



Plan de mantenimiento y guías del laboratorio de máquinas
eléctricas de la UTB

Peinado Royero, Kenial
Pérez Torres, Gerson David

Duque Pardo, Jorge Eliécer
Director

Universidad Tecnológica De Bolívar
Ingeniería Eléctrica
Cartagena De Indias
2007

INTRODUCCION

El mantenimiento en mayor o menor medida es necesario en todos los sistemas, cobra especial importancia en el caso de los sistemas tecnológicamente más avanzados y que precisan de especial calificación profesional para su diseño e instalación. Por otra parte, el mantenimiento en si mismo engloba una importante área de negocio que a menudo, como hemos dicho, no es muy aprovechada por los profesionales ni demandada en un primer momento por los usuarios. Tanto si este usuario de la instalación es un particular como si es una compañía que, por ejemplo dispone de un departamento de mantenimiento eléctrico o bien lo contrata de forma externa, ha de tener claro a quien recurrir en caso de detectar una avería o necesitar una modificación en la instalación.

El mantenimiento no es una función “miscelánea”, produce un bien real, que puede resumirse en: capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad.

Para nadie es un secreto la exigencia que plantea una economía globalizada, mercados altamente competitivos y un entorno variable donde la velocidad de cambio sobrepasa en mucho nuestra capacidad de respuesta. En este panorama estamos inmersos y vale la pena considerar algunas posibilidades que siempre han estado pero ahora cobran mayor relevancia.

Particularmente, la imperativa necesidad de redimensionar la empresa implica para el mantenimiento, retos y oportunidades que merecen ser valorados.

Debido a que el ingreso siempre provino de la venta de un producto o servicio,

esta visión primaria llevó a las empresas a centrar sus esfuerzos de mejora, y con ello los recursos, en la función de producción. El mantenimiento fue “un problema” que surgió al querer producir continuamente, de ahí que fue visto como un mal necesario, una función subordinada a la producción cuya finalidad era reparar desperfectos en forma rápida y barata.

Sin embargo, sabemos que la curva de mejoras incrementales después de un largo período es difícilmente sensible, a esto se le une la filosofía de calidad total, y todas las tendencias que trajo consigo, que evidencian que se requiere la integración del compromiso y esfuerzo de todas sus unidades. Esta realidad ha volcado la atención sobre un área relegada: el mantenimiento. Ahora bien, ¿cuál es la participación del mantenimiento en el éxito o fracaso de una empresa? Por estudios comprobados se sabe que incide en:

- Costos de producción.
- Calidad del producto servicio.
- Capacidad operacional (aspecto relevante dado el ligamen entre competitividad y por citar solo un ejemplo, el cumplimiento de plazos de entrega).
- Capacidad de respuesta de la empresa como un ente organizado e integrado: por ejemplo, al generar e implantar soluciones innovadoras y manejar oportuna y eficazmente situaciones de cambio.
- Seguridad e higiene industrial, y muy ligado a esto.
- Calidad de vida de los colaboradores de la empresa.
- Imagen y seguridad ambiental de la compañía.

Como se desprende de argumentos de tal peso, " El mantenimiento no es una función "miscelánea", produce un bien real, que puede resumirse en: capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad. Ahora bien, ¿dónde y cómo empezar a potenciar a nuestro favor estas oportunidades? Quizá aquí pueda encontrar algunas pautas.

La labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.

El personal que labora en el departamento de mantenimiento, se ha formado una imagen, como una persona tosca, uniforme sucio, lleno de grasa, mal hablado, lo cual ha traído como consecuencia problemas en la comunicación entre las áreas operativas y este departamento y un más concepto de la imagen generando poca confianza.

En el caso del mantenimiento su organización e información debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida de la máquina.

Este trabajo de grado consiste fundamentalmente en implementar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para los bancos de prueba de los motores de corriente continua, monofásicos, de inducción y síncronos del laboratorio de máquinas eléctricas de la UTB. Dando a conocer los tipos de pruebas para la realización del mantenimiento preventivo y predictivo, y el tiempo en que se deben realizar cada uno de ellos.

Al comienzo se presenta material se presentan los diferentes cuidados que debemos tener con las máquinas eléctricas rotativas y después muestra un poco de los distintos tipos de mantenimiento. Información de gran importancia porque quien organiza un departamento de mantenimiento debe tener muy buenos conocimientos, con el fin de lograr una clara definición de los objetivos, los cargos, sus funciones, los requisitos para ocuparlos y las relaciones entre personas y departamentos.

Seguidamente, se dará a conocer los procedimientos para realizar un las experiencias en los distintos con unas guías de laboratorio y por ultimo las técnicas de mantenimiento preventivo y predictivo de partes eléctricas y mecánicas de una máquina síncrona, asíncrona, DC, monofásicos y los dispositivos que hacen parte de un circuito de control y potencia de una instalación de fuerza. Finalmente se contará con un plan de seguimiento que permita al estudiante detectar cualquier tipo de falla que se le presente al momento de maniobrar una máquina, ya sea en el laboratorio o a nivel industrial.

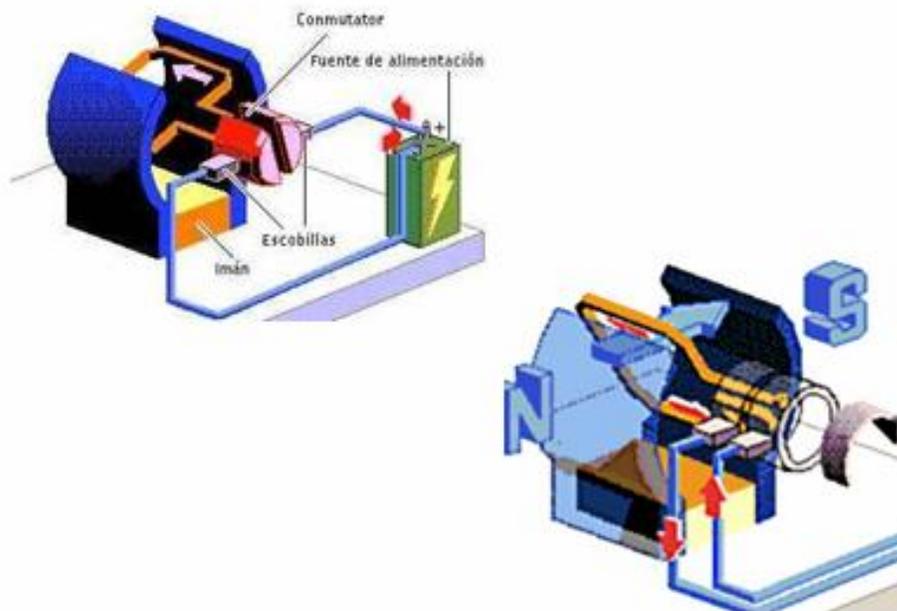
CAPITULO 1

NOCIONES FUNDAMENTALES DE LOS BANCOS DE PRUEBA

1.1. CONSERVACIÓN DE LAS MAQUINAS ELECTRICAS ROTATIVAS.

1.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO

1.3. GENERALIDADES Y TRABAJOS REALIZADOS EN LOS BANCOS DE PRUEBA.



1. NOCIONES FUNDAMENTALES DE LOS BANCOS DE PRUEBA

1.1. CONSERVACIÓN DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS

1.1.1. GENERALIDADES¹

La conservación de las máquinas eléctricas rotativas, motores y generadores, es la clave principal para mantener una óptima producción de cualquier industria, sin pérdidas por paradas indeseables en el proceso, causada por algún tipo de falla en una máquina eléctrica.

