



Construcción del manual del laboratorio y prácticas digitales del laboratorio de
máquinas eléctricas 1

Modalidad: Práctica social

Elkin Arley Gómez Sierra
CC:1102389486

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD CIENCIAS NATURALES E INGENIERIA
TECNOLOGIA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO
BUCARAMANGA (6 DE JUNIO 2023)**



Construcción del manual del laboratorio y prácticas digitales del laboratorio de
máquinas eléctricas 1

Modalidad: Práctica social

Elkin Arley Gómez Sierra
CC:1102389486

Informe de práctica para optar al título de
Tecnología en operación y mantenimiento electromecánico

DIRECTOR

Javier Gonzalo Ascanio Villabona

Oscar Arnulfo costa

Cargo del delegado: coordinador Programa Electromecánica

UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD CIENCIAS NATURALES E INGENIERIA
TECNOLOGIA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO
BUCARAMANGA (6 DE JUNIO 2023)

Nota de Aceptación

Aprobado en el ACTA 11 - 14
ABRIL 2023 del comité de
proyectos de grado de Ingeniería
Electrómecánica articulado por
ciclos propedéuticos con la
Tecnología en Operación y
Mantenimiento Electromecánico



Firma del Evaluador



Firma del Director

DEDICATORIA

El autor de este trabajo de grado dedica este logro a Dios autor y consumidor de la vida a sus padres Cecilia y Rafael quienes en todo tiempo han estado presentes para brindar apoyo incondicional.

Elkin.

AGRADECIMIENTOS

El autor de este trabajo de grado agradece a Dios autor y consumidor de la vida, a las Unidades Tecnológicas de Santander por formar profesionales con competencias técnicas y humanas para afrontar los retos técnicos de la vida laboral, al docente Javier Gonzalo Ascanio Villabona quien siempre estuvo dispuesto a dar sus mejores consejos para hacer posible este logro.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<u>2</u> <u>INTRODUCCIÓN</u>	11
<u>1.</u> <u>IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O COMUNIDAD</u>	12
<u>2.</u> <u>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</u>	13
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	13
2.2. JUSTIFICACIÓN DE LA PRÁCTICA	13
2.3. OBJETIVOS	14
2.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2.4 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	14
<u>3.</u> <u>MARCO REFERENCIAL</u>	16
3.1. CLASES DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	16
3.2. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD	17
3.2.1. ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA AMEF.....	19
3.3. TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS	20
3.5.1. PARTES CONSTRUCTIVAS DE UN TRANSFORMADOR.....	21
<u>4.</u> <u>DESARROLLO DE LA PRÁCTICA</u>	25
4.1. IDENTIFICACIÓN DE FALLAS DE LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS I	29
4.4.1. IDENTIFICACIÓN DE FALLAS DE MOTORES.....	30
4.4.2. IDENTIFICACIÓN DE FALLAS DE TRANSFORMADORES.....	31
4.4.3. IDENTIFICACIÓN DE FALLAS EN BANCOS DE TRABAJO.....	33
4.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS I	37
4.2.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MÓDULOS.....	37
4.2.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE TRANSFORMADORES.....	38
4.2.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MOTORES.....	40
4.3. MANUAL DE LABORATORIO Y PRÁCTICAS DE LA ASIGNATURA MAQUINAS ELÉCTRICAS I 40	

4.3.1. MEDIDAS DE SEGURIDAD AL TRABAJAR EN EL LABORATORIO DE MAQUINAS ELÉCTRICAS.	41
4.3.2. PRACTICA 1. ENSAYOS PRELIMINARES EN TRANSFORMADORES.....	44
4.3.3. PRACTICA 2. POLARIDAD DE UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO.	48
4.3.3. PRACTICA 3. POLARIDAD DE UN TRANSFORMADOR TRIFÁSICO.....	50
4.3.4. PRACTICA 4. CIRCUITO EQUIVALENTE DE UN TRANSFORMADOR.....	53
4.3.5. PRACTICA 5. CONEXIÓN EN PARALELO DE TRANSFORMADORES.	57
4.3.6. PRACTICA 6. FENÓMENO DE ARMÓNICAS EN REDES TRIFÁSICAS.....	61
4.3.7. PRACTICA 7. MAQUINA CC ENSAYOS PRELIMINARES.	63
4.3.8. PRACTICA 8. MÁQUINAS DE CC GENERADOR CON EXCITACIÓN INDEPENDENTE O CON EXCITACIÓN PROPIA.	65
4.3.9. PRACTICA 9. MÁQUINAS DE CC CON GENERADOR AUTO EXCITADO SHUNT Y COMPOUND.	69
4.3.10. PRACTICA 10. PERDIDAS Y RENDIMIENTO EN MÁQUINAS CC.	72
<u>5. RESULTADOS</u>	77
<u>6. CONCLUSIONES</u>	78
<u>7. RECOMENDACIONES</u>	80
<u>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	81

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Siete preguntas de confiabilidad.	18
Figura 2 Rol del AMEF en sistemas de gestión de calidad.	19
Figura 3 Objetivos del AMEF.	20
Figura 4 Partes de un transformador.	22
Figura 5 Núcleo de un transformador.	22
Figura 6 Secciones del laboratorio de máquinas eléctricas I.	29
Figura 7 Identificación de fallas de voltímetros análogos y digitales.	35
Figura 8 Identificación de fallas de analizadores.	36
Figura 9 Mantenimiento preventivo de módulos.	38
Figura 10 Mantenimiento preventivo de transformadores.	39
Figura 11 Normas generales para trabajar en laboratorio.	42
Figura 12 Normas de seguridad para el uso de herramientas.	43
Figura 13 Conexión de Megger en transformador monofásico.	47
Figura 14 Conexión para determinar relación de transformación.	47
Figura 15 Conexiones para determinar polaridad de transformador monofásico.	49
Figura 16 Conexiones para determinar polaridad de transformador trifásico.	51
Figura 17 Conexiones circuito abierto.	54
Figura 18 Conexiones cortocircuito.	55
Figura 19 Practica de conexión de transformador en paralelo.	58
Figura 20 Etapas de practica 8.	66

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clases de mantenimiento industrial.	16
Tabla 2. Desarrollos de las estrategias de mantenimiento.....	17
Tabla 3. Ventajas del mantenimiento centrado en confiabilidad.....	18
Tabla 4. Ventajas cobre y aluminio en bobinas.....	23
Tabla 5. Clases de aislamiento de un transformador.....	23
Tabla 6. Inventario de equipos del laboratorio de máquinas.....	25
Tabla 7. AMEF para motores CC.....	30
Tabla 8. Diagnóstico de motores.	31
Tabla 9. AMEF para transformadores.....	31
Tabla 10. AMEF para autotransformadores.	32
Tabla 11. Diagnostico transformadores.	32
Tabla 12. Diagnostico autotransformadores.	33
Tabla 13. AMEF para voltímetros análogos.....	34
Tabla 14. Mediciones de voltímetros análogos y digitales.	34
Tabla 15. AMEF para analizadores.....	36
Tabla 16. Actividades de mantenimiento preventivo en módulos.	37
Tabla 17. Actividades de mantenimiento preventivo de transformadores.....	38
Tabla 18. Actividades de mantenimiento preventivo en motores.....	40
Tabla 19. Prácticas para el laboratorio de máquinas eléctricas I.....	40
Tabla 20. Responsables de la seguridad en la ejecución de las practicas.	42
Tabla 21. Identificación de bornes de transformador monofásico.....	45
Tabla 22. Medición de resistencia de aislamiento con megger.....	46
Tabla 23. Datos para obtener relación de transformación.	48
Tabla 24. Polaridad del transformador monofásico.....	50
Tabla 25. Polaridad del transformador trifásico.....	52

Tabla 26. Practica circuito abierto.....	54
Tabla 27. Ecuaciones de perdidas en el núcleo.....	55
Tabla 28. Practica cortocircuito.....	56
Tabla 29. Ecuaciones de perdidas en el cobre.	57
Tabla 30. Practica transformadores en paralelo.	59
Tabla 31. Calculo transformadores en paralelo.	60
Tabla 32. Distorsión armónica.	62
Tabla 33. Resistencias maquina CC.....	64
Tabla 34. Resistencias maquina CC.....	65
Tabla 35. Medidas de resistencias de devanados CC.....	67
Tabla 36. Arranque de la maquina y medidas de tensión en bornes.	68
Tabla 37. Arranque de la maquina y medidas de tensión en bornes.	68
Tabla 38. Arranque de la maquina y medidas de tensión en bornes SHUNT.....	71
Tabla 39. Arranque de la maquina y medidas de tensión en bornes COMPOUND.	71
Tabla 40. Potencia en devanado de campo y estator.....	73
Tabla 41. Potencia en devanado de campo y rotor.....	74
Tabla 42. Potencia maquina CC.....	75
Tabla 43. Resultados de practicas de laboratorio de Maquinas eléctricas I.	77

2 INTRODUCCIÓN

El laboratorio de máquinas eléctricas I es de suma importancia el proceso de formación para los estudiantes de electromecánica se ingeniería o tecnología ya que permite iniciar el proceso de familiarización con módulos con analizadores de redes, transformadores monofásicos, bifásicos y trifásicos como también con motores de corriente continua.

Es por esta razón que el presente documento deja ver las actividades de mantenimiento realizadas durante la práctica, el AMEF que permite identificar el estado actual de cada uno de los equipos y un manual con el cual los estudiantes lograran realizar 10 practicas de laboratorio.

1. IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA O COMUNIDAD

Las Unidades Tecnológicas de Santander son un establecimiento público del orden departamental, que se dedica a la formación de personas con sentido ético, pensamiento crítico y actitud emprendedora, mediante procesos de calidad en la docencia, la investigación y la extensión para contribuir al desarrollo socioeconómico, científico, tecnológico, ambiental y cultural de la sociedad.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción de la Problemática

La problemática que se presenta en el laboratorio es la escasez de mantenimiento preventivo y correctivo en los dispositivos electrónicos, además, de la ausencia y el acompañamiento académico. La falta de mantenimiento genera deterioro, desperfecto de funcionamiento, disminución de productividad de las maquinas entre otros errores. Siguiendo este razonamiento, ¿Cómo afecta la operación de equipos sin mantenimiento? Se podrían originar daños irreparables a tal punto que el instrumento no tenga reparación o la falta de sostenimiento de la maquina ocasionaría daños en la integridad del individuo, y se asuman gastos mucho más altos con la compra de nuevos equipos.

2.2. Justificación de la Práctica

Esta propuesta se desarrolla para mejorar la calidad de las maquina así su rendimiento sea más efectivo para el aprendizaje con enfoque en los dispositivos eléctricos, permitiendo debatir los conocimientos previos teóricos obtenidos en el aula de clase y efectuarlos en la realidad. Del mismo modo, porque surge la necesidad de un encargado que esté capacitado para ejecutar funciones con los diferentes tipos de mantenimiento, en este caso preventivo y correctivo, también creando una base de apoyo hacia el docente y estudiantes.

Otro punto es, el progreso de habilidades y destrezas que aumentaran en el ámbito laboral, creando así personas con gran valor profesional y laboral.

2.3. Objetivos.

2.3.1 Objetivo general.

Gestionar el mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas eléctricas del laboratorio de máquinas eléctricas 1 para tenerla en puesta a punto.

