidad de medida será la PIEZA (PZA.) completamente terminada, incluyendo los reportes de prueba con valores aceptables.

IV.2.3. *CARGOS Y OPERACIONES INCLUIDOS EN EL PRECIO UNITARIO.*

Equipo, Herramientas y Transporte.- El contratista debe considerar dentro del alcance todo el equipo y material requerido para realizar las pruebas así como también el transporte del personal hasta el sitio de la obra donde se realizaran las pruebas.

Viáticos y mano de obra.- El contratista debe considerar dentro de su presupuesto el monto requerido para cubrir los gastos por concepto de viáticos del personal requerido para realizar las pruebas.

El desglose de los indirectos, material y mano de obra se indican en el anexo del final del capítulo.

IV.3. *COSTO DE PRUEBAS A TRANSFORMADORES DE POTENCIAL INDUCTIVO.*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Pruebas preoperativas transformador de potencial inductivo, monofásico, tensión nominal de 400 kV, tensión primaria de operación 420/ $\sqrt{3}$ kV, nivel básico de aislamiento al impulso aislamiento externo 1550 kV, relación de transformación de 2100/3500:1, clase de exactitud 0.3W, X, Y,Z, capacidad térmica total mínima 1000 VA, distancia de fuga mínima de 31 mm/kV de fase a fase 1000 msnm	PZA	3.00	$2,406.61	$7,219.83

IV.3.1. *ALCANCE DE LOS TRABAJOS*

El Contratista debe realizar pruebas primarias a los transformadores de potencial inductivo de acuerdo a los procedimientos de CFE dichas pruebas, se enuncian a continuación:

a) Prueba de resistencia de aislamiento.
b) Prueba de factor de potencia de los aislamientos.
c) Prueba de relación de transformación y polaridad.
d) Prueba de resistencia ohmica de devanados.

IV.3.2. *UNIDAD DE MEDICIÓN*

Para fines de pago y estimación, la unidad de medida será la PIEZA (PZA.) completamente terminada, incluyendo los reportes de prueba con valores aceptables.

IV.3.3. *CARGOS Y OPERACIONES INCLUIDOS EN EL PRECIO UNITARIO.*

Equipo, Herramientas y Transporte.- El contratista debe considerar dentro del alcance todo el equipo y material requerido para realizar las pruebas así como también el transporte del personal hasta el sitio de la obra donde se realizaran las pruebas.

Viáticos y mano de obra.- El contratista debe considerar dentro de su presupuesto el monto requerido para cubrir los gastos por concepto de viáticos del personal requerido para realizar las pruebas.

El desglose de los indirectos, material y mano de obra se indican en el anexo del final del capítulo.

IV.4. *COSTO DE PRUEBAS A CUCHILLAS SECCIONADORAS.*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Pruebas preoperativas cuchilla desconectadora tripolar de doble apertura horizontal (OH), tensión nominal 400 kV, tensión de servicio asignado 420 kV, nivel básico de aislamiento al impulso 1550 kV, corriente nominal 2000 A, corriente de corta duración 50 kA, con cuchilla de puesta a tierra y con mecanismo a motor por polo, tensión de control 125 VCD, tensión de fuerza 220/127 VCA, Distancia de fuga mínima de 31 mm/kV de fase a fase (13750 mm). 1000 msnm.	Jgo.	1.00	$6,796.49	$6,796.49
Pruebas preoperativas cuchilla desconectadora tripolar tipo pantógrafo, tensión nominal 400 kV, tensión de servicio asignado 420 kV, nivel básico de aislamiento al impulso 1550 kV, corriente nominal 2000 A, corriente de corta duración 50 kA, sin cuchilla de puesta a tierra y con mecanismo a motor por polo, tensión de control 125 VCD, tensión de fuerza 220/127 VCA, Distancia de fuga mínima de 31 mm/kV de fase a fase (13750 mm). 1000 msnm.	Jgo.	1.00	$6,104.85	$6,104.85

IV.4.1. *ALCANCE DE LOS TRABAJOS*

El Contratista debe realizar pruebas primarias a las cuchillas seccionadoras de apertura lateral tipo OH y cuchilla pantógrafo respectivamente de acuerdo a los procedimientos de CFE dichas pruebas, se enuncian a continuación:

a) Prueba de resistencia de aislamiento.
b) Prueba de resistencia de contacto.
c) Prueba de factor de potencia de los aislamientos.
d) Prueba de cierre y apertura en modo local y remoto.

IV.4.2. *UNIDAD DE MEDICIÓN*

Para fines de pago y estimación, la unidad de medida será el JUEGO (JGO.) de cuchillas completamente terminadas, incluyendo los reportes de prueba con valores aceptables.