Los motores y generadores de corriente continua y alterna son semejantes en su construcción mecánica y en su funcionamiento eléctrico, de tal manera que las reglas para su cuidado y conservación son aplicables para ambas clases de máquinas.

La mayoría de las reparaciones y ajustes que se realizan en las máquinas de corriente continua, suelen ser en piezas de fácil acceso y que pueden soltarse y montarse con una herramienta sencilla. En la mayoría de los casos, las escobillas, el conmutador y los rodamientos exigen una atención más minuciosa y por lo tanto sus reparaciones son más frecuentes que las demás partes de las máquinas. Sin embargo, estas partes no necesitarán una atención frecuente si

¹ **CHAPMAN**, Stephen J. Máquinas Eléctricas. 2ed. Santafé de Bogotá. Mc Graw Hill Interamericana S.A. 1993.

los motores o generadores funcionan en condiciones favorables y reciben los cuidados apropiados.

Los devanados de los motores y generadores no suelen tener averías a menos que se sobrecarguen con frecuencia o que los arrollamientos sean muy viejos y estén sujetos a la acción del aceite y la suciedad.

1.1.2. LIMPIEZA DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS

Una de las reglas más importantes para la conservación de todas las máquinas eléctricas es la de mantenerlas siempre limpias y bien lubricadas. Si se observa esta regla tan sencilla, se impedirán muchas de las averías comunes y las interrupciones en el funcionamiento de la maquinaria.

Si se deja acumular polvo y suciedad en los devanados de los motores o los generadores, se obstruirán los espacios para la ventilación y se impedirá el paso del aire necesario para el enfriamiento adecuado de la máquina. Una capa de polvo es además un aislador excelente del calor y tiende a confinar el calor desarrollado en los arrollamientos e impide su escape al exterior de la máquina.

El polvo y la suciedad absorben también y acumulan aceite y humedad. Por todas estas razones, deben mantenerse siempre limpios los devanados de todas las máquinas eléctricas, limpiándolos con un paño apropiado y soplando de vez en cuando el polvo en lugares de difícil acceso por medio de un fuelle de mano o de aire comprimido de baja presión.

1.1.3. EXCESO DE ACEITE

El aceite perjudica y estropea el aislamiento de los devanados de las máquinas y no debe permitirse nunca que se deposite sobre ellos. Cuando un arrollamiento se ha empapado de aceite, es probable que haya que volverlo a devanar. En algunos casos en que el aceite no ha penetrado a demasiada profundidad, quizás sea posible quitarlo lavando el arrollamiento con producto químico especial y secándolo después completamente antes de volver a poner el arrollamiento en servicio.

Al engrasar los rodamientos de un motor o generador, debe tenerse cuidado en no llenar demasiado los recipientes, o engrasadores, con el fin de que no rebose y caiga sobre el colector o los devanados de la máquina. En el caso de una máquina de corriente continua es prácticamente imposible conseguir una buena conmutación si el colector del motor o generador está cubierto de suciedad o aceite, pues las caras de las escobillas se recubrirán con una especie de barniz formado por el aceite o la suciedad y, en un gran número de casos, esto dará lugar a la producción de chispas excesivas. La suciedad y el aceite formarán una película de resistencia elevada sobre la superficie del colector y esto tenderá a aislar las escobillas e impedirá que hagan buen contacto.

1.1.4. ESTADO DE LOS RODAMIENTOS

Todos los motores dependen de un sistema mecánico para la transformación de la energía eléctrica en mecánica o trabajo. Las averías en los rodamientos son

probablemente la causa de más paradas, retrasos y gastos en los motores que ninguna otra causa. Esto generalmente se debe a que los rodamientos, son a menudo afectados por una cimentación defectuosa, falta de alineación, vibraciones, empujes debidos a los acoplamientos, suciedad, demasiada o escasa lubricación, o a la mala calidad del lubricante.

Un motor que presente problemas en sus rodamientos o en alineación tendrá como consecuencia la presencia de corriente de sobrecarga, la cual producirá un sobrecalentamiento del motor y su posible daño total por quemadura del devanado.

El primer requisito para que un rodamiento funcione bien, es que presente un buen ajuste en la camisa y una buena lubricación. Esto supone algo más que proporcionar al rodamiento una cantidad adecuada de lubricante; es necesario que el lubricante, el diseño del rodamiento y su estado sean correctos. La temperatura máxima de los rodamientos en las condiciones normales de funcionamiento es de 40 a 50 grados centígrados. A esta temperatura, un rodamiento comunica una sensación agradable de calor a la mano cuando se pone la mano encima de él.

1.1.5. TEMPERATURA DE LOS DEVANADOS

La temperatura de los devanados de las máquinas debe verificarse con frecuencia para ver si no están demasiado calientes, en el momento que la máquina está en pleno funcionamiento, es decir, que su temperatura no exceda en 40 o 50 grados centígrados.

1.1.6. PROTECCIÓN DE LAS MÁQUINAS CONTRA LA HUMEDAD

La humedad o el agua representan siempre una amenaza para el aislamiento y el funcionamiento de la maquinaria eléctrica y, por esta razón, deben protegerse muy bien las máquinas para impedir el contacto del agua con los arrollamientos y los colectores en el caso de las máquinas de corriente continua. Si un motor o generador de corriente continua, está instalado en un sitio en que el agua puede gotear sobre el colector, es muy probable que se produzcan chispas muy fuertes y que sufran daños las escobillas y el colector.

Si los arrollamientos de una máquina se mojan o humedecen, deben secarse muy bien, ya sea poniéndolos durante un tiempo en un horno o haciendo pasar por la máquina una corriente continua de bajo voltaje para secarlos. Cuando una máquina es demasiado grande para ponerla en un horno, o no se dispone de este, puede ponerse en la máquina algún dispositivo que impida su rotación y aplicar después, por intermedio de un reóstato, una corriente continua de bajo voltaje de la intensidad correcta para secar el arrollamiento.

Debe evitarse la entrada de agua en los engrasadores y en los rodamientos, ya que no es un buen lubricante y puede producir averías graves si se mezcla con el aceite.

A continuación se mencionan cuidados especiales solo para motores y generadores de corriente continua y el motor universal.

1.1.7. ESTADO DE ESCOBILLAS

Las escobillas deben inspeccionarse con frecuencia a menudo para ver si asientan bien sobre el colector y si la tensión de los resortes es adecuada. La presión de las escobillas tiene una gran influencia en el desgaste de las mismas, debiendo ser ajustada según las condiciones de trabajo, es decir, tipo y uso de la máquina, así como material y sección de las escobillas. En general, la presión de la escobilla deberá ser más alta, cuanto mayor sean las vibraciones a la que esté sometida la máquina. En consecuencia, la presión óptima de la escobilla ha de ser elegida de forma que cause el mínimo desgaste, tanto de ésta como del colector, pero que al mismo tiempo garantice un perfecto contacto entre escobilla y colector.

1.1.8. REBAJE DE LA MICA

Si la mica del colector sobresale demasiado, debe corregirse este defecto, ya sea empleando escobillas de un tipo apropiado para mantener la mica rebajada o cortando la mica con una herramienta apropiada para este fin.

La mica de los colectores de las máquinas pequeñas puede rebajarse a mano con un trozo de hoja de sierra para metales provista de un mango. La mica debe cortarse en ángulo recto con movimientos lentos y suaves de la sierra, mantenida en posición horizontal. No debe cortarse la mica demasiado profunda, pues entonces existiría alguna tendencia a acumularse en las ranuras el polvo y la suciedad y se producirían cortocircuitos entre las delgas del colector.