2.3.2 Objetivos específicos.

- Realizar el mantenimiento de los equipos del laboratorio de máquinas eléctricas para el buen funcionamiento de estas.
- Elaborar el manual del laboratorio y prácticas digitales por medio plan de aula con el apoyo del docente para implementar el mantenimiento preventivo de las maquinas eléctricas.
- Identificar de equipos en falla, por medio de análisis y pruebas en el laboratorio, para intervenir los equipos.

2.4 Antecedentes de la Empresa

Las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS) tienen como objetivo social “Contribuir con el desarrollo regional y nacional de personas y comunidades a partir de procesos de fortalecimiento en la formación continua, en el impacto de los graduados y el reconocimiento en enfoques sociales y de paz que aporten a la construcción de un tejido social.” (UTS, 2023).

Las tareas asignadas en la práctica serán, la recepción de los materiales y equipos que forman parte de la evaluación en los dispositivos, continuando con el respectivo mantenimiento preventivo y correctivo de ellos mismos para mantener un

buen rendimiento al laboratorio y la respectiva ayuda al docente, y finalmente la entrega de informes a medida que transcurra el proceso.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. Clases de mantenimiento industrial.

El mantenimiento industrial se puede dividir en predictivo, preventivo, correctivo y productivo total, cada uno de estos se presenta y describe en la tabla 1.

Tabla 1. Clases de mantenimiento industrial.

Clase	Descripción.
Predictivo	Este tipo de mantenimiento tiene como fundamento que todas las fallas se producen de forma lenta y previamente, con indicios evidentes, por tal razón este tipo de mantenimiento se basa en un conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico que permiten la intervención de un sistema ante algún síntoma de falla.
Preventivo	El objetivo de este tipo de mantenimiento es mantener la eficiencia, soporte y conservación de un equipo o instalación (Orozco, 1981), a través de actividades de inspección periódica con lo cual es posible la reducción de paradas inesperadas.
Correctivo	Serie de actividades que se realizan en un equipo o instalación cuando este ha dejado de operar por causa de la materialización de una falla que no fue detectada de manera previa, este tipo de mantenimiento se divide en contingente el cual se realiza de forma inmediata y Programable el cual se ejecuta en máquinas o instalaciones que no necesitan atención inmediata.
Productivo total	Es de origen japonés y también llamado de primer nivel, en este el usuario realiza actividades pequeñas de mantenimiento, es

decir tiene como objetivo mantener siempre el equipo o instalación en buen estado.

Fuente: (González, 2005)

3.2. Mantenimiento centrado en confiabilidad.

Con el paso del tiempo el mantenimiento cobra cada vez mas fuerza dentro de los procesos productivos de una organización dado que garantizando un buen mantenimiento también es posible mantener operativa una línea de producción, es por esta razón que nuevas técnicas para realizar las actividades han surgido, una de ellas es el mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM, en la tabla 2 se presentan nuevos desarrollos logrados por esta estrategia.

Tabla 2. Desarrollos de las estrategias de mantenimiento.

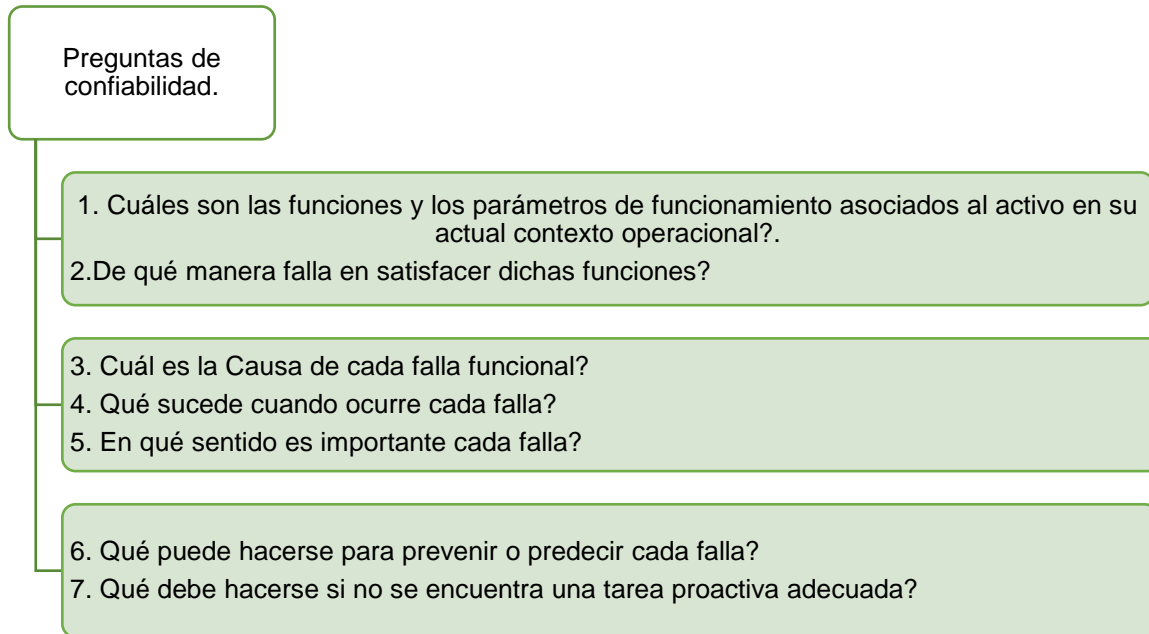
Desarrollo	Descripción.
Herramientas de soporte	Permiten realizar estudios de riesgo, análisis de modo y efecto de falla.
Nuevos métodos de mantenimiento.	Monitoreo de condición.
Diseño de equipos.	Enfatizando en confiabilidad y mantenimiento.

Fuente: (Muñoz, 2009)

Esta estrategia de mantenimiento indica que es necesario desarrollar tareas proactivas que buscan minimizar eventos de falla en un equipo o instalación, es por ello por lo que desarrolla las siete preguntas indicadas en la figura 1, todo esto

centrado en que la seguridad del ser humano es lo mas importante sin dejar a un lado que aspectos como seguridad y medio ambiente (Torres, 2010).

Figura 1 Siete preguntas de confiabilidad.



Fuente: (Torres, 2010).

Para concluir esta sección es posible decir que esta metodología presenta las ventajas mencionadas en la tabla 3.

Tabla 3. Ventajas del mantenimiento centrado en confiabilidad.

Ventaja	Descripción
Mayor seguridad e integridad ambiental.	Las actividades de mantenimiento se realizan a través de un procedimiento que previamente ha analizado los

impactos ambientales y da al ejecutor las pactas para minimizarlos.

Mejor funcionamiento del producto. Todas las actividades cumplen estándares de mantenimiento que han sido establecidas por un grupo interdisciplinario.

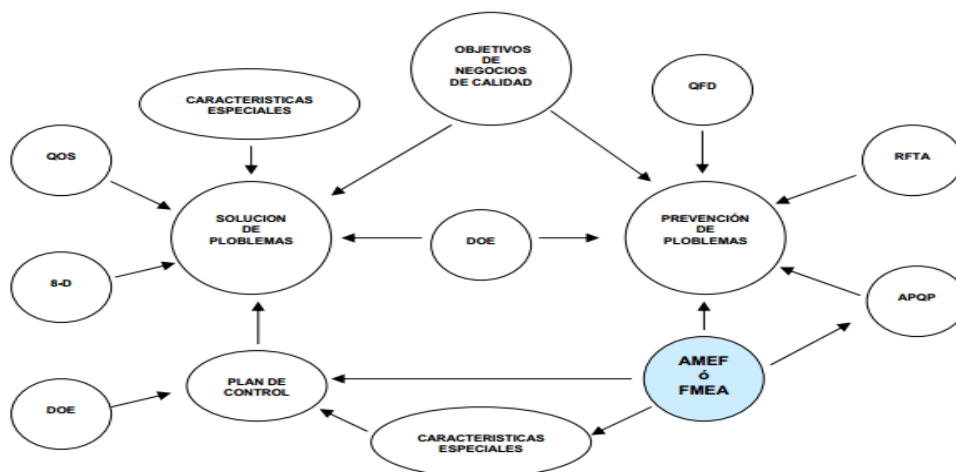
Mayor motivación del personal. Dado que esta metodología busca como aspecto principal la seguridad de los seres humanos.

Fuente: (Moubray, 2000)

3.2.1. Análisis de modo y efecto de falla AMEF.

Para iniciar se hace énfasis en que esta estrategia busca la mejora continua en diferentes formas razón por la cual es ampliamente utilizada en los sistemas de gestión de calidad como se observa en la figura 2.

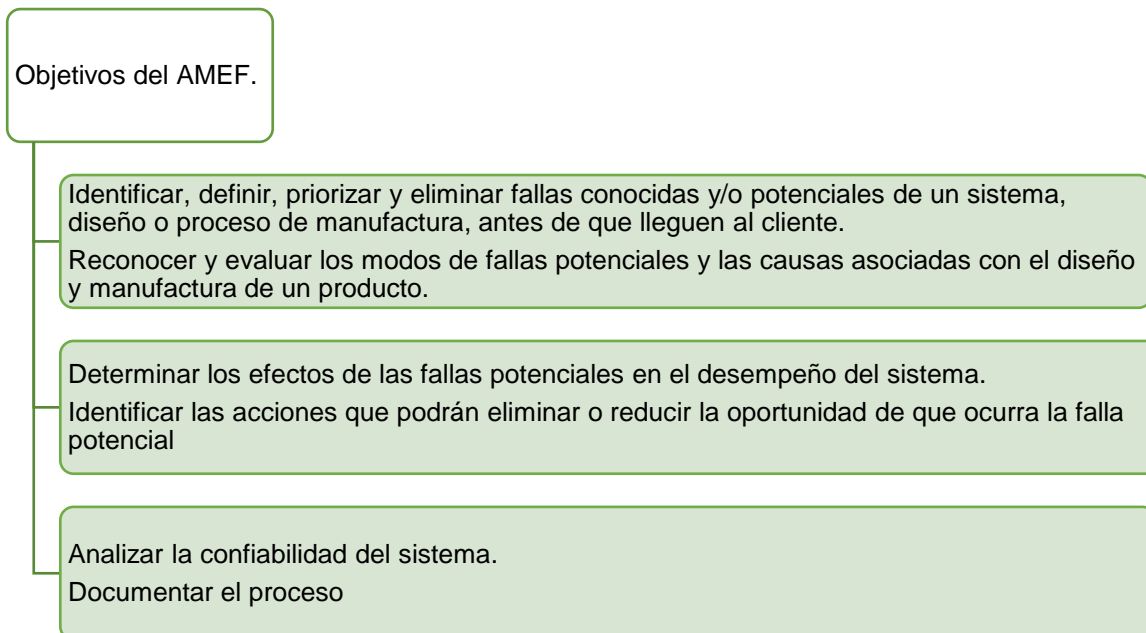
Figura 2 Rol del AMEF en sistemas de gestión de calidad.



Fuente: (Michigan, 2010)

Entonces el AMEF es considerado un método analítico para detectar y eliminar y cuyos objetivos son los indicados en la figura 3.

Figura 3 Objetivos del AMEF.



Fuente: (Hernández, 2005)

3.3. Transformadores eléctricos.

Un transformador es una maquina eléctrica cuyo principio de funcionamiento está basada en la ley de Lenz y la inducción electromagnética (Halliday, 1982), de forma sencilla es posible decir que consiste en dos devanados que ejercen inducción mutua, el primario recibe la tensión de la red y el secundario la entrega. A través de la ecuación 1 es posible identificar el principio de funcionamiento.

