

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA

GUIA DE LABORATORIO
PRACTICAS DE ENSAYOS EN EL UTNLAT

UTNLAT

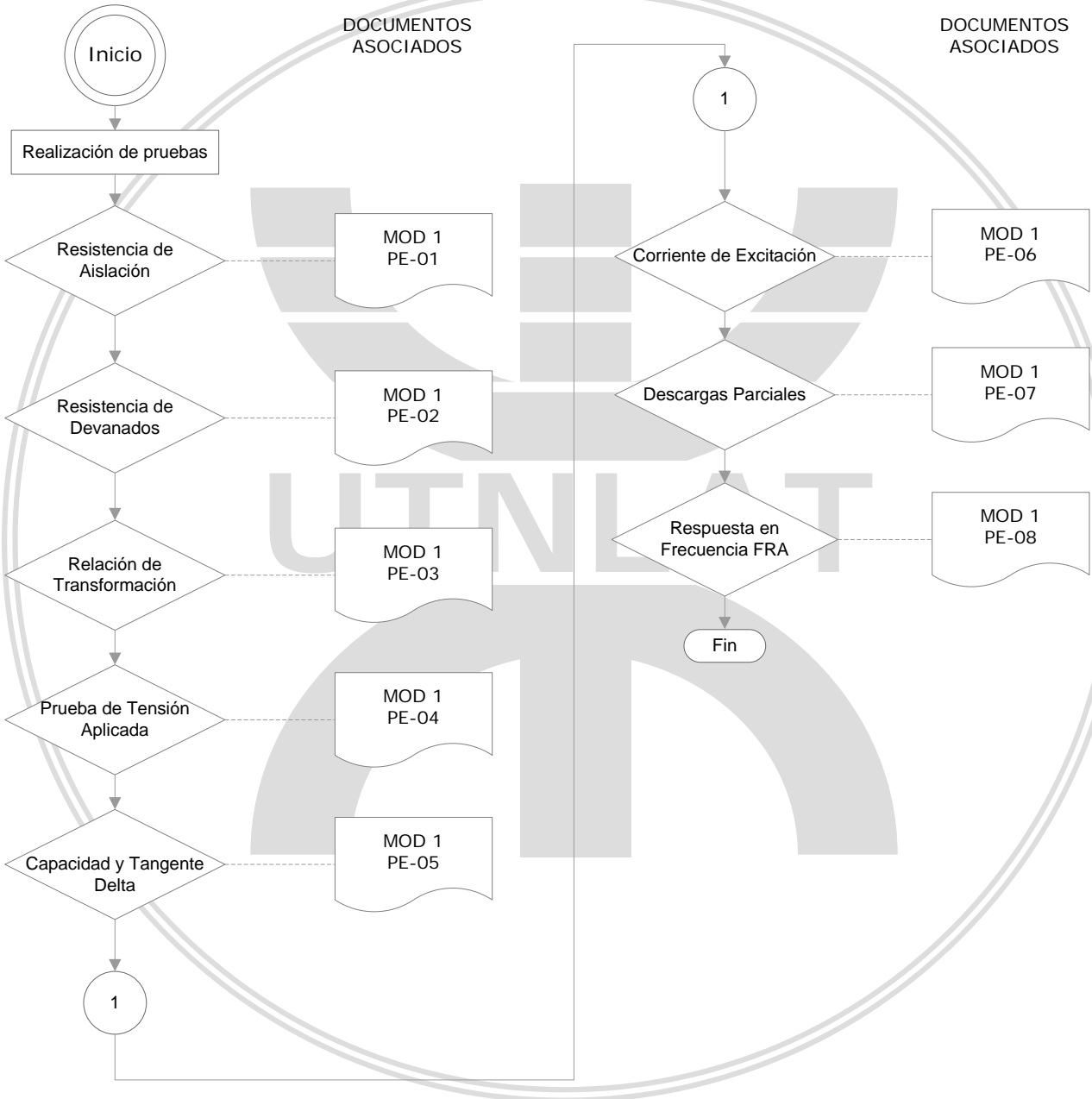
TEMA:
TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION Y POTENCIA
- ENSAYOS EN CAMPO -

PARTE I - Rev.01

Vigente desde Septiembre de 2007

DIAGRAMA DE FLUJO PRUEBAS

DIAGRAMA DE FLUJO PRUEBAS



Autor INDUCOR INGENIERIA S.A (www.inducor.com.ar). Reproducción total o parcial, permitida solo para fines académicos del UTNLAT, con citación expresa de la fuente de origen. Uso y difusión comercial prohibidos.