1.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO²

1.2.1. DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento es una sistematización de operaciones de conservación y / o continuo funcionamiento de las instalaciones y maquinarias productivas. Aunque en estas palabras esta contenido todo el significado del mantenimiento, a continuación se dan algunos conceptos generales del mismo:

- El mantenimiento no solo es el corazón industrial que consigue que todo marche bien, sino la fuerza que asegura dicha marcha.
- El mantenimiento es el que garantiza que todos los cambios e intervenciones que deben efectuarse en las máquinas e instalaciones se realicen en el momento necesario, de tal forma que el ritmo de producción sea poco afectado.
- El mantenimiento como el conjunto de técnicas y sistemas que actuando sobre los medios de producción, permiten reparar y prever mediante revisiones y otras técnicas más complejas como: estadísticas, seguimiento y diagnóstico de maquinarias.

² **JIMÉNEZ MARRUGO, Belisario. VANEGAS PUELLO, Rolando.** Diseño y construcción de un banco de pruebas para motores de Inducción y síncronos. Cartagena, 2003.

- El mantenimiento es considerado como un factor económico de la empresa, por tanto, debe existir un equipo de mantenimiento especializado con la información técnica completa.

1.2.2. CLASES DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento puede ser de tres formas básicas: correctivo, preventivo y predictivo.

1.2.2.1. Mantenimiento correctivo.

Se puede definir mantenimiento correctivo como la reparación para corregir condiciones no satisfactorias de los equipos, buscando la causa que originó la falla y eliminándola. La reparación que aquí se considera, es el trabajo sin una planificación o programación previa, generalmente de emergencia, necesaria para corregir paros imprevistos o llamadas urgentes. A diferencia de otras técnicas de mantenimiento, el mantenimiento correctivo debe realizarse en forma inmediata, con la correspondiente pérdida de tiempo del equipo, que normalmente es más larga que una parada programada, por las siguientes razones:

- No se sabe que piezas hay que cambiar y si hay existencia de ellas en el almacén.
- No se conoce la magnitud del daño, por lo que se debe desmontar e inspeccionar detalladamente la pieza dañada y las que trabajan junto con ella.

- El daño puede suceder en horas en que no trabaje administración (horario nocturno), lo que obliga a esperar para la consecución de cualquier recurso que se necesite, con la consecuente pérdida de tiempo.
- La falla puede causar accidentes entre operadores o personas cercanas al sitio.
- El daño puede precisar de evaluación técnica especializada e inclusive consulta con fabricantes del equipo, causando esto un aumento del tiempo no productivo.

1.2.2.2. Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo o programado, son las acciones que se planean y programan con el objetivo de ajustar, reparar o cambiar partes en equipos, antes de que ocurra una falla o daños mayores, eliminando o reduciendo al mínimo los gastos producto de imprevisiones y por supuesto, estableciendo controles para aumentar productividad.

El mantenimiento preventivo reduce la carga de trabajo de mantenimiento correctivo y la presión de su ejecución, haciéndose el trabajo en forma más eficiente y a un costo más bajo. Para lograr un programa eficiente de mantenimiento de planta, las funciones de mantenimiento deben integrarse con un buen sistema administrativo, trabajo de planeación y programación,

adiestramiento, medición de trabajo, informes de control, buenos talleres y herramientas y una buena estructura de costos.

Un elemento importante para realizar un programa de mantenimiento preventivo, es hacer inspecciones planeadas y periódicas para descubrir y corregir las condiciones desfavorables; parte del programa depende de las inspecciones y sus obligaciones relacionadas de adaptación y reparación. Las inspecciones son costosas en mano de obra y en tiempo de parada de equipos, sin embargo siempre será menor que si produce una falla. A continuación se enumeran algunas de las ventajas que se obtienen al aplicar un buen programa de mantenimiento preventivo:

- Disminuye el tiempo de parada de equipos.
- Disminuye el pago de tiempo extra al personal.
- Menor número de reparación a gran escala.
- Menor número de repetitividad en las reparaciones.
- Disminuye los costos por reparación.
- Mejor control de existencias de repuestos en almacén.
- Mayor seguridad industrial de los trabajadores.
- Menor costo unitario de producción.

1.2.2.3. Mantenimiento predictivo.

Se basa en el conocimiento de las condiciones de la máquina, determinados mediante monitoreo periódico o permanente de vibraciones, temperaturas y otras variables de proceso y el diagnóstico de los problemas de la máquina. Por este

método se conoce el estado de todas las máquinas de la planta y se pueden predecir las necesidades de mantenimiento. Solo se hace mantenimiento cuando el proceso de monitoreo, análisis y diagnóstico indica que es necesario hacerlo.

El mantenimiento predictivo puede ser considerado como parte de la técnica del mantenimiento preventivo, la diferencia está en que debido a la tecnología utilizada, por las máquinas cada vez más sofisticadas y automáticas e instrumentos de medición muy modernos, da la posibilidad de obtener datos de los diferentes parámetros que se presentan, en la operación del equipo, los datos así obtenidos, pueden ser procesados por computadoras y dar reportes o accionar alarmas e inclusive parar el equipo evitando daños mayores.

En otras palabras, los datos obtenidos por sensores e instrumentos sustituyen los datos obtenidos en las inspecciones obtenidas por los inspectores en el mantenimiento preventivo con la diferencia que con el mantenimiento predictivo se puede obtener un mayor acercamiento al punto final de la vida útil de los componentes, ya que se tiene una visión continua de su desgaste. Algunas de las ventajas que presenta el mantenimiento predictivo son:

- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.
- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.

- Requiere una plantilla de mantenimiento más reducida.
- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- Tomar decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos crítico.

1.2.2.4. Pruebas realizadas en las máquinas eléctricas ro tativas.

Las pruebas o rutinas a realizar a las máquinas de ambos bancos de pruebas, son las siguientes:

1. Prueba de resistencia de aislamiento a tierra.
2. Verificación del valor de resistencia óhmica de todos los devanados.
3. Verificación de ruidos anormales en los rodamientos.
4. Verificación de temperatura excesiva en los rodamientos.
5. Verificación de vibraciones mecánicas excesivas.
6. Verificación de corriente de arranque de los motores.
7. Verificación de la corriente de trabajo del motor DC e n sus diferentes conexiones a una carga determinada.
8. Verificación de la corriente de trabajo del generador en sus diferentes conexiones a una carga determinada
9. Verificación de la corriente de trabajo de los motores monofásicos.

10. Verificación de la presencia de chispas excesivas en el colector.
11. Verificación del estado del colector.
12. Verificación del estado de las escobillas, es decir, longitud y presión sobre el colector.
13. Verificación de ajuste de las máquinas a sus respectivas bases .
14. Medición del índice de polaridad.
15. Lubricación.

A continuación se muestran las más importantes:

LUBRICACIÓN

Es importante que sea hecha una lubricación correcta, esto es aplicar la grasa correcta y en cantidad adecuada, pues una lubricación deficiente como una lubricación excesiva trae efectos perjudiciales.

La lubricación en exceso acarrea elevación de temperatura debido a la gran resistencia que ofrece al movimiento de las partes giratorias y acaba por perder completamente sus características de lubricación. Esto puede provocar pérdidas, penetrando la grasa en el interior del motor y depositándose sobre las bobinas u otras partes del motor. Para la lubricación de los rodamientos en máquinas eléctricas, está siendo empleado de modo generalizado grasa a base de litio, por presentar estabilidad mecánica e insolubilidad en agua. Existen tres categorías principales de lubricantes:

- Lubricantes fluidos. Aceites de petróleos, sintéticos, aceites animales o vegetales son los más usados.
- Grasas: las cuales también son lubricantes fluidos pero con espesadores dispersos en ellas para darles consistencia sólida o semisólida.
- Lubricantes sólidos: son un complemento de los lubricantes convencionales grasa y aceite (grafito, disulfuro de molibdeno, poli tetrafluroetileno, etc.). Se aplican cuando estos ya no pueden cumplir su función: Rodamientos solicitados a temperaturas extremadamente altas o que estando en vacío el aceite se evapora fácilmente.