Ecuación 1 Principio funcionamiento transformadores.

$$v_1 = R_1 * i_1 + \frac{d\lambda_1}{dt} = R_1 * i_1 + e_1$$

$$v_2 = R_2 * i_2 + \frac{d\lambda_2}{dt} = R_2 * i_2 + e_2$$

Fuente: (Massachusetts Institute of Technolo,1965)

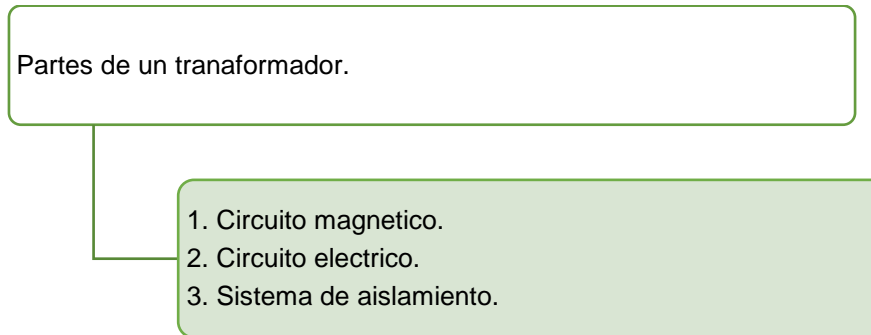
Donde:

- v_1 y v_2 son las tensiones instantáneas terminales
- i_1 e i_2 son las intensidades instantáneas de las corrientes
- R_1 y R_2 son las resistencias efectivas
- λ_1 y λ_2 son los flujos instantáneos que atraviesan todas las espiras de primario y secundaria
- e_1 y e_2 Son las tensiones instantáneas inducidas en primario y secundario por los flujos variables con el tiempo

3.5.1. Partes constructivas de un transformador.

Las partes de un transformador eléctrico se presentan en la figura 4 y a continuación se entra a detallar cada uno de ellos (Pérez, 2001).

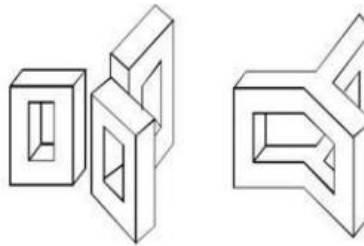
Figura 4 Partes de un transformador.



Fuente: (Pérez, 2001).

Para el caso del circuito magnético este es el que se encarga de conducir el flujo magnético, en la figura 5 se presenta el núcleo de un transformador.

Figura 5 Núcleo de un transformador.



Fuente: (Pérez, 2001).

El circuito eléctrico esta constituido por los devanados primario y secundario. El primario tiene la función de crear el flujo magnético para inducir al secundario, estas bobinas pueden ser construidas en cobre o aluminio y a través de la tabla 4 se presentan las ventajas de cada una de ellas. En cuanto a las clases de aislamiento estas se describen detalladamente en la tabla 5.

Tabla 4. Ventajas cobre y aluminio en bobinas.

Ventajas Cobre	Ventajas aluminio
Resistencia mecánica.	Estabilidad en costo de suministro.
Buena conductividad eléctrica.	Buena disipación de calor.

Fuente: (Pérez, 2001).

Tabla 5. Clases de aislamiento de un transformador.

Clase	Temperatura de Operación en °C	Descripción de Materiales
Y	Hasta 90	Papeles y cartones no impregnados, madera, algodón, seda, formaldehido, urea, plástico natural, fibra vulcanizada y varios termoplásticos limitados por su punto de ablandamiento. como el polietileno reticulado.
A	Hasta 105	Papel algodón y sda impregnados con aceite de barniz, materiales moldeados o estratificados con relleno de celulosa, laminas y hojas de acetato de celulosa y otros derivados de celulosa de propiedades semejantes, fibras vulcanizada y madera, policloruró de vinilo, barnices aislantes a base de resinas naturales, asfaltos naturales y fenólicos modificados.
E	Hasta 120	Fenol formaldehido y metanina formaldehido moldeada y laminada con materiales celulósicos, polivinil formal, poliuretano, resinas epólicas y

		barnices, triacetano de celulosa, polietileno compuesto.
B	Hasta 130	Fibras inorgánicas y materiales flexibles (Tales como mica, vidrio o asbesto), cubiertos e impregnados con resina orgánica apropiada, epoxicos, formaldehido, metanina mormaldehido y lacas.
F	Hasta 155	Tejido de fibra de vidrio tratado con resinas de poliéster, mica y papel de mica, aglomerada con resinas de poliéster o con resinas epóxicas. Estratificados a base de tejido de bifrio y resinas epóxicas de gran resistencia térmica, estratificados con amianto-vidrio.
H	Hasta 180	Aislamientos de elastómeros de siliconas, tejidos de gibra de vidrio, aglomerados con resinas de silicona, mica y papel de mica, aglomerados con siliconas, estratificados de fibra de vidrio y resinas de siliconas, barnices aislantes a base de resinas de silicona.
C	Arriba de 180	Mica pura y estratificados de papel de mica con aglomerante inorgánico, estratificados de amianto y aglomerante inorgánico, porcelana y materiales cerámicos, vidrio y cuarzo, poliamidas.

Fuente: (Pérez, 2001).

4. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Para iniciar el desarrollo de este trabajo de grado lo primero es identificar cuáles son todos los elementos que componen el laboratorio de máquinas eléctricas, es por tal razón en la tabla 6 se realiza el levantamiento de esta información.

Tabla 6. Inventario de equipos del laboratorio de máquinas.

Código	Nombre del artículo
2-10-A09688	MODULO DE DOMATICA 1
2-10-A09728	MODULO 2 DE INTALACIONES
2-10-A10492	TRANSFORMADOR TRIFASICO
2-10-A11650	PANEL TE 1250A5 110W 6.30A 12V
2-10-A11651	PANEL TE 1250A5 110W 6.30A 12V
2-10-A11652	PANEL TE 1250A5 110W 6.30A 12V
2-10-A11653	PANEL TE 1250A5 110W 6.30A 12V
2-10-A183158	CONTADOR TRIFILAR REF.DE 15 ^a
2-10-A183165	CONTADOR TRIFILAR DE 15A.
2-10-A50139	PANEL DIDACTICO PARA LA MEDICION Y MONITOREO DE PARAMETROS ELECTRICOS INDUSTRIALES
2-10-A50140	PANEL DIDACTICO PARA LA MEDICION Y MONITOREO DE PARAMETROS ELECTRICOS INDUSTRIALES
2-10-A50141	PANEL DIDACTICO PARA LA MEDICION Y MONITOREO DE PARAMETROS ELECTRICOS INDUSTRIALES
2-10-A50142	PANEL DIDACTICO PARA LA MEDICION Y MONITOREO DE PARAMETROS ELECTRICOS INDUSTRIALES
2-10-A50143	PANEL DIDACTICO PARA LA MEDICION Y MONITOREO DE PARAMETROS ELECTRICOS INDUSTRIALES

2-10-A50154	CAMILLA TIO FELL MATERIAL POLIETILENO DE LA LATA DENSIDAD, PESO 6.5 KG DE LARGO 183CM DE ANCHO 41 CM, Y DE ALTO 5 CM
2-10-A64770	TRANSFORMADOR TRIFASICO. DESCRIPCIÓN: TRASFORMADOR CON NÚCLEO DE COLUMNAS Y DEVANADOS SUBDIVIDIDOS, POSIBILIDAD DE USO TAMBIÉN COMO AUTOTRANSFORMADOR.
2-10-A64774	FRENO ELECTROMAGNETICO. DESCRIPCÓN: FRENOS DE CORRIENTE PARASITAS. ROTOR CILÍNDRICO LISO Y ESTATOR DE POLOS SALIENTES. COMPLETO DE 2 BRAZOS, DE LOS CUALES UNO CON ESCALA GRADUADA Y NIVEL DE BURBUJA, PESO Y CONTRAPESO DE MEDIDA DEL PAR DESARROLLADO POR EL MOTOR. POSIBILIDAD DE MONTAJE DE LA CELDA DE CARGA.
2-10-A64775	MOTOR TRIFASICO DE INDUCCIÓN. DESCRIPCIÓN: MOTOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE JAULA. MOTOR DE INDUCCIÓN CON DEVANADOS TRIFÁSICO EN EL ESTATOR Y CON JAULA DE ARDILLA ANEGADA AL ROTOR.
2-10-A64777	MOTOR MONOFASICO DE INDUCCIÓN . DESCRIPCIÓN: MOTOR DE CONDENSADOR. MOTOR ASINCRONO MONOFÁSICO DE JAULA DE ARDILLA DE FASES DIVIDIDAS Y CON CONDENSADOR DE MARCHA.
2-10-A64780	MOTOR COMPOUNS. DESCRIPCIÓN: MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA CON EXCITACIÓN COMPUESTA. POSIBILIDAD DE FUNCIONAMIENTO TAMBIÉN COMO GENERADOR. POTENCIA: 1.1 KW. VOLTAJE: 220 V. VELOCIDAD: 3600 RPM. EXCITACIÓN: 180V/0.27 ^a
2-10-A64781	MOTOR SERIE. DESCRIPCIÓN: MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA CON EXCITACIÓN SERIE CON POSIBILIDAD DE FUNCIONAMIENTO TAMBIÉN COMO GENERADOR. POTENCIA: 1.1 KW. VOLTAJE 220V. VELOCIDAD: 2800RPM.
2-10-A64782	MOTOR DE ROTOR BOBINADO. DESCRIPCIÓN: MOTOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ANILLOS. RECTIFICADOR PARA LA TENSIÓN DE IMPULSO Y GENERAIÓN DE TENSIÓN CONTINÚA. POTENCIA: 1.1 KW. VOLTAJE: 220/380 V.CORRIENTE: 4.7 / 2.7 .

	VELOCIDAD: 3450 RPM, 50HZ
2-10-A64783	MODULO DE MEDICIÓN DE POTENCIA. DESCRIPCIÓN: MODULO DE MEDIDA DIGITAL DE LA POTENCIA ELÉCTRICA. MEDIDA EN CORRIENTE CONTINUA DE: VOLTAJE, CORRIENTE, POTENCIA Y ENERGIA. MEDIDA EN CORRIENTE ALTERNA DE: VOLTAJE, CORRIENTE, POTENCIA, ENERGÍA ACTIVA, ENERGÍA REACTIVA, ENERGÍA APARENTE, COSPHI Y FRECUENCIA.
2-10-A64785	FUENTE DE PODER VARIABLE. DESCRIPCIÓN: ADECUADOS PARA EL SUMINISTRO EN CORRIENTE ALTERNA., FIJA Y VARIABLE, Y EN CORRIENTE CONTINUA, RECTIFICADA, FIJA Y VARIABLE, PARA EFECTUAR FÁCILMENTE TODAS LAS PRUEBAS SOBRE MÁQUINAS LÉCTRICAS DEL LABORATORIO. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: VOLTAJES DE SALIDA: CA VARIABLE 3X0-440 V, 4.5 A/3X0-240V, 8 A CA FIJA 3X380V.
2-10-A64786	MODULO DE CARGA Y REOSTATOS. DESCRIPCIÓN: REOSTATO DE ARRANQUE, REÓSTATO, VARIABLE DE GRADOS, PARA EL ARRANQUE A MITAD DEL PAR DE LOS MOTORES DE COORIENTE CONTINUA DEL LABORATORIO. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: POTENCIA MÁXIMA: 3 X (275 VAR CAP + 400W + 300 VARIND)
2-10-A65031	ESTRUCTURA METÁLICA DE ACUERDO A PLANOS PARA EL MONTAJE DE BANCOS DE TRABAJO DEL LABORATORIO, CON PINTURA ELECTROESTÁTICA.
2-10-C09863	MODULO DE INSTALACIONES N.3
2-13-A0416	EXTINTOR DE SOLKAFLAM
2-13-A10079	MOTOR DE INDUCCION TIPOJAULA DL1026
2-13-A10344	MOTOR TRIFASICO Y SUS COMPONENTES
2-13-A10491	TRANSFORMADOR TRIFASICO
2-13-A163503	MOTOR SINCRONICO ALTERNADOR
2-13-A40421	TRANSFORMADOR MONOFASICO 220-127
2-13-A40422	TRANSFORMADOR MONOFASICO 220-127
2-13-A40423	TRANSFORMADOR MONOFASICO 220-127
2-13-A40430	TRANSFORMADORES MONOFASICOS
2-13-A40464	TRANSFORMADOR MONOFASICO