UTNLAT: Dr. Melo 1583 - (1824) Lanús - Bs. As. - (54-11) 4249-7756 utnlat@fra.utn.edu.ar - utnlat@inducor.com.ar

www.utnlat.com.ar

MODULO
MOD-001 Rev1

TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
-ENSAYOS EN CAMPO -

PRACTICA DE ENSAYO
PE-02 Rev1

MEDIDA DE RESISTENCIA DE DEVANADOS

	Pág.
1. OBJETIVO	2
2. ALCANCE	2
3. DEFINICIONES	2
4. MÉTODOS	2
4.1.1. Método del ohmetro o puente de tensión	2
4.1.2. Método voltímetro/amperímetro	2
4.2. PRECAUCIONES ANTES DE INICIAR UN ENSAYO	3
4.3. CIRCUITO DE ENSAYO	3
4.4. PROCEDIMIENTO	3
4.4.1. Correcciones	4
4.5. PRECAUCIONES AL FINALIZAR EL ENSAYO	4
4.6. RESULTADOS	4
5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	5
6. ANEXOS	5
6.1. INSTRUMENTAL UTILIZADO EN ESTA PRACTICA	5
6.2. PROTOCOLO DE ENSAYO	6



UTNLAT

ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL (EPP) REQUERIDOS EN ESTA PRACTICA

DE USO OBLIGATORIO PARA	CASCO PLASTICO	GUANTES AISLANTES	GUANTES DE CUERO	ANTEOJOS PLASTICOS	PROTECTOR FACIAL	BOTINES SEGURIDAD
TODOS LOS INTEGRANTES						
QUIENES CONEXIONES		CLASE 1 - 7,5KV				
DISPONER EN EL LUGAR DE ENSAYO						
VALLAS SEÑALIZACION	TARIMA AISLANTE	CADENA PTA A TIERRA	BASTON DE RESCATE	DETECTOR DE TENSION	PERTIGA DE DESCARGA	MATAFUEGO
						PRIMEROS AUXILIOS

Autor INDUCOR INGENIERIA S.A (www.inducor.com.ar). Reproducción total o parcial, permitida solo para fines académicos del UTNLAT, con citación expresa de la fuente de origen. Uso y difusión comercial prohibidos.

UTNLAT: Dr. Melo 1583 - (1824) Lanús - Bs. As. - (54-11) 4249-7756 utnlat@fra.utn.edu.ar - utnlat@inducor.com.ar

www.utnlat.com.ar

MODULO
MOD-001 Rev1

TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
-ENSAYOS EN CAMPO -

PRACTICA DE ENSAYO
PE-02 Rev1

MEDIDA DE RESISTENCIA DE DEVANADOS

1. OBJETIVO

Establecer el procedimiento para efectuar la medición de la resistencia ohmica de los devanados, en transformadores de distribución y potencia, mediante el uso de un puente micro-procesado automático.

TRANSFORMADOR BAJO ENSAYO:

Tipo: Distribución Trifásico – en aceite -Cu

Potencia: 315 KVA – (Potencia asignada según IEC 60076-1, Pto.: 4.1; (refiere a la carga permanente).

Relación: 13,2 / 0,4 KV.

Grupo: Dyn11. (Según IEC60076-Pto6: MT triangulo – BT estrella, neutro accesible - BT retrasado 330° de MT).

Conmutador de 5 posiciones: Pos 1(+5%) - Pos 2(+2,5%) – Pos 3(0%) – Pos 4(-2,5%) – Pos 5(-5%)

La medición de la resistencia de los devanados de los transformadores, es usada entre otros, para chequear conexiones y determinar si hay condiciones de circuito abierto o la existencia de una conexión de alta resistencia en los conductores dispuestos en paralelo. Esta situación de conexiones de alta resistencia, se presenta en muchos casos, en los taps de los transformadores, dado que por sus contactos circula la corriente de carga. Por tal razón, es importante realizar esta prueba, en todas las posiciones del conmutador de tomas.