IV.4.3. *CARGOS Y OPERACIONES INCLUIDOS EN EL PRECIO UNITARIO.*

Equipo, Herramientas y Transporte.- El contratista debe considerar dentro del alcance todo el equipo y material requerido para realizar las pruebas así como también el transporte del personal hasta el sitio de la obra donde se realizaran las pruebas.

Viáticos y mano de obra.- El contratista debe considerar dentro de su presupuesto el monto requerido para cubrir los gastos por concepto de viáticos del personal requerido para realizar las pruebas.

El desglose de los indirectos, material y mano de obra se indican en el anexo del final del capítulo.

IV.5. *COSTO DE PRUEBAS A APARTARRAYOS.*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	TOTAL
Pruebas preoperativas apartarrayos de oxido de zinc, tipo estación, servicio intemperie, tipo 3EP3 354-3PZ3, para operar en un sistema de 420 kV, tensión máxima de operación continua (MCOV) 336 kV, corriente de descarga nominal 10 kA, tensión de aguante al impulso aislamiento externo 1550 kV cresta, distancia de fuga mínima 13750 mm, diseñado para una altitud de operación de 1800 m.s.n.m.	PZA	3.00	$1,624.12	$4,872.36

IV.5.1. *ALCANCE DE LOS TRABAJOS*

El Contratista debe realizar pruebas primarias a las cuchillas seccionadoras de apertura lateral tipo OH y cuchilla pantógrafo respectivamente de acuerdo a los procedimientos de CFE dichas pruebas, se enuncian a continuación:

a) Prueba de resistencia de aislamiento.
b) Prueba de factor de potencia de los aislamientos.

IV.5.2. *UNIDAD DE MEDICIÓN*

Para fines de pago y estimación, la unidad de medida será la PIEZA (PZA.) de apartarrayos completamente terminadas, incluyendo los reportes de prueba con valores aceptables.

IV.5.3. *CARGOS Y OPERACIONES INCLUIDOS EN EL PRECIO UNITARIO.*

Equipo, Herramientas y Transporte.- El contratista debe considerar dentro del alcance todo el equipo y material requerido para realizar las pruebas así como también el transporte del personal hasta el sitio de la obra donde se realizaran las pruebas.

Viáticos y mano de obra.- El contratista debe considerar dentro de su presupuesto el monto requerido para cubrir los gastos por concepto de viáticos del personal requerido para realizar las pruebas.

IV.6. *DESGLOSE DE COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS DE LAS PRUEBAS.*

Como se indico en cada uno de los conceptos las pruebas realizadas a cada uno de los equipos mencionados incluye la mano de obra que para fines de estimación y pago se considero como sigue:

CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	TOTAL
001	PARTICIPACIÓN DE PERSONAL DE PUESTA EN SERVICIO	LOTE	1.00	$31,124.13	$31,124.13
	TOTAL DE PARTICIPACIÓN DE PERSONAL DE PUESTA EN SERVICIO		1.00	$31,124.13	$31,124.13

Dicho Lote a su vez considera los gastos de infraestructura de Obra, Gastos operativos y todo lo que implique un costo directo con cargo a la Obra.

Cabe aclarar que dentro de dicho presupuesto se consideran gastos de viáticos y pasaje del personal requerido para la realización de las pruebas ya que la Obra objeto del presente análisis se encuentra en una área foránea para la Compañía (Siemens) encargada de la Puesta en Servicio de la Bahía C8 en el interior de la Subestación Tuxpan Vapor de 400 kV.

Asimismo, se considera también la explosión de insumos que se refiere al costo del Salario del Personal encargado de la Pruebas y la parte proporcional del desgaste de los equipos de Prueba.

Descripción	Cuota	Horas	Total Horas	Días Viat.	Cuota	Total Viat.	Viajes	Tot. Viaj.	TOTAL	
Ing. de Servicio.	$352.00	10	$3,520.00	90	$736.00	$66,240.00	1	$4,000.00	$73,760.00	
Montador	$72.00	0	$0.00	52	$427.00	$22,204.00	0	$0.00	$22,204.00	
			$3,520.00			$88,444.00		$4,000.00		$95,964.00

Infraestructura de Obra										
Descripción	Cuota	meses	Total	Transp.					TOTAL	
Oficina	$7,000.00	0.5	$3,500.00	$7,000.00					$10,500.00	
Auto	$80.00	500	$40,000.00	$3,000.00					$43,000.00	
										$53,500.00

Gastos Operativos										
Descripción	Cantidad	P. Unit.							TOTAL	
Teléfono	1.00	$4,000.00							$4,000.00	
Papelería	1.00	$1,000.00							$1,000.00	
Gasolina	678.23	$6.10							$4,137.20	
										$9,137.20