La grasa nunca deberá ser mezclada con otras que tengan base diferente. Existen muchos aditivos utilizados para mejorar la capacidad natural de un aceite lubricante. Algunos de ellos son: agentes para eliminar el aire, agentes antiespumantes, Agentes antisépticos y bactericidas, Agentes detergentes, Agentes contra el desgaste, Agentes contra el desgaste, Agentes contra la corrosión, Agentes inhibidores de la oxidación, agentes para extrema presión.

La lubricación debe ser hecha conforme las instrucciones dadas por el fabricante. Sin embargo, si el motor posee placa adicional con instrucciones de lubricación, deberá ser realizada conforme las especificaciones de la placa. En la ausencia de estas informaciones, el rodamiento debe ser lleno hasta la mitad de su volumen.

MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO ³.

La resistencia de aislamiento en máquinas rotatorias es la resistencia óhmica que ofrece los bobinados de la máquina respecto a tierra. Como esta resistencia es muy elevada se mide en megohmios. Tal resistencia se altera por la humedad y la suciedad, por tal motivo la medida de aislamiento constituye una buena indicación del deterioro de las máquinas. El valor de la resistencia de aislamiento de una máquina depende de la tensión aplicada al bobinado y de la corriente conductiva de fuga (microamperios) que normalmente pasa a través del aislamiento entre dos conductores, o desde un conductor a tierra. La corriente conductiva de fuga aumenta a medida que se deteriora el aislamiento.

El aparato utilizado para medir aislamientos es el megóhmetro o Megger. Para que las medidas de aislamiento tengan su valor exacto deben efectuarse inmediatamente después de parar la máquina; con ello se evitarán los errores debidos a la condensación de la humedad en los arrollamientos.

Los valores de resistencia de aislamiento medidos deben ser corregidos a los valores esperados en las bobinas a una temperatura de 40 °C. El valor de resistencia debe ser corregido de acuerdo a la siguiente fórmula ⁴:

$$R_c = K_t \times R_t$$

Donde:

R_c = Resistencia de aislamiento (en Meghoms) corregida a 40 °C .

³ En la siguiente dirección de Internet pueden observar <http://www.spinprecision.com/unlimitpages.asp?id=24> .

⁴ Guía ANSI/IEEE Std.43 – 1974

R_t = Resistencia de aislamiento (en Meghoms) medida a una temperatura t .

K_t = Coeficiente de temperatura asociada a la resistencia de aislamiento a temperatura t .

La temperatura de los bobinados puede ser medida con un termómetro o termocupla. Los valores aproximados de K_t se pueden obtener del cuadro 1.1..

Tabla 1.1. Valores del coeficiente K_t en función de la temperatura en los bobinados de la máquina.

°C	coef.(kt)	°C	coef. (kt)
0	0,06	55	3
5	0.09	60	4
10	0,12	65	6
15	0,18	70	8
20	0,24	75	12
25	0,35	80	16
30	0,48	85	23
35	0,70	90	32
40	0,96	95	43
45	1,5	100	64
50	1,97	105	90

En lo que respecta a valores de resistencia de aislamiento, el valor mínimo recomendado para un minuto de medición⁵ viene dado por la siguiente fórmula:

$$R_m = kV + 1$$

Donde:

R_m = Valor mínimo recomendado de resistencia de aislamiento en Megahoms si las bobinas están a 40 °C.

KV = tensión de la máquina eléctrica expresada en kilovoltios

Ejemplo: para una máquina de 440V, 5HP, 60HZ su valor de resistencia de aislamiento debe estar por encima de 1,44 megahomios. Esto es:

$$R_m = 0,44 + 1 = 1,44 \text{ M}$$

En cuanto a las tensiones de prueba a aplicar por el instrumento de medición, estas se pueden apreciar en la tabla 1.2.

⁵ Para ampliar mas consultar la ley ANSI/IEEE Std. 43-1974

Tabla 1.2. Tensiones de prueba para la medición de resistencia de aislamiento en máquinas rotatorias.

Rango de tensiones del bobinado (V)	Tensión de prueba (V)
<1000	500
1000 – 2500	500 – 1000
2501 – 5000	1000 – 2500
5001 – 12000	2500 – 5000
>12000	5000 – 12000

ÍNDICE DE POLARIZACIÓN

El índice de polarización es la razón entre las mediciones de resistencia de aislamiento a los 10 minutos y al minuto. Un valor bajo del índice de polarización indica normalmente problemas en el aislamiento. La prueba de índice de polarización es especialmente valiosa para descubrir la presencia de humedad y/o aceite en el aislante. Estos defectos son especialmente peligrosos en las máquinas rotativas pues pueden llegar a poner en cortocircuito sus devanados.

A medida que un motor acumula partículas contaminantes y el aislamiento envejece, la magnitud del índice de polarización decrece. La acumulación de contaminantes depende del entorno de operación en que funciona el motor. El nivel de aislamiento decae en función de la temperatura y la edad del motor. La disminución paulatina del nivel de aislamiento en un motor como producto de los factores antes mencionados, produce corrientes de fuga de cierta magnitud a través del material aislante. Esta situación se ve reflejada tanto en la magnitud de la resistencia como de la capacitancia a tierra del motor. Un continuo deterioro del valor en la resistencia a tierra conduce a un daño irreversible en los devanados del motor y por ende en su vida útil. La tabla 1.3., presenta valores mínimos del índice de polarización, y las condiciones en que se encuentra el sistema de aislamiento.

Tabla 1.3. Valores mínimos de índice de polarización.

Estado de la resistencia de Aislamiento	Relación 10/1 min (índice de polarización)
Peligroso	0 – 1
Deficiente	1 – 2
Bueno	2 – 4
Excelente	4 y superior

ÍNDICE DE ABSORCIÓN

Durante la prueba un voltaje es aplicado en un periodo largo de tiempo, usualmente 10 minutos. El operador toma lecturas con el Megger cada 10 segundos durante el primer minuto, y luego cada minuto hasta los 10 minutos. Al momento de tomar las lecturas de resistencia, la razón entre la lectura tomada a los 60 segundos y la lectura tomada a los 30 segundos, indica el índice de absorción. En la tabla 1.4., podemos encontrar valores mínimos del índice de absorción y el estado de la resistencia del aislamiento.

Tabla 1.4. Valores mínimos de índice de absorción.

Estado de la resistencia de Aislamiento	Relación 60/30s Absorción del aislamiento
Peligroso	0 – 1
Deficiente	1 – 1,3
Bueno	1,3 – 1,6
Excelente	1,6 y superior

TERMOGRAFÍA⁶

Una Termografía Infrarroja es la técnica de producir una imagen visible de luz infrarroja invisible (para nuestros ojos) emitida por objetos de acuerdo a su condición térmica. Una cámara Termográfica produce una imagen en vivo, (visualizada como fotografía de la temperatura de la radiación).

Las cámaras miden la temperatura de cualquier objeto o superficie de la imagen y producen una imagen con colores que interpretan el diseño térmico con facilidad .