Para casos en que la máquina posea un mecanismo de conmutación sin carga, (nuestro caso de ensayo), luego de la secuencia de pruebas en cada tap, se medirá nuevamente y por último, en la posición final en que quedará trabajando, para verificar que el conmutador ha quedado correctamente posicionado.

2. ALCANCE

Aplicable a transformadores de distribución y potencia.

3. DEFINICIONES

Los términos se utilizan según las definiciones dadas en la normativa de referencia.

4. GENERALIDADES

La medición de la resistencia ohmica de devanados es de fundamental importancia para:

Calcular las pérdidas Joule I^2R .

Tomar los valores como base para control y/o mantenimiento en campo.

Verificar la equidad de resultados obtenidos entre fases (comparación de fases).

Detectar problemas de cortocircuitos parciales.

Verificar el correcto funcionamiento del cambiador de tomas (de existir).

4.1. MÉTODOS

4.1.1. (Empleado) MÉTODO DEL OHMETRO O PUENTE DE TENSION

Las mediciones se realizarán siguiendo las instrucciones del manual de operación del instrumento, con el fin de seleccionar los rangos más apropiados. El valor de la resistencia medida se obtiene directamente del instrumento.

4.1.2. (Alternativo) MÉTODO VOLTÍMETRO / AMPERÍMETRO Método indirecto

Este método solamente puede ser usado si la corriente de prueba en el transformador es >1 A. Consiste en aplicar la ley de Ohm haciendo fluir una corriente CC en el devanado, midiendo simultáneamente valores estables de tensión y corriente. Se debe usar un voltímetro y un amperímetro de la precisión apropiada.

A: Clase 1 o superior (p.e. fluke 87) - V: Clase 1 o superior (p.e. fluke77/87).

PRECAUCIONES EN EL USO DE ESTE METODO

Es aconsejable usar al menos el 70% de la máxima escala del instrumento, seleccionando los rangos apropiados en cada caso.

Las puntas, del voltímetro deben ser conectadas tan cerca como sea posible a los terminales bajo medición, y dentro de las del amperímetro. (teoría de medición por método Kelvin)

La amplitud de corriente CC comúnmente no deberá exceder el 15% de la corriente nominal para evitar calentamiento en el devanado.

Al usar una fuente corriente CC, se deben tener en cuenta las precauciones correspondientes al desconectarla repentinamente de los terminales, ya que se generará una sobre tensión, la cual puede ser peligrosa para el personal e instrumentos. Por lo tanto, es aconsejable reducir la magnitud de corriente y esperar hasta que no fluya corriente en el

MODULO
MOD-001 Rev1

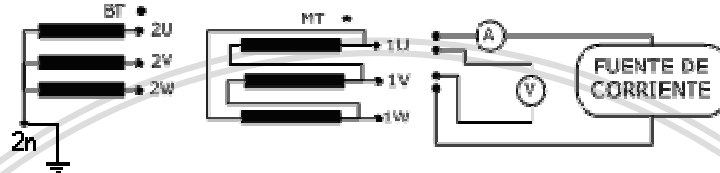
TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
-ENSAYOS EN CAMPO -

PRACTICA DE ENSAYO
PE-02 Rev1

MEDIDA DE RESISTENCIA DE DEVANADOS

circuito, y usar una protección de sobre tensión para proteger los instrumentos digitales. (en algunos casos se recomienda conectar una resistencia en paralelo en los bornes bajo medición)