Importe a costo directo de la Obra			$538,377.98							$538,377.98
Gastos internos	2%	$10,767.56								$10,767.56
Riesgo	2%	$10,767.56								$10,767.56
Utilidad	5%	$26,918.90								$26,918.90
										$586,832.00

IV.6.1. *EXPLOSIÓN DE INSUMOS DEL PRESUPUESTO*

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Monto	%
Mano de Obra						
ING. DE SERVICIO	ING. DE SERVICIO	Hora	718.20000	$352.00	$252,806.40	70.27
ING. DE SERVICIO	ING. DE SERVICIO	Hora	57.50000	$352.00	$20,240.00	5.63
MONTADOR	MONTADOR	Hora	743.20000	$72.00	$53,510.40	14.87
			1,518.90000		$326,556.80	90.77
Equipo						
DUCTER	MICRO OHMETRO 2000A PROGRAMA	Hora	37.50000	$61.00	$2,287.50	0.64
F.P.	FACTOR DE POTENCIA	Hora	87.00000	$150.00	$13,050.00	3.63
MEGGER 5000V	MEGGER AVO 5000 BM11D	Hora	199.00000	$72.63	$14,453.37	4.02
TTR	MEDIDOR DE RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN	Hora	30.50000	$111.38	$3,397.09	0.94
			354.00000		$33,187.96	9.23
					$359,744.76	100.00

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para garantizar una operación continua, confiable y segura de los equipos de una subestación de potencia es necesario realizar las pruebas de puesta en servicio garantizando así el cumplimiento de dichos parámetros de tal manera que se minimize al máximo el riesgo de perdidas de energía o económicas por la salida prematura de los equipos.

Durante el desarrollo del presente trabajo se pudo determinar que el estado de los equipos primarios tanto suministrados como los existentes cumplen con los criterios establecidos para cada una de las prebas de campo realizadas garantizando la operación confiable y segura de la Bahía C8 con lo cual se pudo interconectar dicha bahía en forma integral con el resto de la subestación Tuxpan Vapor de 400 kV que a su vez, se enlaza con el Sistema Eléctrico Nacional.

La finalidad de cada una de las pruebas es poder detectar: malas conexiones, calidad de los aislamientos, operación segura, etc.

Durante la realización de las pruebas nos debemos de basar en procedimientos previamente revisados por personal calificado y tener bien definido el tipo de prueba a realizar para no tener errores en las conexiones que puedan poner en riesgo al personal o equipo.

BIBLIOGRAFÍA

- MANUAL DE PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE LA UNIDAD TURBOGAS TUXPAN
  SIEMENS WESTINGHOUSE POWER CORPORATION.
  ENERO DEL 2004

- PROCEDIMIENTOS DE PRUEBAS DE CAMPO PARA MANTENIMIENTO ELÉCTRICO EN SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN
  GERENCIA DE DISTRIBUCIÓN DE CFE.
  1991

- PROCEDIMIENTO CFE-MPSSE-01 "PUESTA EN SERVICIO DE SUBESTACIONES"
  COORDINACIÓN DE PROYECTOS DE TRANSMISIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE CFE.
  FEBRERO DE 1994

- PROCEDIMIENTO CFE-MPSEO-11 "PRUEBAS A TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO"
  COORDINACIÓN DE PROYECTOS DE TRANSMISIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE CFE.
  NOVIEMBRE DE 1998

- ESPECIFICACIÓN CFE-NRF-022 "INTERRUPTORES DE POTENCIA DE 72.5 A 420 kV"
  CFE - LAPEM.
  NOVIEMBRE DE 2003

- ESPECIFICACIÓN CFE-VE000-14 "TRANSFORMADORES DE POTENCIAL INDUCTIVOS DE 123 A 420 kV"
  CFE - LAPEM.
  NOVIEMBRE DE 1995

- ESPECIFICACIÓN CFE-VE000-13 "TRANSFORMADORES DE CORRIENTE DE 123 A 420 kV"
  CFE - LAPEM.
  NOVIEMBRE DE 1995

- ESPECIFICACIÓN CFE-V4200-12 "CUCHILLAS DESCONECTADORAS EN AIRE DE 72.5 A 420 kV CON ACCIONAMIENTO CONTROLADO"
  CFE - LAPEM.
  MAYO DE 2003

- ESPECIFICACIÓN CFE-NRF-003 "APARTARRAYOS DE ÓXIDOS METÁLICOS PARA SUBESTACIONES"
  CFE - LAPEM.
  JULIO DE 2001

- GUIA PARA LA SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO.
  DEPARTAMENTO ELÉCTRICO DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS.
  1994