F-DC-128

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO
EN MODALIDAD DE PRÁCTICA

VERSIÓN: 1.0

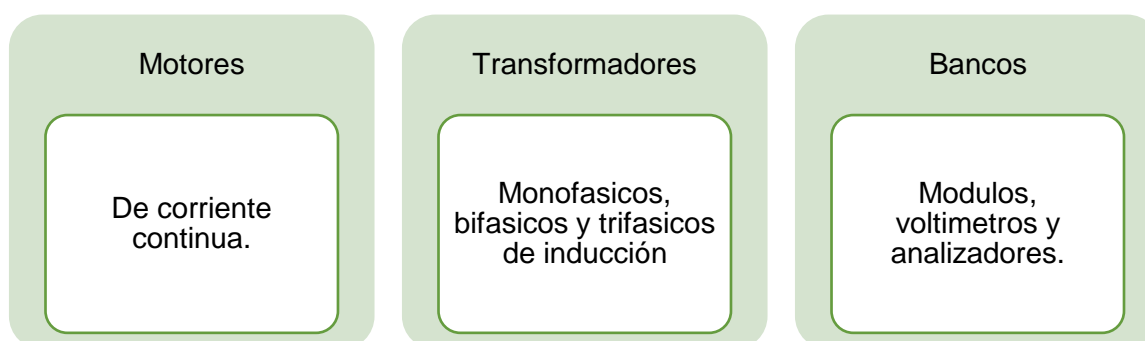
2-13-A40465	TRANSFORMADOR MONOFASICO
2-14-A40426	TRANSFORMADORES MONOFASICOS DE 1KVA
2-14-A40427	TRANSFORMADORES MONOFASICOS DE 1KVA
2-14-A40428	TRANSFORMADORES MONOFASICOS DE 1KVA
2-14-A40429	TRANSFORMADOR TRIFASICO
2-14-A40466	TRANSFORMADOR MONOFASICO
2-18-A09801	SILLA UNIVERSITARIA EN POLIPROPILEN
2-18-A09802	SILLA UNIVERSITARIA EN POLIPROPILEN
2-18-A09803	SILLA UNIVERSITARIA EN POLIPROPILEN
2-18-A09804	SILLA UNIVERSITARIA EN POLIPROPILEN
2-18-A09805	SILLA UNIVERSITARIA EN POLIPROPILEN
2-18-A09807	SILLA UNIVERSITARIA EN POLIPROPILEN
2-18-A09808	SILLA UNIVERSITARIA EN POLIPROPILEN
2-18-A09809	SILLA UNIVERSITARIA EN POLIPROPILEN
2-18-A09810	SILLA UNIVERSITARIA EN POLIPROPILEN
2-18-A09811	SILLA UNIVERSITARIA EN POLIPROPILEN
2-18-A1318	SILLA FIJA PLASTICA UNIVERSITARI
2-18-A17311	MODULO (2) DE INSTALACIONES ELECTRICAS CON CODIGO 17327
2-18-A17312	MODULO (3) DE INSTALACIONES ELECTRICAS
2-18-A17315	MODULO (4) DE INSTALACIONES ELECTRICAS CON CODIGOS 17330 Y 17313
2-18-A17329	MODULO (6) DE INSLACIONES ELECTRICAS
2-18-A17491	SILLA INTERLOCUTORA
2-18-A17707	TABLERO DE PRUEBAS MULTITOMAS
2-18-A1912	SUPERFICIE DE TRABAJO
2-18-A47103	EXTINTOR SOLKAFLAM DE 3700 GRAMOS
2-18-A57773	TABLERO BLANCO DIMENSIONES 120CMS*240 CMS
2-24-A23361	MONITOR HP PANTALLA PLANA
2-24-A23380	MONITOR HP PANTALLA PLANA
2-24-A41576	MONITOR HP PANTALLA PLANA

2- 25-A40076	TRANSFORMADOR DIDACTICO MONOFASICO
2- 25-A40077	TRANSFORMADOR DIDACTICO TRIFASICO

Fuente: Autor.

De este listado es posible decir que el laboratorio de máquinas eléctricas I se puede dividir en tres partes (ver figura 6) y sobre ellas se realizara el diagnostico y mantenimiento preventivo.

Figura 6 Secciones del laboratorio de máquinas eléctricas I.



Fuente: Autor.

Entonces del inventario realizado se encuentra que el laboratorio cuenta con 16 transformadores, 8 motores y 7 módulos didácticos.

4.1. Identificación de fallas de los equipos del laboratorio de máquinas eléctricas I.

Según se dividieron los equipos que componen el laboratorio de máquinas eléctricas I de las Unidades Tecnológicas de Santander se inicia con la identificación de fallas de los motores de inducción, seguido de los transformadores y bancos de trabajo.

4.4.1. Identificación de fallas de motores.

La identificación de fallas en este caso se centro en los motores de corriente continua, en la tabla 7 el análisis de modo y efecto de falla para estos equipos.

Tabla 7. AMEF para motores CC.

Función	Falla funcional	Efectos de la falla.
Convertir energía eléctrica en mecánica.	No convertir energía eléctrica en mecánica.	Conexiones defectuosas en borneras. Falla en bobina SHUNT. Falla en bobina Serie. Falla en bobina de armadura. Falla en bobina de interpolo. Falla en rodamientos.

Fuente: Autor.

Teniendo en cuenta el análisis de falla para los motores se realiza la medición de las bobinas de cada uno de ellos, en la tabla 8 se identifica si las bobinas están en buen o mal estado, de esta revisión se concluye que todos los motores están en buen estado.

Tabla 8. Diagnóstico de motores.

Motor	Bobinas		Conexiones seltas		Rodamientos	
	Buen estado	Dañadas	Si	No	Buen estado	Dañados.
2-10-A64780	X			X	X	
2-10-A64781	X			X	X	

Fuente: Autor.

4.4.2. Identificación de fallas de transformadores.

En este caso los equipos se encuentran divididos en transformadores y autotransformadoras, a continuación, se detallan las pruebas realizadas para identificar las fallas en cada uno de ellos, utilizando el método de AMEF. Para realizar las mediciones de los devanados se utiliza el equipo de medida UNIT 33. En la tabla 9 se presentan los modos de falla para los transformadores y en la tabla 10 para los autotransformadores.

Tabla 9. AMEF para transformadores.

Función	Falla funcional	Efectos de la falla.
Transformar voltaje de red eléctrica de entrada.	No transformar voltaje de red eléctrica de entrada.	Conexiones defectuosas en borneras.
		Bobinas abiertas o dañadas.

Fuente: Autor.

Tabla 10. AMEF para autotransformadores.

Función	Falla funcional	Efectos de la falla.
Transformar voltaje de red eléctrica de entrada.	No transformar voltaje de red eléctrica de entrada.	Conexiones defectuosas en borneras. Bobinas abiertas o dañadas. Falla en sistema mecánico.

Fuente: Autor.

Teniendo en cuenta los análisis de falla de los transformadores se realiza la medición de las bobinas de cada uno de ellos, en la tabla 11 se identifica si las bobinas están en buen o mal estado, de esta revisión se concluye que todos los transformadores están en buen estado.

Tabla 11. Diagnostico transformadores.

Transformador	Bobinas		Conexiones sueltas	
	Buen estado	Dañadas	Si	No
2-10-A10492	X			X
2-13-A10491	X			X
2-13-A40421	X			X
2-13-A40422	X			X
2-13-A40423	X			X
2-13-A40430	X			X
2-13-A40464	X			X
2-13-A40465	X			X

F-DC-128

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO
EN MODALIDAD DE PRÁCTICA

VERSIÓN: 1.0

2-14-A40426	X	X
2-14-A40427	X	X
2-14-A40428	X	X
2-14-A40429	X	X
2-14-A40466	X	X
2-25-A40076	X	X
2-25-A40077	X	X

Fuente: Autor.

De acuerdo con el análisis de falla de los autotransformadores se realiza la medición de las bobinas de cada uno de ellos e inspección de su sistema mecánico, en la tabla 12 se identifica que la bobina está en mal estado y que el sistema mecánico opera normalmente.

Tabla 12. Diagnostico autotransformadores.

Autotransformador	Bobinas		Conexiones sueltas	
	Buen estado	Dañadas	Si	No
2-10-A64770		X		X

Fuente: Autor.

4.4.3. Identificación de fallas en bancos de trabajo.

Los bancos de trabajo están compuestos por módulos, voltímetros análogos y analizadores, a continuación, se detallan todas las pruebas realizadas para identificar las fallas en cada uno de ellos, utilizando el método AMEF. Para realizar la verificación de estos equipos se utiliza como referencia el multímetro UNIT 33. En la tabla 13 se presenta el AMEF elaborado para la identificación de las fallas en los voltímetros análogos.

Tabla 13. AMEF para voltímetros análogos.

Función	Falla funcional	Efectos de la falla.
Registrar el voltaje de la red eléctrica.	No registrar el voltaje de la red eléctrica.	Conexiones defectuosas en borneras. Voltaje fuera del rango operacional Equipo descalibrado.

Fuente: Autor.

Tomando como guía el análisis de modo y efecto de falla planteado en la tabla anterior se inicia la revisión de los voltímetros análogos y digitales de cada uno de los bancos de trabajo, el procedimiento es el mencionado a continuación y en la figura 7 se evidencia parte de la prueba.

1. Se registra el voltaje de red con el voltímetro digital de referencia UNIT 33, y los valores obtenidos se registran en la tabla 14, adicionalmente se registran cada uno de los voltajes de los voltímetros análogos y digitales de los 4 bancos de trabajo, esto con el ánimo de saber si los equipos se encuentran descalibrados.

Tabla 14. Mediciones de voltímetros análogos y digitales.

Equipo	Voltaje de red UNIT 33	Banco 1	Banco 2	Banco 3	Banco 4
Análogo.	-----	120V	119V	120V	119V
Digital.	119.3V	119.6V	120.1V	120.3V	119.8V

Fuente: Autor.

Figura 7 Identificación de fallas de voltímetros análogos y digitales.



Fuente: Autor.

De la revisión anterior es posible decir que todos los voltímetros análogos y digitales tienen registros que están dentro de los límites de $\pm 10\%$.

2. Se revisan las conexiones en las borneras ubicadas en la parte posterior de cada uno de los bancos de trabajo y no se encontraron sulfataciones ni tornillos flojos, lo cual indica que esta parte funciona sin inconvenientes.
3. Los voltímetros operan a tensiones de máximo 220V y de acuerdo con lo indicado en los manuales de cada uno de ellos pueden operar hasta 300V, razón por la es posible decir que esta no es una condición para originar una posible falla.