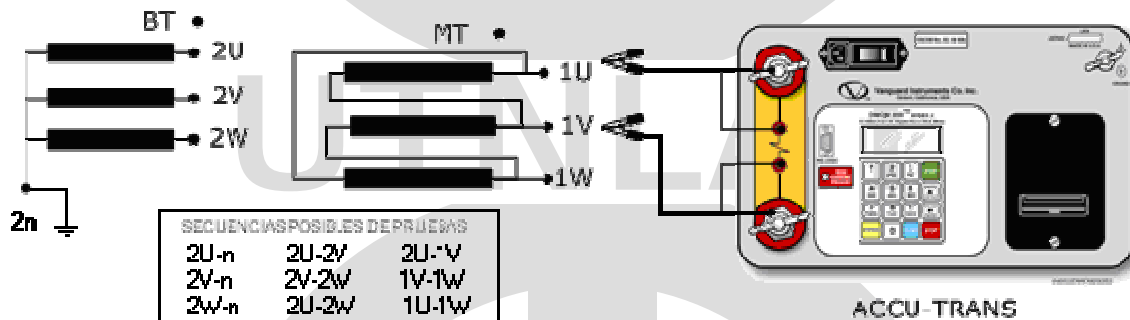
ESQUEMA DEL METODO VOLTIMETRO / AMPERIMETRO



4.2. PRECAUCIONES ANTES DE INICIAR UN ENSAYO

Verificar ausencia de tensión, puestas a tierra en bornes de la maquina y bloqueos.
Retirar luego la puesta a tierra de la muestra. (Use EEP).
Observar que los terminales de MT se encuentre libres de otras conexiones.
Observar que los terminales de BT se encuentre libres de otras conexiones.
Vallar la zona de trabajo como medida de seguridad impidiendo el acceso hacia partes que serán energizadas con tensión de prueba.
Conectar el cable de tierra del equipo de medición a la cuba del transformador. (también a tierra).
Verificar la conexión a tierra del borne 2n (centro de estrella) del bobinado de BT.

4.3. CIRCUITO DE ENSAYO



4.4. PROCEDIMIENTO

Tomar nota de las siguientes temperaturas: Bobinado + Aceite. + Ambiente.
Verificadas las condiciones de seguridad, conectar los cables de salida del equipo de medición según las secuencias indicadas.
Seguir cuidadosamente las instrucciones de conexionado y operación secuencial detalladas en el manual de operación del equipo. Use los EEP.
Al finalizar una medición, solo se debe cambiar las conexiones para enfrentar una nueva medición, cuando el indicador de alta tensión del equipo esté apagado, indicando que la muestra ha sido descargada. De todas formas verifique esta condición con la pértiga de descarga.

En un transformador trifásico, las medidas son hechas sobre cada devanado de fase a fase y de fase a neutro cuando sean posibles. En una conexión en triángulo habrá siempre dos devanados en serie, los cuales están en paralelo con el devanado bajo prueba. Por lo tanto, en una conexión en triángulo, se deben realizar tres mediciones, para calcular la resistencia final de cada devanado.

Las mediciones deberán ser realizadas sobre todas las tomas del transformador: Pos 1 + Pos 2 + Pos3 + Pos 4.

Puesto que la resistencia de cobre varía con la temperatura, todas las lecturas deben ser convertidas a una temperatura de referencia para obtener resultados satisfactorios.

Dado que las medidas en CC, son afectadas por la capacidad (constante de tiempo) del devanado, si no se dispone de un equipo con la suficiente corriente de ensayo (este no es el caso), el obtener una sola lectura válida de resistencia puede tomar hasta una hora o más en un transformador de extra alta tensión.

El tiempo de estabilización de la corriente durante la medición de la resistencia, determina el tiempo promedio de extinción del efecto inductivo.

4.4.1. Correcciones

Generalmente, la mayor parte de los datos son referenciados a 75 °C. Esta es la temperatura más comúnmente usada. La fórmula para convertir lecturas de resistencia en devanados de cobre es la siguiente:

$$R \text{ del Devanado a la Temp. } ^\circ\text{C} = R \text{ en Prueba} \times \frac{234.5 + \text{Temp. de la prueba } ^\circ\text{C}}{234.5 + \text{Temp. del devanado } ^\circ\text{C}}$$

Donde:

R en prueba = Resistencia medida en el ensayo a la temperatura T.

Temp. de la prueba °C = Temperatura a la cual se desea referir la resistencia.

Temp. del devanado °C = Temperatura del devanado en prueba.

Para devanados de aluminio, el valor de 234.5 debe ser cambiado por el valor de 225 en la fórmula anterior.

4.5. PRECAUCIONES AL FINALIZAR EL ENSAYO

Verificar ausencia de tensión del equipo de ensayo.

Descargar los bobinados mediante pértiga de descarga.