Una imagen producida por una cámara infrarroja es llamada: Termografía o Termograma. La termografía proporciona los siguientes beneficios:

- Elimina caídas de energía inesperada
- Detecta problemas rápidamente sin interrumpir el funcionamiento del equipo.
- Valora las prioridades para la acción correctiva
- Minimiza el mantenimiento preventivo y el tiempo perdido en localizar los problemas.
- Puede ser utilizada por compañías de seguros para cerciorarse que el equipo o las instalaciones se encuentran en estado óptimo.

⁶ Se puede observar con mas detalle el proceso de medición de temperatura en la siguiente dirección de Internet http://www.mantenimiento-predictivo.com/fundamentos_termografia.htm.

- Detecta equipo defectuoso mientras se encuentra bajo la garantía de fabrica.
- Previene incendios o accidentes.

ANÁLISIS DE VIBRACIÓN⁷

La vibración es un movimiento oscilatorio que se origina cuando un punto material que rota se desvía de su posición de equilibrio por acción de una fuerza, esto origina una tendencia a recuperarse con una fuerza proporcional a la que produjo dicha desviación. La vibración se comporta como una onda, y se propaga en dirección radial y axial; las ondas o vibraciones axiales van en sentido paralelo al eje y las radiales van perpendiculares; hay también vibraciones torcionales que tienen un sentido angular.

Las vibraciones excesivas del motor son dañinas en varios aspectos, pues tienden a producir falla estructural del aislamiento debilitándolo, aflojando los amarres y cuñas. Las vibraciones también producen desgastes prematuros en los rodamientos.

Existen muchos instrumentos y equipos de medida para el estudio de las características de las vibraciones en los equipos industriales, entre los cuales se

⁷ Se puede observar con mas detalle el proceso de medición de vibraciones en la siguiente dirección de Internet <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-vibracion/analizador-vibracion-vib-1.htm>.

encuentran: vibrómetro, estroboscopio, estetoscopio electrónico o auriculares y los diferentes tipos de analizadores (de barrido, en tiempo real).

El espectro de vibración se obtiene al convertir la señal eléctrica de las características de vibración en una señal gráfica, esto se logra mediante la transformada de fourier.

Entre las posibles causas de vibración tenemos:

1. Desbalance dinámico. El desequilibrio másico o desbalance ocurre cuando el centro de masa de la pieza rotativa no coincide con el eje de rotación.
2. Desalineamiento. El desalineamiento es debido a la pobre alineación entre superficies que se acoplan: se da entre acoples, rodamiento y axial. El desalineamiento puede ser angular, paralelo o una combinación de paralelo angular.
3. Eje pandeado. Un eje pandeado aparece normalmente como una condición de desbalanceo, y muestra vibraciones a $1 \times \text{RPM}$, en la dirección radial. Un eje pandeado también muestra una alta vibración axial debido a la torsión.
4. Juego o soltura mecánica. El juego mecánico no presenta problemas si no existe otra fuente de excitación, como el desbalanceo o el desalineamiento. Aún con pequeñas fuerzas de excitación, se genera altos niveles de vibración, cuando existen severos niveles de juego mecánico.
5. Rodamientos defectuosos. Cuando se analizan rodamientos se deben tener en cuenta los defectos en pistas, defectos en bolas o rodillos, defectos en la canastilla y defectos en la pista exterior e interior.

MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA ÓHMICA DE LOS DEVANADOS

Esta prueba puede ser realizada con un puente de alta precisión, un óhmetro ó utilizando la ley de ohm, aplicando a los devanados una tensión de corriente continua y midiendo la corriente que circula por cada uno de ellos . Esta prueba puede ser realizada por los estudiantes o por el auxiliar de laboratorio en el tiempo especificado en el plan de mantenimiento predictivo. Se recomienda que la prueba se efectúe siempre por el mismo método para no obtener errores de precisión, debido a la diferencia de instrumentos que se utilicen. El objetivo principal de esta prueba es verificar que no exista corto -circuito entre espiras o que el devanado no se encuentre recalentado, lo cual se hace evidente ante un cambio en el valor de la resistencia de los devanados. Esta prueba se realiza antes de energizar el motor.

1.3. BANCOS DE PRUEBA

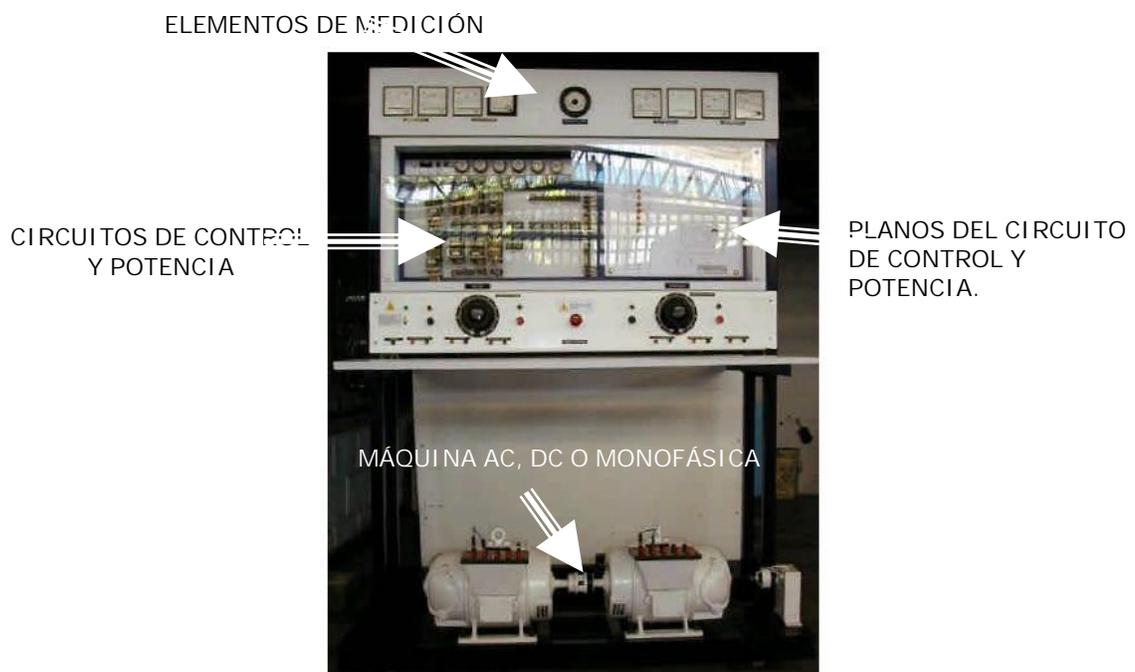
1.3.1. GENERALIDADES DE LOS BANCOS DE PRUEBA

Los bancos sometidos a reparación y reestructuración son los de las máquinas de corriente alterna, corriente continua y monofásica, estos bancos hacen parte del laboratorio de máquina y accionamientos eléctricos, son cinco bancos de pruebas donde se pueden determinar todos los parámetros eléctricos necesarios al momento de la selección, estudio y revisión de máquina eléctrica rotativa, ya sea en su modo motor o generador.

Estos bancos de prueba son implementados en las materias Maquinas Eléctricas I (Donde se estudia las máquinas de corriente continua) y en Máquinas Eléctrica II (Donde estudiamos las máquinas de corriente alterna y monofásica). Son utilizados por los estudiantes semana a semana, permitiéndoles reforzar los conocimientos adquiridos en las aulas de clase, comparándolos con la experiencia en los bancos. En general todos los bancos están constituidos de la misma forma, o tienen 4 partes en general:

1. Elementos de medición y verificación: Voltímetros, amperímetros....
2. Circuito de potencia y Control.
3. Plano de los circuitos de control y potencia.
4. Grupo motor-generator o el conjunto de motores monofásicos.