Para el caso de los analizadores se evalúan las variables, corriente, voltaje, potencia y factor de potencia, en la tabla 15 se realiza el análisis de modo y efecto de falla para estos equipos, en la figura 8 se evidencias las pruebas realizadas.

Tabla 15. AMEF para analizadores

Función	Falla funcional	Efectos de la falla.
Registrar valores como corriente, voltaje, potencia y factor de potencia.	No registrar valores como corriente, voltaje, potencia y factor de potencia.	Conexiones defectuosas en borneras. Variable fuera de rango operacional. Equipo descalibrado. Falla en CTs.

Fuente: Autor.

Figura 8 Identificación de fallas de analizadores.



Fuente: Autor.

4.2. Mantenimiento preventivo de equipos del laboratorio de máquinas eléctricas I.

El mantenimiento preventivo de los equipos de laboratorio se centró en los módulos de voltímetros y analizadores, transformadores y motores de corriente continua. A continuación, se detallan las actividades que fueron realizadas bajo la guía del laboratorista.

4.2.1. Mantenimiento preventivo de módulos.

El mantenimiento preventivo de los módulos del laboratorio de máquinas eléctricas I de las Unidades tecnológicas de Santander se ejecutó utilizando siempre elementos de protección personal y bajo la supervisión del docente. En la tabla 16 se detallan las actividades realizadas.

Tabla 16. Actividades de mantenimiento preventivo en módulos.

Actividad	Descripción.
Limpieza de módulos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Eliminación de polvo y suciedad de las superficies (ver figura 9). ✓ Eliminación de oxido en conexiones. ✓ Ajuste de tornillería en borneras.
Soldadura en conexiones sueltas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se repasaron soldaduras utilizando estaño. ✓ Se verifico continuidad en todas las conexiones. ✓ Se verifico estado de protecciones como fusibles y breaker, no fue necesario reemplazar ninguno dado que todos se encontraron en buen estado.

Fuente: Autor.

Figura 9 Mantenimiento preventivo de módulos.



Limpieza



Ajuste de conexiones.

Fuente: Autor.

4.2.2. Mantenimiento preventivo de transformadores.

El mantenimiento preventivo de los transformadores del laboratorio de máquinas eléctricas I de las Unidades tecnológicas de Santander se ejecutó utilizando siempre elementos de protección personal y bajo la supervisión del docente. En la tabla 17 se detallan las actividades realizadas.

Tabla 17. Actividades de mantenimiento preventivo de transformadores.

Actividad	Descripción.
Limpieza de general.	✓ Se realizo limpieza interna y externa de cada uno de los transformadores del laboratorio, (Ver figura 10).
Medición de bobinas.	✓ Medición de resistencia de cada una de las bobinas. ✓ Medición de aislamiento entre bobinas y contra carcasa.
Pruebas funcionales	✓ Se energizaron y verificaron tensiones de entrada y salida.

Fuente: Autor.

Figura 10 Mantenimiento preventivo de transformadores.



Fuente: Autor.

4.2.3. Mantenimiento preventivo de motores.

El mantenimiento preventivo de los motores del laboratorio de máquinas eléctricas I de las Unidades tecnológicas de Santander se ejecutó utilizando siempre elementos de protección personal y bajo la supervisión del docente. En la tabla 18 se detallan las actividades realizadas.

Tabla 18. Actividades de mantenimiento preventivo en motores.

Actividad	Descripción.
Limpieza de motores	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Eliminación de polvo y suciedad de las superficies. ✓ Eliminación de oxido en conexiones. ✓ Ajuste de tornillería en borneras.
Soldadura en conexiones sueltas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se repasaron soldaduras utilizando estaño. ✓ Se verifico continuidad en todas las bobinas.
Pruebas funcionales	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se energizaron y verificaron tensiones de entrada y salida.

Fuente: Autor.

4.3. Manual de laboratorio y prácticas de la asignatura Maquinas eléctricas I.

A continuación, se presenta el manual de prácticas plantado para el laboratorio de máquinas eléctricas I del laboratorio de las Unidades Tecnológicas de Santander. En la tabla 19 se presentan las practicas a realizar.

Tabla 19. Prácticas para el laboratorio de máquinas eléctricas I.

Equipo	Practica
Transformadores.	Ensayos preliminares
	Polaridad de transformador monofásico.
	Polaridad de transformadores trifásicos.
	Perdidas en un transformador circuito equivalente.
	Conexión en paralelo de transformadores.
	Fenómeno armónicas en conexiones trifásicas.
Motores.	Maquinas CC ensayos preliminares.
	Maquinas de CC generador con excitación independiente o con excitación propia.
	Maquinas de CC con generador auto excitado SHUNT y COMPOUND.
	Maquinas CC motor SHUNT
	Maquinas CC perdidas en CC y rendimiento.

Fuente: Autor.

4.3.1. Medidas de seguridad al trabajar en el laboratorio de maquinas eléctricas.

El objetivo de este apartado es establecer procedimientos claros de forma que se minimice la posibilidad de un accidente durante la ejecución de una de las

prácticas mencionadas a continuación, para ello en la tabla 20 se listan las responsabilidades de cada una de las personas involucradas.

Tabla 20. Responsables de la seguridad en la ejecución de las prácticas.

Personal	Función
Docente.	Debe velar por el cumplimiento de las normas de seguridad mencionadas en este apartado.
Encargado del laboratorio o laboratorista.	Debe exigir el cumplimiento de las normas de seguridad en el área de trabajo.
Estudiantes.	Deben cumplir con las normas de seguridad mencionadas.

Fuente: Autor.

Las normas generales mencionadas en la figura 11 tienen el propósito de promover acciones preventivas y auto cuidado de los estudiantes.

Figura 11 Normas generales para trabajar en laboratorio.

Normas generales
para trabajar en
laboratorio.

Las áreas siempre deben permanecer limpias y ordenadas.
Todo incidente debe ser reportado al laboratorista o docente.
Antes de iniciar una practica el estudiante debe revisar el estado de los equipos.

Siempre se debe permanecer con batas y zapatos cerrados, no se deben llevar cadenas, manillas o anillos.
Para personas con cabello largo lo deben tener recogido durante la ejecución de las practicas.

No se debe fumar ni estar bajo el efecto de alguna sustancia psicoactiva.
Los residuos se deben disponer adecuadamente en las canecas para tal fin.

Fuente: Autor.

Para el caso del uso de herramientas se establecen las medidas indicadas en la figura 12, esto con el animo de garantizar condiciones seguras durante la ejecución de las practicas.

Figura 12 Normas de seguridad para el uso de herramientas.

Normas para el uso
de herramientas.

Deben usarse solo para el objetivo que fueron creadas.
No se deben tirar ni jugar con las herramientas.
Todo equipo electrico debe contar con conexion a tierra.

Los cables de las herramientas no deben estar deteriorados ya que esto puede generar contactos directos con la electricidad.

Cuando se operen motores se deben contar con gafas de seguridad para evitar que alguna partícula llegue a producir una lesión en los ojos.

Fuente: Autor.

4.3.2. Practica 1. Ensayos preliminares en transformadores.

Objetivo.

Identificar bornes, realizar medición de resistencia de aislamiento y determinar la relación de transformación de un transformador monofásico.

Normas de seguridad.

Durante la ejecución de esta practica se deben cumplir a cabalidad todos los aspectos mencionados en el numeral 4.3.1 de este documento.

Equipos y materiales para utilizar.

Los equipos para utilizar durante la ejecución de la practica se mencionan a continuación:

- Conductores con terminal tipo Festo.
- Multímetro.
- Fuente de regulada de voltaje.
- Voltímetros.
- Protecciones eléctricas.
- Amperímetros.
- Megger.

Procedimiento.

Identificación de bornes.

Realice los pasos mencionados a continuación para identificar cuales son los bornes de alta y baja tensión del transformador monofásico y documente la lista de chequeo.

- ✓ Ubique un transformador monofásico en el laboratorio. _____ OK.
- ✓ Ubique la perilla del multímetro en la posición de resistencia. _____ OK.
- ✓ Documente la tabla 21 indicando los valores en Ohmios registrados por el multímetro. _____ OK.

Tabla 21. Identificación de bornes de transformador monofásico.

Lado	Valor Ohm
Alta	
Baja	

Fuente: Autor.

Determinar resistencia de aislamiento.

Para la ejecución de esta practica es necesario saber que la resistencia de aislamiento se encuentra en el rango de los Mohm, y se puede determinar a través de la ecuación 2.

Ecuación 2 Resistencia de aislamiento.

$$R_{ais-min} = \frac{V_N}{S_N + 1000} [M\Omega]$$

Donde:

- $R_{ais-min}$ Resistencia de aislamiento minima
- V_N Tension nominal del transformador
- S_N Potencia nominal del transformador

Realice los pasos mencionados a continuación para medir la resistencia de aislamiento de un transformador monofásico y documente la lista de chequeo.

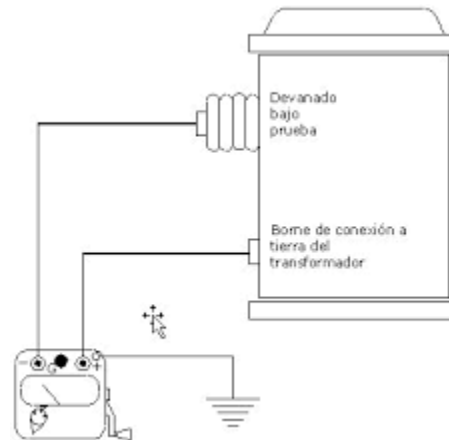
- ✓ Ubique un transformador monofásico en el laboratorio. _____ OK.
- ✓ Ubique la perilla del Megger en la posición de 500V y conéctelo como se indica en la figura 13. _____ OK.
- ✓ Oprima el botón Test durante al menos 30 segundo y documente los resultados en la tabla 22. _____ OK.

Tabla 22. Medición de resistencia de aislamiento con megger.

Lectura	Lado alto Mohm	Lado Baja Mohm
1		
2		
3		

Fuente: Autor.

Figura 13 Conexión de Megger en transformador monofásico.



Fuente: Autor.

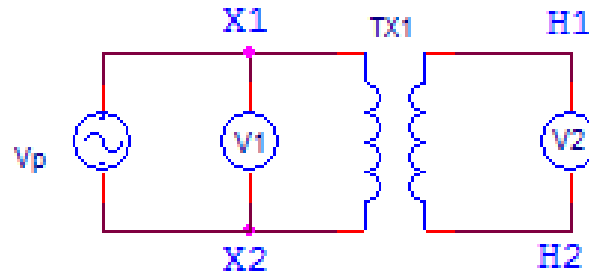
- ✓ Debata con sus compañeros si los valores encontrados son buenos o malos según la potencia del transformador. _____ OK

Determinar relación de transformación.

Esta se puede determinar a través de la resistencia medida entre las bobinas o por la relación que existe entre la tensión de los devanados, para esta practica se llevara a cabo la segunda alternativa. Realice los pasos mencionados a continuación y documente la lista de chequeo.

- ✓ Realice las conexiones indicadas en la figura 14. _____ OK.
- ✓ Aplique un voltaje variable en la entrada del transformador y documento los resultados en la tabla 23. _____ OK.

Figura 14 Conexión para determinar relación de transformación.



Fuente: Autor.

Tabla 23. Datos para obtener relación de transformación.

Dato	Primario [V1]	Secundario [V2]	$a = \frac{V1}{V2}$
1			
2			
3			
4			
5			

Fuente: Autor.