Retirar los cables de conexión del equipo de ensayo (Use EEP)

Observar que los terminales de MT se encuentre libres de otras conexiones.

Observar que los terminales de BT se encuentre libres de otras conexiones.

Colocar la puesta a tierra en bornes MT de la muestra.

Retirar el vallado de la zona de trabajo.

4.6. RESULTADOS

La comparación de una lectura con las de otras fases, o con las de un transformador similar, es un factor práctico que se utiliza también como regla de análisis.

Los valores medidos son comparados con los de placa (fábrica), como un criterio para aceptación o rechazo.

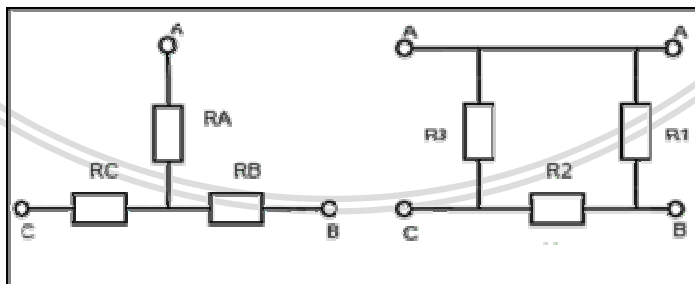
La desviación aceptable según **IEC 60076-1 año 2000 / IEEE 57.12.90.**

$$R \text{ bobinado medido} = \pm 5 \% \text{ de } R \text{ bobinado de fabrica}$$

Notas Prácticas:

- **VARIACIONES EN LAS LECTURAS OBTENIDAS:** si al realizar la medición se obtienen valores inestables y decrecientes, puede deberse a suciedad presente en algún punto de contacto (conmutador bajo carga).
- **REVISIÓN DE CONMUTADORES DE TOMAS BAJO CARGA,** en caso de existir un conmutador de tomas **BAJO CARGA**, debe realizarse la rutina de ensayo (incluida en el equipo de prueba) denominada: VOLTAGE REGULATOR TEST, a fin de detectar puntos discontinuidad en el conmutador. El instrumento detectará automáticamente cualquier apertura instantánea que se produzca en alguna secuencia de conmutación, lo cual es considerado una anomalía que deberá ser subsanada.

ASOCIACION ESTRELLA/TRIANGULO



Las ecuaciones de equivalencia entre ambas asociaciones vienen dadas por el [teorema de Kenelly](#), de donde se deduce que los valores de la estrella en función de los del triángulo (transformación triángulo a estrella) son:

$$R_A = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_C = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

MODULO
MOD-001 Rev1

TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
-ENSAYOS EN CAMPO -

PRACTICA DE ENSAYO
PE-02 Rev1

MEDIDA DE RESISTENCIA DE DEVANADOS

5. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

ANSI/IEEE C57.12.90 Standard Code for Liquid-immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers.

IEC 60076-1: Power Transformers – General.

ANSI STD 62 IEEE Guide for Diagnostics Field Testing of Electric Power Apparatus.

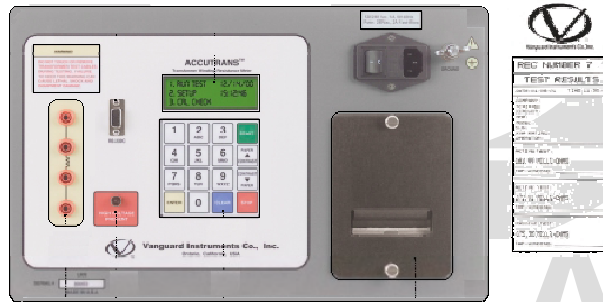
Manual de operación del equipo ACCU-OHM.

Nota: Las normas mencionadas y el manual de operación del equipo, pueden ser consultadas en la sede del UTNLAT.

6. ANEXOS

6.1. INSTRUMENTAL UTILIZADO EN ESTA PRACTICA

Medidor digital micro-procesado para resistencias de bobinados, marca Vanguard Instruments Co, modelo **ACCU-TRANS**, clase 1%. –Año 2007.