Figura 1.1. Vista frontal de las partes constituyentes de un banco de pruebas.



En general cada tipo de máquina posee su banco de prueba, la máquina de corriente alterna posee tres, mientras la de corriente continua y monofásicos solo es uno. Las experiencias que pueden ser implementadas en cada uno de los tableros son las siguientes:

MÁQUINA DE CORRIENTE ALTERNA

1. DETERMINACIÓN DE LA POLARIDAD DEL ESTATOR DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN Y CAMPO ROTATORIO DE UNA MÁQUINA TRI FÁSICA
2. REGULACIÓN DE VELOCIDAD DEL MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFASICO CON ROTOR DEVANADO Y ARRANQUE POR EL METODO DE RESISTENCIAS INTERCALADAS AL ROTOR
3. FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN ROTOR BOBINADO COMO GENERADOR SÍNCRONO Y COMO MOTOR SÍNCRONO
4. VERIFICACION DE LA RESISTENCIA DE LOS DEVANADOS DE UN ALTERNADOR SINCRONICO Y COMPORTAMIENTO DEL ALTERNADOR SINCRONICO EN CIRCUITO ABIERTO.
5. PRUEBA DE CORTO CIRCUITO DEL ALTERNADOR SINCRÓNICO - DETERMINACIÓN DE LA IMPEDANCIA SINCRÓNICA Y PORCENTAJE DE REGULACIÓN
6. REGULACION DEL ALTERNADOR SICRONO CON CARGA RESISTIVA, INDUCTIVA Y CAPACITIVA.
7. FUNCIONAMIENTO DE UN ALTERNADOR SINCRÓNICO, COMO UN MOTOR SINCRÓNICO.

8. MANIOBRA DE PARALELAJE Y ACOPLAMIENTO DE LOS ALTERNADORES SÍNCRONOS - TRANSFERENCIA DE CARGA

MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA

1. ENSAYOS PRELIMINARES PARA EL MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA
2. CONOCIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DEL GRUPO MOTOR - GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA
3. COMPORTAMIENTO DEL MOTOR DE CC EN EL ARRANQUE
4. COMPORTAMIENTO DEL MOTOR DE CC CON EXCITACIÓN SHUNT
5. COMPORTAMIENTO DEL MOTOR DE CC CON EXCITACIÓN SERIE
6. COMPORTAMIENTO DEL MOTOR DE CC CON EXCITACIÓN COMPOUND ADITIVA
7. COMPORTAMIENTO DEL MOTOR DE CC CON EXCITACIÓN COMPOUND DIFERENCIAL
8. VERIFICACIÓN DE LA SATURACIÓN MAGNÉTICA DE LOS CAMPOS EN UN GENERADOR DE CC AUTOEXCITADO SIN CARGA (CARACTERÍSTICA DE VACÍO)
9. VERIFICACIÓN DE LA SATURACIÓN MAGNÉTICA DE LOS CAMPOS EN UN GENERADOR DE CC CON EXCITACIÓN INDEPENDIENTE EN VACÍO Y COMPORTAMIENTO DEL MISMO BAJO CONDICIONES DE CARGA

10. COMPORTAMIENTO DEL GENERADOR DE CC AUTOEXCITADO EN CONEXIÓN SHUNT
11. COMPORTAMIENTO DEL GENERADOR DE CC EN CONEXIÓN SERIE
12. COMPORTAMIENTO DEL GENERADOR DE CC COMPOUND ADITIVO Y SUS DIFERENTES GRADOS DE COMPOSICIÓN
13. COMPORTAMIENTO DEL GENERADOR DE CC COMPOUND DIFERENCIAL
14. PÉRDIDAS DE POTENCIA Y RENDIMIENTO DE UNA MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA

MÁQUINA MONOFÁSICA

1. CONOCIMIENTO DEL FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DEL GRUPO MOTORES MONOFÁSICOS
2. COMPORTAMIENTO DEL MOTOR MONOFÁSICO DE FASE PARTIDA.
3. COMPORTAMIENTO DEL MOTOR UNIVERSAL EN EL MOMENTO DE ARRANQUE, INVERSIÓN DE GIRO, Y REGULACIÓN DE LA VELOCIDAD.
4. COMPORTAMIENTO DEL MOTOR TRIFÁSICO TRABAJANDO COMO MONOFÁSICO Y EL MOTOR MONOFÁSICO CON ESPIRAS DE SOMBRA.

5. OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LOS MOTORES MONOFÁSICOS (CIRCUITO EQUIVALENTE) E INVERSIÓN DEL SENTIDO DE GIRO DE LOS MOTORES MONOFÁSICOS

Cada una de las experiencias mencionadas anteriormente, posee una guía de laboratorio, donde se encuentra especificadas todas las instrucciones necesarias para operar los bancos de prueba, encontrando los diagramas de conexión, los variables a medir y las fórmulas para realizar los cálculos respectivos para emitir las conclusiones pertinentes a cada experiencia.

1.3.2. PLAN DE TRABAJO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS BANCOS DE PRUEBAS

Para definir el plan de trabajo a seguir en la reestructuración del laboratorio de máquinas eléctricas y los bancos de prueba de CA, CD y monofásicos, se tuvieron en cuanto los siguientes factores al momento de realizar una práctica de laboratorio, tales como:

1. Acometida eléctrica de alimentación insuficiente y defectuosa de los bancos de prueba.
2. No se tiene una distribución planificada de los bancos de prueba dentro del laboratorio.
3. Mantenimiento deficiente: generando que visualmente los bancos de prueba se vean en mal estado, debido a muchas partes exteriores rotas o

faltas de pintura. Encontrándose con el transcurrir del tiempo algunos agentes externos como el polvo y la corrosión han afectado a las máquinas como algunos aparatos eléctricos llevándolos a un bajo rendimiento como a otros fuera de servicio.

4. Guías de laboratorio y planes de mantenimiento claros por banco .

Estos factores no permiten que las actividades que se realizan en el laboratorio se cumplan de la manera más idónea posible.

La falta de un mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos eléctricos, sumado al deterioro que presentan algunos elementos de protección que hacen parte de los bancos de prueba de motores, ha llevado a que se presenten fallas en el funcionamiento de los mismos, lo que impide cumplir objetivos satisfactoriamente como la verificación y profundización de los conocimientos teóricos adquiridos por el estudiante.

La falta de una instalación eléctrica adecuada ocasiona que las tomas de corrientes que alimentan los bancos de prueba se encuentran muy lejos de los mismos, esto posibilita que los cables causen tropiezos al personal que transita por el laboratorio de máquinas eléctricas generando situaciones de riesgo tanto para las personas como para los equipos.

La ventaja de implementar un plan de mantenimiento preventivo, predictivo y el desarrollo de las guías de laboratorio para los bancos de prueba de motores, es el garantizar el tiempo de vida útil a las máquinas y a los aparatos de protección.

Por otro lado, con una buena reestructuración de las instalaciones eléctricas de los bancos e identificando claramente los terminales de conexión, se está evitando el hecho de cometer malas conexiones en los bancos, que pueden causar daños a la máquina o al mismo personal que la maniobre.

El informe suministrará la información siguiente:

1. Planes de mantenimiento preventivo y predictivo a seguir por el auxiliar del laboratorio.
2. Guías de laboratorio para la correcta implementación de las experiencias en los bancos de prueba.

En la tabla 1.5 podemos observar el cronograma de actividades a seguir para la ejecución de las reparaciones en los bancos de prueba.

Tabla 1.5. Cronograma de Actividades.

ACTIVIDAD	MES			
	1	2	3	4
Recolección de información				
Reestructuración física de los bancos.				
Implementación del plan mantenimiento de los bancos				
Verificación y comprobación de las guías de laboratorio				
Informe del programa de mantenimiento preventivo				

1.3.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y REESTRUCTURACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS MECÁNICAS DE LOS BANCOS DE PRUEBAS AC - DC Y MONOFÁSICOS.

El mantenimiento y la reestructuración de estos bancos consistieron en:

1. Eliminación de óxido en las estructuras mecánicas de los bancos de pruebas.
2. Aplicación de pintura anticorrosiva y pintura base en ambas estructuras mecánicas de los bancos de pruebas.
3. Aplicación de pintura tipo laca (azul entonador) en ambas estructuras mecánicas de los bancos de pruebas.
4. Instalación de una cubierta de fórmica blanca mate para el panel de instrumentos, lámina base de los elementos de control y superficie de trabajo en ambos bancos de pruebas.
5. Reposición de marquillas de identificación en el cableado de los circuitos de control y de potencia en todos sus elementos.
6. Elaboración de un marco en formica blanca mate y colocación de una cubierta de acrílico transparente para aislar los elementos de maniobra y el plano eléctrico de la excesiva suciedad del ambiente y además evitar posibles alteraciones de los elementos componentes del circuito de control.

En las figuras 1.2. se muestran los elementos de maniobra de los bancos de pruebas, para todos los bancos se aplico el mismo procedimiento de limpieza, prueba de continuidad y cambio de elementos deteriorados. El principal trabajo en la zona de los circuitos de control y potencia fue el cambio de borneras, reposición de canaletas y marquillas deterioradas por cortos en el sistema.

Figura 1.2. Circuito de control y potencia Banco de Prueba DC.



En la figura 1.3. y 1.4. se puede mostrar dos ejemplos de los trabajos realizados en los grupos motor-generador de los bancos de prueba y en los motores monofásicos, después de realizar la inspección respectiva de los elementos mecánicos y las mediciones eléctricas respectivas, se procedió a pintar y ubicar de

manera adecuada los máquinas sobre sus bases. Además de realizar el cambio en todas las borneras de conexión.

Figura 1.3. Grupo motor-generator.

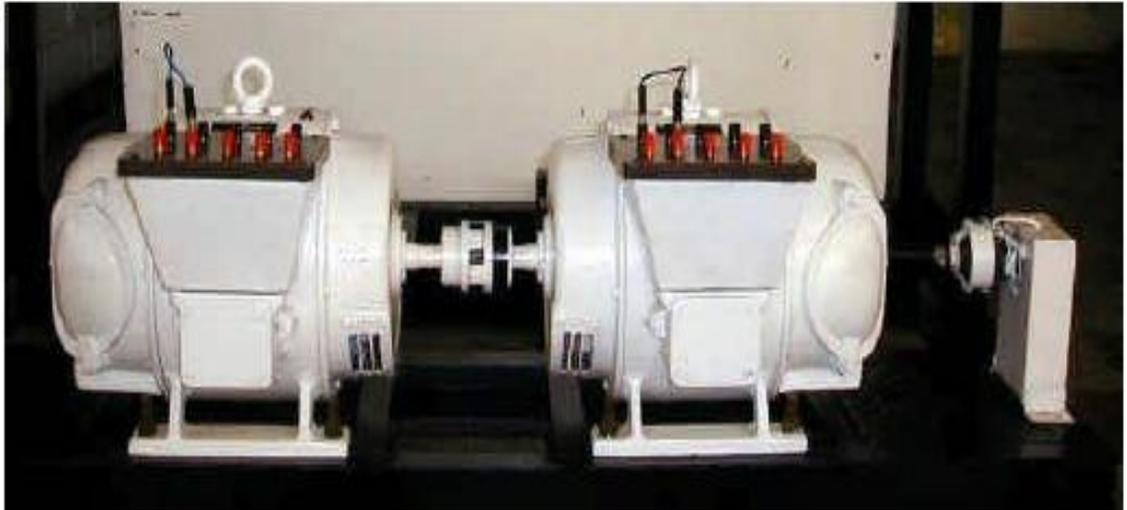
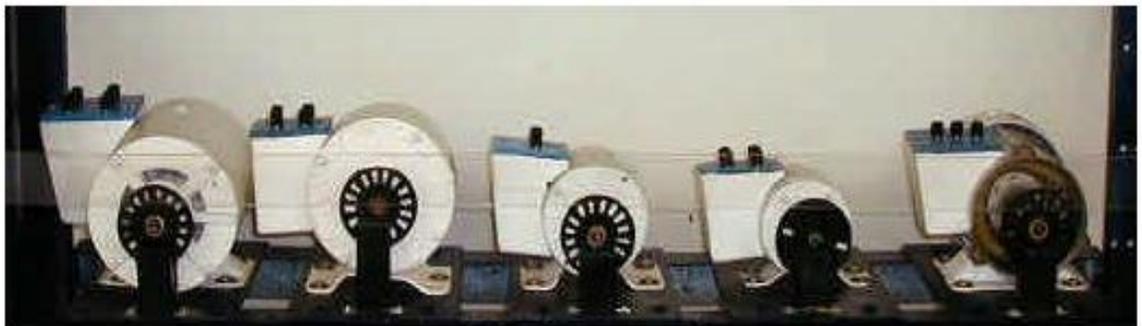


Figura 1.4. Motores monofásicos.



En la figura 1.5. Podemos observar un ejemplo de la forma como fue el acabado de los bancos de prueba, todos debidamente pintados en estructuras mecánicas, máquinas y forrados en formica para una mejor presentación.

Figura 1.5. Banco de prueba monofásico.



1.3.4. PLAN DE MANTENIMIENTO EJECUTADO EN LOS BANCOS DE PRUEBA DC

GENERALIDADES

El estado en que se encontraron ambos bancos de prueba, era regular, ya que sus elementos de maniobra y las máquinas mostraban algún deterioro pero en general cosas reparables, la estructura mecánica si estaba en avanzado estado de deterioro, producto de la no implementación de un adecuado plan de limpieza y pintura. En general, el mantenimiento efectuado a los bancos de pruebas se dividió en las siguientes áreas:

1. Mantenimiento preventivo de máquinas eléctricas.
2. Mantenimiento preventivo de elementos de maniobra y de medición.
3. Mantenimiento preventivo y reestructuración de las estructuras mecánicas.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS MÁQUINAS

Las máquinas de ambos bancos de pruebas, fueron sometidas un plan de limpieza y reestructuración, con el objeto de que éstas presten un servicio óptimo, continuo y seguro tanto para los operarios como para si mismas.

Mantenimiento preventivo para el grupo motor -generador de corriente continúa.

El mantenimiento preventivo realizado al grupo motor – generador de corriente continua se describe a continuación.

1. Desarme de las máquinas.
2. Medición de la resistencia de aislamiento a tierra. Esta medición se realizó con el Megger del laboratorio de máquinas eléctricas . El valor obtenido para todos sus devanados fue superior a 1 MW, entregando un valor 10.5MW .
3. Inspección de las escobillas. La longitud que presentaban las escobillas de ambas máquinas fue satisfactoria (aproximadamente 2.5 cms). Por tal razón Se colocaron las mismas y se asentaron a su respectivo colector una vez que las máquinas fueron armadas.
4. Inspección del porta-escobillas y de los resortes de sujeción de las escobillas. El estado del porta-escobillas y de los resortes fue satisfactorio.
5. Inspección de la carcasa. Las carcasas de ambas máquinas se encontraron en buen estado, es decir, sin ningún tipo de rajadura. Inspección de los rodamientos y sus respectivos ajustes en las camisas. Los rodamientos y las camisas estaban en buen estado .
6. Armada de las máquinas.
7. Pruebas de funcionamiento. Una vez armada la máquina, se realizaron pruebas de funcionamiento, en donde, se verificó que no existieran sonidos extraños en su funcionamiento y que otras características como valores de corriente y velocidad eran correctas.
8. Pintura de las máquinas.
9. Acople del grupo motor – generador – tacogenerador a la estructura mecánica del banco de pruebas. Se reviso que estuviese bien ajustado de

tal manera que el grupo quedó alineado y evitar que se presenten problemas posteriores en los rodamientos.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ELEMENTOS DE MANIOBRA Y DE MEDICIÓN DE LOS BANCOS DE PRUEBA DC

Los elementos de maniobra se encontraron con acumulación de polvo y excesiva suciedad propia del laboratorio, por esta razón y por no ejecutar un plan de mantenimiento adecuado, estos elementos se saturaron de polvo, óxido y de residuos de insectos voladores que no les permitían realizar su función.

En el caso de los elementos de maniobra pertenecientes al banco de pruebas del grupo motor –generador de corriente continua, se encontraron algunos elementos en un estado de funcionamiento óptimo por lo que solo se limpiaron con limpiador dieléctrico, se eliminó el óxido y se ajustaron. En cambio a otros elementos como pulsadores y bombillos de señalización se les tuvo que realizar cambios parciales o totales, debido a que estaban incompletos.

En general a los elementos de maniobra se le realizaron las siguientes actividades:

1. Inspección y mantenimiento a los pulsadores de arranque y parada del motor.
2. Inspección y mantenimiento general a contactores y a relés térmicos.
3. Inspección y mantenimiento del pulsador de parada de emergencia.

4. Inspección y mantenimiento de los reóstatos de excitación del grupo – motor generador.
5. Reemplazo de la totalidad de bornes de conexión en el tablero de control y en las borneras del motor y generador.
6. Inspección y mantenimiento general de instrumentos de medición del banco, es decir, voltímetros, amperímetros y tacómetro.

1.3.5. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOTORES MONOFÁSICOS.

A todos los motores pertenecientes a este banco, se le s realizó mantenimiento preventivo (motor de fase partida, motor con espiras de sombra y motor universal).

A todos en general se le realizaron los ensayos de prueba de resistencia de aislamiento a tierra, identificación de devanados y medición de la resistencia óhmica de los mismos. Para el motor trifásico se mide la resistencia óhmica entre fases.

El mantenimiento preventivo para los motores de fase partida , universal y espiras de sombra fue el mismo que para las máquinas de corriente continua expuesto anteriormente.

- El mantenimiento preventivo realizado a cada uno de los motores monofásicos se describe a continuación.
- Desarme de las máquinas.

- Medición de la resistencia de aislamiento a tierra.
- Inspección de la carcaza. Las carcazas de ambas máquinas se encontraron en buen estado, es decir, sin ningún tipo de rajadura. Se procedió a reforzar el acabado con una mano de pintura blanca.
- Inspección de los rodamientos y sus respectivos ajustes en las camisas. Los rodamientos y las camisas estaban en buen estado.
- Armada de las máquinas.
- Pruebas de funcionamiento. Una vez armada la máquina, se realizaron pruebas de funcionamiento, en donde, se verificó que no existieran sonidos extraños en su funcionamiento y que otras características como valores de corriente y velocidad eran correctas.
- Pintura de las máquinas.

En general a los elementos de maniobra se le realizaron las siguientes actividades:

- Inspección y mantenimiento a los pulsadores de arranque y parada de los motores.
- Inspección y mantenimiento general a contactores y a reles térmicos.
- Inspección y mantenimiento del pulsador de parada de emergencia.
- Reemplazo de la totalidad de bornes de conexión en el tablero de control y en las borneras del motor.

- Inspección y mantenimiento general de instrumentos de medición del banco, es decir, voltímetros, amperímetros.

1.3.6. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA.

En general, el mantenimiento efectuado a los bancos de pruebas se dividió en las siguientes áreas:

- Mantenimiento preventivo de máquinas eléctricas.
- Mantenimiento preventivo de elementos de maniobra y de medición.
- Mantenimiento preventivo y reestructuración de las estructuras mecánicas.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS MÁQUINAS

El mantenimiento preventivo realizado al banco de corriente alterna se describe a continuación.

- Desarme de las máquinas.
- Medición de la resistencia de aislamiento a tierra. Esta medición se realizó con el Megger del laboratorio de máquinas eléctricas. El valor obtenido para todos sus devanados fue superior a 1 MW, entregando un valor 1 2.5MW.
- Inspección de la carcasa. Las carcasas de ambas máquinas se encontraron en buen estado, es decir, sin ningún tipo de rajadura. Se procedió a reforzar el acabado con una mano de pintura blanca.

- Inspección de los rodamientos y sus respectivos ajustes en las camisas. Los rodamientos y las camisas estaban en buen estado.
- Armada de las máquinas.
- Pruebas de funcionamiento. Una vez armada la máquina, se realizaron pruebas de funcionamiento, en donde, se verificó que no existieran sonidos extraños en su funcionamiento y que otras características como valores de corriente y velocidad eran correctas.
- Pintura de las máquinas.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ELEMENTOS DE MANIOBRA Y DE MEDICIÓN DE LOS BANCOS DE PRUEBA AC

Respecto a los elementos de maniobra que este banco de pruebas posee, se encontraron con acumulación de polvo y excesiva suciedad propia del laboratorio, por esta razón se procedió a retirar esta acumulación, se realizó limpieza con líquido dieléctrico retirando óxido acumulado, estos elementos se saturaron de polvo y de residuos de insectos voladores que no les permitían realizar su función adecuadamente.

En general, a los elementos de maniobra se le realizaron las siguientes actividades:

- Inspección y mantenimiento a los pulsadores de arranque y parada del motor.
- Inspección y mantenimiento general a contactores y a reles térmicos.
- Inspección y mantenimiento del pulsador de parada de emergencia.
- Inspección y mantenimiento de los reóstatos de excitación del grupo motor - generador.
- Reemplazo de la totalidad de bornes de conexión en el tablero de control y en las borneras del motor y generador.
- Inspección y mantenimiento general de instrumentos de medición del banco, es decir, voltímetros, amperímetros y tacómetro.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Mantenimiento correctivo para el banco de prueba motor generador síncrono.

A continuación se describe los aparatos que se encontraron en mal estado con su respectiva corrección:

- Transformador de tensión (220/110): Uno de los transformadores de tensión que alimenta al sincronoscopio y al voltímetro diferencial se halló una terminal rota se cambio el cableado.
- Instalación eléctrica: La instalación eléctrica que presentaba el banco estaba muy deteriorada, presentaba evidencias de cortocircuitos y

desorganizada, debido a su mala distribución, cables en mal estado, número de identificación deteriorados y mucha suciedad.

- Se restituyó la tapa en acrílico que había sido removida, protegiendo del polvo a todos los aparatos del circuito de control y potencia.
- Bornes de conexión: Estos se encontraban desgastados y descolorizados, algunos de ellos no hacían buena conexión debido a la suciedad y oxidación, por lo tanto se reemplazaron por unos nuevos.
- Bombillos de señalización de motores: Solamente se hallaron dos bombillos en buen estado, los demás se reemplazaron por unos nuevos.
- Marquillas: Las marquillas identificativas de los paneles de control estaban incompletas y algunas en mal estado, por ello se elaboraron unas adicionales.