Conclusiones.

Una vez terminada la practica el estudiante mencionara tres conclusiones de esta.

1. _____
2. _____
3. _____

4.3.3. Practica 2. Polaridad de un transformador monofásico.

Objetivo.

Identificar polaridad de transformador monofásico.

Normas de seguridad.

Durante la ejecución de esta práctica se deben cumplir a cabalidad todos los aspectos mencionados en el numeral 4.3.1 de este documento.

Equipos y materiales para utilizar.

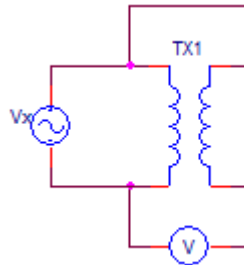
Los equipos para utilizar durante la ejecución de la práctica se mencionan a continuación:

- Conductores con terminal tipo Festo.
- Multímetro.
- Fuente de regulada de voltaje.
- Voltímetros.
- Protecciones eléctricas.
- Amperímetros.

Procedimiento.

Realice los pasos mencionados a continuación y documente la lista de chequeo de esta forma determinara si la polaridad es aditiva o sustractiva, para realizar esta actividad se deben realizar las conexiones indicadas en la figura 15.

Figura 15 Conexiones para determinar polaridad de transformador monofásico.



Fuente: Autor.

- ✓ Realice la conexión entre uno de los bornes de alta y uno de los bornes de baja. _____ OK.
- ✓ Conecte un voltímetro en los otros dos terminas de alta y baja sobrantes. _____ OK.
- ✓ Alimente la bobina de alta o primario con un voltaje, documente los resultados en la tabla 24. _____ OK.

Tabla 24. Polaridad del transformador monofásico.

Lectura de voltímetro	Si es menor Sustractivo.	Si es mayor Aditivo.

Fuente: Autor.

Conclusiones.

Una vez terminada la practica el estudiante mencionara tres conclusiones de esta.

1. _____
2. _____
3. _____

4.3.3. Practica 3. Polaridad de un transformador trifásico.

Objetivo.

Identificar polaridad de transformador trifásico.

Normas de seguridad.

Durante la ejecución de esta práctica se deben cumplir a cabalidad todos los aspectos mencionados en el numeral 4.3.1 de este documento.

Equipos y materiales para utilizar.

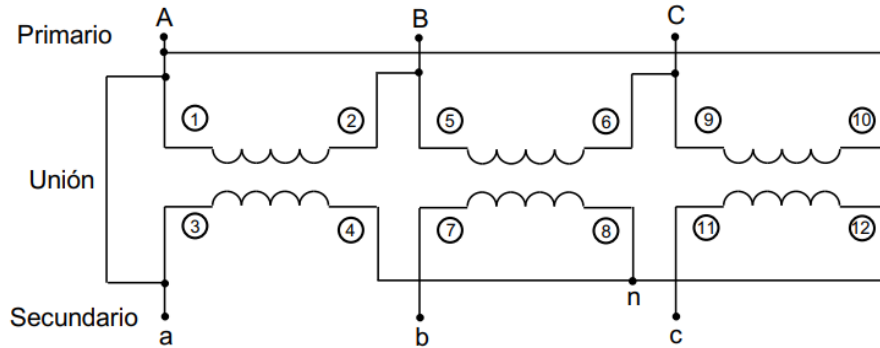
Los equipos para utilizar durante la ejecución de la práctica se mencionan a continuación:

- Conductores con terminal tipo Festo.
- Multímetro.
- Fuente de regulada de voltaje.
- Voltímetros.
- Protecciones eléctricas.
- Amperímetros.

Procedimiento.

Realice los pasos mencionados a continuación y documente la lista de chequeo de esta forma determinara si la polaridad es aditiva o sustractiva, para realizar esta actividad se deben realizar las conexiones indicadas en la figura 16.

Figura 16 Conexiones para determinar polaridad de transformador trifásico.



Fuente: Autor.

- ✓ Realice la conexión delta en el primario. _____ OK.
- ✓ Realice la conexión estrella en el secundario. _____ OK.
- ✓ Alimente el primario con una tensión trifásica de 120V y registre los valores encontrados en la tabla 25 _____ OK.

Tabla 25. Polaridad del transformador trifásico.

Lectura entre	Voltaje	Lectura entre:	Voltaje	Lectura entre:	Voltaje	Lectura entre:	Voltaje
AB		Aa		Ba		Ca	
BC		Ab		Bb		Cb	
CA		Ac		Bc		Cc	
		An		Bn		Cn	

Fuente: Autor.

Cuestionario.

¿Cuáles son los parámetros que se deben cumplir para conectar transformadores en paralelo en cuanto a su polaridad?

¿Además de la polaridad que otros parámetros se deben considerar para conectar transformadores en paralelo?

Conclusiones.

Una vez terminada la practica el estudiante mencionara tres conclusiones de esta.

1. _____
2. _____
3. _____

4.3.4. Practica 4. Circuito equivalente de un transformador.

Objetivo.

Realizar pruebas de cortocircuito y circuito abierto, determinar los parámetros del modelo real.

Normas de seguridad.

Durante la ejecución de esta práctica se deben cumplir a cabalidad todos los aspectos mencionados en el numeral 4.3.1 de este documento.

Equipos y materiales para utilizar.

Los equipos para utilizar durante la ejecución de la práctica se mencionan a continuación:

- Conductores con terminal tipo Festo.
- Multímetro.
- Fuente de regulada de voltaje.

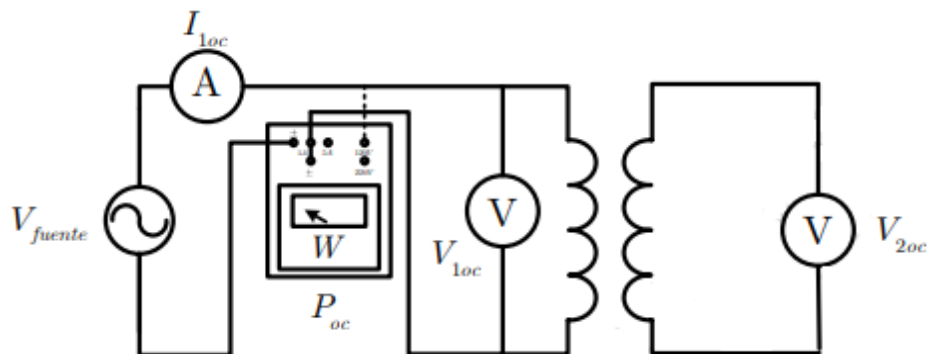
- Voltímetros.
- Protecciones eléctricas.
- Amperímetros.
- Vatímetro.

Procedimiento.

Circuito abierto.

Realice los pasos mencionados a continuación a través de la lista de chequeo, para iniciar realice las conexiones indicadas en la figura 17.

Figura 17 Conexiones circuito abierto.



Fuente: Autor.

- ✓ Conecte una fuente de tensión por el lado de baja. ____ OK.
- ✓ Aumentar el voltaje hasta alcanzar 1.25 veces el voltaje nominal del transformador. ____ OK.
- ✓ Registre los valores solicitados en la tabla 26. ____ OK.

Tabla 26. Practica circuito abierto.

V_{1oc}	I_{1oc}	V_{2co}	P_{oc}
-----------	-----------	-----------	----------

Fuente: Autor.

- ✓ Calcular los parámetros del modelo real del transformador que representa las pérdidas en el núcleo haciendo uso de las ecuaciones indicadas en la tabla 27, esto se debe realizar cuando se tenga el valor de tensión nominal en el lado de alto voltaje. _____ OK.

Tabla 27. Ecuaciones de pérdidas en el núcleo.

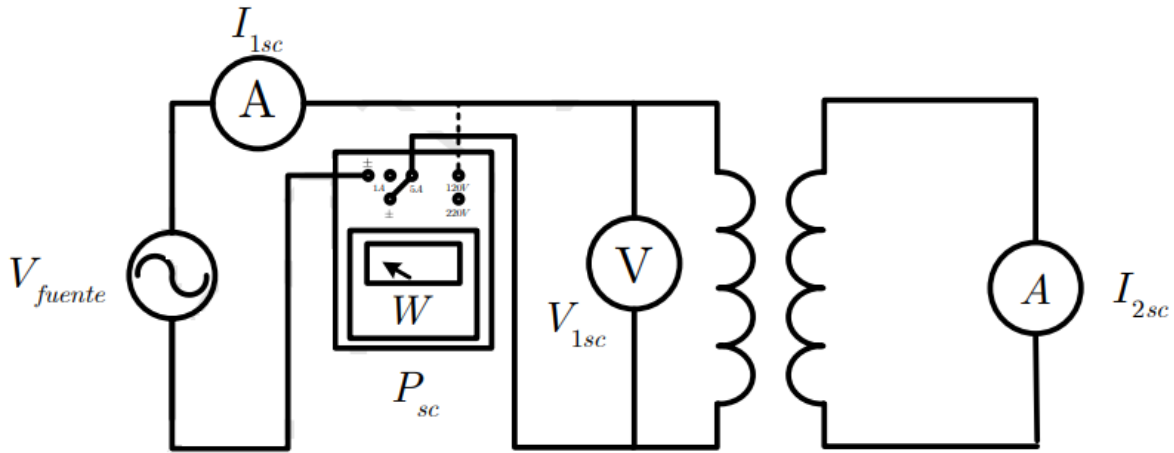
Ecuación	Valor calculado	Resultado
$S_{OC} = V_{10C} * I_{10C}$	Potencia aparente	
$Q_{OC} = \sqrt{S_{OC}^2 - P_{OC}^2}$	Potencia reactiva	
$R_{LC} = \frac{V_{10C}^2}{P_{OC}}$	Resistencia de pérdidas en el núcleo.	
$X_{ml} = \frac{V_{10C}^2}{Q_{OC}}$	Reactancia de magnetización	

Fuente: Autor.

Cortocircuito.

Realice los pasos mencionados a continuación a través de la lista de chequeo, para iniciar realice las conexiones indicadas en la figura 18.

Figura 18 Conexiones cortocircuito.



Fuente: Autor.

- ✓ Conectar la fuente por el lado de alto voltaje. _____ OK.
- ✓ Aumentar el voltaje hasta alcanzar la tensión nominal. _____ OK.
- ✓ Registrar los valores obtenidos en la tabla 28. _____ OK.

Tabla 28. Practica cortocircuito.

V_{1sc}	I_{1sc}	I_{2sc}	P_{sc}

Fuente: Autor.

- ✓ Calcular los parámetros del modelo real del transformador que representa las pérdidas en el cobre y por flujo de dispersión, haciendo uso de las ecuaciones indicadas en la tabla 29, esto se debe realizar cuando se tenga el valor de tensión nominal en el lado de alto voltaje. _____ OK.

Tabla 29. Ecuaciones de perdidas en el cobre.

Ecuación	Valor calculado	Resultado
$Z_{eqH} = \frac{V_{1SC}}{I_{1SC}}$	Impedancia.	
$R_{eqH} = \frac{P_{SC}}{I_{1SC}^2}$	Resistencia equivalente de los devanados.	
$X_{eqH} = \sqrt{Z_{eqH}^2 - R_{eqH}^2}$	Reactancia equivalente de dispersión.	

Fuente: Autor.

Cuestionario.

¿Cómo se representa un transformador real?

¿En qué lado se recomienda realizar las pruebas de cortocircuito y porque?

Conclusiones.

Una vez terminada la practica el estudiante mencionara tres conclusiones de esta.

1.

2.

3.

4.3.5. Practica 5. Conexión en paralelo de transformadores.

Objetivo.

Realizar conexión en paralelo de transformadores.

Normas de seguridad.

Durante la ejecución de esta práctica se deben cumplir a cabalidad todos los aspectos mencionados en el numeral 4.3.1 de este documento.

Equipos y materiales para utilizar.

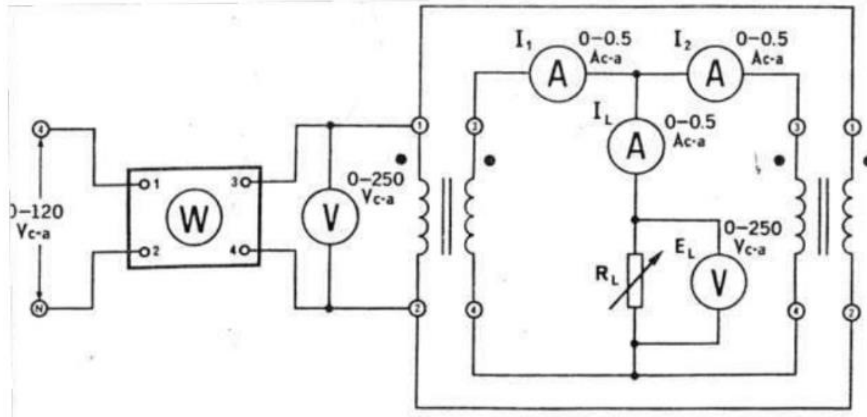
Los equipos para utilizar durante la ejecución de la práctica se mencionan a continuación:

- Conductores con terminal tipo Festo.
- Multímetro.
- Fuente de regulada de voltaje.
- Voltímetros.
- Protecciones eléctricas.
- Amperímetros.
- Vatímetro.
- Reóstato.

Procedimiento.

Realice los pasos mencionados a continuación a través de la lista de chequeo, para iniciar realice las conexiones indicadas en la figura 19.

Figura 19 Practica de conexión de transformador en paralelo.



Fuente: Autor.

- ✓ Asegúrese que todos los interruptores se encuentren abiertos. _____ OK.
- ✓ Infórmele al docente que ha terminado las conexiones para que el apruebe antes de energizar el circuito. _____ OK.
- ✓ Alimente el circuito con la fuente de alimentación variable adicionalmente revise que las corrientes indicadas en los amperímetros, si los devanados están en fase no debería presentarse corrientes de carga ni secundario. _____ OK.
- ✓ Llevar el voltaje a 120V en la entrada. _____ OK.
- ✓ Aumente el valor de R_L hasta que I_L sea igual a 500 mA. _____ OK.
- ✓ Registre en la tabla 30 los valores ahí solicitados. _____ OK.

Tabla 30. Practica transformadores en paralelo.

Variable	Valor
E_L [V]	
I_L [A]	
I_1 [A]	
I_2 [A]	

P_{entrada} [W]

Fuente: Autor.

- ✓ Llevar a cero la fuente de alimentación. _____ OK.
- ✓ Calcular los valores mencionados en la tabla 31. _____ OK.

Tabla 31. Calculo transformadores en paralelo.

Ecuación	Valor calculado	Resultado
$P_{Carga} = E_L * I_L$	Potencia de la carga	
$Eficiencia\% = \frac{P_{entrada}}{P_{Salida}} * 100$	Eficiencia del circuito	
$Perdidas = P_{entrada} - P_{salida}$	Perdidas en el transformador.	

Fuente: Autor.

Cuestionario.

¿La carga se encuentra bien distribuida en los dos transformadores?

Conclusiones.

Una vez terminada la practica el estudiante mencionara tres conclusiones de esta.

1. _____

2. _____

3. _____

4.3.6. Practica 6. Fenómeno de armónicas en redes trifásicas.

Objetivo.

Identificar las componentes armónicas que introducen cargas no lineales en las redes eléctricas.

Normas de seguridad.

Durante la ejecución de esta práctica se deben cumplir a cabalidad todos los aspectos mencionados en el numeral 4.3.1 de este documento.

Equipos y materiales para utilizar.

Los equipos para utilizar durante la ejecución de la práctica se mencionan a continuación:

- Conductores con terminal tipo Festo.
- Multímetro.
- Fuente de regulada de voltaje.
- Voltímetros.
- Protecciones eléctricas.
- Amperímetros.
- Variador de velocidad.
- Analizador de redes.
- Motor eléctrico.

Procedimiento.

- ✓ Conecte el variador de velocidad y un motor de 3hp. _____ OK.
- ✓ Conecte el analizador de redes LOVATO aguas arriba del variador de velocidad. _____ OK.
- ✓ Solicite al docente que revise las conexiones antes de energizar. _____ OK.
- ✓ Varie la frecuencia del motor entre 30Hz y 60Hz. _____ OK.
- ✓ Energice el sistema y documente los valores registrados en el analizador de redes LOVATO utilizando la tabla 32, haciendo especial énfasis en el quinto armónico. _____ OK.

Tabla 32. Distorsión armónica.

Frecuencia de motor.	5° Armónico		
	L1 %	L2 %	L3 %
30Hz			
40Hz			
50Hz			
60Hz			

Fuente: Autor.

Cuestionario.

¿Qué problemas ocasiona la distorsión armónica?

¿Por qué las cargas no lineales son fuentes de armónicos?

¿Qué tipo de filtros se pueden utilizar para minimizar el efecto de los armónicos en la red eléctrica?

Conclusiones.

Una vez terminada la practica el estudiante mencionara tres conclusiones de esta.

1. _____
2. _____
3. _____

4.3.7. Practica 7. Maquina CC ensayos preliminares.

Objetivo.

Identificar partes de una maquina de corriente continua, medir resistencia de las partes identificadas, medir aislamiento entre los diferentes elementos de la máquina.

Normas de seguridad.

Durante la ejecución de esta práctica se deben cumplir a cabalidad todos los aspectos mencionados en el numeral 4.3.1 de este documento.

Equipos y materiales para utilizar.

Los equipos para utilizar durante la ejecución de la práctica se mencionan a continuación:

- Conductores con terminal tipo Festo.
- Multímetro.
- Fuente de regulada de voltaje.

- Voltímetros.
- Protecciones eléctricas.
- Amperímetros.
- Motor eléctrico.
- Megger.

Procedimiento.

Siga cada uno de los pasos mencionados a continuación y ante alguna duda sobre uno de ellos diríjase al docente quien lo orientara con el animo que la practica se realice de la forma más exitosa posible.

- ✓ Ubique una maquina CC en el laboratorio. _____ OK.
- ✓ Mantenga siempre la maquina desconectada de la fuente de alimentación. _____ OK.
- ✓ Identifique los bornes de SHUNT, Armadura, Serie e interpolo. _____ OK.
- ✓ Ubique la posición de la perilla del multímetro en la posición de Ohm y registre los valores que se solicitan en la tabla 33. _____ OK.

Tabla 33. Resistencias maquina CC.

Bobina	Valor en Ohm.
Shunt	
Serie	
Armadura	
Interpolo	

Fuente: Autor.

- ✓ Ubique la perilla del Megger en la posición de 250V y realice los registros solicitados en la tabla 34. _____ OK.

Tabla 34. Resistencias maquina CC.

Bobina	Valor en MOhm.
Shunt – Carcasa	
Serie – Carcasa	
Armadura– Carcasa	
Interpolo– Carcasa	

Fuente: Autor.

Conclusiones.

Una vez terminada la practica el estudiante mencionara tres conclusiones de esta.

1. _____
2. _____
3. _____

4.3.8. Practica 8. Máquinas de CC generador con excitación independiente o con excitación propia.

Objetivo.

Realizar pruebas de máquinas generadoras de corriente continua con excitación propia o independiente.

Normas de seguridad.

Durante la ejecución de esta práctica se deben cumplir a cabalidad todos los aspectos mencionados en el numeral 4.3.1 de este documento.

Equipos y materiales para utilizar.

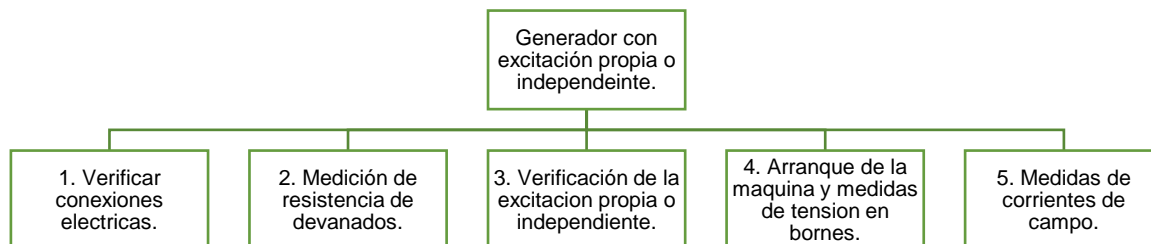
Los equipos para utilizar durante la ejecución de la práctica se mencionan a continuación:

- Conductores con terminal tipo Festo.
- Multímetro.
- Fuente de regulada de voltaje.
- Voltímetros.
- Protecciones eléctricas.
- Amperímetros.

Procedimiento.

Tal y como se observa en la figura 20 este practica esta dividida en cinco etapas, todas ellas deben ser realizadas bajo la supervisión del docente quien dará el aval para energizar el circuito antes de las pruebas.

Figura 20 Etapas de practica 8.



Fuente: Autor.

Verificación de conexiones eléctricas.

- ✓ Asegúrese que la maquina se encuentre desconectada de la fuente de alimentación. _____ OK.

- ✓ Verifique que no existan conexiones sueltas, tornillos flojos en los devanados del estator, rotor, campo y conexiones de los cepillos. _____ OK.

Medidas de resistencias de los devanados.

- ✓ Asegúrese que la maquina se encuentre desconectada de la fuente de alimentación. _____ OK.
- ✓ Con ayuda del multímetro registre los valores en Ohm de las bobinas de rotor, estator y campo, los valores obtenidos documentarlos en la tabla 35. _____ OK.

Tabla 35. Medidas de resistencias de devanados CC.

Bobina	Valor en Ohm.
Rotor	
Estator	
Campo	

Fuente: Autor.

Verificación de la excitación independiente.

- ✓ Verifique la conexión de la excitación de campo a la fuente de alimentación, antes de energizar el docente debe verificar y aprobar dicha conexión. _____ OK.
- ✓ Verifique que la conexión entre el devanado de campo y el regulador estén en buen estado, que no existan conexiones sueltas o flojas. _____ OK.

Verificación de la excitación propia.

- ✓ Si la maquina cuenta con excitación propia no se requiere fuente de alimentación dado que el devanado de campo se alimenta a través de los anillos rozantes y las escobillas. _____ OK.

Arranque de la maquina y medida de tensión y corriente en bornes.

- ✓ Conecte la maquina a la fuente de tensión. _____ OK.
- ✓ Con un voltímetro registre los valores obtenidos y documente los resultados en la tabla 36. _____ OK.

Tabla 36. Arranque de la maquina y medidas de tensión en bornes.

Medida	Valor en Volts
1	
2	
3	

Fuente: Autor.

- ✓ Con un amperímetro registre los valores obtenidos en la bobina de campo y documente los resultados en la tabla 37. _____ OK.

Tabla 37. Arranque de la maquina y medidas de tensión en bornes.

Medida	Valor en Amperios
1	
2	
3	

Fuente: Autor.

Conclusiones.

Una vez terminada la practica el estudiante mencionara tres conclusiones de esta.

1. _____
2. _____
3. _____

4.3.9. Practica 9. Máquinas de CC con generador auto excitado SHUNT y COMPOUND.

Objetivo.

Identificar las acciones y pasos necesarios para generar electricidad con un generador auto-exitado SHUNT y COMPOUND.

Normas de seguridad.

Durante la ejecución de esta práctica se deben cumplir a cabalidad todos los aspectos mencionados en el numeral 4.3.1 de este documento.

Equipos y materiales para utilizar.

Los equipos para utilizar durante la ejecución de la práctica se mencionan a continuación:

- Conductores con terminal tipo Festo.
- Multímetro.
- Fuente de regulada de voltaje.

- Voltímetros.
- Protecciones eléctricas.
- Amperímetros.

Procedimiento.

Siga cada uno de los pasos mencionados a continuación y ante alguna duda sobre uno de ellos diríjase al docente quien lo orientara con el ánimo que la practica se realice de la forma más exitosa posible.

Configuración SHUNT.

- ✓ Conecte los terminales del devanado de campo en paralelo con el devanado del estator. _____ OK.
- ✓ Asegúrese que no encuentren conexiones flojas o sueltas. _____ OK.
- ✓ Tenga en cuenta que la excitación del campo en esta configuración se consigue de forma independiente de la tensión del devanado del estator. _____ OK.

Configuración COMPUND.

- ✓ Conecte los terminales del devanado de campo en serie con los terminales del devanado del estator. _____ OK.
- ✓ Asegúrese que no encuentren conexiones flojas o sueltas. _____ OK.
- ✓ Tenga en cuenta que la excitación de campo en una configuración COMPOUND se deriva tanto de la tensión del devanado del estator como de la tensión del devanado del rotor. _____ OK.

Arranque de la maquina y medida de tensión y corriente en bornes.

- ✓ Conecte la maquina a la fuente de tensión. _____ OK.
- ✓ Con un voltímetro registre los valores obtenidos y documente los resultados en la tabla 38. _____ OK.

Tabla 38. Arranque de la maquina y medidas de tensión en bornes SHUNT.

Medida	Valor en Volts
1	
2	
3	

Fuente: Autor.

- ✓ Con un amperímetro registre los valores obtenidos en la bobina de campo y documente los resultados en la tabla 39. _____ OK.

Tabla 39. Arranque de la maquina y medidas de tensión en bornes COMPOUND.

Medida	Valor en Amperios
1	
2	
3	

Fuente: Autor.

Conclusiones.

Una vez terminada la practica el estudiante mencionara tres conclusiones de esta.

1. _____
2. _____
3. _____

4.3.10. Practica 10. Perdidas y rendimiento en máquinas CC.

Objetivo.

Determinar las perdidas y rendimiento de una maquina de CC.

Normas de seguridad.

Durante la ejecución de esta práctica se deben cumplir a cabalidad todos los aspectos mencionados en el numeral 4.3.1 de este documento.

Equipos y materiales para utilizar.

Los equipos para utilizar durante la ejecución de la práctica se mencionan a continuación:

- Conductores con terminal tipo Festo.
- Multímetro.
- Fuente de regulada de voltaje.
- Voltímetros.
- Protecciones eléctricas.
- Amperímetros.
- Vatímetro.
- Tacómetro.

Procedimiento.

Siga cada uno de los pasos mencionados a continuación y ante alguna duda sobre uno de ellos diríjase al docente quien lo orientara con el ánimo que la practica se realice de la forma más exitosa posible.

Medición de pérdidas en el devanado de campo y estator.

- ✓ Asegúrese que la maquina se encuentre des energizada. _____ OK.
- ✓ Conecte el vatímetro en los terminales del devanado de campo y del devanado del estator. _____ OK.
- ✓ Antes de energizar el equipo solicite al docente que verifique el estado de las conexiones. _____ OK.
- ✓ Energice la maquina y registre los valores obtenidos en la 40. _____ OK.

Tabla 40. Potencia en devanado de campo y estator.

Medida	Vatios.
1	
2	
3	

Fuente: Autor.

- ✓ Calcule las pérdidas en el devanado del estator utilizando la ecuación 3.

Ecuación 3 Pérdidas en el devanado del estator.

$$Pérdidas\ estato = I^2 * R$$

Donde:

- I, es la corriente que circula por el devanado del estator (en amperios).

- R, es la resistencia del devanado del estator (en ohmios).

Medición de las pérdidas en el devanado del rotor:

- ✓ Asegúrese que la maquina se encuentre des energizada. _____ OK.
- ✓ Conecte el vatímetro en los terminales del devanado de campo y del devanado del rotor. _____ OK.
- ✓ Antes de energizar el equipo solicite al docente que verifique el estado de las conexiones. _____ OK.
- ✓ Energice la maquina y registre los valores obtenidos en la 41. _____ OK.

Tabla 41. Potencia en devanado de campo y rotor.

Medida	Vatios.
1	
2	
3	

Fuente: Autor.

- ✓ Calcule las perdidas en el devanado del rotor utilizando la ecuación 4.

Ecuación 4 Perdidas en el devanado del rotor.

$$Perdidas\ rotor = I^2 * R$$

Donde:

- I, es la corriente que circula por el devanado del estator (en amperios).
- R, es la resistencia del devanado del estator (en ohmios).

Medición de las pérdidas mecánicas y en el núcleo.

- ✓ Asegúrese que la maquina se encuentre des energizada. ____ OK.
- ✓ Conecte el vatímetro en la entrada de potencia eléctrica de la máquina. ____ OK.
- ✓ Aplica una carga mecánica a la máquina, por ejemplo, mediante un freno o una carga mecánica externa. ____ OK.
- ✓ Energice la maquina y registre los valores obtenidos en la tabla 42, adicionalmente registre la velocidad en el eje con el tacómetro. ____ OK.

Tabla 42. Potencia maquina CC.

Medida	Vatios.	Velocidad RPM
1		
2		
3		

Fuente: Autor.

- ✓ Calcula las pérdidas mecánicas utilizando la ecuación 5 y en el núcleo utilizando las lecturas de potencia y las características de carga mecánica.

Ecuación 5 Perdidas en el devanado del rotor.

$$Perdidas\ mecanicas\ en\ nucleo = N^2 * K$$

Donde:

- K es una constante que depende del diseño y las características de la máquina.

- N es la velocidad de rotación de la máquina (en revoluciones por minuto)

Cálculo del rendimiento.

- ✓ Suma todas las pérdidas obtenidas en los pasos anteriores para obtener las pérdidas totales de la máquina. _____ OK.
- ✓ Calcula la potencia de salida real de la máquina utilizando las lecturas de potencia y las características de carga eléctrica. _____ OK.
- ✓ Calcula el rendimiento de la máquina dividiendo la potencia de salida real entre la potencia de entrada total (potencia de salida real más las pérdidas totales). _____ OK.

Cuestionario.

¿Cuáles son las fuentes de error y los factores que pueden influir en las pérdidas y el rendimiento de la máquina??

Conclusiones.

Una vez terminada la practica el estudiante mencionara tres conclusiones de esta.

1. _____
2. _____
3. _____

5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos tras culminar la practica en el laboratorio de máquinas eléctricas I de las Unidades Tecnológicas de Santander se presentan en la tabla 43.

Tabla 43. Resultados de practicas de laboratorio de Maquinas eléctricas I.

Ítem	Actividad	Descripción	Entregable.
1	Revisión de equipos.	A través de un análisis de modo y efecto de falla se identificó el estado funcional de los	Módulos en buen estado. Un autotransformador fuera de servicio. Motores en buen estado.

		módulos, transformadores y motores.
2	Mantenimiento preventivo de equipos.	Se realizaron Equipos en buen estado actividades de limpieza, listos para la ejecución de ajuste de conexiones, prácticas. verificación y medición de bobinas.
3	Manual de prácticas.	Se elaboraron 10 Documento listo para que practicas que incluyen bajo la supervisión del transformadores y docente los estudiantes motores de CC realicen prácticas en el laboratorio de máquinas eléctricas I.

Fuente: Autor.

6. CONCLUSIONES

Se plantearon los análisis de modo y efecto de falla o AMEF para los módulos, transformadores y motores de CC, de esto se logro de terminar que los transformadores funcionan normalmente, los módulos registran valores reales, los motores cuentan con rodamientos y bobinas en buen estado, para el caso de los autotransformadores se encontraron dos bon las bobinas abiertas por lo cual se debe realizar mantenimiento correctivo.

Se realizo el mantenimiento preventivo de los equipos que componen el laboratorio de máquinas eléctricas I entre los que se encuentran transformadores

monofásicos, bifásicos y trifásicos, este mantenimiento incluye, limpieza general, ajuste de conexiones, repaso de soldaduras con estaño, medición de bobinas y aislamiento, de esta forma se dejan los equipos listos para su operación.

El manual desarrollado plantea la elaboración de 10 prácticas en las cuales se incluyen ensayos preliminares para transformadores, polaridad, circuito equivalente, conexiones en paralelo, armónicos en la red eléctrica, ensayos preliminares en maquinas CC, generador con excitación independiente y propia, generador autoexcitado SHUNT y COMPOUND, perdidas y rendimiento en maquinas CC, de esta forma los estudiantes cuentan con una guía completa para conocer y familiarice con estos equipos.

- Elaborar el manual del laboratorio y prácticas digitales por medio plan de aula con el apoyo del docente para implementar el mantenimiento preventivo de las maquinas eléctricas.

7. RECOMENDACIONES

Una vez terminada esta práctica en el laboratorio de máquinas eléctricas I en las Unidades tecnológicas de Santander se recomienda realizar reparación del autotransformador dado que este es importante en el desarrollo de prácticas para los estudiantes de electromecánica.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Supplier Institute, Inc. Dearborn Michigan, 2010. "ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (AMEF), MANUAL
- Adolf Senner, (1994), Principios de electrotecnia, editorial REVERTE, p. 212.
- González Fernández, Francisco Javier. 2005. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. Fundación Confemetal Editorial.
- Hernández, David. 2005. Análisis del modo y efecto de las fallas potenciales aplicado a un caso de estudio. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de México. México: DF.
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/521/A5.pdf?sequence=1>
- John, Moubray. 2000. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Aladon Editores. Carolina del Norte: USA
- Universidad de la costa. (2017). Prácticas de Laboratorio de Máquinas Eléctricas para el Análisis de la. UCC, Atlantico. Barranquilla: UCC. Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/320/8723301.pdf>
- UTS. (2023). Marco estratégico. Bucaramanga, Santander, Colombia: UTS. Obtenido de <https://www.uts.edu.co/sitio/marco-estrategico/>
- Massachusetts Institute of Technolo.1965.Circuitos Magnéticos y Transformadores.Reverté Ediciones.
- Muñoz, María Belén. Mantenimiento Industrial. Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III. Madrid: España.
- Orozco Álzate. 1981. Biblioteca digital. Universidad Nacional de Colombia.
- Pérez, Pedro. 2001. Transformadores de distribución: teoría, cálculo, construcción y pruebas. Reverté Ediciones S.A. México.

Resnick, R. y Halliday, D. Física para estudiantes de Ciencias e Ingeniería, Vol II, edición, (Compañía Editorial Continental, México, 1982)

Torres, Lyda. 2010. Metodología RCM aplicada a transformadores de potencia. Tesis de Grado. Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Universidad Industrial de Santander.