CARACTERISTICAS TECNICAS:

- Generales: Utiliza una fuente de corriente continua especialmente diseñada para saturar rápidamente los bobinados altamente inductivos (un bobinado 45 MVA es saturado en menos de 10 segundos).
- Protección contra desconexión de cables de prueba durante el test.
- Regulación automática de corriente.
- Indicación sonora/luminosa de alta tensión.
- Advertencia sonora y luminosa de fallas ó condición de descarga durante el test.

RANGO: 1 A 200 OHMS (AUTORANGO)

RESOLUCIÓN MÁXIMA: 1

PRECISIÓN: +/- 1% DE LA LECTURA

RANGO DE CORRIENTE: 2 A MÁXIMO – SISTEMA AUTO-RANGO

TENSIÓN DE MEDICIÓN: 48 Vcc

DISPLAY: TIPO LCD, 4 LÍNEAS X 20 CARACTERES

IMPRESORA INCORPORADA.

TECLADO ALFANUMERICO

MEMORIA INTERNA HATA 128 LECTURAS.

Acción / Selección	DISPLAY	Tecla
Encender el equipo de medición	1. TEST XFMR 2. SETUP	2
Setup Menu	1. ENTER XFMR DATA 2. REVIEW RECORD 3. RESTORE RECORD 4. NEXT PAGE	1
Entrar datos de identificación	COMPANY, STATION, Etc.	Enter luego del campo OPERATOR
Iniciar medición	1. TEST XFMR 2. SETUP	1
Impresión de resultados	PRINT TEST RESULTS 1. YES 2. NO	1 o 2
Almacenar resultados	KEEP THIS READING 1. YES 2. NO	1 o 2

MODULO
 MOD-001 Rev1
 PRACTICA DE ENSAYO
 PE-02 Rev1

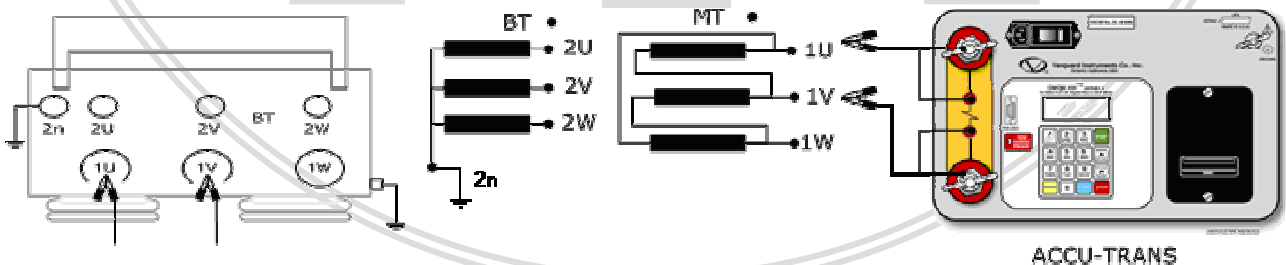
TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCION
 -ENSAYOS EN CAMPO -

MEDIDA DE RESISTENCIA DE DEVANADOS

6.2. PROTOCOLO DE ENSAYO

NUMERO	FECHA:	SERIE N°	TEMP °C		REALIZADO POR:
			Ambiente	Aceite:	

Prueba N°	Posic. TAP	Bobinados	Medición sobre	Valor Lectura (m Ω)	Corregido a 75°C (m Ω)	Valor Fábrica (m Ω)	Δ%	
1	1 (+5%)	MT	1U - 1V					
			1V - 1W					
			1W - 1U					
		BT	2U - 2n					
			2V - 2n					
			2W - 2n					
2	2 (+2,5%)	MT	1U - 1V					
			1V - 1W					
			1W - 1U					
		BT	2U - 2n					
			2V - 2n					
			2W - 2n					
3	3 (0%)	MT	1U - 1V					
			1V - 1W					
			1W - 1U					
		BT	2U - 2n					
			2V - 2n					
			2W - 2n					
4	4 (-2,5%)	MT	1U - 1V					
			1V - 1W					
			1W - 1U					
		BT	2U - 2n					
			2V - 2n					
			2W - 2n					
5	5 (-5%)	MT	1U - 1V					
			1V - 1W					
			1W - 1U					
		BT	2U - 2n					
			2V - 2n					
			2W - 2n					



CONCLUSIONES: