

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



## UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

### ESPECIALIDAD: ELECTROMECÁNICA

**Tesis previa a la obtención del título de Ingeniería en Electromecánica**

**Tema:**

GUÍA TEÓRICO-PRÁCTICO DE LABORATORIO CON MAQUETAS  
DIDÁCTICAS DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS PARA LA  
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

**Postulantes: Bedòn Páez Roosevelt Stalin  
Sánchez Hidalgo Carlos Iván**

**Director: Ing. Efrén Barbosa**

## CERTIFICADO

Yo, Ing. Efrén Barbosa G. con C.I 050142072-3 En cumplimiento a lo estipulado en el artículo 9 literal f del reglamento del curso pre profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de director de tesis del tema: **GUIA TEÓRICO-PRACTICO DE LABORATORIO CON MAQUETAS DIDACTICAS DE MOTORES ELECTRICOS TRIFASICOS PARA LA UNIDAD ACADEMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI** propuesto por los Egresados Bedón Páez Roosevelt Stalin con C.I. 050266025-1 y Sánchez Hidalgo Carlos Iván con C.I. 060356206-7, debo confirmar que el presente trabajo de investigación de grado cumple con los planeamientos formulados y la construcción teórico práctico del objeto de estudio.

La claridad y veracidad de su contenido a más del desempeño y dedicación puesto por los autores de cada etapa de su realización merecen especial atención y su consideración como trabajo de calidad.

En virtud de lo antes expuesto considero que los autores de la presente tesis se encuentran habilitados para presentarse al acto de defensa de tesis.

Atentamente,

Ing. Efrén Barbosa G.  
DIRECTOR DE TESIS  
C.I 050142072-3

## **AUTORIA**

Los criterios emitidos en el presente trabajo de creación de una “GUIA TEÓRICO PRACTICO DE LABORATORIO CON MAQUETAS DIDACTICAS DE MOTORES ELECTRICOS TRIFASICOS PARA LA CARRERA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICACDAS DE LA U.T.C”, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Roosevelt Stalin Bedòn Páez

C.I 050266025-1

Carlos Iván Sánchez Hidalgo.

C.I 060356206-7

## **AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS**

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el tema:

“GUIA TEÓRICO-PRÁCTICO DE LABORATORIO CON MAQUETAS DIDACTICAS DE MOTORES ELECTRICOS TRIFASICOS PARA LA CARRERA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICACDAS DE LA U.T.C.”

Los Señores. Roosevelt Stalin Bedón Páez y Carlos Iván Sánchez Hidalgo, postulantes de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos – técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Tesis que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Abril 2011

El Director,

---

Ing. Efrén Barbosa G.

CI. 050142072-3

## **AGRADECIMIENTO**

*Nuestro agradecimiento especial a Dios por darnos la oportunidad de concluir nuestros estudios superiores, y una eterna gratitud a la Universidad Técnica de Cotopaxí y de manera sincera a la Carrera de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, a cada uno de los docentes quienes impartieron sus conocimientos y fueron testigos de nuestros triunfos y fracasos durante nuestra vida estudiantil, que gracias a su dedicación y paciencia hoy culminamos una etapa de nuestra vida de formación profesional.*

*Al Ing. Efrén Barbosa en calidad de Director de Tesis, que a pesar de las circunstancias se mantuvo a nuestro lado para ayudarnos con la terminación de nuestra Tesis, a quien le debemos muchas horas de trabajo y sabias sugerencias.*

*A la Ing. Paulina Freire quien fue el Tutor del trabajo investigativo durante la elaboración de la tesis, que con sus consejos permitió el avance de nuestro trabajo.*

*A nuestros amigos y compañeros que de una u otra forma supieron colaborarnos para el desarrollo de este trabajo.*

*A nuestra familia que con su apoyo moral y económico supieron apoyarnos para alcanzar el objetivo trazado.*

## **DEDICATORIA**

*En este momento que he culminado mi formación superior, le dedico este trabajo a mi padre que desde el cielo sé que se encuentra orgulloso de mí, y en especial a mi madre que gracias a su sacrificio diario ha hecho que logre la meta que me trace, a mi esposa y mi hijo por su apoyo y fortaleza y a toda mi familia por tener confianza en todo lo que he realizado.*

**Roosevelt**

*Al culminar los estudios deseo expresar una inmensa gratitud y afecto a mis padres, quienes con nobleza y entusiasmo depositaron en mí su apoyo y confianza, y así formarme con su ejemplo de trabajo, amor y dedicación para de esta manera llegar a cumplir mis grandes ideales.*

**Carlos**

**TEMA:**

“GUÍA TEÓRICO-PRÁCTICO DE LABORATORIO CON MAQUETAS DIDÁCTICAS DE MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS PARA LA UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.”

**AUTORES:**

Bedón Páez Roosevelt Stalin

Sánchez Hidalgo Carlos Ivan

**RESUMEN**

El presente trabajo de tesis tiene como finalidad realizar una guía teórica práctica de Laboratorio con maquetas didácticas de motores eléctricos trifásicos para la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Se estudian diversos factores que permiten realizar nuestra investigación para que los estudiantes y profesionales por medio de esta guía obtengan una información adecuada en sus conocimientos y practica en los laboratorios; desarrollando habilidades y destrezas lo cual permite estar actualizado con los diferentes avances tecnológicos. Esta investigación se realizo mediante la información obtenida de diferentes libros y la puesta en práctica de nuestros conocimientos y experiencias, obtenidos en las aulas universitarias, lo cual ha permitido construir nuestro trabajo de tesis en simulación de maquetas que permitirán realizar las conexiones, ver el funcionamiento y simulación de voltaje, corriente y medición de dichos motores. Las principales conclusiones de este trabajo están referidas al manejo, selección, mantenimiento, partes y normas de seguridad que contienen los diferentes motores eléctricos trifásicos.

## **ABSTRACT**

The present investigative work has as a goal to realize a practical – theoretical guide of laboratory with didactic scale models of three electric phases engines by the Academic Unit of Engineering and Applied Sciences of the Technical University of Cotopaxi.

Some factors are studied that permit to realize our investigation in order to get this guide as students like professionals, through this guide people can obtain an appropriate information in their knowledge and put in practice in the laboratories, developing abilities and skills which allow to be modernized with the different technological advances.

This investigation is realize through information obtained of different books and done in a practice way of our knowledge and our experiences learned in the period of study, the same one that allow to build our investigation in simulation of a didactic scale models that will to realize the connections for looking the function and simulation of voltage, current and measuring of these engines.

The main conclusion of this work is referred at the handling, selection, support, parts and rules of security that contain the different electric three-phase engines.

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
Autoría	i
Aval del director de tesis	ii
Agradecimiento	iii
Dedicatoria	iv
Resumen	v
Abstract	vi
Índice	vii
Introducción	vii

### CAPÍTULO I

#### **EL MOTOR ELECTRICO TRIFASICO, SUS PARTES Y COMPONETES.**

1.1 El motor eléctrico trifásico	1
1.1.1 Que es el motor eléctrico trifásico	2
1.1.2 Principio de funcionamiento	4
1.1.3 Conexiones básicas de un motor trifásico	5
1.2 Protección de motores	7
1.3 Partes constructivas de un motor trifásico	10
1.3.1 Carcasa	10
1.3.2 Rodamientos	11
1.3.3 Núcleo Magnético	12
1.3.4 Bobinado Estatórico	13
1.3.5 Contactos	13
1.3.6 Eje del Motor	14
1.3.7 Equilibrado y Embalamiento	15
1.3.8 Engrase	15
1.3.9 Refrigeración	16
1.3.10 Cajas de bornas	16

1.3.11	Escobillas	17
1.3.12	Ruidos y Vibraciones	18
1.3.13	Pintura de Protección	18
1.4	Tipos de motores a estudiar	18
1.4.1	De rotor devanado o anillos rozantes	18
1.4.1.1.	Arranque del motor de inducción	19
1.4.1.2.	Característica par – velocidad de cargas mecánicas	20
1.4.1.2.1	En función de sus características par - velocidad, se pueden dividir las cargas mecánicas en seis grandes grupos:	20
1.4.1.3.	Regulación de velocidad por deslizamiento	21
1.4.2	Motores Síncrónicos	22
1.4.2.1	Funcionamiento del motor síncrono	24
1.4.2.1.1	Frecuencia	24
1.4.2.1.2	Circuito equivalente	26
1.4.3	Motor de Rotor Jaula de Ardilla	28
1.4.3.1	Relación de la velocidad de rotación con la frecuencia eléctrica.	30
1.5	Mantenimiento de los motores eléctricos trifásicos	31
1.5.1.	Plan de mantenimiento	32
1.5.2.	Advertencia cuánto al transporte	32
1.5.3.	Limpieza	33
1.5.4.	Revisión Parcial	33
1.5.5.	Revisión Completa	34
1.5.6.	Lubricación	34
1.5.6.1	Soportes Lubricados con Grasa	34
1.5.6.2	Intervalos de lubricación	35
1.5.6.3	Calidad y cantidad de la grasa	36
1.5.6.4	Instrucciones para lubricación	36
1.5.7.	Substitución de rodamientos	38
1.5.8.	Montaje/desmontaje de soportes de deslizamiento	39
1.5.8.1.	Desmontaje del soporte	40

1.5.8.2. Lado accionado	40
1.5.8.3. Montaje del soporte	42
1.5.9. Ajuste de las protecciones (PT 100)	43
1.5.10. Refrigeración con circulación de agua	43
1.5.11. Lubricación	44
1.5.12. Vedaciones	44
1.5.13. Control del entrehierro (motores abiertos de grande potencia)	45
1.5.14. Anillas colectoras (para motores con rotor bobinado)	45
1.5.15. Porta escobas	45
1.5.16. Escobas (para motores con rotor bobinado)	46
1.5.17. Secado de las bobinas	47
1.6 Montaje y desmontaje del motor	48
1.6.1 Rotor de jaula	48
1.6.1.1. Lado accionado	48
1.6.1.2. Lado no accionado	48
1.6.2 Rotor de anillos	49
1.6.2.1 Lado accionado	49
1.6.2.2 Lado no accionado	49
1.6.3 Retirada del rotor	49
1.7 Guía teórico práctico	51
1.7.1. Utilidad de la guía teórico práctico	51
1.8 La maqueta	51
1.9 Utilidad de la maqueta	52

## **CAPÍTULO II**

### **PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

<b>RESULTADOS</b>	54
2.1 Breve caracterización de la universidad técnica de Cotopaxi	54
2.2 Análisis de las encuestas aplicadas a estudiantes	55
2.2.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados de las encuestas a los estudiantes	56
2.3 Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados de Las Encuestas	

a los Docentes	66
2.4 Análisis e interpretación de resultados de las entrevistas aplicadas a las autoridades.	76
2.5 Conclusiones	79
2.6 Recomendaciones	80

### **CAPÍTULO III**

<b>ACONDICIONAMIENTO DE UN MOTOR ELECTRICO TRIFASICO COMO MAQUETA DIDÁCTICA PARA EL LABORATORIO ELECTROMECAÁNICO DE LA LA UNIDAD ACADEMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.</b>	81
3.1 Presentación	81
3.2 Objetivos	82
3.2.1. Objetivo general	82
3.2.2. Objetivos específicos	83
3.2.3. Nivel de impacto	83
3.3 Factibilidad	83
3.4 Fundamentación teórica	84
3.5 Fundamentación metodológica	84
3.6 Fundamentación científica	85
3.7 Fundamentación Psico-Pedagógica	85
3.8 Generalidades	85
3.8.1 Motores eléctricos trifásicos	85
3.8.2 Selección de un motor eléctrico	86
3.8.2.1 Fundamentos de selección de un motor eléctrico	86
3.8.2.2 Características de instalación	87
3.8.3 Mantenimiento para motores trifásicos	87
3.8.3.1 Proceso de mantenimiento de motores trifásicos	88
3.8.3.2 Medidas de seguridad	91
3.8.3.3 Protección ambiental	92
3.8.3.4 Proceso de mantenimiento de motores trifásicos	93

3.8.3.5	Técnicas de mantenimiento de motores trifásicos	93
3.8.3.6	Medidas de seguridad	100
3.8.3.7	Mantenimiento Preventivo	100
3.8.3.7.1	Clasificación del mantenimiento preventivo	101
3.8.3.7.2	Mantenimiento preventivo y sus alcances	102
3.8.3.7.3	Posibles fallas en su instalación	102
3.8.4	Lubricación	103
3.8.4.1	Precaución para el manejo de lubricantes	105
3.8.5	Partes de repuestos	105
3.8.6	Inspección	106
3.8.7	Condiciones ambientales	106
3.8.8	Aislamientos	107
3.8.9	Sentido de rotación	107
3.8.10	Velocidad de giro	107
3.8.11	Número de ranuras del estator	108
3.8.12	Vibraciones	108
3.8.13	Rodamientos	109
3.8.14	Tipo de cargas	109
3.8.15	Mantenimiento Correctivo	111
3.8.15.1	Mantenimiento correctivo y sus alcances	111
3.8.15.2	Desarmado del motor y toma de datos	111
3.8.16	Circuitos eléctricos de mando y fuerza para motores	111
3.8.16.1	Control manual	111
3.8.16.2	Definición de control manual	113
3.8.16.3	Tipos y características de controles manuales	114
3.8.16.4	Arrancadores tipo combinación	115
3.8.16.5	Medidas de seguridad	118
3.8.17	Equipo y accesorios de motores eléctricos	118
3.8.17.1	Definición de equipos y accesorios de motores eléctricos	119
3.8.17.2	Partes y funcionamiento de equipos y accesorios de circuitos eléctricos.	120

3.8.18 Protecciones (fusibles)	120
3.9. Presupuesto	125
Bibliografía	127
Anexos	



<b>FIGURA 27:</b> Megger manual y su caja para probar resistencia de aislamiento.	
<b>FIGURA 28:</b> Como probar una línea de alimentación con un voltímetro.	93
<b>FIGURA 29:</b> Como probar una línea de alimentación con un voltímetro.	96
<b>FIGURA 30:</b> Como probar un fusible abierto usando un óhmetro.	96
<b>FIGURA 31:</b> Conexión para verificar el suministro del voltaje al circuito.	97
<b>FIGURA 32:</b> Conexión para verificar el suministro de voltaje al arrancador.	97
<b>FIGURA 33:</b> Conexión para verificar los problemas de un arrancador.	97
<b>FIGURA 34:</b> Ajuste de cero del multímetro.	98
<b>FIGURA 35:</b> Carga radial en un motor eléctrico.	99
<b>FIGURA 36:</b> Carga axial en un motor eléctrico.)	110
<b>FIGURA 37:</b> Carga mixta en un motor eléctrico.	110
<b>FIGURA 38:</b> Diferentes tipos seccionadores.	110
<b>FIGURA 39:</b> Diferentes tipos de accionamiento manual.	112
<b>FIGURA 40:</b> Estructura del contactor de levas.	114
<b>FIGURA 41:</b> Contactor de levas pentapolar de accionamiento manual.	116
<b>FIGURA 42:</b> Interruptor de levas.)	117
<b>FIGURA 43:</b> Interruptor de bloqueo por candado	117
<b>FIGURA 44:</b> Cortocircuito fusible diazed, siemens.	118
<b>FIGURA 45:</b> Base portafusible de cartucho diazed siemens.	121
<b>FIGURA 46:</b> Cartuchos fusibles para la misma tensión.	122
<b>FIGURA 47:</b> Cartuchos fusibles para la misma intensidad.	123
<b>FIGURA 48:</b> Fusible cilíndrico.	124
	124

## ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁGINA
<b>TABLA 1:</b> Grados de protección contra contactos y contra cuerpos extraños.	8
<b>TABLA 2:</b> Grados de protección contra el agua.	9
<b>TABLA 3:</b> Índices de protección mecánica.	10
<b>TABLA 4:</b> Características de los motores de inducción de jaula de ardilla.	29
<b>TABLA 5:</b> Plan de mantenimiento.	32
<b>TABLA 6:</b> Grasas para determinadas aplicaciones.	36
<b>TABLA 7:</b> Plan de mantenimiento de los motores.	50
<b>TABLA 8:</b> Niveles de voltajes de prueba.	94
<b>TABLA 9:</b> Numero estandarizados de ranuras.	108

## ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO	PÁGINA
<b>CUADRO N° 1:</b> Nivel académico de los estudiantes	56
<b>CUADRO N° 2:</b> Contenido de las asignaturas	57
<b>CUADRO N° 3:</b> Proceso de formación profesional	58
<b>CUADRO N° 4:</b> Utilización de laboratorios	59
<b>CUADRO N° 5:</b> Laboratorios	60
<b>CUADRO N° 6:</b> Practica de laboratorio	61
<b>CUADRO N° 7:</b> Guía Teórico Práctico de Motores Eléctricos trifásicos con maqueta didáctica	62
<b>CUADRO N° 8:</b> Avance tecnológico de los laboratorios	63
<b>CUADRO N° 9:</b> Mejora del nivel académico	64
<b>CUADRO N° 10:</b> Habilidades y destrezas	65
<b>CUADRO N° 11:</b> Formación profesional	66
<b>CUADRO N° 12:</b> Contenido de los programas de estudio	67
<b>CUADRO N° 13:</b> : Preparación académica, intelectual y psicológica	68
<b>CUADRO N° 14:</b> Material didáctico	69
<b>CUADRO N° 15:</b> Utilización de una guía teórico práctico con maquetas en los laboratorios	70
<b>CUADRO N° 16:</b> Práctica en el laboratorio	71
<b>CUADRO N° 17:</b> Laboratorios	72
<b>CUADRO N° 18:</b> Maqueta didáctica	73
<b>CUADRO N° 19:</b> Mejora del nivel académico	74
<b>CUADRO N° 20:</b> Implementación de la maqueta didáctica	75

## ÍNDICE DE GRAFICOS

CONTENIDO	PÁGINA
<b>GRAFICO N° 1:</b> Nivel académico de los estudiantes	56
<b>GRAFICO N° 2:</b> Contenido de las asignaturas	57
<b>GRAFICO N° 3:</b> Proceso de formación profesional	58
<b>GRAFICO N° 4:</b> Utilización de laboratorios	59
<b>GRAFICO N° 5:</b> Laboratorios	60
<b>GRAFICO N° 6:</b> Practica de laboratorio	61
<b>GRAFICO N° 7:</b> Guía Teórico Práctico de Motores Eléctricos trifásicos con maqueta didáctica	62
<b>GRAFICO N° 8:</b> Avance tecnológico de los laboratorios	63
<b>GRAFICO N° 9:</b> Mejora del nivel académico	64
<b>GRAFICO N° 10:</b> Habilidades y destrezas	65
<b>GRAFICO N° 11:</b> Formación profesional	66
<b>GRAFICO N° 12:</b> Contenido de los programas de estudio	67
<b>GRAFICO N° 13:</b> : Preparación académica, intelectual y psicológica	68
<b>GRAFICO N° 14:</b> Material didáctico	69
<b>GRAFICO N° 15:</b> Utilización de una guía teórico práctico con maquetas en los laboratorios	70
<b>GRAFICO N° 16:</b> Práctica en el laboratorio	71
<b>GRAFICO N° 17:</b> Laboratorios	72
<b>GRAFICO N° 18:</b> Maqueta didáctica	73
<b>GRAFICO N° 19:</b> Mejora del nivel académico	74
<b>GRAFICO N° 20:</b> Implementación de la maqueta didáctica	75

## INTRODUCCION

El presente trabajo es desarrollado en tres capítulos, donde se aborda el estudio de los motores eléctricos trifásicos.

En el capítulo uno se hace una descripción general del proceso de los motores eléctricos trifásicos, donde se explica lo que es un motor, sus partes, funcionamiento, conexiones básicas como son en estrella - triángulo y mantenimiento de dichos motores.

En el capítulo dos se desarrolla un análisis y tabulación mediante la elaboración de cuadros y gráficos de los datos obtenidos de las encuestas y entrevistas realizadas a estudiantes, personal docente y autoridades de la Especialidad de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

En el capítulo tres se analiza una descripción de los componentes de los motores eléctricos trifásicos, JAULA DE ARDILLA, ROTOR DEVANADO Y SICRÓNICO, con el fin de convertirlos en maquetas didácticas; adicionalmente se realizarán las conexiones con todos los elementos necesarios que permitan realizar las prácticas de laboratorio, mantenimiento y seguridades en el cual se encuentran detalladas las actividades que se deben realizar tanto en materiales, equipo y herramientas que se deben utilizar durante las prácticas, este es para mantener trabajando en condiciones óptimas de funcionamiento y reducir las posibilidades de fallas; de los motores trifásicos es decir, nos permita prolongar el tiempo de vida útil del equipo ya sea realizado por estudiantes o docentes.

## CAPITULO I

### EL MOTOR ELECTRICO TRIFASICO, SUS PARTES Y COMPONENTES

#### 1.1 El motor eléctrico trifásico

Según el autor: **Faraday, Michael** (1791-1867), fue quien descubrió el principio del motor eléctrico mediante la inducción dice:

**“A un motor eléctrico se lo define como una máquina que nos permite convertir una energía eléctrica en energía mecánica mediante un movimiento rotatorio y sus componentes son imanes, escobillas que van encima del conmutador, hilo de cobre, láminas superpuestas donde va enrollado el hilo, conmutador, eje de metal donde se coloca la bobina de hilo de cobre, carcasa donde se introducen todos los componentes”. [Pag. 59]**

**FIGURA 1**  
MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO



Fuente: IEM Instalación y mantenimiento

Realizado por: Grupo Investigador

### *1.1.1 ¿Que es el motor eléctrico trifásico?*

“Un motor es una máquina motriz, que convierte una forma cualquiera de energía, en energía mecánica de rotación o par”<sup>1</sup>.

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas rotatorias que transforman la energía eléctrica en energía mecánica. Debido a sus múltiples ventajas, entre las que cabe citar su economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento, el motor eléctrico ha reemplazado en gran parte a otras fuentes de energía, tanto en la industria, en el transporte, las minas, el comercio, o el hogar.

Los motores eléctricos satisfacen una amplia gama de necesidades de servicio, desde arrancar, acelerar, mover, o frenar, hasta sostener y detener una carga. Estos motores se fabrican en potencias que varían desde una pequeña fracción de caballo hasta varios miles, y con una amplia variedad de velocidades, que pueden ser fijas, ajustables o variables.

La mayoría de los motores eléctricos son reversibles, es decir, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores; son ampliamente utilizados en instalaciones industriales, comerciales y particulares, pueden funcionar conectados a una red de suministro eléctrico o a baterías.

Un motor trifásico normal o estándar para uso a velocidad constante, tiene grandes áreas de ranuras para una muy buena disipación de calor y barras con ranuras ondas en el motor. Durante el periodo de arranque, la densidad de corriente es alta cerca de la superficie del rotor; durante el periodo de la marcha, la densidad se distribuye con uniformidad.

Esta diferencia origina algo de alta resistencia y baja reactancia de arranque, con lo cual se tiene un par de arranque entre 1.5 y 1.75 veces el nominal (a plena carga). El par de arranque es relativamente alto y la baja resistencia del rotor produce una aceleración bastante rápida hacia la velocidad nominal.

---

<sup>1</sup>Maquinas Eléctricas, Sanjuro Navarro R. Editorial Mc-Granw-Hill.Madrid, 1989.

Tiene la mejor regulación de velocidad pero su corriente de arranque varía entre 5 y 7 veces la corriente nominal normal, haciéndolo menos deseable para arranque con línea, en especial en los tamaños grandes de corriente que sean indeseables.

El motor trifásico se “compone fundamentalmente de un rotor y un estator, ambas partes están formadas por un gran número de laminas ferromagnéticas, que disponen de ranuras, en las cuales se alojan los devanados estatoricos y rotoricos respectivamente”<sup>2</sup>. Al alimentar el bobinado trifásico del estator, con un sistema de tensiones trifásicas, se crea un campo magnético giratorio, el cual induce en las espiras del rotor una fuerza electromagnética, y como todas las espiras forman un circuito cerrado, circula por ellas una corriente, obligando al rotor a girar en el mismo sentido que el campo giratorio del estator.

Se supone tres grupos de bobinas conectadas en triángulo, formando entre sí ángulos iguales, cada grupo de bobinas se conecta a una fase de la Corriente Alterna. Como sabemos las “corrientes trifásicas tienen distinta intensidad en cada fase y en cada momento que las consideramos, luego el valor del campo magnético generado por una fase dependerá de la intensidad en esta fase en el instante dado”<sup>3</sup>. De otra parte, al estar las intensidades desfasadas entre sí 120 grados eléctricos en los tres devanados, los valores de los campos magnéticos generados también estarán desfasados 120 grados.

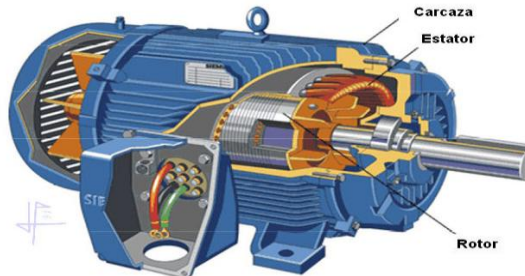
Estos tres campos magnéticos existentes en cualquier instante, se combinarán para producir un campo magnético resultante, que va girando a medida que varía la intensidad de la corriente de las tres fases.

---

<sup>2</sup> Maquinas Eléctricas, Sanjuro Navarro R. Editorial Mc-Granw-Hill.Madrid, 1989.

<sup>3</sup> Nichese; Electricidad y Automatismos. [En línea] 2011 <http://www.nichese.com>

**FIGURA 2**  
**PARTES DEL MOTOR ELECTRICO**



Fuente: <http://motor-asincrono.html>

Realizado por: Grupo Investigador

### ***1.1.2 Principio de funcionamiento.***

“Los motores de corriente alterna y los motores de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el cual circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético”<sup>4</sup>.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente eléctrica por un conductor se produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha.

---

<sup>4</sup> El ABC del Control Electrónico de las Maquinas Eléctricas, ENRIQUEZ Harper, EDITORIAL LIMUSA S.A, 2003.

### **1.1.3 Conexiones básicas del motor trifásico.**

#### **➤ Estrella, Triangulo**

“Un motor eléctrico trifásico consta de tres cables conductores arrollados sobre un material magnético. Cada cable tiene dos extremos de conexiones en el exterior del motor” <sup>5</sup>. Según se realice la conexión exterior de estos terminales a la corriente exterior, obtendremos una conexión en estrella o en triángulo.

En ambas conexiones el motor consume la misma potencia, sin embargo, en la conexión en estrella la intensidad que circula por los cables hasta el motor es 1'7 veces menor que en triángulo, siendo la tensión soportada por el motor de 1'7 veces mayor en estrella que en triángulo.

La combinación de estos dos tipos de conexión ha dado lugar al diseño de una serie de mecanismos que efectúan automáticamente las conexiones necesarias para conseguir el arranque estrella-triángulo de los motores eléctricos trifásicos. El motor arranca en estrella y transcurridos unos segundos, se cambia la conexión a triángulo.

La razón de ser de este tipo de arranque es la fuerza que el motor debe vencer para empezar a moverse. Una vez el motor se encuentra girando, se requiere menos energía eléctrica para mantenerlo. Esta potencia extra que el motor necesita para el arranque se traduce en un aumento considerable de la intensidad de corriente (la tensión de la línea es siempre constante).

Si la potencia del motor es mayor de 0'75 KW, este aumento de intensidad en el arranque, provoca perturbaciones en el funcionamiento de otros receptores, pudiendo incluso hacer saltar las protecciones contra sobreintensidades.

En estrella esta intensidad inicial es 1'7 veces menor que en triángulo, compensando el aumento de consumo ocasionado.

---

<sup>5</sup> PEMEX; Motores Eléctricos [En línea] NRF-095-PEMEX-2004

<http://www.pemex.com/files/content/NRF-095-PEMEX-2005-06-firmado.pdf>

➤ *Arranque directo de motores trifásicos*

“Es el sistema de arranque más simple obtenido en un solo tiempo, pues consiste en conectar directamente a la red, a través de un interruptor, contactor, etc”<sup>6</sup>. de un motor, con este sistema el motor absorbe una corriente de arranque que oscila de 3 a 7 veces la intensidad nominal, el par de arranque es siempre superior al par nominal y permite el arranque rápido de una maquina a plena carga.

La ventaja que tiene es la simplicidad del material necesario para la puesta en marcha y un par de arranque muy energético. El inconveniente es la elevada corriente de arranque, que por lo tanto, puede provocar una caída de tensión, la cual deberá tenerse en cuenta, pues se debe limitar a un 5% con objeto de tener un buen cierre de los elementos de conexión (interruptores, contactores, etc.) y no disminuir el par de arranque.

“Las protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos deben soportar la corriente de arranque sin perder su eficacia durante el funcionamiento del motor”<sup>7</sup>.

El campo de aplicación de este tipo de arranque es para motores de pequeña potencia o de potencia débil con relación a la potencia de la red y para maquinas que no necesitan una progresiva puesta en velocidad.

Cuando llegan a igualarse el par del motor y el resistente, la velocidad se estabiliza junto con la corriente de la línea. Normalmente este sistema de arranque está limitado para la puesta en marcha de motores con una potencia no superior a 4 o 5 caballos aproximadamente, así la intensidad de arranque puede ser absorbida por la línea de distribución.

---

<sup>6</sup> Ayala A. Alberto Carlos; CIPEL [En línea] 2011

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar14/HTML/articulo05.htm>

<sup>7</sup> **Ayala A. Alberto Carlos;** CIPEL [En línea] 2011

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar14/HTML/articulo05.htm>

## 1.2 Protección de motores

Para la protección de los motores eléctricos se debe tomar en cuenta los siguientes factores: grados de protección contra contactos, contra cuerpos extraños y contra el agua.

La protección para las maquinas eléctricas viene dada por las condiciones arriba citadas y se señalan sobre la maquina o aparato eléctrico, tal como se indica en el siguiente ejemplo.

Sea por ejemplo una protección IP 56.

IP – 5 6

O 1<sup>a</sup> 2<sup>a</sup>

O = Corresponde a la norma de protección aplicada

1<sup>a</sup> cifra = Corresponde al grado de protección contra contactos y cuerpos extraños.  
(Protección total contra contactos. Protección contra dispositivos de cuerpos perjudiciales).

2<sup>a</sup> cifra = Corresponde al grado de protección contra el agua.  
(Protección contra inundaciones pasajeras, como mar gruesa).

**TABLA 1**  
**GRADOS DE PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS Y CONTRA CUERPOS**  
**EXTRAÑOS**

<b>PRIMERA CIFRA INDICADA</b>	<b>PROTECCION OFRECIDA</b>
0	Ninguna protección especial contra contactos. Ninguna protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños.
1	Protección contra contactos casuales de grandes superficies. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de diámetro superior a 12 mm.
2	Protección contra contacto con los dedos. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de diámetro superior a 12 mm.
3	Protección contra contactos con herramientas, hilos, etc. mayores de 2.5 mm de diámetro. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de diámetro superior a 2.5 mm.
4	Protección contra contactos con herramientas, hilos, etc. mayores de 1 mm de diámetro. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de diámetro superior a 1 mm.
5	Protección total contra contactos. Protección contra depósitos de polvos perjudiciales.
6	Protección total contra contactos. Protección contra la penetración de polvos.

Fuente: Principios de Electricidad y Electrónica

Realizado por: Grupo Investigador

**TABLA 2**  
GRADOS DE PROTECCIÓN CONTRA EL AGUA

<b>Segunda cifra indicativa</b>	<b>Protección ofrecida</b>
0	Ninguna protección especial contra el agua.
1	Protección contra la caída vertical de gotas de agua.
2	Protección contra la caída de gotas de agua inclinadas en cualquier ángulo hasta 15° con la vertical.
3	Protección contra rociado de agua en un ángulo de hasta 60° con la vertical.
4	Protección contra proyección de agua en todas las direcciones.
5	Protección contra chorros de agua en todas las direcciones.
6	Protección contra inundaciones pasajeras.
7	Protección contra inmersión (prueba 30min bajo 1m de agua).
8	Protección contra inmersión (según acuerdo entre fabricante y usuario).

Fuente: Principios de Electricidad y Electrónica

Realizado por: Grupo Investigador

**TABLA 3**  
**ÍNDICES DE PROTECCIÓN MECÁNICA**

SIN PROTECCION	SIN PROTECCION
Protegido contra cuerpos sólidos superior a 50 mm (ej. la mano).	1. Protegido contra las caídas verticales de gotas de agua.
Protegido contra cuerpos sólidos superior a 12 mm (ej. El dedo).	2. Protegido contra caídas de agua con una inclinación max. 15 grados.
Protegido contra cuerpos sólidos superior a 2.5 mm. (ej. hilos).	3. Protegido contra el agua en forma de lluvia max. 60 grados.
Protegido contra cuerpos sólidos superior a 1 mm. (ej. Hilos o cinta).	4. Protegido contra las proyecciones de agua en todas direcciones.
Protegido contra el polvo sin penetración dañina.	5. Protegido contra los chorros de agua de manguera.
Totalmente protegido contra el polvo.	6. Protegido contra los chorros de agua tipo golpes de mar.

Fuente: Principios de Electricidad y Electrónica

Realizado por: Grupo Investigador

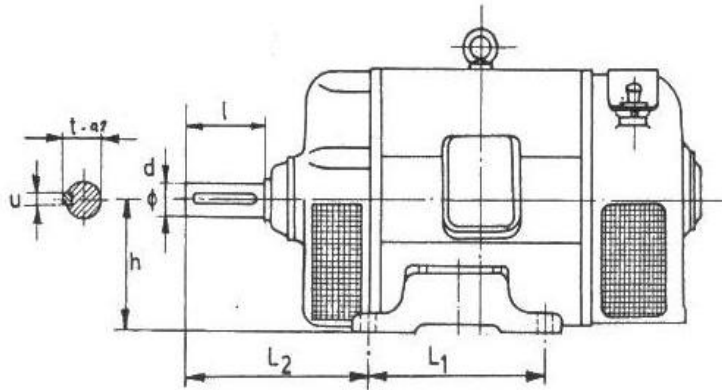
### **1.3 Partes constructivas de un motor trifásico.**

Las partes constructivas define al motor de cara a su utilización en la maquina o un determinado aparato accionado por el motor.

#### **1.3.1 Carcasa:**

La carcasa es la estructura exterior del motor, construido generalmente por hierro fundido o acero laminado y es la parte que sirve de soporte al núcleo magnético.

**FIGURA 3**  
**CARCASA DEL MOTOR ELECTRICO**



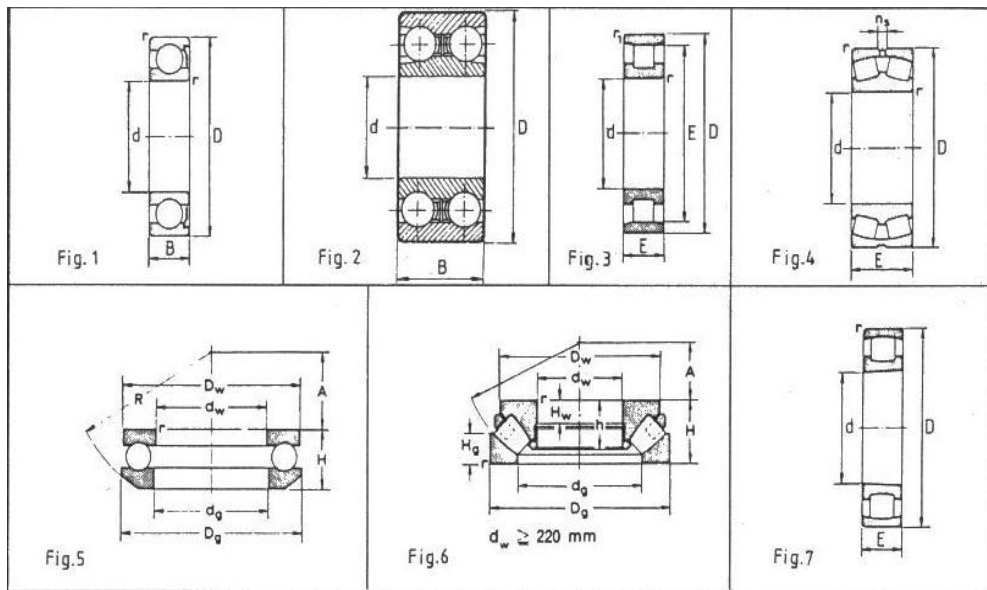
Fuente: INTECAP Instalación y mantenimiento  
 Realizado por: Grupo Investigador

**1.3.2 Rodamientos.**

Los rodamientos se dimensionan adecuadamente al trabajo que deben soportar, tanto en esfuerzo axial, como radial.

Los rodamientos soportan los esfuerzos generados por el propio motor y los esfuerzos que llegan desde la maquina accionada por el motor.

**FIGURA 4**  
**RODAMIENTOS**



Fuente: INTECAP Instalación y mantenimiento  
 Realizado por: Grupo Investigador

Fig. 1. Rodamiento rígido a bolas.

Fig. 2. Rodamiento a bolas con dos hileras.

Fig. 3. Rodamiento con una hilera de rodillos cilíndricos.

Fig. 4. Rodamiento con dos hileras de rodillos cilíndricos.

Fig. 5. Rodamiento a bolas para trabajo axial.

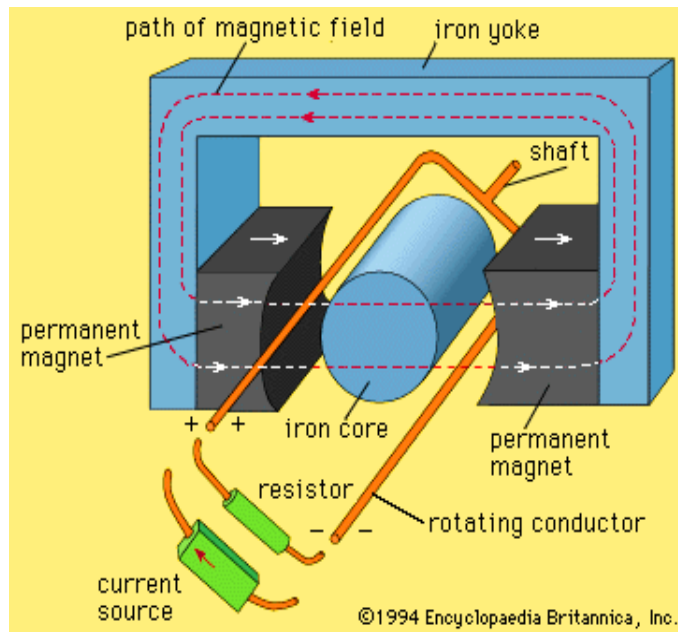
Fig. 6. Rodamiento a rodillos cilíndricos para trabajo axial.

Fig. 7. Rodamiento con una hilera de rodillos cilíndricos, con agujero cónico.

### 1.3.3 Núcleo Magnético:

Es un apilado de laminas ferromagneticas de pequeño espesor, aisladas entre sí por medio de barnices.

**FIGURA 5**  
NUCLEO MAGNETICO



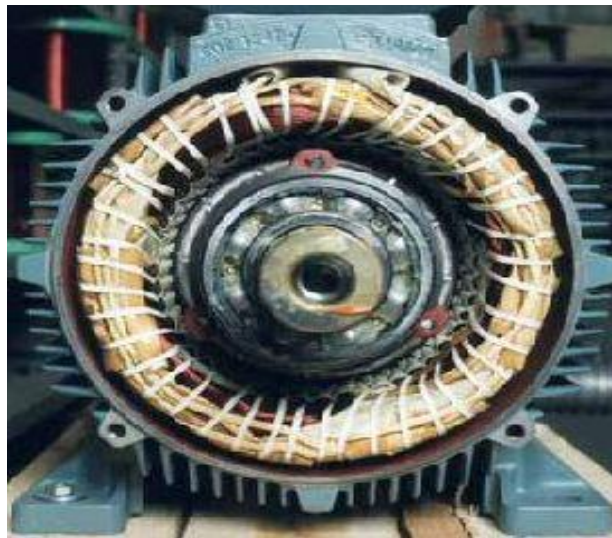
Fuente: IEM Instalación y mantenimiento

Realizado por: Grupo Investigador

### ***1.3.4 Bobinado Estatórico:***

Bobinas que tienen la función de producir el campo magnético. Están alojadas en las ranuras abiertas o semicerradas que tienen el núcleo.

**FIGURA 6**  
**BOBINADO ESTATORICO**



Fuente: Grupo Investigador  
Realizado por: Grupo Investigador

### ***1.3.5 Contactos.***

“Son elementos conductores que tienen por objeto establecer o interrumpir el paso de corriente, tanto en el circuito de potencia como en circuito de mando, tan pronto se energice la bobina, por lo que se denominan contactos instantáneos”<sup>8</sup>.

Todo contacto está compuesto por tres elementos: dos partes fijas ubicadas en la coraza y una parte móvil colocada en la armadura, para establecer o interrumpir el paso de la corriente entre las partes fijas. El contacto móvil lleva un resorte que garantiza la presión y por consiguiente la unión de las tres partes.

---

<sup>8</sup> WEG. Catalogo; Motor de Inducción Trifásico de Alta y Baja Tensión [En línea] 2011.

**FIGURA 7**  
**CONEXIONES MOTOR ELECTRICO**



Fuente: Grupo Investigador  
Realizado por: Grupo Investigador

### ***1.3.6 Eje del Motor.***

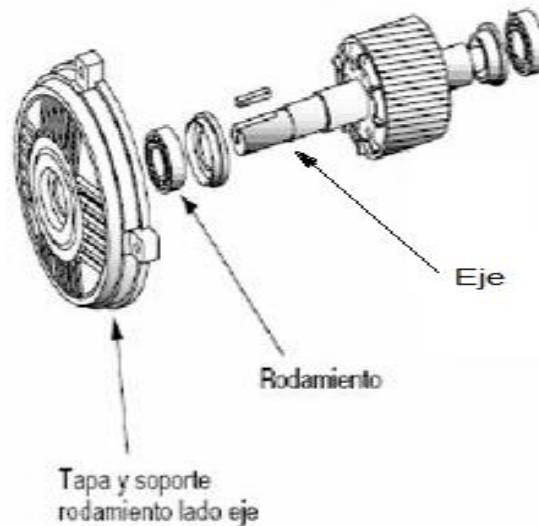
Fuerza del motor, el eje es el elemento de aplicación de la energía eléctrica transformada en energía mecánica.

Las dimensiones del eje son proporcionales a la potencia del motor, es decir, a mas potencia mas diámetro.

El técnico que aplica el motor, debe tener en cuenta los datos respecto al eje que se encuentran a continuación:

- Diámetro de eje ( $\emptyset$ )
- Dimensionado del chavetero.
- Extremos del eje respecto a la base del motor (patas).
- Carga que puede soportar el eje.

**FIGURA 8**  
**EJE DEL MOTOR**



Fuente: INTECAP Instalación y mantenimiento

Realizado por: Grupo Investigador

### ***1.3.7 Equilibrado y Embalamiento.***

Resulta muy importante para la vida del motor asegurar que el motor, parte mecánica en giro, esté perfectamente equilibrado, especialmente cuando se trata de motores con elevadas velocidades y grandes potencias, ya que un correcto equilibrado, evitara vibraciones en el motor y en la maquina en que este instalado. Se recuerda la necesidad de que los accesorios que se añaden al motor (poleas, piñones, acoplamientos, etc.) estén equilibrados.

Un mal equilibrio del motor y sus accesorios repercute sobre los rodamientos, círculo magnético, conexiones del motor, ventilación, etc. siendo causa de averías y problemas en general.

### ***1.3.8 Engrase.***

Los rodamientos de los motores disponen de engrase permanente. Como norma general deberán observarse las consignas establecidas por el constructor para cada tipo de motor, tanto en la frecuencia de engrase (horas de trabajo), como en el tipo de lubricante que deba utilizarse en cada caso.

### ***1.3.9 Refrigeración.***

A continuación se enumeran los diferentes tipos de refrigeración utilizados para enfriar motores.

1. Ventilación natural.- Motor refrigerado por el aire movido por el rotor del motor.
2. Autoventilación.- Motor refrigerado por ventilador (aspas) colocado sobre el propio eje del motor.
3. Ventilación forzada.- Motor refrigerado por medios externos a base de aire u otro fluido refrigerante.
4. Refrigeración interna.- El motor es refrigerado por movimiento del aire que circula a través del motor que remueve el aire de forma constante.
5. Refrigeración superficial.- El motor se refrigera por evacuación del calor al medio ambiente refrigerante.
6. Refrigeración en círculo cerrado.- Al motor llega aire enfriado que se ha hecho pasar por un intercambiador de calor que enfría el aire caliente evacuado de motor.
7. Refrigeración por medios líquidos.- La refrigeración del motor se hace por agua u otro fluido que previamente se ha enfriado, haciéndolo pasar por un intercambiador de calor.

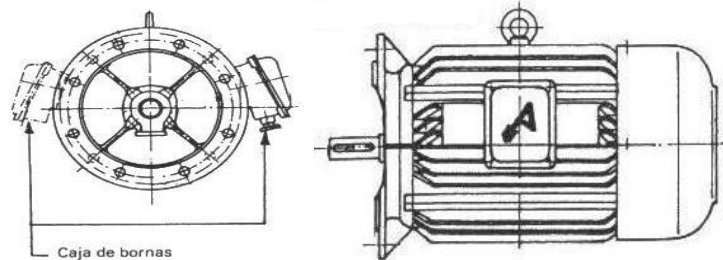
### ***1.3.10 Cajas de Bornas.***

La caja de bornas es el punto en donde se hace la conexión del motor, suministrándole la corriente eléctrica que le permita marchar (girar).

La caja de bornas irá situada en la posición que más convenga a la llegada de los cables, por lo que podrá indicarse al proveedor el lugar deseado.

La caja de bornas contiene los principios y finales de las bobinas del motor; la conexión de las mismas se realizan de acuerdo con el catalogo o instrucciones del constructo.

**FIGURA 9**  
**CAJA DE BORNES**



Fuente: INTECAP Instalación y mantenimiento  
Realizado por: Grupo Investigador

### **1.3.11 Escobillas:**

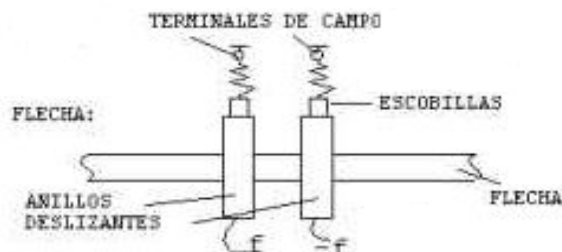
Los motores trifásicos con rotor en cortocircuito no tienen escobillas, pero si las tienen los motores con rotor bobinado y los motores de colector de baja tensión. En estos dos casos, las escobillas son de bronce o aleadas.

Los motores de corriente continua y los universales llevan escobillas duras a base de grafito natural o electrolítico.

Las escobillas se desgastan, por lo que al sustituirlas, debe presentarse la máxima atención para asegurar que sean del mismo tipo y calidad.

Como es conocido, las escobillas y el colector son uno de los puntos débiles de los motores que las llevan por lo que requieren una atención particular.

**FIGURA 10**  
**ESCOBILLAS**



Fuente: INTECAP Instalación y mantenimiento  
Realizado por: Grupo Investigador

### ***1.3.12 Ruidos y Vibraciones:***

Cada vez se presenta más atención en los parámetros de ruido y vibración de los motores. Respecto al ruido fija los niveles máximos de ruido admisibles y que se expresa en decibeles (db).

El nivel de ruido máximo permitido dependerá en gran manera del lugar donde vaya instalado el motor. No tienen la misma tolerancia un taller mecánico que un local donde se cosen prendas textiles.

Las vibraciones son un problema que incide directamente sobre la vida de los rodamientos y por lo tanto, sobre las partes móviles del motor. Un mal equilibrado del motor repercute sobre el motor, sino sobre toda la máquina a la que se transmite el movimiento. El problema de vibraciones exteriores al motor, también incide sobre el motor a través de los acoplamientos y del chasis donde está anclado el motor.

### ***1.3.13 Pintura de Protección:***

Los motores están provistos de una pintura de protección.

Ej. Color gris, RAL 7031 que corresponde a esfuerzos climáticos “humedad mediana”, es decir, al grado de humedad 83.

Otros colores, así como otras pinturas de protección contra ambientes especiales (tropicales, químicos) a petición del usuario.

## **1.4 Tipos de motores a estudiar**

### ***1.4.1 De rotor devanado o anillos rozantes***

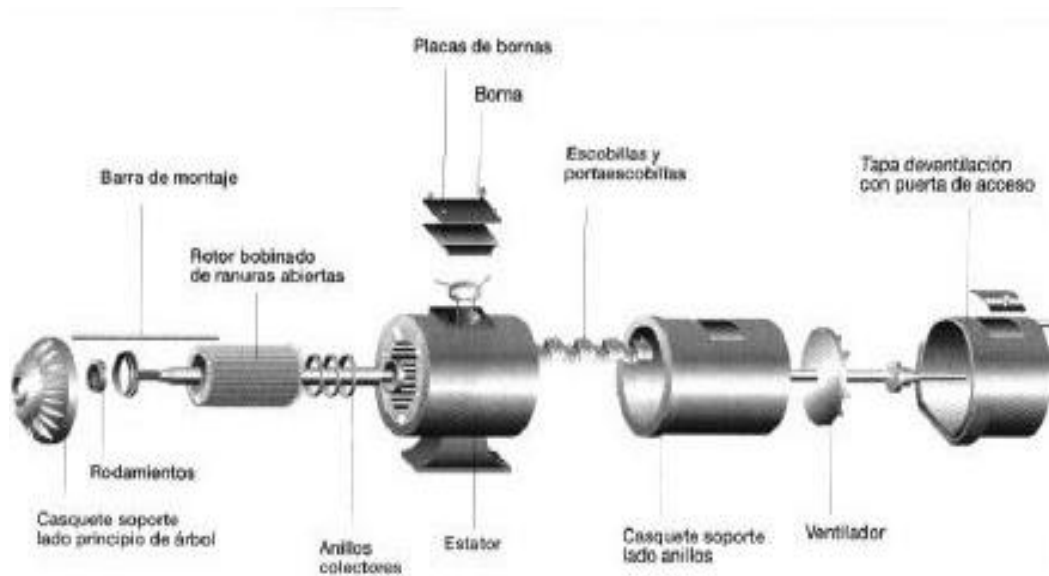
“Un motor de este tipo funciona por el mismo principio que el de jaula de ardilla, ya que el campo magnético rotatorio establecido por el devanado del estator reacciona con los polos magnéticos inducidos del rotor y se produce la rotación”<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Principios de Electricidad y Electrónica, Hermosa Donate, A. II EDITORIAL MARCOMBO S.A. BARCELONA ESPAÑA, 1999.

El motor de inducción con anillos rozantes, de tipo medio, producirá un par de arranque igual a tres veces el normal a plena carga con una intensidad de corriente de 2.5 veces lo normal. Con toda la resistencia anterior desconectada, la variación de velocidad desde carga cero a plena carga no excederá del 5% de la velocidad normal. A medida que aumenta la resistencia en el circuito del rotor, el grado de regulación de velocidad se hace rápidamente más pobre.

**FIGURA 11**  
MOTOR DE ROTOR DEVANADO



Fuente: INTECAP Instalación y mantenimiento

Realizado por: Grupo Investigador

#### ***1.4.1.1 Arranque del motor de inducción de rotor devanado.***

El par de arranque de estos motores se puede ajustar mediante una resistencia externa al rotor para dar pares de arranque que puedan llegar hasta el par máximo del motor. Como limita la corriente en el circuito del rotor y como da un mayor factor de potencia y par en el instante de arrancar, se reduce considerablemente la corriente de línea del estator.

#### ***1.4.1.2 Característica par motor - velocidad de cargas mecánicas.***

Para un sistema dotado de movimiento de rotación  $P = C \cdot \omega$

Donde:

P es la potencia desarrollada

C es el par del motor desarrollado

$\omega$  es la velocidad angular del movimiento ( en el sistema MKSI, P en W, C en N\*m y  $\omega$  en rad/seg.) matemáticamente existen varias combinaciones de C y  $\omega$  de modo que den el mismo valor de P; físicamente sin embargo, una carga mecánica específica asocia a un único par (C,  $\omega$ ) a la carga de la potencia P. La curva en C, en función de  $\omega$  muestra tal dependencia, y es una característica fundamental para el proceso de selección del motor adecuado al accionamiento, con vistas a un funcionamiento estable, económico y satisfactorio.

##### ***1.4.1.2.1 En función de sus características par - velocidad, se pueden dividir las cargas mecánicas en seis grandes grupos:***

- 1) Par constante, prácticamente independiente de la rotación, ejemplos grúas, cabrestantes, guindastes, transportadores de correas bajo cargas constantes.
- 2) Par que varía linealmente con la rotación. Ejemplos molinos de rodillos, bombas de pistón, cepillos y sierras para madera.
- 3) Par que varía con el cuadrado de la velocidad de rotación (variación parabólica) ventiladores, mezcladoras, centrifugadoras, bombas centrífugas, bombas de vacío, compresores.
- 4) Par que varía inversamente con la rotación, resultando potencia constante. Ejemplos máquinas - herramientas.
- 5) Par que varía de forma no uniforme con la rotación, no siendo suficientemente exactas las aproximaciones por funciones matemáticas. Ejemplo: horno rotativo de altas prestaciones
- 6) Cargas que no solicitan pares (volantes). El propósito del volante es liberar la mayor parte de la energía cinética en él almacenada para los picos de demanda de energía por parte de la máquina accionada. El motor accionado debe por tanto dejar de actuar, esto es dejar de transferir, energía en condiciones de altos pares, pero teniendo la misión de restaurar al volante su velocidad original, lo cual se

lleva a cabo entre los picos de carga. Las prensas de perforación no de estampado profundo, no hidráulicas constituyen ejemplos de cargas que utilizan volantes según este principio.

#### ***1.4.1.3 Regulación de velocidad por deslizamiento***

Según TELEMECANIQUE (1999) **“La conexión de una resistencia permanente a las bornas de un motor de anillos reduce su velocidad de manera proporcional al valor de la resistencia. Se trata de una solución sencilla para alterar la velocidad”**. [1999, Página 82]

Las resistencias “de deslizamiento” pueden cortocircuitarse en varias posiciones para obtener la regulación discontinua de la velocidad o la aceleración progresiva y el arranque completo del motor. Deben soportar la duración del funcionamiento, especialmente cuando su función consiste en hacer variar la velocidad. Por este motivo, su volumen al igual que su coste, puede ser considerable.

Este proceso es sumamente simple y se utiliza con frecuencia. No obstante, conlleva dos inconvenientes importantes:

- Durante la marcha a velocidad reducida, gran parte de la energía tomada de la red se disipa y se pierde en las resistencias,
- La velocidad que se obtiene no es independiente de la carga pero varia con el par resistente que aplica la maquina al eje del motor. Para una resistencia dada, el deslizamiento es proporcional al par. Por ejemplo, la bajada de velocidad que se obtiene mediante una resistencia puede ser del 50 % a plena carga y solo del 25% a media carga, mientras que la velocidad en vacio permanece prácticamente invariable.

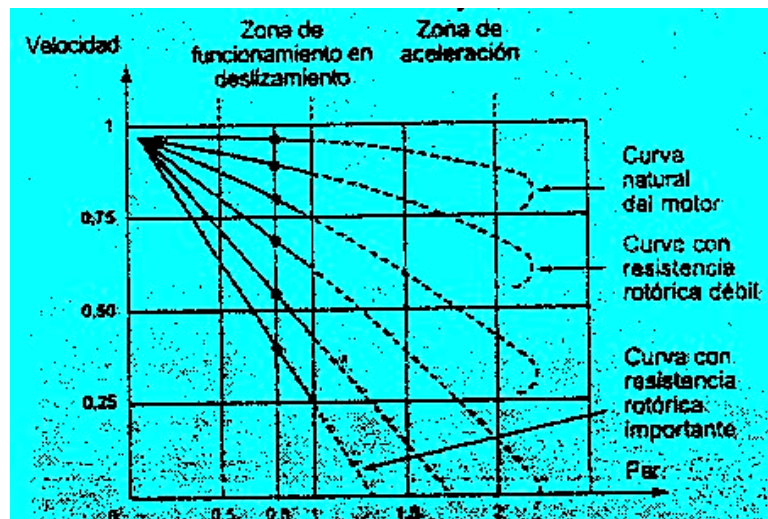
Si un operador vigila permanentemente la maquina, puede modificar bajo pedido el valor de la resistencia para establecer la velocidad de una zona determinada. Esta prácticamente funciona en el caso de los pares relativamente importantes, pero la regulación resulta prácticamente imposible en el caso de los pares débiles. De hecho, si se inserta una resistencia muy fuerte para obtener un punto “velocidad débil o para débil”, la menor variación del par resistente hace aumentar la velocidad de cero a cerca del 100%. Esta característica es muy inestable.

En el caso de las maquinas con variación particular del par resistente en función de la velocidad, el ajuste puede ser igualmente imposible.

Ejemplo de funcionamiento en deslizamiento. Con una maquina que aplique un par resistente de 0.8 Cn al motor, pueden obtenerse distintas velocidades representadas por el signo – en el diagrama.

A igual de par, la velocidad disminuye cuando la resistencia rotórica aumenta.

**FIGURA 12**  
CURVA DE VELOCIDAD/PAR CON RESISTENCIAS “DE DESLIZAMIENTO”



Fuente: Manual Electrónico Telemecanique Schneider

Realizado por: Grupo Investigador

### **1.4.2 Motores sincrónicos:**

Según ENRIQUEZ Harper, El ABC del Control Electrónico de las Maquinas Eléctricas (2003) dice:

**“Los motores sincrónicos son un tipo de motor eléctrico de corriente alterna. Su velocidad de giro es constante y depende de la frecuencia de la tensión de la red eléctrica a la que esté conectada y por el número de pares de polos del motor, siendo conocida esa velocidad como velocidad de sincronismo”.[2003, página 247]**

La única condición para que esto ocurra consiste en que ambos campos roten a la velocidad sincrónica:

$$n_s = \frac{120f}{p}$$

Es decir, son motores de velocidad constante.

Para una máquina sincrónica de polos no salientes (rotor cilíndrico), el par se puede escribir en términos de la corriente alterna del estator,  $i_s(t)$ , y de la corriente continua del rotor,  $i_f$ :

$$T = k \cdot \frac{i_s(t)}{i_f} \cdot \frac{1}{\text{sen}(\gamma)}$$

Donde  $\gamma$  es el ángulo entre los campos del estator y del rotor

El rotor de un alternador de dos polos debe hacer una vuelta completa para producir un ciclo de c-a. Debe girar 60 veces por segundo (si la frecuencia fuera de 60 Hz), o 3.600 revoluciones por minuto (rpm), para producir una c-a de 60 Hz. Si se puede girar a 3.600 rpm tal alternador por medio de algún aparato mecánico, como por ejemplo, un motor de c-c, y luego se excita el inducido con una c-a de 60 Hz, continuará girando como un motor síncrono.

Su velocidad de sincronismo es 3.600 rpm. Si funciona con una c-a de 50 Hz, su velocidad de sincronismo será de 3.000 rpm. Mientras la carga no sea demasiado pesada, un motor síncrono gira a su velocidad de sincronismo y solo a esta velocidad. Si la carga llega a ser demasiado grande, el motor va disminuyendo velocidad, pierde su sincronismo y se para. Los motores síncronos de este tipo requieren toda una excitación de c-c para el campo (o rotor), así como una excitación de c-a para el estator.

Se puede fabricar un motor síncrono construyendo el rotor cilíndrico normal de un motor tipo jaula de ardilla con dos lados planos. Un ejemplo de motor síncrono es el reloj eléctrico, que debe arrancarse a mano cuando se para. En cuanto se

mantiene la c-a en su frecuencia correcta, el reloj marca el tiempo exacto. No es importante la precisión en la amplitud de la tensión.

#### **1.4.2.1 Funcionamiento del motor sincrónico:**

Una característica distintiva del motor sincrónico es que funciona, sin deslizamiento, a la velocidad sincrónica determinada por la frecuencia y el número de polos con que está construido; de estas características obtiene su nombre. Esto se logra mediante un campo rotatorio establecido por las bobinas del estator, energizadas por corriente alterna (similar al principio de un motor de inducción) y un campo independiente establecido por las bobinas del rotor, en número igual a las del estator, pero energizadas por corriente directa. A la velocidad de marcha, estas se unan magnéticamente, a las otras, de manera que el rotor gira a velocidad sincrónica, o en fase con el campo magnético rotatorio del estator.

El motor sincrónico, cuando funciona normalmente, está excitado por una fuente de corriente continua con el único propósito de producir polos alternos norte y sur que son atraídos por el campo magnético rotatorio del estator; es esencial tener el mismo número de polos en el rotor que los que posee en el devanado del estator.

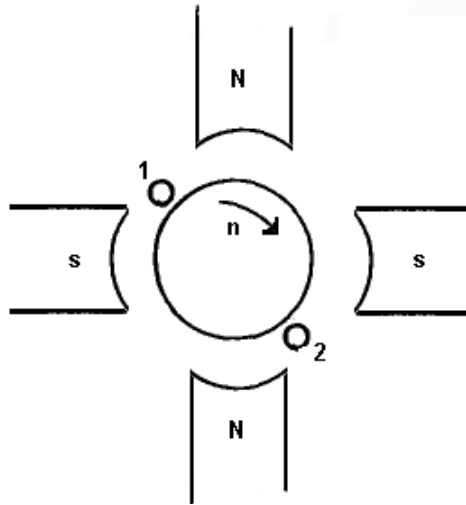
Los campos magnéticos de los polos del rotor se “unen en fase” con el campo giratorio del estator, que los hace girar a la velocidad (frecuencia) del propio estator, y producida, realmente, por el generador que alimenta al motor.

##### **1.4.2.1.1 Frecuencia**

Para determinar la frecuencia de la onda generada, hacemos la siguiente consideración: un conductor que se desplaza de la posición (1) a la posición (2) al pasar bajo un par de polos genera: 1 ciclo – fig. 1.13 cuando da una vuelta, genera: p ciclos girando a n vueltas / min., generará: p. n ciclos / min. En segundos será:  $60 \text{ p.n} \text{ ciclos / seg.} = \text{frecuencia en HZ}$  por lo tanto:  $60 f = \text{p.n}$

De esta expresión, para 50 Hz, se obtienen las velocidades de sincronismo, que en función de los pares de polos, son: 3.000; 1.500; 1.000.

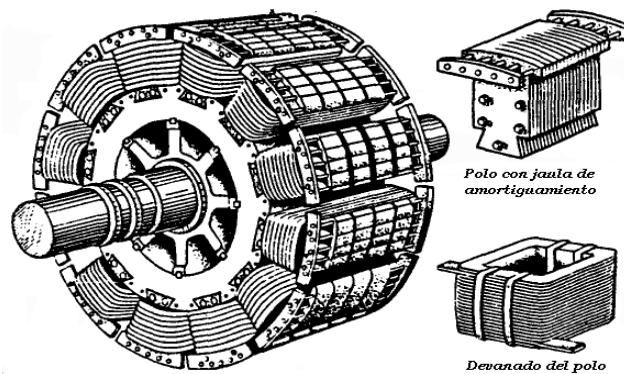
**FIGURA 13**  
FRECUENCIA DE GIRO



Fuente: INTECAP Instalación y mantenimiento  
Realizado por: Grupo Investigador

De esta expresión, para 50 Hz, se obtienen las velocidades de sincronismo, que en función de los pares de polos, son: 3.000; 1.500; 1.000.

**FIGURA 14**  
ASPECTO EXTERIOR DE UN ROTOR

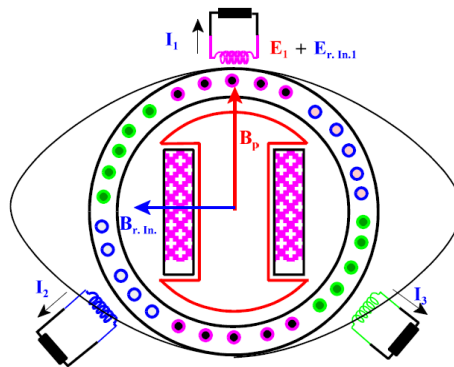


Fuente: INTECAP Instalación y mantenimiento  
Realizado por: Grupo Investigador

#### 1.4.2.1.2 Circuito equivalente.

Supongamos una máquina síncrona funcionando como generador. Si por el inducido de la máquina circula corriente (está en vacío), el circuito equivalente por cada una de las fases es verdaderamente sencillo. Se tendría una simple fuente de tensión alterna  $E$ . La magnitud de esa tensión dependerá de la excitación del inductor, a más excitación mayor tensión. Manteniéndose una relación lineal entre corriente de excitación y tensión inducida, siempre que no se llegue a saturar al material magnético.

**FIGURA 15**  
CIRCUITO EQUIVALENTE



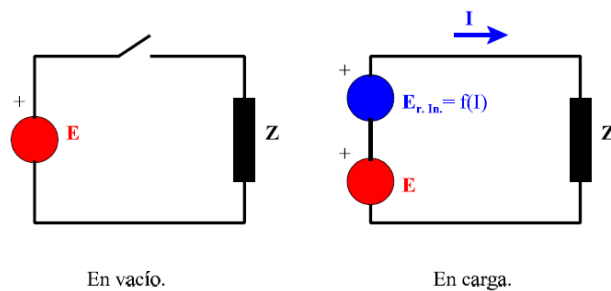
Fuente: <http://www.tuveras.com/motorsincrono/motorsincrono.htm>

Realizado por: Grupo Investigador.

Si por los devanados del estator se conecta sendas cargas, entonces, por esos devanados circularán otras tantas corrientes, las cuales darán origen a su vez a un nuevo campo magnético.

Esta es la forma en la que el inducido reacciona, de hecho, a este nuevo campo, se le llama campo de reacción de inducido. Ahora bien, si la máquina está perfectamente equilibrada y la carga exterior también lo está; entonces, las corrientes engendrarán un campo magnético giratorio, de velocidad justamente la del rotor, de modo que los dos campos serán estacionarios entre sí, dando como resultado un único campo compuesto por la suma vectorial de ambos. Y consecuentemente, la fuerza electromotriz que se induzca en las bobinas del “inducido” será suma las fuerzas electromotrices inducidas por cada uno de los campo.

**FIGURA 16**  
**CIRCUITO EQUIVALENTE**



Fuente: <http://www.tuveras.com/motorsincrono/motorsincrono.htm>

Realizado por: Grupo Investigador

El circuito que representaría cada una de las fases del inducido (estator) sería pues diferente, según que por ellas circulara o no corriente, apareciendo en el caso de que sí se tuviese una corriente  $I$  una fuente de tensión adicional dependiente de esta corriente y a la que se puede llamar de reacción de inducido  $Er. In.$ , que habría que añadir a la fuerza electromotriz principal generada directamente por el inductor  $E$ .

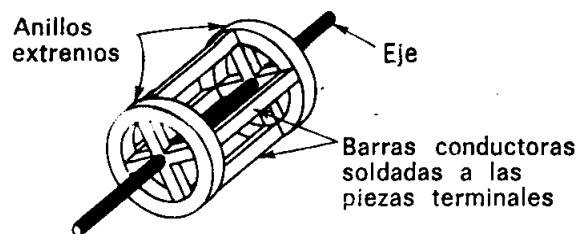
Para poder efectuar correctamente la suma de las tensiones  $E$  y  $Er. In$  debemos averiguar cuál es el ángulo que forman entre ellas, para ello, consideremos en primer lugar que la carga exterior conectada a cada una de las tres fases es tal que la fuerza electromotriz debida al campo principal  $E$  y la corriente exterior  $I$  están en fase. Para conseguir que estas dos magnitudes estén en fase, la carga a conectar no será seguramente resistiva, sino que deberá tener una componente reactiva, pues cuando circula corriente por las fases del inducido, la fuerza electromotriz que da lugar a estas corrientes depende tanto del campo principal como del de reacción de inducido.

Reparemos solamente en lo que ocurre en la primera de las fases ayudándonos de la figura adjunta. La fuerza electromotriz debida al campo principal  $E$  más la debida a la reacción de inducido  $Er. In$  darán lugar a la corriente  $I$ , suponemos que esta corriente y el campo inductor están en fase; o dicho de otra forma; la corriente exterior y la fuerza electromotriz debida al campo inductor principal son máximas en los mismos instantes de tiempo. Si el campo principal pasa justamente delante de los conductores de la primera fase, según se muestra en la figura 16, será esta fase la que en ese instante tenga la tensión  $E$  máxima, y si la

corriente está en fase, por los conductores de esta fase pasará también una corriente máxima. En las otras dos fases va a ocurrir lo mismo que en la primera pero con un desfase temporal equivalente a los ciento veinte grados de desfase espacial entre las bobinas.

#### ***1.4.3 Motores con rotor jaula de ardilla.***

**FIGURA 17**  
**JAULA DE ARDILLA**



Fuente: Chapman Stephen Maquinas Eléctricas  
Realizado por: Grupo Investigador

“Son aquellos cuyo rotor está integrado por un paquete de laminas ferromagneticas de espesores muy pequeños, aislados entre sí. Este conjunto se comprime y se encaja en el eje, haciendo tope sobre unas hendiduras que lleva, de forma que no pueden salirse”<sup>10</sup>.

El bobinado del rotor está formado por un conjunto de conductores desnudos, de cobre o aluminio, y puestos en cortocircuito, al soldarlos a dos anillos frontales del mismo material. Por el parecido que tienen con una jaula de ardilla recibe ese nombre. Cuando se energizan estos motores absorben una corriente muy grande, pudiendo provocar, si la línea de alimentación es insuficiente, una caída de tensión apreciable, capaz de producir perturbaciones en otros receptores y aparatos de iluminación, por lo cual, cuando superen cierta potencia, el arranque ya no debe ser directo.

---

<sup>10</sup> Principios de Electricidad y Electrónica, Hermosa Donate, A. II EDITORIAL MARCOMBO S.A. BARCELONA ESPAÑA, 1999.

Un rotor de jaula de ardilla es la parte que rota usada comúnmente en un motor de inducción de corriente alterna. Un motor eléctrico con un rotor de jaula de ardilla también se llama "motor de jaula de ardilla". En su forma instalada, es un cilindro montado en un eje. Internamente contiene barras conductoras longitudinales de aluminio o de cobre con surcos y conectados juntos en ambos extremos poniendo en cortocircuito los anillos que forman la jaula.

Para distinguir entre diversos tipos disponibles, la National Electrical Manufacturers Association (NEMA) ha desarrollado un sistema de identificación con letras en la cual cada tipo de motor comercial de inducción de jaula de ardilla se fabrica de acuerdo con determinada norma de diseño y se coloca en determinada clase, identificada con una letra. Las propiedades de la construcción eléctrica y mecánica el rotor, en las cinco clases NEMA de motores de inducción de jaula de ardilla, se resume en la siguiente tabla:

**TABLA 4**  
**CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DE INDUCCIÓN DE JAULA DE**  
**ARDILLA.**

<b>Clase NEMA</b>	<b>Par de arranque (# de veces el nominal)</b>	<b>Corriente de Arranque</b>	<b>Regulación de Velocidad (%)</b>	<b>Nombre de clase Del motor</b>
A	1.5-1.75	5-7	2-4	Normal
B	1.4-1.6	4.5-5	3.5	De propósito general
C	2-2.5	3.5-5	4-5	De doble jaula alto par
D	2.5-3.0	3-8	5-8 , 8-13	De alto par alta resistencia
F	1.25	2-4	mayor de 5	De doble jaula, bajo par y baja corriente de arranque.

Fuente: Grupo Investigador  
Realizado por: Grupo Investigador

**Nota:** Los voltajes citados son para el voltaje nominal en el arranque.

Una de las principales ventajas de todos los motores de jaula de ardilla, particularmente en aplicaciones de radio, es la falta de colector o de anillos colectores y escobillas. Esto asegura el funcionamiento libre de interferencias cuando se utilizan tales motores.

#### ***1.4.3.1. Relación de la velocidad de rotación con la frecuencia eléctrica.***

La velocidad del campo rotatorio, o sea, la velocidad sincrónica, es

$$N = \frac{120f}{P} \frac{r}{\text{min}}$$

En donde  $f$ = frecuencia y  $P$ = número de polos.

Hay dos tipos generales de rotores. El de jaula de ardilla consiste en barras gruesas de cobre, puestas en corto circuito por anillos de extremo o, las barras y los anillos de extremo pueden ser una sola pieza fundida de aluminio.

El de rotor devanado tiene devanado polifásico del mismo número de polos que el estator y las terminales se sacan hasta anillos deslizantes (rozantes), de modo que pueda introducirse resistencia externa. Los conductores del rotor tienen que cortar el campo rotatorio y, por tanto, el rotor no puede girar con velocidad sincrónica, porque debe existir deslizamiento. El deslizamiento es:

$$s = \frac{N - N_2}{N}$$

En donde  $N_2$ = velocidad del rotor, rpm.

La frecuencia del rotor es:

$$f_2 = sf$$

La torsión (par) es proporcional al flujo en el entrehierro y a los componentes de la corriente del rotor que están, en el espacio, en fase con él. La corriente del rotor tiende a retrasar las fem que las producen, debido a la reactancia de dispersión del rotor.

Como se ve en la formula anterior, la frecuencia del rotor y, por ende, su reactancia ( $x_2=2\pi f_2 L_2$ ) son bajas cuando el motor funciona cerca de su velocidad sincrónica, por lo cual hay un gran componente de corriente del rotor que, en el espacio, está en fase con el flujo.

Cuando hay grandes valores de deslizamiento, la frecuencia aumentada del rotor acrecienta la resistencia del rotor y, con ello, el retraso de las corrientes del rotor en relación con sus fem; por tanto, se desarrolla una considerable diferencia de fase, en el espacio, entre estas corrientes y el flujo.

En consecuencia, incluso grandes valores de corriente, la torsión puede ser pequeña. La torsión (par) del motor de inducción aumenta con el deslizamiento hasta que llega a un máximo llamado momento máximo de torsión.

## **1.5 Mantenimiento de los motores eléctricos trifásicos**

“En un mantenimiento de motores eléctricos, adecuadamente aplicada, se debe inspeccionar periódicamente niveles de aislamiento, la elevación de temperatura bobinas y soportes, desgastes, lubricación de los rodamientos, vida útil de los soportes, examinar eventualmente los ventiladores, cuanto al correcto flujo de aire, niveles de vibraciones, desgastes de escobas y anillas colectoras”<sup>11</sup>.

El descaso de uno de los ítems anteriores puede significar paradas no deseadas del equipo. La frecuencia con que deben ser hechas las inspecciones, depende del tipo del motor y de las condiciones locales de aplicación.

La carcasa debe ser mantenida limpia, sin acumulo de aceite o polvo en su parte externa para facilitar el intercambio de calor con el medio.

---

<sup>11</sup> Principios de Electricidad y Electrónica, Hermosa Donate, A. II EDITORIAL MARCOMBO S.A. BARCELONA ESPAÑA, 1999.

### 1.5.1 Plan de mantenimiento

**TABLA 5**  
**PLAN DE MANTENIMIENTO**

COMPONENTE	DIARIAMENTE	SEMANALMENTE	CADA 3 MESES	ANUALMENTE (revisión parcial)	CADA 3 AÑOS (revisión completa)
- Motor completo	- Inspección de ruido y de vibración		- Drenar agua condensada (si hay)	- Reapretar los tornillos	- Desmontar el motor. Verificar partes y piezas
- Bobinas del estator y rotor				- Inspección visual; medir resistencia del aislamiento	- Limpieza; verificar la fijación de las bobinas; medir resistencia del aislamiento
- Soportes	- Control de ruido	- Reengrasar: respetar intervalos conforme placa de lubricación			- Limpieza de los soportes, sustituir, si necesario; inspeccionar casquillo y sustituir, si necesario (soporte de manguito); inspeccionar pista de desliz (eje) y recuperar cuando necesario
- Cajas de conexión, conexión a tierra				- Limpiar interior, reapretar tornillos	- Limpiar interior y reapretar tornillos
- Acoplamiento (observe las instrucciones de mantenimiento del fabricante del acoplamiento)		- Después de la primera semana: verifique alineamiento y fijación		- Verifique alineamiento y fijación	- Verifique alineamiento y fijación
- Dispositivos de monitorización		- Registre los valores de la medición			- Si es posible, desmontar y hacer test del modo de funcionamiento
- Filtro			- Limpie (cuando necesario)	- Limpie (cuando necesario)	- Limpie (vea ítem 4.1.2)
- Áreas de las anillas		- Control y limpieza, si necesario		- Control y limpieza	
- Anillas		- Control de la superficie, limpieza y contacto			
- Escobas		- Control, sustituir cuando del tamaño haya sido gastado (vea marca de desgaste, figura 4.5)			
- Intercambiador de calor aire-aire					- Limpiar los tubos del intercambiador

Fuente: Grupo Investigador

Realizado por: Grupo Investigador

### 1.5.2 Advertencia cuánto al transporte.

Los motores previstos con rodamientos de esferas o rodillos, siempre que necesiten ser transportados, observar que el eje debe ser debidamente trabado, a fin de evitar daños a los mancales.

### ***1.5.3 Limpieza.***

Los motores deben ser mantenidos limpios, exentos de polvareda, detritos y aceites. Para limpiarlos, se debe utilizar escobas o trapos limpios de algodón. Si el polvo no es abrasivo, se debe emplear un soplete de aire comprimido, soplando la suciedad de la tapa deflectora y eliminando todo el acumulo de polvo contenido en las aletas del ventilador y en las aletas de refrigeración.

Los tubos de los intercambiadores de calor (sí existen) deben ser mantenidos limpios y desobstruidos para garantizar un perfecto intercambio de calor. Para la limpieza de los tubos, puede ser utilizada una baqueta con una escoba redonda en la extremidad, que al ser introducida en los tubos, retira la suciedad acumulada.

***Observaciones:*** Para la limpieza de los tubos, retirar la tapa trasera del intercambiador de calor e introducir la escoba en los tubos.

En el caso de intercambio de calor aire-agua, es necesaria una limpieza periódica en las tabulaciones del radiador para retirar cualquier incrustación que pueda existir.

En los motores de anillos, el compartimiento de las escobas/anillas colectoras, nunca deberá ser limpiado con aire comprimido y si con un aspirador de polvo o con trapos humedecidos con solventes adecuados.

Los restos impregnados de aceite o humedad pueden ser limpiados con trapos embebidos en solventes adecuados.

En motores con protección IP 54, se recomienda una limpieza en la caja de conexión.

Esta debe presentar los bornes limpios, sin oxidación, en perfectas condiciones mecánicas y sin depósitos de polvo en los espacios vacíos.

En ambiente agresivo, se recomienda utilizar motores con protección IP(W)55.

### ***1.5.4 Revisión Parcial***

- Drene el agua condensada.
- Limpie el interior de la caja de conexión.

- Inspección visual del aislamiento de las bobinas.
- Limpie las anillas colectoras.
- Verificar las condiciones de la escoba.
- Limpieza del intercambiador de calor.

### ***1.5.5 Revisión Completa***

- Limpie las bobinas sucias con un pincel o escobilla. Use un trapo humedecido con alcohol o con solventes adecuados para remover grasa, aceite y otras suciedades que estén adheridos sobre las bobinas. Seque con aire seco.
- Pase aire comprimido por entre los canales de ventilación en el paquete de chapas del estator, rotor y soportes.
- Drene el agua condensada, limpie el interior de las cajas de conexión y de las anillas colectoras.
- Mida la resistencia del aislamiento.
- Limpie el conjunto escobas, porta-escobas.
- Limpie completamente el intercambiador de calor.

***Observaciones:*** En caso del motor poseer filtros en la entrada y la salida de aire, los mismos deberán ser limpiados a través de pasaje del aire comprimido.

Caso la polvareda sea de difícil limpieza, lavarlos en agua fría con un detergente neutro y séquelos en la posición horizontal.

### ***1.5.6 Lubricación***

#### ***1.5.6.1 Soportes Lubricados con Grasa:***

La finalidad del mantenimiento, en este caso, es prolongar lo máximo, la vida útil del sistema de soportes.

El mantenimiento abrange:

- a) Observación del estado general en que se encuentran los soportes.
- b) Lubricación y limpieza.
- c) Examen más minucioso de los rodamientos.

El ruido en los motores deberá ser observado en intervalos regulares de 1 a 4 meses. Un oído bien entrenado es perfectamente capaz de distinguir el

aparecimiento de ruidos anómalos, aunque empleando medios bien simples (como un desarmador, etc.).

Para un análisis más confiable de los soportes, aconsejamos la utilización de equipos que permitan hacer análisis predictivas.

El control de la temperatura en los soportes también hace parte de la rutina del mantenimiento. Donde los soportes deben ser lubricados utilizando grasas recomendadas, y la temperatura nunca deberá ultrapasar los 60°C medido en la anilla externa del rodamiento.

La temperatura puede ser controlada permanentemente con termómetros, colocados de lado de fuera del soporte, o con termoelementos embutidos.

Las temperaturas de alarma y parada para los descansos de rodamiento pueden ser ajustadas para 90°C y 100°C.

Los rodamientos deben ser lubricados para evitar el contacto metálico entre los cuerpos girantes y también para proteger los mismos contra oxidación y desgaste.

Las propiedades de los lubricantes se deterioran en virtud del desgaste y trabajo mecánico, y más, todos los lubricantes sufren contaminación en el trabajo, por ésta razón se deben substituir de tiempo en tiempo.

#### ***1.5.6.2 Intervalos de lubricación***

Los motores en general son provistos con grasa POLIREX EM (fabricante: ESSO) basada en polyurea, suficiente para el periodo de funcionamiento indicado en la hoja de datos y en la placa de identificación de los rodamientos.

El periodo de relubricación depende del tamaño del motor, de la velocidad de rotación, de las condiciones de trabajo, del tipo de grasa utilizado y de la temperatura de trabajo.

El periodo de lubricación y el tipo de rodamientos para cada motor están gravados en la plaqueta de identificación colocada en el motor.

El motor que permanece en stock debe ser relubricado a cada 6 meses, todos los meses se debe girar el eje algunas vueltas para homogeneizar la grasa por los descansos.

**TABLA 6****GRASAS PARA DETERMINADAS APLICACIONES**

<b>ALGUNAS GRASAS TÍPICAS PARA DETERMINADAS APLICACIONES</b>			
<b>FABRICANTE</b>	<b>APLICACIÓN</b>	<b>GRASA</b>	<b>TEMPERATURA DE TRABAJO CONSTANTE (°C)</b>
ESSO	NORMAL	POLYREX EM (BASADA EN POLYUREA)	(-30 a +170)
		UNIREX N2 (BASADA EN LITIO)	(-30 a+165)
SHELL		(*)ALVANIA R3 (BASADA EL LITIO)	(-35a+130)
KLUBER	BAJAS TEMPERATURAS	ISOFLEX NBU 15 (COMPLEJO DE BARRIO)	(-60 a+130)

Fuente: Grupo Investigador

Realizado por: Grupo Investigador

**1.5.6.3 Calidad y cantidad de la grasa**

Es importante que se haga una lubricación adecuada, o sea, aplicar una grasa correcta y en cantidad indicada, ya que una lubricación deficiente como una lubricación en exceso, provocan efectos perjudiciales.

La lubricación en exceso ocasiona aumento de temperatura, debido a la gran resistencia que ofrece al movimiento de las partes rotativas, y principalmente debido a la licuación de la grasa, que acaba por perder completamente sus características de lubricación.

**1.5.6.3 Instrucciones para lubricación**

Todos los motores de alta y baja tensión poseen graseras para lubricación de los rodamientos. El sistema de lubricación fue proyectado para que en la relubricación de los rodamientos, toda la grasa sea retirada de las pistas de los rodamientos y expelida a través de un dren que permita la salida e impide la entrada de polvos u otros contaminantes nocivos al rodamiento. Este dren

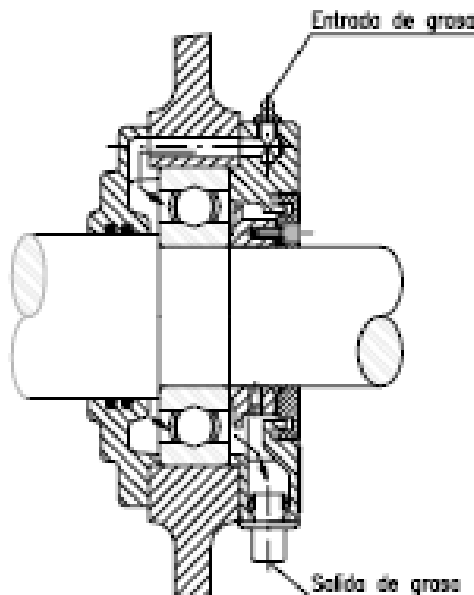
también evita el daño de los rodamientos por el conocido problema de la relubricación excesiva.

Es aconsejable hacer la relubricación durante el funcionamiento del motor, de modo a permitir la renovación de la grasa en el alojamiento de rodamiento. Si esto no fuera posible debido a la presencia de las piezas girantes cerca de la engrasadera (poleas, etc.) que pueden poner en riesgo la integridad física del operador, se procede de la siguiente manera:

- Se inyecta aproximadamente mitad de la cantidad total estimada de la grasa y se coloca el motor a girar durante aproximadamente 1 minuto en plena rotación;
- Se para el motor y se inyecta el restante de la grasa.

**Observaciones:** Es importante mantener las graseras limpias antes de la introducción de la grasa con el fin de evitar la entrada de materiales extraños en los rodamientos. Para lubricación, use exclusivamente pistola engrasadora manual.

**FIGURA 18**  
RODAMIENTOS Y SISTEMA DE LUBRICACION

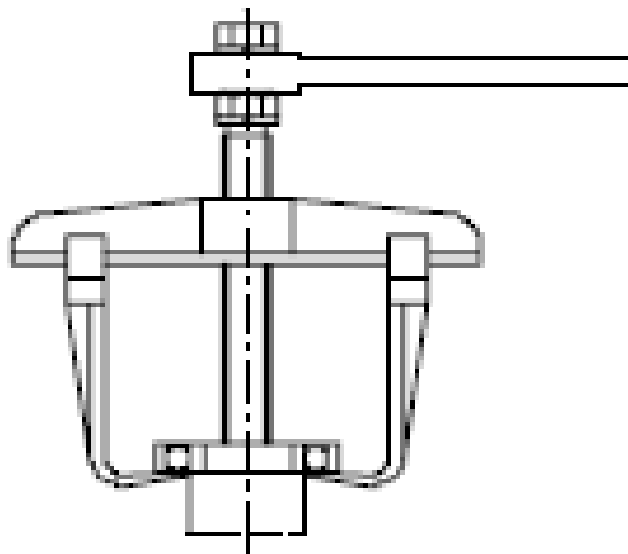


Fuente: INTECAP Instalación y Mantenimiento de Motores  
Realizado por: Grupo Investigador

### ***1.5.7 Substitución de rodamientos***

Con la finalidad de evitar daños a los núcleos, será necesario después de retirar la tapa del soporte cuñar el rotor en el entrehierro con cartulina de espesor correspondiente. El desmontaje de los rodamientos no es difícil, desde que se a usado herramientas adecuadas como el extractor de rodamientos con 3 garras como indica la figura 1.9

**FIGURA 19**  
**EXTRACTOR DE RODAMIENTOS**



Fuente: INTECAP Instalación y Mantenimiento de Motores  
Realizado por: Grupo Investigador

Las garras del extractor deberán ser aplicadas sobre la fase lateral de la anilla a ser desmontada, o sobre una pieza adyacente.

Es esencial que el montaje de los rodamientos sea efectuado en condiciones de rigurosa limpieza y por personas competentes, para asegurar un buen funcionamiento y evitar daños.

Los rodamientos nuevos solamente deberán ser retirados del embalaje en el momento de ser montados. Antes de la colocación del rodamiento nuevo, será necesario corregir cualquier señal de rebarba o golpes en el asiento del rodamiento del eje.

Los rodamientos no pueden recibir golpes directos durante el montaje. Se recomienda que sea calentados (calentador inductivo) visando, a partir de la dilatación de la anilla interna, facilitar el montaje. El apoyo para prensar el rodamiento debe ser aplicado sobre la anilla interna.

### ***1.5.8 Montaje/desmontaje de soportes de deslizamiento***

El mantenimiento de soportes de deslizamiento incluye la verificación periódica del nivel y de las condiciones del lubricante, verificar los niveles de ruido y de vibraciones del soporte, acompañar el nivel de temperatura de trabajo y ajuste de los tornillos de montaje. La carcasa debe ser mantenida limpia, sin acumulo de aceite o polvo en la parte externa para facilitar el intercambio de calor con el medio ambiente.

Agujeros con rosca para conexión de termómetro, visor de nivel, entrada y salida de aceite, bomba de circulación de aceite o termómetro para lectura en el reservatorio son entregados en ambos lados, de manera que las conexiones puedan ser hechas por el lado derecho o izquierdo de la carcasa del soporte.

El drenaje del aceite está localizado en la parte inferior del soporte.

En caso de soportes con lubricación por circulación de aceite la tabulación de salida debe ser conectada en la posición del visor de nivel.

Si el soporte es eléctricamente aislado las superficies esféricas del asiento del casquillo en la carcasa son encapadas con un material aislante. Nunca retire esta capa.

La traba antirotación también es aislado, y los sellos de vedación son hechos de material no conductor.

Instrumentos de control de temperatura que estén en contacto con el casquillo también deben ser debidamente aislados.

Soportes refrigerados con agua son entregados con la serpentina de refrigeración instalada y deben ser manejados con cuidado especialmente para no maltratar las conexiones durante el transporte y la propia instalación.

### ***1.5.8.1 Desmontaje del soporte:***

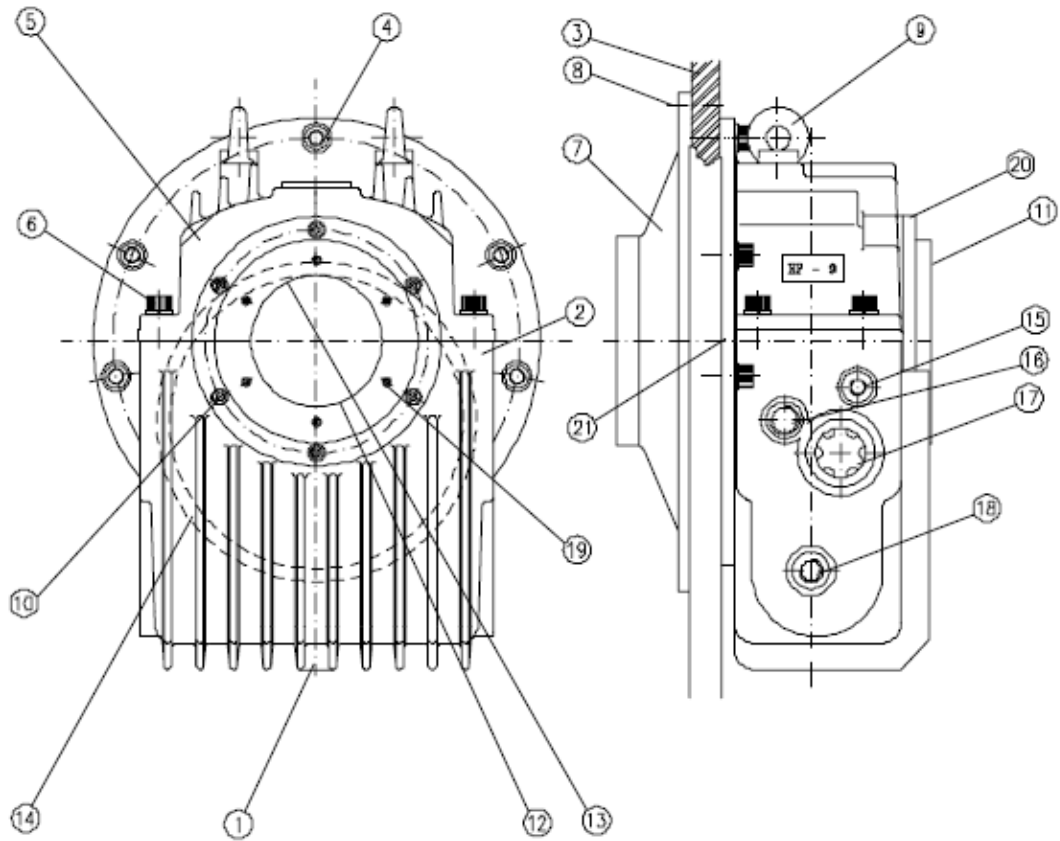
Para desmontar el soporte y tener acceso a los casquillos, bien como a otros componentes siga cuidadosamente las instrucciones indicadas a seguir. Guardar todas las piezas desmontadas en un lugar seguro.

### ***1.5.8.2 Lado accionado:***

- Limpie completamente el exterior de la carcasa, desatornille y retire el enchufe del drenaje del aceite localizado en la parte inferior de la carcasa permitiendo que todo el aceite choree.
- Remover los tornillos que fijan la parte superior de la carcasa en el motor.
- Retire los tornillos que unen las fases bipartidas de la carcasa.
- Use los tornillos con ojales para levantar la parte superior de la carcasa desenchajándole completamente de la inferior de la vedación externa, los laberintos de vedación, de los alojamientos de los laberintos y de casquillo.
- Continúe desmontando la parte superior de la carcasa sobre una banca, desatornille los tornillos y retire la parte superior de la protección externa. Remover los tornillos y desenchaje la parte superior del alojamiento del laberinto.
- Desenchaje y retire la parte superior del casquillo.
- Remover los tornillos que unen las dos partes de la anilla pescadora y separarlos cuidadosamente y sacarles.
- Retire los resortes circulares de la anilla laberinto y remover la parte superior de cada anilla, gire las partes inferiores de las anillas para fuera de sus alojamientos y retiradas.
- Desconecte y retire el sensor de temperatura que está en la parte inferior del casquillo.
- Usando un levantador o una gata, levantar el eje apenas unos milímetros para que la parte inferior del casquillo pueda girar para fuera de su asiento.

**Nota:** Torque de aprieto de los tornillos de fijación del soporte al motor = 10 Kgfm.

**FIGURA 20**  
**PASOS PARA EL DESMONTAJE**



Fuente: INTECAP Instalación y Mantenimiento de Motores

Realizado por: Grupo Investigador

- 1) Tapón de drenaje;
- 2) Carcasa del soporte;
- 3) Carcasa del motor;
- 4) Tornillos;
- 5) Tapa de la carcasa del soporte;
- 6) Tornillos de la tapa del soporte bipartido;

- 7) Sello de la maquina;
- 8) Tornillos del sello maquina;
- 9) Ojal para suspender;
- 10) Tornillos de la tapa externa;
- 11) Tapa externa
- 12) Casquillo inferior;
- 13) Casquillo superior;
- 14) Anilla pescadora;
- 15) Entrada del aceite;
- 16) Conexión para sensor de temperatura;
- 17) Nivel de aceite o salida de aceite para lubricación;
- 18) Tapón para tubos;
- 19) Tornillos de protección externa;
- 20) Alojamiento del laberinto;
- 21) Mitad inferior del alojamiento del labirinto.

### ***1.5.8.3 Montaje del soporte:***

Verificar las superficies del encaje de la brida certificándose para que estén limpias, planas y sin rebabas.

Verifique si las medidas del eje están dentro de las tolerancias especificadas por la Rank y si la rugosidad esta dentro de lo exigido ( $< 0,4$ ).

Remueva la parte superior de la carcasa y los casquillos, verifique si no hubo ningún daño durante el transporte y limpie completamente las superficies de contacto.

Levante el eje algunos milímetros y encaje la brida de la parte inferior del bancal en el rebajo torneado en la tapa de la máquina atornillándole en esta posición. Aplique aceite en el asiento esférico de la carcasa y el eje, coloque el casquillo inferior sobre el eje y gire para su posición cuidando para que las superficies axiales de posicionamiento no sean dañadas.

Después alinear cuidadosamente las caras de la parte inferior del casquillo y de la carcasa baje con mucho cuidado el eje hasta la posición de trabajo. Con un

martillo golpee suavemente en la carcasa para que el casquillo se posicione correctamente en relación a su asiento y su eje.

Este procedimiento genera una vibración de alta frecuencia que disminuye el rozamiento estático entre el casquillo y la carcasa y facilita el correcto alineamiento. La capacidad de autoalineamiento del soporte tiene la función de compensar solo la deflexión normal del eje durante el montaje. En seguida debe montarse la anilla pescadora, lo que tendrá que ser hecho con mucho cuidado, pues el funcionamiento perfecto del soporte depende de la lubricación provista por la anilla.

Los tornillos deben ser apretados levemente y cualquier rebarba cuidadosamente retirada para proporcionar un funcionamiento suave y uniforme de la anilla. En un eventual mantenimiento se debe cuidar para que la geometría de la anilla no sea alterada.

Las partes inferior y superior del casquillo poseen números de identificación o marcaciones para orientar su posicionamiento. Posicione la parte superior del casquillo alineado con las marcas con las correspondientes de la parte inferior.

#### ***1.5.9 Ajuste de las protecciones (PT 100)***

Cada soporte está equipado con un detector de temperatura tipo PT100 instalado directamente en el casquillo, próximo a la zona de la carga. Este dispositivo deberá ser conectado a un panel de comando con la función de indicar sobrecalentamientos y de proteger el soporte de daños debido al trabajo con temperatura elevada.

***Importante:*** Las temperaturas deben ser ajustadas en el sistema de protección del soporte: Alarma 100°C. Desconexión 120°C.

### ***1.5.10 Refrigeración con circulación de agua***

En estos casos el reservatorio de aceite, en el soporte, posee una serpentina por donde circula el agua.

El agua que circula debe presentar, en la entrada del soporte, una temperatura menor o igual a la del ambiente, con la finalidad de que ocurra la refrigeración.

***Importante:*** Bajo ninguna hipótesis puede haber infiltración de agua para el interior del reservatorio de aceite, lo que representaría en contaminación del aceite.

### ***1.5.11 Lubricación***

El cambio de aceite de los soportes debe ser efectuada a cada 8000 horas de trabajo, o siempre que el aceite demuestre sus características alteradas. La viscosidad y el Ph del aceite deben ser verificados periódicamente.

***El nivel del aceite debe ser acompañado diariamente, debiendo ser mantenido aproximadamente en el medio del visor de nivel.***

El uso de mayor cantidad de aceite no perjudica el soporte, pero puede ocasionar el derrame de aceite.

***Importante:*** Los cuidados tomados con la lubricación determinarán la vida útil de los soportes y la seguridad en el funcionamiento del motor. Por esto, es de extrema importancia observar las siguientes recomendaciones:

- El aceite seleccionado debe ser aquel que tenga la viscosidad adecuada para la temperatura de trabajo de los soportes. Eso debe ser observado en un cambio eventual de aceite o en manutenciones periódicas.
- Cantidad insuficiente de aceite, debido a la colocación incompleta o falta de acompañamiento del nivel puede dañar los casquillos. El nivel mínimo es alcanzado cuando el lubricante puede ser visto tocando en la parte inferior del visor de nivel con el motor fuera de funcionamiento.

### ***1.5.12 Vedaciones***

Las dos mitades de la anilla laberinto de vedación son unidas por un resorte circular. Ellas deben ser inseridas en el alojamiento de la anilla de modo que el

buje de trabamiento este encajado en su rebajo de la parte superior de la carcasa. La instalación incorrecta destruye la vedación.

Antes de montar las vedaciones limpie cuidadosamente las fases del contacto de la anilla y de su alojamiento, y recubrirlas con un componente de vedación que no endurezca. Los agujeros de drenaje existen en la parte inferior de la anilla deben ser limpios y desobstruidos. Al instalar la otra mitad de la anilla de vedación, apreté levemente contra la parte inferior del eje.

Una vedación adicional está instalada internamente al motor para prevenir la succión de aceite debido a la baja presión que genera el sistema de ventilación de la máquina.

#### ***1.5.13 Control del entrehierro (motores abiertos de grande potencia)***

Después de desconectar y montar el motor, será necesario analizar la medida del entrehierro para controlar la concentricidad del mismo. La variación del entrehierro en dos puntos diametralmente opuestos, tendrá que ser inferior a 10% de la medida del entrehierro medio.

#### ***1.5.14 Anillas colectoras (para motores con rotor bobinado)***

Estos deberán ser mantenidos limpios y lisos. La limpieza deberá ser hecha a cada mes, ocasión en que deberá ser retirado el polvo depositado entre las anillas.

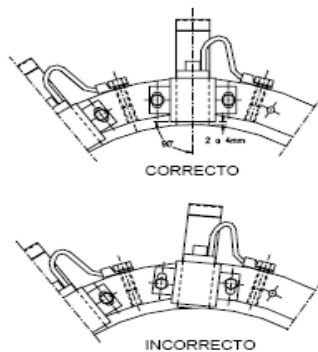
En caso de desmontaje de las anillas colectoras, el montaje debe garantizar su centralización evitando ovalización o golpes radiales. También deberá ser garantizado el correcto posicionamiento de la escoba sobre la anilla.

Si estos cuidados no son tomados, ocurrirán problemas de desgaste de las anillas colectoras y escobas.

#### ***1.5.15 Porta escobas***

Los porta escobas deben quedar en sentido radial con referencia a la anilla colectoras, y separados 4mm como máximo, de la superficie de contacto, con la finalidad de evitar ruptura o daños de las escobas.

**FIGURA 21**  
DISTANCIA ENTRE PORTA ESCOBAS Y LA SUPERFICIE DEL  
CONTACTO.



Fuente: INTECAP Instalación y Mantenimiento de Motores.

Realizado por: Grupo Investigador

**Observaciones:** Semanalmente, las escobas deberán ser verificadas para garantizar el libre deslizamiento en el alojamiento de la porta escobas.

#### **1.5.16 Escobas (para motores con rotor bobinado)**

Los motores eléctricos dotados de anillas colectoras, son entregados con un determinado tipo de escobas, que son especificadas para la potencia nominal del motor.

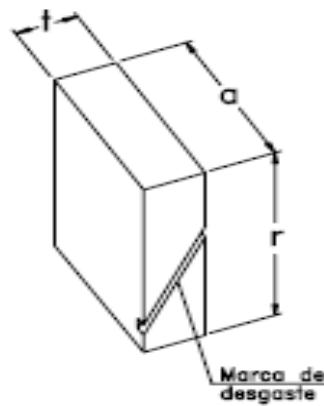
En caso que el motor este operando abajo de su potencia nominal (carga baja) o carga intermitente, el conjunto de escobas (tipo de escoba y cantidad), deberán ser adecuados a las condiciones reales de trabajo, bajo pena del motor sufrir daños graves.

Las escobas deberán ser observadas semanalmente durante el funcionamiento. Las que revelan desgaste, ultrapasando la marca indicada deberán ser substituidas en tiempo hábil.

Por ocasión del cambio y siempre que sea posible deberá ser substituido para cada anilla, primeramente una escoba, cambiándose el segundo después de haber pasado algún tiempo, a fin de dar tiempo necesario para su asentamiento. Al ser

substituido, las escobas deberán ser lijadas a fin de que se molden perfectamente a la curvatura de la superficie de la anilla.

**FIGURA 22**  
**MARCO DE DESGASTE DE LAS ESCOBILLAS.**



Fuente: INTECAP Instalación y Mantenimiento de Motores  
Realizado por: Grupo Investigador

#### ***1.5.17 Secado de las bobinas***

Esta operación debe ser hecha con el máximo cuidado y, solamente por personas calificadas.

La faja de incremento de la temperatura no debe exceder a 5°C por hora, y la temperatura final no debe pasar de 150°C. Tanto una temperatura final cuanto una faja de incremento de la temperatura muy elevada puede generar vapor, perjudicando el aislamiento.

Durante el proceso de secado, la temperatura debe ser cuidadosamente controlada y la resistencia del aislamiento medido a intervalos regulares.

En el inicio del proceso, la resistencia ira disminuir en consecuencia del aumento de temperatura, para crecer a medida que el aislamiento este secando.

El proceso del secado debe continuar hasta que sucesivas mediciones de resistencia del aislamiento indiquen que ésta llevo al valor mínimo indicado.

Es muy importante imponer una buena ventilación en el interior del motor durante la operación del secado para asegurar que la humedad sea efectivamente retirada.

## **1.6 Montaje y desmontaje del motor**

### ***1.6.1 Rotor de jaula***

#### ***1.6.1.1 Lado accionado:***

1. Retire el intercambiador de calor (si existe).
2. Retire los detectores de temperatura del soporte (si existe).
3. Suelte los tornillos que fijan el conjunto de soporte.
4. Retire las anillas externas de fijación (para motores con mancales de rodamiento).
5. Desatornille la tapa. Los tornillos después de ser retirados deberán ser colocados en las roscas vacías existentes en las tapas para forzar su salida. Certifíquese que el eje este apoyado para evitar la caída del rotor sobre el estator.
6. Remueva los rodamientos (para motores con mancales de rodamiento).
7. Retire la anilla interna de fijación (para motores con mancales de rodamiento).

#### ***1.6.1.2 Lado no accionado:***

1. Desatornille la tela de protección del ventilador (motores cerrados).
2. Retire el ventilador soltando los tornillos que lo sujetan sobre el eje.
3. Suelte las 4 tuercas que fijan la caja de protección del ventilador y remuévalo.  
Retire los tornillos distanciadores.
4. Repita la operación 2 a 7 del ítem anterior.

## ***1.6.2 Rotor de anillos***

### ***1.6.2.1 Lado accionado:***

1. Retire el intercambiador de calor (si existe).
2. Retire los detectores de temperatura del soporte (si existe).
3. Suelte los tornillos que fijan el conjunto de soporte.
4. Retire las anillas externas de fijación (para motores con mancales de rodamiento).
5. Desatornille la tapa. Los tornillos después de ser retirados deberán ser colocados en las roscas vacías existentes en las tapas para forzar su salida. Certifíquese que el eje este apoyado para evitar la caída del rotor sobre el estator.
6. Remueva los rodamientos (para motores con mancales de rodamiento).
7. Retire la anilla interna de fijación (para motores con mancales de rodamiento).

### ***1.6.2.2 Lado no accionado:***

1. Retire la tapa trasera de protección del porta escobas.
2. Desconecte los cables de la anilla colectora, retire las escobas y desmonte el porta escobas.
3. Desatornille la caja de protección del porta escobas de la caja de ventilación.
4. Retire el colector de anillas y el disco de ventilación.
5. Repita las operaciones 2 a 4 del "lado no accionado" para motores de jaula.

## ***1.6.3 Retirada del rotor***

Por medio de un dispositivo adecuado, retire el rotor de dentro del estator. El dispositivo deberá impedir que el rotor se raspe en el paquete del estator o en las cabezas de la bobina.

## **Recomendaciones generales**

Cualquier pieza maltratada (rajaduras, golpes de partes torneadas, roscas defectuosas), debe ser, preferencialmente substituida, evitándose recuperaciones.

*Plan de mantenimiento*

**TABLA 7**

**PLAN DE MANTENIMIENTO DE LO MOTORES**

COMPONENTE	DIARIAMENTE	SEMANALMENTE	CADA 3 MESES	ANUALMENTE (revisión parcial)	CADA 3 AÑOS (revisión completa)
- Motor completo	- Inspección de ruido y de vibración		- Drenar agua condensada (si hay)	- Reapretar los tornillos	- Desmontar el motor. Verificar partes y piezas
- Bobinas del estator y rotor				- Inspección visual; medir resistencia del aislamiento	- Limpieza; verificar la fijación de las bobinas; medir resistencia del aislamiento
- Soportes	- Control de ruido	- Reengrasar: respetar intervalos conforme placa de lubricación			- Limpieza de los soportes, sustituir, si necesario; inspeccionar casquillo y sustituir, si necesario (soporte de manguito); inspeccionar pista de desliz (eje) y recuperar cuando necesario
- Cajas de conexión, conexión a tierra				- Limpiar interior, reapretar tornillos	- Limpiar interior y reapretar tornillos
- Acoplamiento (observe las instrucciones de mantenimiento del fabricante del acoplamiento)		- Después de la primera semana: verifique alineamiento y fijación		- Verifique alineamiento y fijación	- Verifique alineamiento y fijación
- Dispositivos de monitorización		- Registre los valores de la medición			- Si es posible, desmontar y hacer test del modo de funcionamiento
- Filtro			- Limpie (cuando necesario)	- Limpie (cuando necesario)	- Limpie (vea ítem 4.1.2)
- Areas de las anillas		- Control y limpieza, si necesario		- Control y limpieza	
- Anillas		- Control de la superficie, limpieza y contacto			
- Escobas		- Control, sustituir cuando del tamaño haya sido gastado (vea marca de desgaste, figura 4.5)			
- Intercambiador de calor aire-aire					- Limpiar los tubos del intercambiador

Fuente: Grupo Investigador

Realizado por: Grupo Investigador

## **1.7 Guía teórico práctico**

Hacemos referencia a aquel modulo que recoge lo esencial, básico y elemental de una determinada materia o equipo como es en este caso de las maquetas de los motores Jaula de ardilla, motor devanado y motor sincrónico, en términos académicos y científicos comprensible para todos las personas con conocimientos de motores eléctricos trifásicos.

Con la guía teórico práctico se busca una fácil comprensión ya que puede llenarse de conocimientos especiales y que es accesible a cualquier alumno. La guía es una herramienta muy útil que refleja de forma clara y comprensible el funcionamiento de los motores estudiados.

### ***1.7.1 Utilidad de la guía teórico práctico***

Este manual tiene por objetivo estudiar los motores trifásicos: Motor de Rotor Devanado, motor Sincrónico y Jaula de Ardilla.

Todos los procedimientos y normas que constan en este manual deben ser seguidos para garantizar el buen desempeño del equipo y seguridad de la persona responsable del mismo.

Seguir correctamente los procedimientos es muy importante para que el término de garantía que consta en la contra capa de este manual tenga validez.

Aconsejamos por eso, una lectura detallada de este manual, antes de instalar y poner en funcionamiento los motores.

## **1.8 La maqueta**

A lo largo de la historia, se han utilizado las maquetas como un medio de representación para mostrar de forma clara e inmediata las características de un proyecto complejo de forma que pueda ser comprensible para los no iniciados. En la actualidad las maquetas constituyen, para los ingenieros y otros profesionales, una herramienta indispensable y eficaz para proyectar y mostrar ideas, así como, para comprender y controlar el resultado final de las obras proyectadas.

Se podría pensar que con los ordenadores y los programas de representación tridimensional y de animación, las maquetas han perdido su funcionalidad. Sin embargo esta experiencia nos ha demostrado que las maquetas facilitan el aprendizaje de los conceptos que en nuestra materia consideramos fundamentales.

Con las maquetas se busca un modelo de representación tridimensional, fácil de ejecutar, relativamente rápido, que no precisa de conocimientos especiales y que es accesible a cualquier alumno. La maqueta es una herramienta muy útil que refleja de forma clara y comprensible aquello que los planos expresan, a menudo de forma poco comprensible para nuestros alumnos.

Se ha recurrido a la elaboración de maquetas como método que ayude al alumno a comprender directamente las relaciones que existen entre la representación teórica mediante gráficos y el correspondiente objeto tridimensional, en este caso de motores trifásicos.

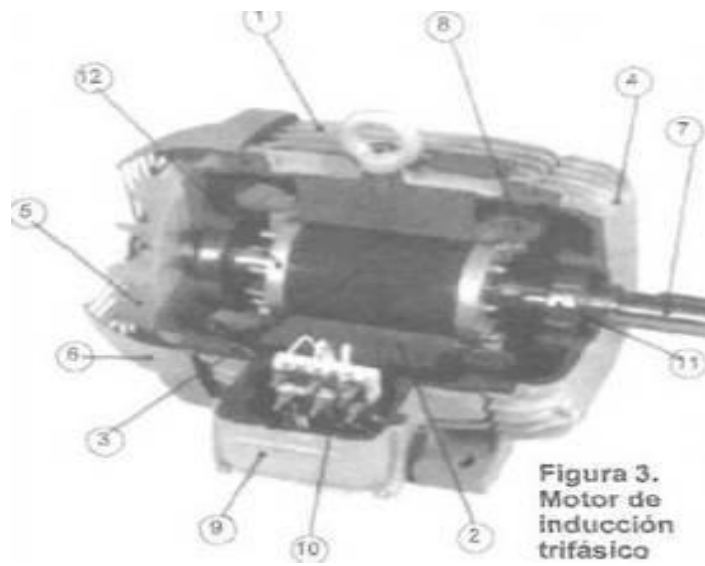
### ***1.8.9 Utilidad de la maqueta***

Utilizamos las maquetas como herramientas auxiliares para proyectar y mostrar proyectos de ingeniería, pero también pueden ser un excelente material didáctico para la enseñanza, aprendizaje y la interpretación de fenómenos que presentan en un motor eléctrico trifásico.

La dificultad que los alumnos de la materia tienen para acceder e interpretar el movimiento y comportamiento de los elementos del motor trifásico está entre los motivos por los que se ha utilizado las maquetas como método de representación tridimensional que permite hacer comprensibles y fácilmente interpretadas las características constructivas de los diferentes elementos y los fenómenos físicos implicados para pasar su análisis científico

### FIGURA 23

#### MAQUETA DE UN MOTOR ELECTRICO TRIFASICO



Fuente: IEM Instalación y Mantenimiento  
Realizado por: Grupo Investigador

## CAPÍTULO II

### PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se analizó y tabuló los datos obtenidos de las encuestas y entrevistas realizadas a estudiantes, personal docente y autoridades de la Especialidad de Electromecánica de la U.T.C.

#### 2.1. Breve caracterización de la universidad técnica de Cotopaxi

A continuación se describe una breve descripción de la Universidad Técnica de Cotopaxi:

“La Universidad Técnica de Cotopaxi, una Institución educativa de nivel superior es pública, laica y gratuita, creada mediante ley promulgada en el Registro Oficial N° 618 del 24 de enero de 1995, y que forma parte del Sistema Nacional de Educación Superior Ecuatoriana”<sup>12</sup>.

“Se rige por la Constitución Política del Estado, la ley de Educación Superior, y otras leyes conexas. Es una institución universitaria sin fines de lucro que orienta su trabajo hacia los sectores urbanos, marginales y campesinos; que busca la verdad y la afirmación de la identidad nacional, y que asume con responsabilidad el aseguramiento de la libertad en la producción y difusión de los conocimientos y del pensamiento democrático y progresista para el desarrollo de la conciencia de los pueblos”<sup>13</sup>.

En esta institución se forman actualmente profesionales al servicio del pueblo en las siguientes áreas de especialidades: Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Ciencias Agropecuarias, Ambientales y Veterinarias, Ciencias Administrativas, Humanísticas y del Hombre y Suficiencias de Idiomas.

---

<sup>12</sup> Plan Estratégico de Desarrollo Periodo 2003-2006

<sup>13</sup> Plan Estratégico de Desarrollo Periodo 2003-2006

Se realiza esfuerzos para alcanzar cada día metas superiores y más competitivas, planteándose como retos la formación de profesionales integrales en los ámbitos de pre y postgrado al servicio de la sociedad, el desarrollo paulatino de la investigación científica con la colectividad a partir de proyectos generales y específicos con la participación plena de todos sus estamentos.

Universidad con adecuados niveles de pertinencia y calidad, logrados a través de la concientización y difusión de la ciencia, cultura, arte y los conocimientos ancestrales. Contribuye con una acción transformadora en la lucha por alcanzar una sociedad más justa, equitativa y solidaria para que el centro de atención del estado sea el ser humano.

Por ello la Universidad Técnica de Cotopaxi asume su identidad con gran responsabilidad.

*“Por la vinculación de la universidad con el pueblo.”*

## **2.2 Análisis de las encuestas aplicadas a estudiantes.**

Mediante la investigación realizada en la Universidad Técnica de Cotopaxi, de la ciudad de Latacunga, en el ciclo académico Octubre 2009– Febrero 2010; se pudo conocer que existen problemas en la formación académica de los estudiantes de la Especialidad de Electromecánica debido a la falta de práctica en los laboratorios que no están implementados adecuadamente a las necesidades de los estudiantes.

De los estudiantes encuestados se obtuvo resultados favorables los mismo que destacan y sugieren implementar los laboratorios con los que cuenta la universidad para facilitar a los estudiantes y maestros la práctica de los conocimientos adquiridos e impartidos.

El objetivo es mejorar el nivel académico de los estudiantes a través de la implementación de los laboratorios con la adaptación de una Guía Teórico Práctico de Laboratorio con Maquetas Didácticas de Motores Eléctricos Trifásicos para la carrera de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la U.T.C.

Razón por la cual a continuación se da a conocer los resultados obtenidos en las encuestas realizadas a quienes forman parte activa de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### 2.2.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados de las encuestas a los estudiantes

1.- ¿Cuál cree Ud. que es el nivel académico de los estudiantes de su especialidad?

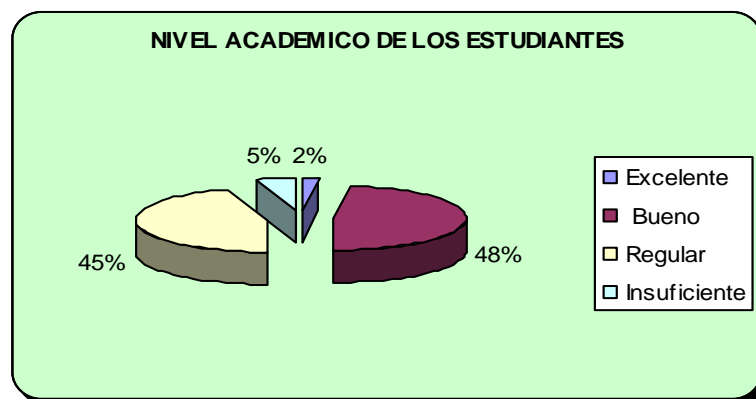
**CUADRO N° 1**  
**TITULO:** Nivel académico de los estudiantes

Escala	Estudiantes	%
Excelente	2	2,04
Bueno	47	47,96
Regular	44	44,90
Insuficiente	5	5,10
<b>TOTAL</b>	<b>98</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica

Realizado por: Grupo Investigador

**GRAFICO N° 1**  
**TITULO:** Nivel académico de los estudiantes



Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador

### Interpretación:

Aunque existe una mínima diferencia entre regular y bueno, se considera que la mayoría de los estudiantes poseen un nivel académico aceptable en cuanto a la especialidad se refiere, para obtener un nivel excelente se debería buscar una metodología mejor para lo cual es importante la implementación de material didáctico para un adecuado desarrollo del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la carrera de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

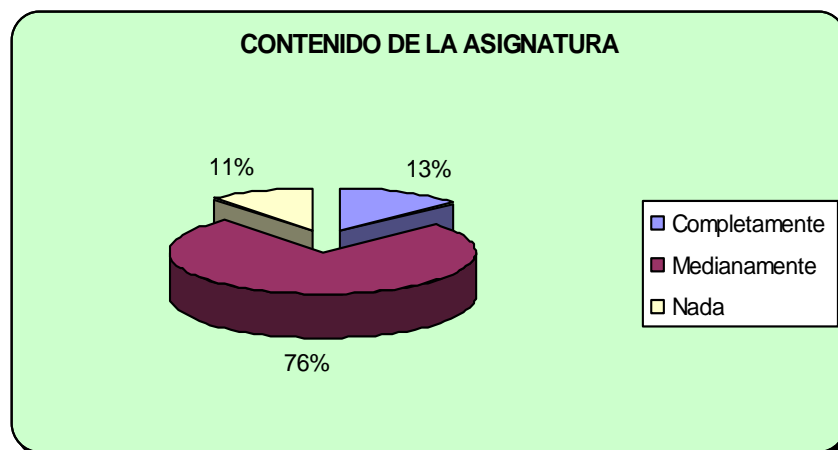
2.- Los contenidos abordados en las diferentes asignaturas tienen relación con su carrera.

**CUADRO N° 2**  
**TITULO:** Contenido de las asignaturas

Escala	Estudiantes	%
Completamente	13	13,27
Medianamente	74	75,51
Nada	11	11,22
<b>TOTAL</b>	<b>98</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica  
Realizado por: Grupo Investigador

**GRAFICO N° 2**  
**TITULO:** Contenido de las asignaturas



Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

### Interpretación:

Los resultados obtenidos anteriormente demuestran que no todos los contenidos abordados por las asignaturas están completamente acorde con la especialidad, se debería revisar la malla curricular y los contenidos para adaptarlos a las necesidades de los estudiantes y por ende obtener mejores profesionales y bien preparados.

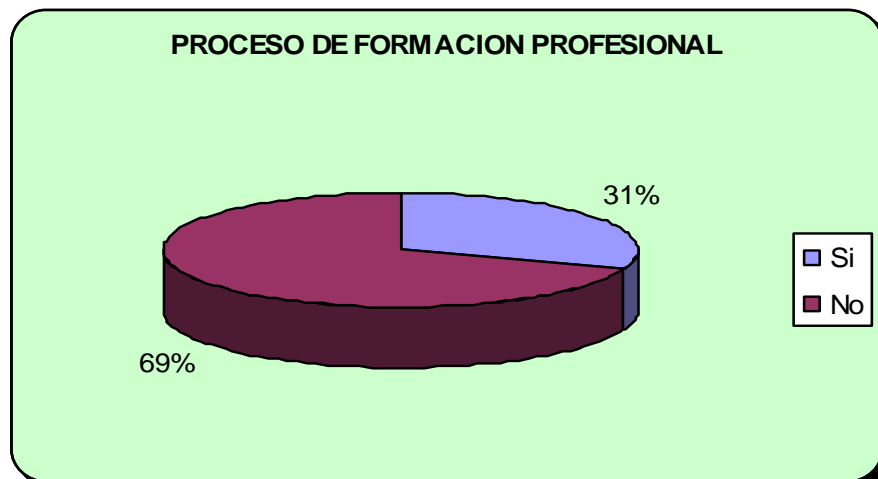
3.- ¿Cree usted que el proceso de formación profesional que recibe satisface a las demandas laborales?

**CUADRO N° 3**  
**TITULO:** Proceso de formación profesional

Escala	Estudiantes	%
Si	30	30,61
No	68	69,39
<b>TOTAL</b>	98	100,00

Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

**GRAFICO N° 3**  
**TITULO:** Proceso de formación profesional



Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

### Interpretación:

Según la información obtenida se puede evidenciar que los estudiantes consideran que la formación profesional no satisface a las demandas laborales, porque se debe profundizar en la teoría y en la práctica, para lo que sería de vital importancia contar con una guía teórico-práctico de motores eléctricos trifásicos con maquetas didácticas para el laboratorio el cual debe contener los temas y contenidos para satisfacer las necesidades laborales de los futuros profesionales.

4.- ¿Cree Usted que es necesario la utilización de una guía teórico-práctico con maquetas para laboratorios, para reforzar los conocimientos adquiridos en el aula?

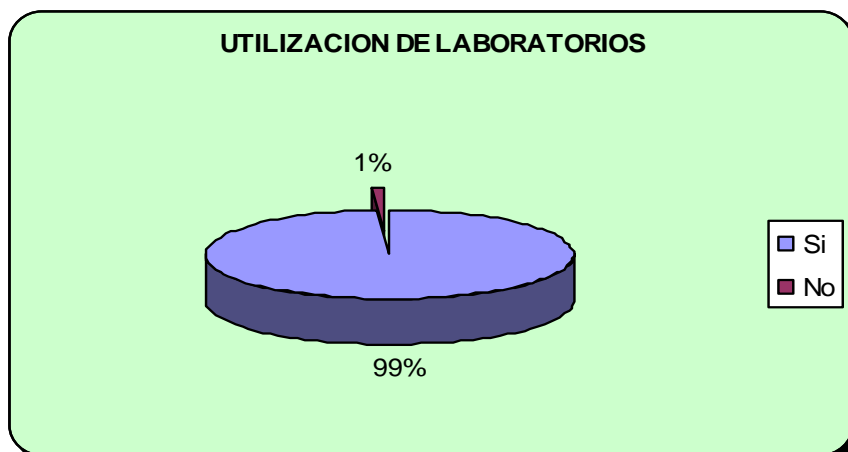
**CUADRO N° 4**  
**TITULO:** Utilización de laboratorios

Escala	Estudiantes	%
Si	97	98,98
No	1	1,02
<b>TOTAL</b>	98	100,00

Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador

**GRAFICO N° 4**  
**TITULO:** Utilización de laboratorios



Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador

### Interpretación:

Hoy en día y de acuerdo al avance de la tecnología es importante la utilización de los laboratorios, ya que el sistema ocupacional así lo requiere; por lo cual es necesario que los estudiantes pongan en práctica los conocimientos adquiridos en el aula. De esta manera el estudiante entenderá y asimilará el nuevo conocimiento con mayor facilidad para que posteriormente pueda ponerlo en práctica dentro de un laboratorio; además de que este proceso le puede también servir al docente como un sistema de evaluación, en el que el estudiante demuestre con hechos lo explicado en el aula; de tal forma que pueda crear sus propias conclusiones y recomendaciones.

5.- Según su criterio los laboratorios con los que cuenta la Universidad son:

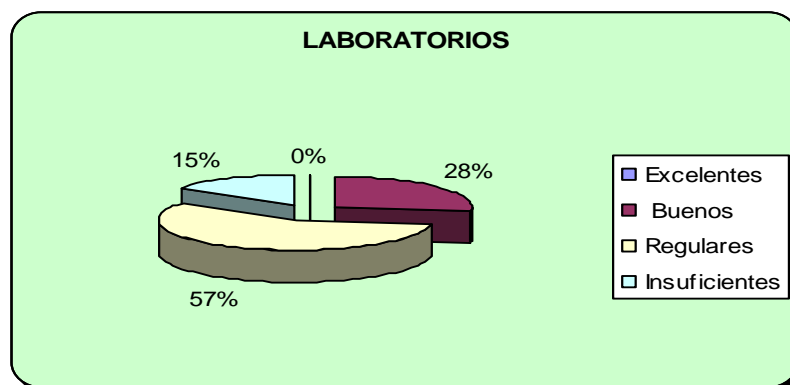
**CUADRO N° 5**  
**TITULO: Laboratorios**

Escala	Estudiantes	%
Excelentes	0	0,00
Buenos	27	27,55
Regulares	56	57,14
Insuficientes	15	15,31
<b>TOTAL</b>	<b>98</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador

**GRAFICO N° 5**  
**TITULO: Laboratorios**



Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador

**Interpretación:**

Mediante estos datos la información obtenida de los estudiantes de la Especialidad acerca de los laboratorios con los que cuenta la Universidad son regulares; ya que no cuentan con una Guía Teórico-Práctico y peor con la maquinaria suficiente para cada una de las asignaturas; además se debe considerar que la especialidad de Electromecánica es netamente práctica, es por ello que la Universidad debe implementar cada vez más y mejor los laboratorios con herramientas y material didáctico para cada asignatura, y como ayuda a las autoridades los estudiantes también deben aportar con nueva tecnología que sirva para las nuevas generaciones de esta manera contar con profesionales calificados.

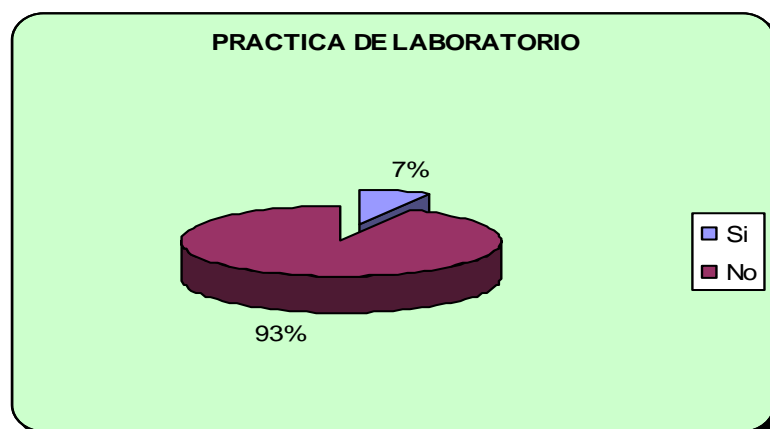
6.- ¿Ha realizado Ud. prácticas de laboratorio en motores Eléctricos Trifásicos?

**CUADRO N° 6**  
**TITULO:** Practica de laboratorio

Escala	Estudiantes	%
Si	7	7,14
No	91	92,86
<b>TOTAL</b>	98	100,00

Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

**GRAFICO N° 6**  
**TITULO:** Practica de laboratorio



Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

### Interpretación:

Estos datos reflejan evidentemente que los estudiantes no han realizado prácticas de laboratorio en cuanto a Motores Eléctricos Trifásicos, debido a que los laboratorios no cuentan con una herramienta para esa asignatura que pueda servir como material didáctico y así pueda desempeñarse con eficiencia en su vida profesional.

7.- ¿Le gustaría contar con una Guía Teórico-Práctico de motores Eléctricos Trifásicos con maqueta didáctica para realizar sus prácticas?

**CUADRO N° 7**

**TITULO:** Guía Teórico Práctico de Motores Eléctricos trifásicos con maqueta didáctica

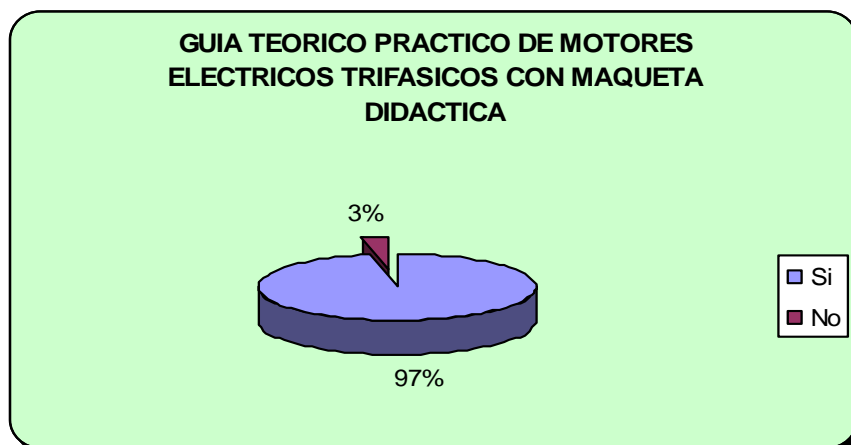
Escala	Estudiantes	%
Si	95	96,94
No	3	3,06
<b>TOTAL</b>	98	100,00

Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador

**GRAFICO N° 7**

**TITULO:** Guía Teórico Práctico de Motores Eléctricos trifásicos con maqueta didáctica



Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador

### Interpretación:

Los estudiantes están consientes de la necesidad de contar con una Guía teórico-Práctico de motores Eléctricos Trifásicos con material didáctico para la aplicación de conocimientos en cada una de las asignaturas; es por ello que expresan su necesidad y deseo de la implementación de mencionada guía, en donde ellos puedan poner en práctica todo el conocimiento adquirido en el aula; y de esta forma llegar a un mejor modo de aprendizaje.

8.- ¿Cree Ud. que la implementación de una Guía Teórico-Práctico con maqueta didáctica aporta al avance tecnológico de los laboratorios de la Especialidad?

### CUADRO N° 8

TITULO: Avance tecnológico de los laboratorios

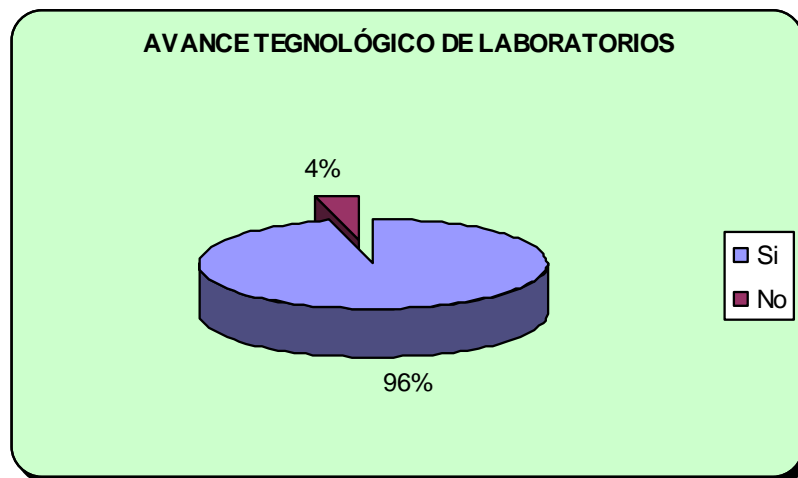
Escala	Estudiantes	%
Si	94	95,92
No	4	4,08
TOTAL	98	100,00

Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador

### GRAFICO N° 8

TITULO: Avance tecnológico de los laboratorios



Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador

### Interpretación:

Es de gran relevancia recalcar que los estudiantes consideran que la implementación de una Guía Teórico-Práctico de motores Eléctricos Trifásicos con Maqueta Didáctica es un aporte para el avance tecnológico, ya que de esa forma los estudiantes y docentes pueden aplicar y explicar mejor los contenidos; al operar dicha maqueta se observa de forma directa los componentes del Motor y su funcionamiento.

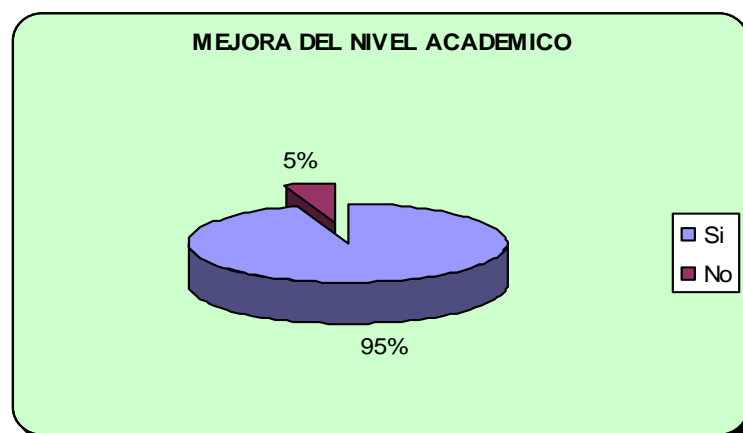
9.- ¿Considera Ud. que la implementación de una Guía Teórico-Práctico con maquetas Didácticas en los laboratorios de motores Eléctricos Trifásicos mejorará el nivel académico de los estudiantes?

**CUADRO N° 9**  
**TITULO:** Mejora del nivel académico

Escala	Estudiantes	%
Si	93	94,90
No	5	5,10
<b>TOTAL</b>	98	100,00

Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

**GRAFICO N° 9**  
**TITULO:** Mejora del nivel académico



Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

**Interpretación:**

Se evidencia que los estudiantes están seguros de que al implementar una Guía Teórico Práctico de motores Eléctricos Trifásicos con maqueta didáctica en los laboratorios su nivel académico se incrementará notablemente, porque tendrán la seguridad de que sus conocimientos en algunas asignaturas podrán ser puestos en práctica cuando la circunstancia se presente en su vida profesional.

**10.-** ¿Cree Ud. que el manejo de una Guía Teórico-Práctico con maquetas ayuda a mejorar las habilidades y destrezas de los estudiantes en las prácticas de algunas materias?

**CUADRO N° 10**  
**TITULO:** Habilidades y destrezas

Escala	Estudiantes	%
Si	96	97,96
No	2	2,04
<b>TOTAL</b>	<b>98</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

**GRAFICO N° 10**  
**TITULO:** Habilidades y destrezas



Fuente: Estudiantes de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

### Interpretación:

Según la información recopilada los estudiantes consideran que el manejo de una Guía Teórico-Práctico con maquetas didáctica es un punto favorable para que ellos puedan perfeccionar sus habilidades y destrezas, ya que por medio de la práctica se descubren nuevos procesos y métodos para llegar a un mejor resultado, al mismo tiempo que se creará un ambiente de debate entre los estudiantes; esto además le permitirá al docente descubrir y diferenciar las habilidades de cada uno de sus estudiantes.

## 2.3. Presentación, Análisis E Interpretación De Resultados De Las Encuestas A Los Docentes

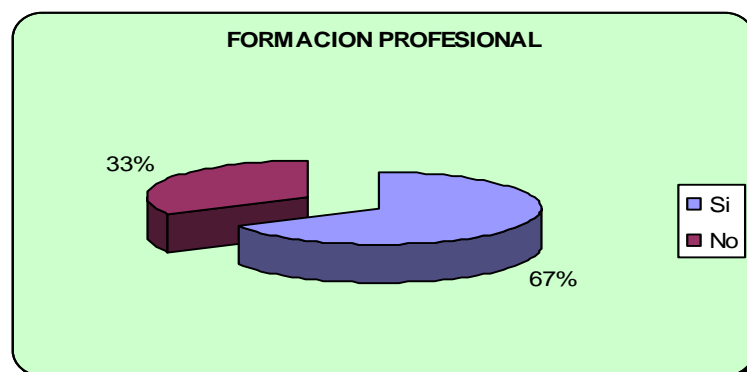
1.- La formación profesional que Ud. imparte a los estudiantes universitarios está acorde al campo ocupacional y a las exigencias de nuestra sociedad.

**CUADRO N° 11**  
**TITULO:** Formación profesional

Escala	Docentes	%
Si	4	66,67
No	2	33,33
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

**GRAFICO N° 11**  
**TITULO:** Formación profesional



Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

**Interpretación:**

Los docentes consideran que la formación profesional que ellos imparten a sus estudiantes es la adecuada para que los estudiantes, para que puedan desarrollarse en el campo laboral, pero a la vez hay un pequeño porcentaje quienes sostienen que falta algo para alcanzar la excelencia profesional.

2.- ¿Los contenidos propuestos en el programa de estudios para la especialidad de Electromecánica esta a la par con el perfil profesional y la realidad nacional?

**CUADRO N° 12**

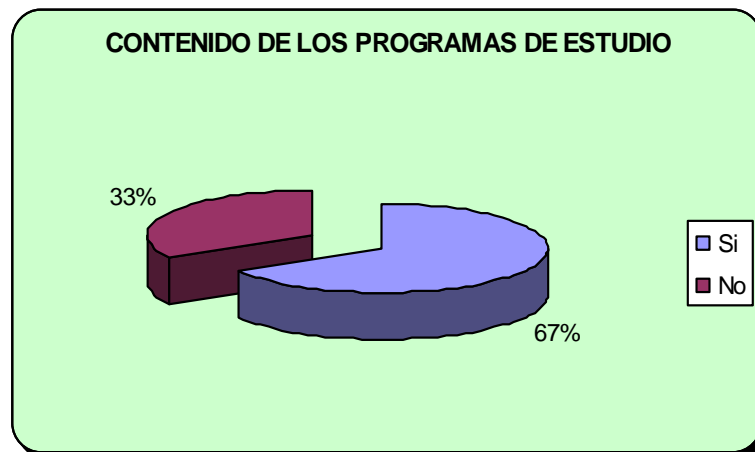
**TITULO:** Contenido de los programas de estudio

Escala	Docentes	%
Si	4	66,67
No	2	33,33
<b>TOTAL</b>	6	100,00

Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

**GRAFICO N° 12**

**TITULO:** Contenido de los programas de estudio



Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

### Interpretación:

El programa de estudios se maneja de acuerdo con el perfil profesional que los estudiantes deben tener una vez que se hayan graduado, y cumplan con las demandas de la realidad nacional esto es el criterio de un porcentaje de docentes, sin embargo no todos coinciden con lo antes expuesto.

3.- ¿Cree Usted que la preparación intelectual y psicológica de los estudiantes es la adecuada?

**CUADRO N° 13**

**TITULO:** Preparación académica, intelectual y psicológica

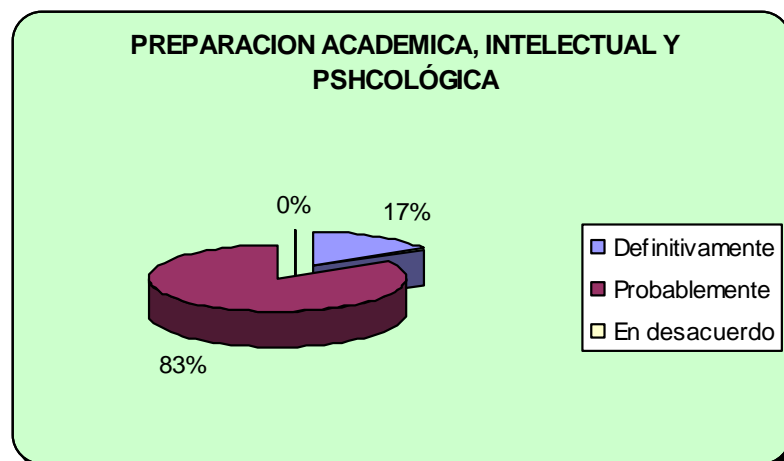
Escala	Docentes	%
Definitivamente	1	16,67
Probablemente	5	83,33
En desacuerdo	0	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador

**GRAFICO N° 13**

**TITULO:** Preparación académica, intelectual y psicológica



Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador

### Interpretación:

Con los resultados obtenidos en esta pregunta los docentes están consientes que la formación intelectual y psicológica de los estudiantes no es la adecuada debido a que no cuentan con el suficiente material para un eficiente aprendizaje.

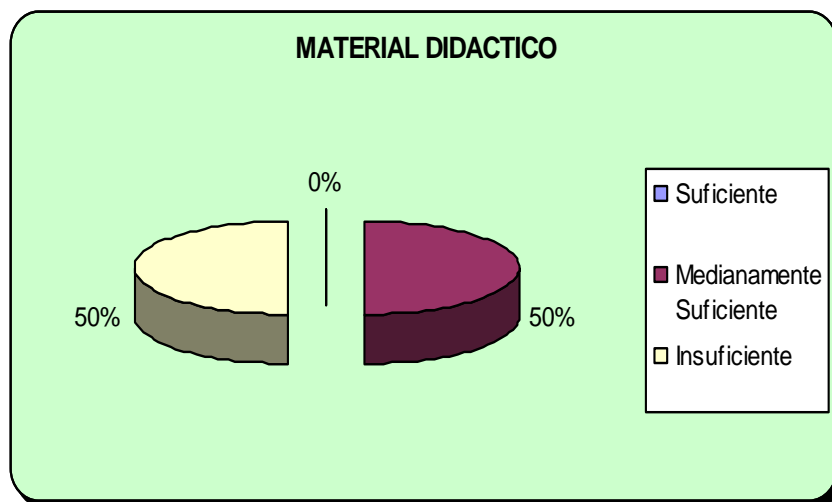
4.-El tipo de Material Didáctico con el que Ud. cuenta para impartir el conocimiento a sus estudiantes es:

**CUADRO N° 14**  
**TITULO:** Material didáctico

Escala	Docentes	%
Suficiente	0	0,00
Medianamente Suficiente	3	50,00
Insuficiente	3	50,00
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

**GRAFICO N° 14**  
**TITULO:** Material didáctico



Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

### Interpretación:

Mediante los resultados obtenidos, no se puede hablar de una formación profesional completa si no se cuenta con el material didáctico necesario para lograr que los estudiantes puedan alcanzar un aprendizaje significativo.

5.- ¿Es necesario la utilización de una Guía Teórico-Práctico con Maquetas, para que los estudiantes puedan poner en práctica los conocimientos adquiridos en el aula?

### CUADRO N° 15

**TITULO:** Utilización de una guía teórico práctico con maquetas en los laboratorios

Escala	Docentes	%
Si	6	100,00
No	0	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador

### GRAFICO N° 15

**TITULO:** Utilización de una guía teórico práctico con maquetas en los laboratorios



Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador

### Interpretación:

Es evidente que tanto docentes como estudiantes coinciden en la importancia de la utilidad de una guía teórico-práctico con maquetas para poner en práctica los contenidos adquiridos en el aula; ya que con mencionada guía los conocimientos se vuelven más certeros y duraderos.

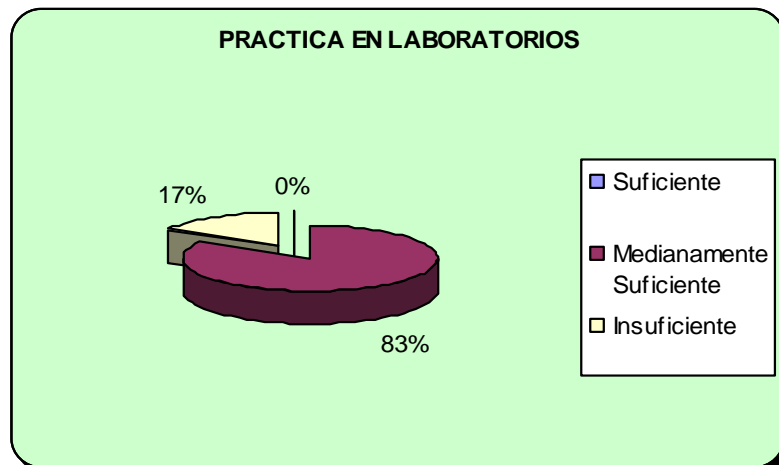
6.- Considera Ud. que la práctica que realizan los estudiantes dentro de los laboratorios es:

**CUADRO N° 16**  
**TITULO:** Práctica en el laboratorio

Escala	Docentes	%
Suficiente	0	0,00
Medianamente Suficiente	5	83,33
Insuficiente	1	16,67
TOTAL	6	100,00

Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

**GRAFICO N° 16**  
**TITULO:** Práctica en el laboratorio



Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

### Interpretación:

Los resultados que arroja esta información da a conocer que los estudiantes no realizan las prácticas necesarias que requiere su especialidad, cada una de la asignaturas que ellos reciben ameritan de práctica, pero los docentes no cuentan con laboratorios implementados con maquinaria y material didáctico que esté acorde con los contenidos de cada materia.

7.- ¿Según su criterio los materiales de estudio con que cuenta la Universidad son?

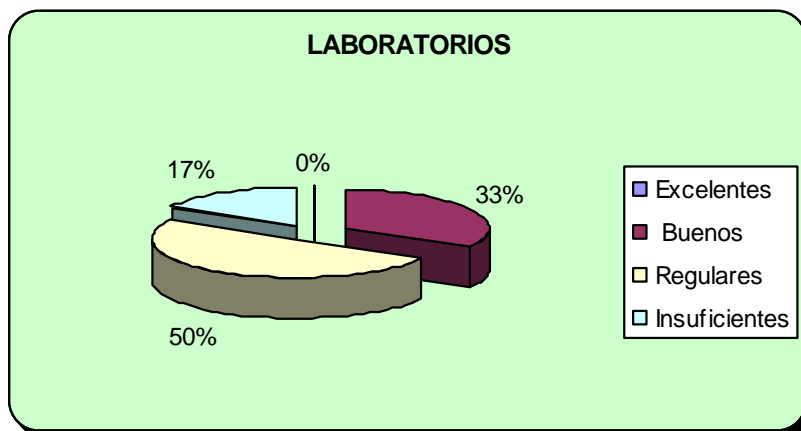
**CUADRO N° 17**  
**TITULO: Laboratorios**

Escala	Docentes	%
Excelentes	0	0,00
Buenos	2	33,33
Regulares	3	50,00
Insuficientes	1	16,67
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador

**GRAFICO N° 17**  
**TITULO: Laboratorios**



Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador

### Interpretación:

Los resultados expresados demuestran que los materiales de estudio que posee la Universidad no cubren las necesidades de los estudiantes ni de los docentes, razón por la cual ellos manifiestan que el nivel académico de los alumnos no satisfacen completamente las necesidades del mercado laboral.

8.- ¿Le gustaría contar con una Guía Teórico-Práctico de motores eléctricos trifásicos con maqueta didáctica para realizar prácticas con sus estudiantes?

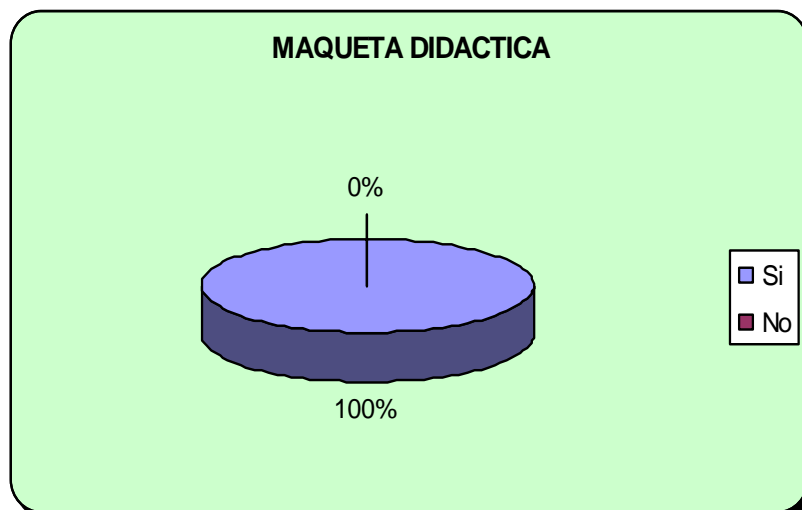
**CUADRO N° 18**  
**TITULO: Maqueta didáctica**

Escala	Docentes	%
Si	6	100,00
No	0	0,00
<b>TOTAL</b>	6	100,00

Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador

**GRAFICO N° 18**  
**TITULO: Maqueta didáctica**



Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador

### Interpretación:

Los docentes están conscientes de que la teoría y la práctica van juntas ya que de lo aprendido en la vida estudiantil depende de un buen profesional, es por ello que se manifiestan su apoyo a la implementación de una Guía Teórico-Práctico de Motores Eléctricos Trifásicos con Maqueta Didáctica para que sus estudiantes puedan desarrollarse de mejor manera.

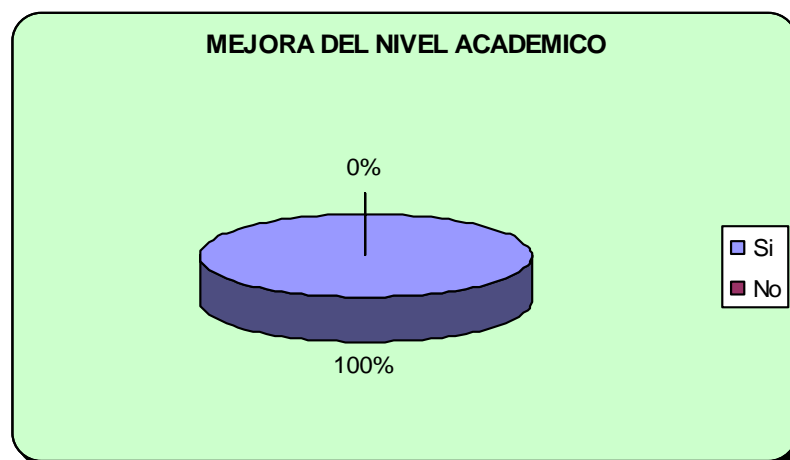
9.- ¿Considera Ud. que la implementación de una Guía Teórico-Práctico de Motores Eléctricos Trifásicos con Maquetas didáctica mejorará el nivel académico de sus estudiantes?

**CUADRO N° 19**  
**TITULO:** Mejora del nivel académico

Escala	Docentes	%
Si	6	100,00
No	0	0,00
<b>TOTAL</b>	6	100,00

Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

**GRAFICO N° 19**  
**TITULO:** Mejora del nivel académico



Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica  
Elaborado por: Grupo investigador

### Interpretación:

Las ventajas que proporciona contar con el material didáctico y la maquinaria necesaria son múltiples y se manifiestan de diversas formas al momento del aprendizaje como también al momento de la evaluación, pero en especial despierta la curiosidad y la imaginación en los estudiantes; esta Guía Teórico-Práctico de Motores Eléctricos Trifásicos con Maquetas Didáctica ya que será un instrumento de vital importancia tanto para estudiantes como para docentes la misma que permitirá diferenciar averías, causas y soluciones en el motor.

10.- ¿Cree Ud. que la implementación de una Guía Teórico-Práctico de Motores Eléctricos Trifásicos con Maquetas didáctica aportará al avance tecnológico de los laboratorios de la Especialidad?

**CUADRO N° 20**

**TITULO:** Implementación de la maqueta didáctica

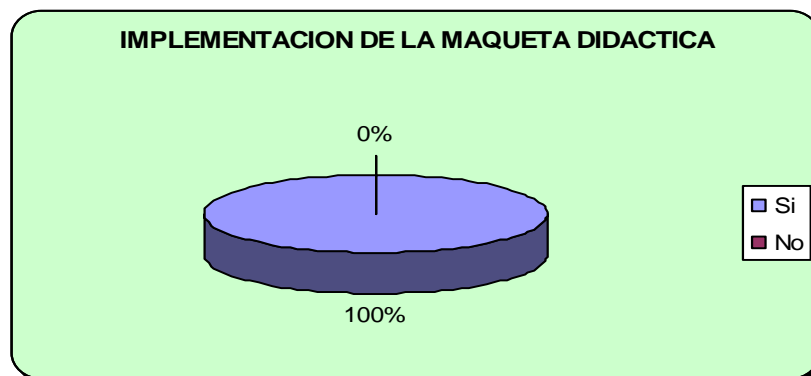
Escala	Docentes	%
Si	6	100,00
No	0	0,00
<b>TOTAL</b>	6	100,00

Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador

**GRAFICO N° 20**

**TITULO:** Implementación de la maqueta didáctica



Fuente: Profesores de Ingeniería Electromecánica

Elaborado por: Grupo investigador.

**Interpretación:**

Las encuestas realizadas a los docentes han permitido conocer la visión que ellos tienen acerca de la importancia de contar con una Guía Teórico-Práctico de Motores Eléctricos Trifásicos con Maquetas Didáctica será un aporte significativo al avance tecnológico de la especialidad ya que a mayor cantidad de recursos mejor calidad de educación.

#### **2.4. Análisis e interpretación de resultados de las entrevistas aplicadas a las autoridades**

**¿Cree usted que los futuros profesionales están preparados académica, intelectual y psicológicamente para enfrentar a las exigencias del mercado laboral?**

“Sí, la estructura curricular cuenta con los elementos esenciales que les permite al futuro profesional enfrentar con solvencia el ejercicio profesional”.

De acuerdo con el criterio de una de las autoridades la malla curricular cuenta con las asignaturas y los contenidos basados en las exigencias del campo laboral por ello los futuros profesionales podrán defenderse y enfrentar los desafíos del futuro.

“Académicamente si la malla curricular cuenta con los conocimientos teóricos-prácticos para su desempeño en el ámbito profesional. Intelectual no están preparados en el ámbito profesional ya que existen falencias de educación cultura siendo una alineación existente a nivel mundial. Psicológicamente tampoco debido a que el mercado de la UTC tiene su mayor magnitud a personas del ámbito rural y marginales y existe un pensamiento de inferioridad al enfrentar problemas profesionales”

Según el criterio del Coordinador de la Especialidad de Ingeniería Electromecánica quien considera que en cuanto al aspecto académico sí, ya que la

malla curricular y los contenidos están actualizados al perfil profesional actual, en lo que tiene que ver con el aspecto intelectual y psicológico no están preparados para enfrentar los desafíos del mercado laboral ya que al ser una universidad de vinculación con el pueblo los estudiantes sienten temor de descubrir los retos del mundo laboral.

**¿Considera Ud. que la Especialidad cuenta con los materiales adecuados de acuerdo a las necesidades de los estudiantes ya que estos serán futuros profesionales?**

“Tenemos lo elemental lo básico que les permite en forma adecuada cumplir a cabalidad la armonización entre la teoría y la práctica”.

Según una de las autoridades la Universidad si cuenta con los laboratorios en los cuales los estudiantes pueden desarrollar y poner en práctica sus conocimientos.

“No” según otra de las autoridades quien supo manifestar la Universidad no cuenta con lo necesario.

**¿A su parecer que opina acerca de que un grupo de estudiantes preocupados por el adelanto académico propongan implementar una Guía Teórico-Práctico de Motores Eléctricos Trifásicos con Maquetas Didácticas?**

“Muy positivo valoramos grandemente iniciativas de estudiantes que puedan hacer un aporte al proceso de formación profesional a través de la dotación de elementos que se conviertan en unidades de apoyo didáctico”

“Buena iniciativa con la cual se tratara de fortalecer las falencias existentes producidas por el conocimiento teórico, esta maqueta permitirá mejorar el conocimiento de uno de los tantos sistemas de las maquinas eléctricas.”

Las autoridades se encuentran felices de que estudiantes de las promociones de la Universidad se preocupen por el avance académico de la misma, es por ello que expresan su apoyo total a estas contribuciones que velen por el adelanto para alcanzar un bien común.

## **CAPÍTULO III**

### **ACONDICIONAMIENTO DE UN MOTOR ELECTRICO TRIFASICO COMO MAQUETA DIDÁCTICA PARA EL LABORATORIO ELECTROMECAÁNICO DE LA LA UNIDAD ACADEMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.**

En este capítulo se desarrolla la descripción, corte y ensamblaje de los componentes de los motores eléctricos trifásicos, JAULA DE ARDILLA, ROTOR DEVANADO Y SICRÓNICO, con el fin de convertirlos en maquetas didácticas; adicionalmente se realizaran las conexiones con todos los elementos necesarios que permitan realizar las prácticas de laboratorio con mayor facilidad tanto a estudiantes y docentes.

#### **3.1. Presentación**

El presente trabajo investigativo tiene la finalidad de implementar y mejorar los laboratorios de las carreras técnicas de la Universidad Técnica de Cotopaxi para de esta forma ampliar y poner en práctica conceptos, referentes a los Motores Eléctricos Trifásicos. Ya que los motores Eléctricos Trifásicos tienen diferentes formas de conexiones, arranques, protecciones, y permitir simular condiciones de trabajo tales como carga mecánica variable, simulación de variaciones de voltaje, simulación de sobrecarga y medición de magnitudes tanto de corriente como voltaje, la temática referente a este trabajo es bastante amplia.

A diferencia de lo que se podría pensar, el funcionamiento de los motores eléctricos no sólo se basa en la transformación de energía eléctrica en energía

mecánica. Al contrario, la adaptación de estos motores a las maquetas nos permiten la ejecución de diferentes procesos de control, vitales para su funcionamiento y operación.

Al inicio del trabajo se presentan algunos conceptos básicos, referentes a los componentes que conforman a los Motores Trifásicos. Con esto se pretende dar al estudiante un panorama más amplio, respecto a tales motores.

Al adaptar el motor a la maqueta se puede diferenciar con claridad como primer punto las aplicaciones de la simulación de sobrecarga y medición de magnitudes tanto de corriente como voltaje, Como primer paso partiremos de la importancia que tienen los motores eléctricos en la vida profesional de un ingeniero eléctrico o electromecánico, fundamentalmente en el sector industrial, por esta razón hemos considerado necesario realizar una guía teórico práctico de laboratorio de motores eléctricos trifásicos y maquetas didácticas las cuales permitirá a los estudiantes mejorar sus conocimientos, y que tengan la capacidad de desarrollar por si solos el mantenimiento y reparación de dichos motores trifásicos para prolongar su vida útil evitando gastos y perdidas para las industrias.

## **3.2. Objetivos**

### **3.2.1 Objetivo General.**

- Aportar con el desarrollo de la educación de la Universidad Técnica de Cotopaxi mediante la elaboración de una guía teórico práctico y maquetas de motores eléctricos trifásicos para los estudiantes de la universidad técnica de Cotopaxi en las Carreras de Electromecánica, Eléctrica e Industrial que sea de fácil comprensión para estudiantes y de mucha ayuda para los docentes.

### **3.2.2 *Objetivos Específicos.***

- Elaborar un guía de consulta de fácil manejo y comprensión para los estudiantes y de esta manera consolidar los conocimientos de los mismos.
- Facilitar al estudiante el identificar y solucionar las averías, analizar las causas y soluciones de los problemas presentados durante el funcionamiento del motor eléctrico.
- Elaborar la maqueta didáctica de motores eléctricos trifásicos para que los estudiantes puedan realizar prácticas de laboratorio, la maqueta debe permitir simular las condiciones de trabajo de los motores y medir las principales magnitudes eléctricas, así como el poder obtener parámetros de los circuitos equivalentes de los mismos.

### **3.2.3. *Nivel de impacto***

Una maqueta didáctica de calidad complementado con un manual de conocimientos teórico prácticos capta la atención de todos los estudiantes, ya que es una herramienta en la cual podrán distinguir, diferenciar y hasta tocar los componentes del motor identificando averías, causas y soluciones.

Si colocamos una maqueta en un laboratorio, no se debe dudar que muchos de los estudiantes por no decir todos se van a detener a observarla despertando en ellos un sentimiento de inquietud y curiosidad por entender y saber cómo funciona.

## **3.3. Factibilidad**

No es fácil explicar en una o dos horas clase todo un concepto pero si a esto se le añade una hora de práctica y sumado un manual de conocimientos teórico prácticos los contenidos serán asimilados de mejor manera. Una maqueta didáctica garantiza la comprensión y asimilación de manera rápida y concreta.

Para la efectiva realización de este trabajo fueron indispensables la colaboración de autoridades, estudiantes y los ingenieros docentes de la especialidad de Electromecánica y por supuesto el ahínco y esfuerzo del grupo de tesis.

### **3.4. Fundamentación teórica**

El presente trabajo investigativo está basado en el siguiente fundamento.

**Praxis**, término procedente del griego clásico, que significaba originalmente la acción de llevar a cabo algo. En una acepción más general, significa ‘práctica’, ‘actividad práctica’ o el conjunto de ‘actividades prácticas’ que realiza el ser humano.

En algunos contextos, se identifica con la acción propiamente moral. El concepto de ‘praxis’ suele contraponerse con el de ‘teoría’, una oposición que ya expresó de modo explícito. En la filosofía moderna, el concepto de praxis suele identificarse con un componente fundamental de la filosofía marxista, que destaca la importancia de las actividades de transformación del mundo frente a una pura actitud teórica de los problemas.

Antonio Gramsci, político y filósofo marxista italiano, desarrolló una filosofía de la praxis en la que la práctica era la base de toda teorización posible.

### **3.5. Fundamentación metodológica**

El proceso de enseñanza aprendizaje de la Ingeniería Eléctrica y Electromecánica es múltiple ya que necesita de varios métodos y técnicas interactivas para llevar a cabo dicha labor. Al enseñar las diferentes actividades y tareas, todas estas deben ser evaluadas de forma permanente con el fin de verificar el progreso y desarrollo del alumnado en cada una de las habilidades para poner en práctica los conocimientos.

### **3.6. Fundamentación científica**

Debido a los avances de la ciencia y la tecnología, se considera de vital importancia combinar la teoría con la práctica para llegar a cambios y logros en el aprendizaje. También la educación se ha visto en la imperiosa necesidad de conseguir un mejoramiento intelectual, por tal razón se propone la utilización de laboratorios implementados acorde con las necesidades de los estudiantes que cuente con material basado en métodos y técnicas interactivas que ayudarán a mejorar y desarrollar las habilidades y aptitudes; y así están capacitados para enfrentar los diferentes retos que se presenten en la actualidad y a su vez en el futuro profesional.

### **3.7. Fundamentación Psico-Pedagógica**

Es bien conocido que la práctica un elemento fundamental dentro del Proceso de Enseñanza - Aprendizaje, esta propuesta se basa también en el aspecto psico - pedagógico por que el estudiante cuando se siente capaz de poner en práctica lo aprendido en el aula, logra desenvolverse de mejor manera dentro de la clase, y esto puede ser llevado a cabo si el profesor aplica métodos, técnicas efectivas y emplea un material que vaya a la par con la malla curricular y los contenidos de cada asignatura.

### **3.8. Generalidades**

#### ***3.8.1. Motores eléctricos trifásicos.-***

A partir del descubrimiento del motor eléctrico se potencio el estudio sobre la electromecánica que cambió la faz de la civilización moderna, brindando comodidades a las personas y facilitando el trabajo a las industrias.

Los motores trifásicos usualmente son más utilizados en la industria, ya que en el sistema trifásico se genera un campo magnético rotatorio en tres fases, además de

que el sentido de la rotación del campo en un motor trifásico puede cambiarse invirtiendo dos puntas cualesquiera del estator, lo cual desplaza las fases, de manera que el campo magnético gira en dirección opuesta.

### ***3.8.2. Selección de un motor eléctrico.-***

Es importante hacer una buena selección de un motor eléctrico, ya que de ello dependerá la oportunidad de obtener la mayor vida útil del equipo, y una máxima eficiencia, lo que retribuirá directamente a evitar posibles descomposturas o fallas.

#### ***3.8.2.1. Fundamentos de selección de un motor eléctrico.-***

La selección de un motor depende primordialmente de tres aspectos:

- a) La instalación.
- b) La operación.
- c) El mantenimiento.

Los pasos a seguir para una adecuada selección de un motor eléctrico son:

- 1) La determinación de la fuente de alimentación.
- 2) La potencia nominal.
- 3) La velocidad de rotación.
- 4) El ciclo de trabajo (continuo o intermitente).
- 5) El tipo de motor.
- 6) El tipo de carcasa.

Así mismo, debemos considerar las condiciones ambientales de instalación, y algunas características como el acoplamiento de la carga, los accesorios, y las modificaciones mecánicas necesarias.

También es importante considerar en la selección de un motor eléctrico, las condiciones de servicio, siendo las más importantes:

- a) Exposición a una temperatura ambiente.

- b) Instalación en partes o alojamientos completamente cerrados o abiertos, buscando una buena ventilación del motor.
- c) Operación dentro de la tolerancia de +10% y -10% del voltaje nominal.
- d) Una operación dentro del valor de frecuencia del +5% y -5%.
- e) Operación dentro de una oscilación de voltaje del 1% o menos.

### **3.8.2.2. Características de instalación.-**

Las características de instalación están formadas por un conjunto de elementos, que sirven para dotar de las mejores condiciones a una maquina o equipo para su óptimo funcionamiento, como puede ser:

#### **1.- Instalación:**

Posición

Cimentación

Condiciones Ambientales:

Temperatura

Ambiente

#### **2.- Condiciones de alimentación:**

- Corriente Directa
  - Voltaje
  - Frecuencia
- Corriente Alterna
  - Numero de fases
  - Frecuencia
  - Factor de potencia ( $\cos \Phi$ )
  - Voltaje

### **3.8.3. Mantenimiento para motores trifásicos.-**

Se definen el mantenimiento básico de los motores trifásicos como una o varias rutinas necesarias para aumentar la vida útil de un motor, para evitar que ellos lleguen a fallar más temprano de lo esperado.

Gran cantidad de motores terminan usualmente dañados antes de lo determinado, usualmente por un mantenimiento inadecuado o carencia del mismo.

Un buen programa de mantenimiento debe estar diseñado para prevenir el desarrollo de problemas en motores y detectarlos, estos pueden conducir a una falla inesperada y por tanto, a gastos costosos.

Por tanto, una parte del mantenimiento involucra tareas de rutina que ayudan a los motores a funcionar seguros y correctamente.

La otra parte comprende inspecciones y pruebas para cerciorarse de porqué los motores no están funcionando como debieran.

Un típico mantenimiento de rutina tiene como propósito evitar el desarrollo de problemas

Existen tres áreas principales para el mantenimiento de rutina

1. Lubricación de cojinetes
2. Conservación del motor limpio.
3. Mantenimiento de las escobillas y conmutadores de los motores que los tengan.

#### **3.8.3.1. *Proceso de mantenimiento de motores trifásicos***

A continuación se describe el procedimiento necesario para realizar el mantenimiento adecuado a los motores trifásicos.

##### **Materiales que utilizará:**

1. Aceite lubricante para cojinetes
2. Trapo seco
3. Lija para metal
4. Cinta de aislar vulcanizada

##### **Equipo que utilizará:**

1. Megóhmetro
2. Multímetro
3. Secadora
4. Termómetro de contacto
5. Brocha o cepillo pequeño

**Herramientas que utilizará:**

1. Destornilladores
2. Alicates
3. Pinzas
4. Martillo de hule
5. Extractor de cojinetes
6. Calibrador para entrehierros

**PASO 1****Limpieza y revisión de conexiones bien aisladas**

Empiece por quitar la cubierta del ventilador, limpie los orificios con un trapo; verifique las conexiones y encintados, estos pueden estar dañados, retire las conexiones quemadas y malos empalmes o encintados.

Examine, si la carcasa está más caliente de lo normal y haga que el eje sea revisado en busca de aflojamiento de cojinetes o torceduras (realice este procedimiento cuando el motor esté parado). La limpieza del motor ayuda a que trabaje más fresco y tenga mayor duración, la suciedad interviene en el flujo de aire a través del motor abierto o cerrado y aísla partes del mismo, ocasionando falsos contactos.

Para no disipar el calor, limpie la suciedad en los ventiladores, no utilice chorros de aire por que puede forzar la suciedad a los devanados y causar daños al aislamiento.

**PASO 2****Revisión de cojinetes**

No lubrique los cojinetes más veces que lo recomendado en el manual del fabricante del motor, no utilice otros aceites para los cojinetes originales, demasiado aceite lubricante aumentará el calor y se purgará (escurrir), es preferible que el motor se encuentre tibio y operando.

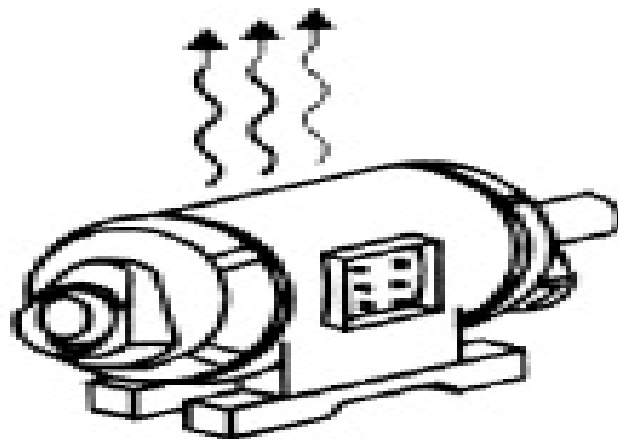
Asegúrese que ningún tipo de suciedad le entre al cojinete a la grasa y limpie el lubricante en exceso, o derramado.

Observe y escuche durante esté trabajando, si al agregar el lubricante a los cojinetes se produce un cambio de ruido, esto indica un problema del cojinete y tendrá que reemplazarlo.

**FIGURA 24**

LIMPIEZA Y REVISION

**CALOR PRODUCIDO**



Fuente: IEM Instalación y Mantenimiento

Realizado por: Grupo Investigador

### **PASO 3**

#### **Revisión del aislamiento**

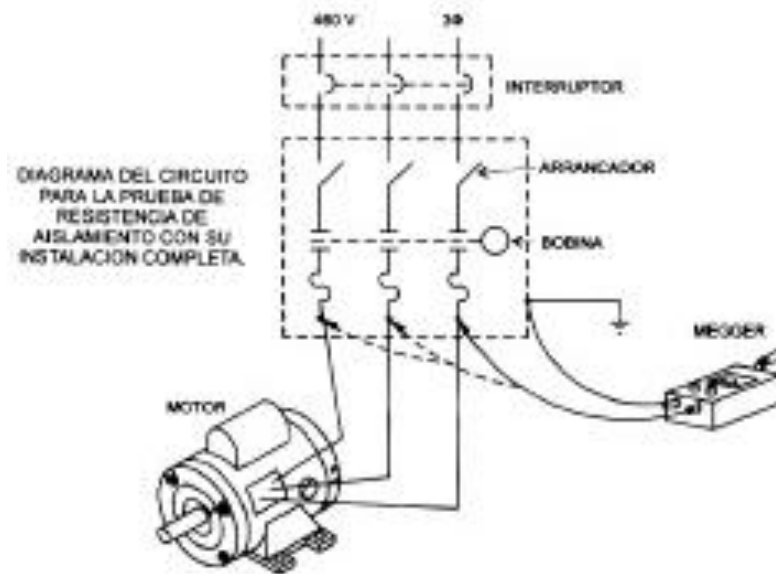
Otro tipo de mantenimiento es la medición de aislamiento, utilizando un megóhmetro, este realiza mediciones con la ayuda de un generador, el cual proporciona tensiones más elevadas que las tensiones de alimentación.

Este equipo se utiliza cuando el motor está desenergizado, realizando pruebas de aislamiento, generalmente las mediciones más que una lectura de un dato constituye una interpretación, por ejemplo una lectura normal entre un bobinado y carcasa, proporciona una lectura habitual de un valor alto de ohmios o tiende a infinito, una lectura baja indicará un error de aislamiento.

Algunas clases de aislamiento pueden dañarse por el aceite derramado de los cojinetes, revise siempre los devanados del estator.

**FIGURA 25**

**DIAGRAMA DEL CIRCUITO PARA LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO CON SU INSTALACIÓN COMPLETA**



Fuente: IEM Instalación y Mantenimiento

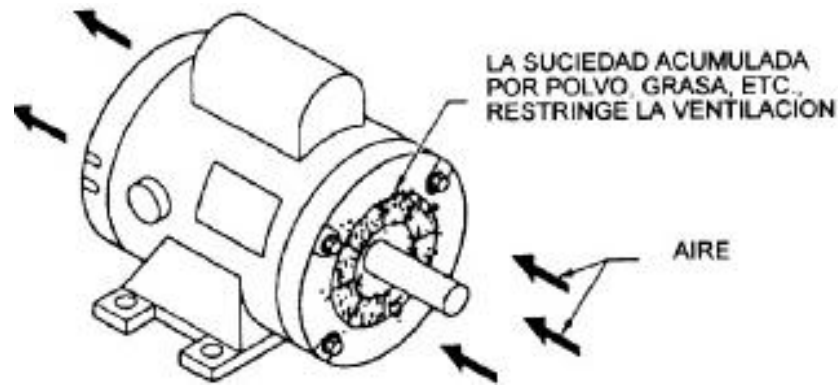
Realizado por: Grupo Investigador

Antes de proporcionar cualquier tipo de mantenimiento es necesario conocer el tipo de motor que se está utilizando, el tipo de servicio de las máquinas eléctricas rotativas en general (motores monofásicos y trifásicos) se clasifica por su clase de servicio:

**3.8.3.2. Medidas de seguridad**

- Todos los motores deben ser desarmados en algún momento, para darles mantenimiento periódico, por tanto asegúrese de que la energía eléctrica esté interrumpida a la hora de desarmar el motor.
- Utilice ropa adecuada en el momento de realizar mantenimiento al motor, por ejemplo: lentes o gafas en el momento de limpiar la suciedad, casco, guantes, mascarillas; recuerde que lo más importante es su seguridad.

**FIGURA 26**  
**SUCIEDAD ACUMULADA EN UN MOTOR**



Fuente: IEM Instalación y Mantenimiento

Realizado por: Grupo Investigador

Mientras realiza el mantenimiento de motores trifásicos, no haga uso de fuego, ya que durante estos procesos estarán presentes materiales inflamables.

### **3.8.3.3. Protección ambiental**

Recoja todo aquel residuo o sobrante de materiales desechables como aceites o lubricantes, cojinetes en mal estado, motores inservibles, fajas, tornillos, pedazos de lija, etc., todos ellos ocupan un lugar entre los conocidos desechos industriales.

Tenga en consideración lo siguiente:

- No derrame aceite en el suelo, utilice un recipiente plástico, cierre con una tapadera roscable y deposítelo en la basura.
- Tome el tiempo necesario para separar los distintos materiales y selecciónelos (cobre, aluminio, papel, vidrio, etc.)
- Mantenga su basurero tapado, para evitar moscas u otros insectos.

#### **3.8.3.4. *Proceso de mantenimiento de motores trifásicos***

En las empresas industriales, son comunes motores eléctricos de distintos tamaños, los cuales deben recibir en forma regular mantenimiento preventivo eléctrico. Generalmente, deben practicarse las técnicas de mantenimiento de motores trifásicos, a todos aquellos motores considerados como: en estado crítico, grandes y costosos, difíciles de reemplazar, etc.

Por tanto, debe tener presente que los enemigos de los motores eléctricos son: la suciedad, el calor, la humedad y la vibración, todos éstos factores causan daño excesivo al aislamiento de los motores, a los cojinetes y chumaceras, a los contactos y a la mayoría de las partes en movimiento; por lo tanto, nunca olvide realizar:

- Una inspección visual.
- Pruebas de aislamiento como respaldo

#### **3.8.3.5. *Técnicas de mantenimiento de motores trifásicos***

Se pueden desarrollar pruebas básicas para probar el estado del motor una de ellas es la prueba de aislamiento, esta ofrece una evaluación excelente de las condiciones del aislamiento del motor.

**FIGURA 27**  
**MEGGER MANUAL Y SU CAJA PARA PROBAR RESISTENCIA DE AISLAMIENTO**



Fuente: IEM Instalación y Mantenimiento  
Realizado por: Grupo Investigador

Una de las pruebas básicas de aislamiento de motores eléctricos es la prueba conocida como “Prueba de aislamiento SPOT”, esta es la prueba de resistencia de aislamiento más simple, durante el voltaje de salida de la máquina probada se eleva hasta el valor deseado, y en un tiempo determinado se toma la lectura de resistencia de aislamiento.

Los niveles de voltajes de prueba recomendados se dan en la tabla siguiente:

**TABLA 8**  
NIVELES DE VOLTAJES DE PRUEBA

<b>Valores de niveles de voltaje de prueba recomendadas para pruebas de resistencia de aislamiento (en mantenimientos de rutina para equipos hasta 4,160 V o mayores)</b>	
<b>Voltaje del equipo por probar (En CA)</b>	<b>Voltaje del equipo por probar (En CD)</b>
Hasta 100 V	100V y 250V
440 V a 550 V	500 V y 100 V
2400 V	1000 V a 2000 V O Mayores
4160 V y Mayores	1000 V a 3000 V O Mayores

Fuente: Grupo Investigador  
Realizado por: Grupo Investigador

Para obtener el valor de la resistencia, es práctica común que la prueba de resistencia de aislamiento spot se desarrolle por un tiempo de 60 seg., porque en muchos casos, la lectura de la resistencia de aislamiento continua elevándose durante un período de tiempo mayor, por lo que si la prueba siempre se suspende a los 60 segundos, se establece un parámetro consistente para cada máquina.

La prueba SPOT, se usa cuando se desea obtener una evaluación rápida de referencia de las condiciones de un motor, las lecturas se deben tomar:

- Entre cada fase del motor y tierra.
- Entre las tres fases unidas
- Temporalmente a tierra.

Si los valores de lectura están arriba de los valores mínimos aceptables, el motor se considera en condiciones satisfactorias de operación para un período de tiempo preseleccionado (por lo general de 6 meses a 1 año).

Para motores de hasta 460 V de tensión nominal, el valor mínimo aceptable de la resistencia es de 1 Megohm.

Lo más importante con esta prueba de aislamiento tipo SPOT, es la tendencia de los valores comparativos de las lecturas de la prueba de año. Estas lecturas proporcionan una excelente guía de las condiciones del motor

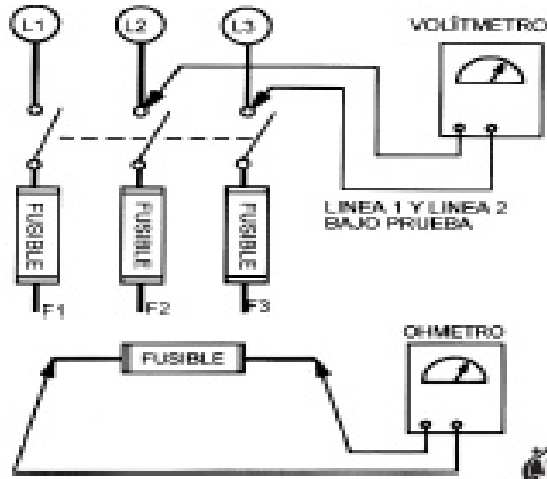
Una de las causas por las que un motor de CA puede tener problemas para arrancar es que existan fallas en su alimentación, y esto va desde identificar si hay potencial entre terminales y si los voltajes entre fases son iguales, hasta determinar el estado en que se encuentran los fusibles, en el caso de motores que usan fusibles como medio de protección.

En estas situaciones, la falla o avería se puede localizar:

- Con el fusible fuera del circuito.
- Con el fusible en el circuito.

Para localizar posibles fallas en los fusibles, se puede usar la lámpara de prueba, o bien un ohmetro o un multímetro. La lámpara de prueba es de tipo en serie, y si se enciende es que hay continuidad; en caso contrario, el fusible estará abierto (quemado).

**FIGURA 28**  
**COMO PROBAR UNA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN CON UN**  
**VOLTÍMETRO**



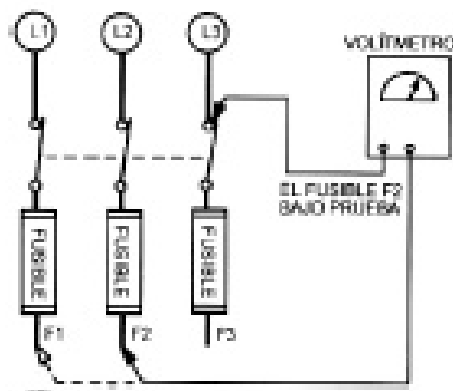
Fuente: IEM Instalación y Mantenimiento

Realizado por: Grupo Investigador

Antes de realizar cualquier medición con el Óhmetro ajuste la aguja a cero antes de realizar una medición, para evitar malas lecturas (incertezas).

- 1) Si no hay lectura en el voltímetro, esto indica que el fusible está en mal estado.
- 2) Si hay lectura de voltaje el fusible está en buen estado.

**FIGURA 29**  
**COMO PROBAR UNA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN CON UN**  
**VOLTÍMETRO**

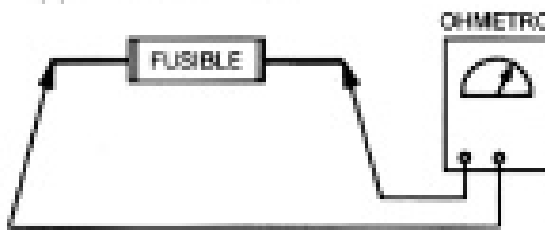


Fuente: IEM Instalación y Mantenimiento

Realizado por: Grupo Investigador

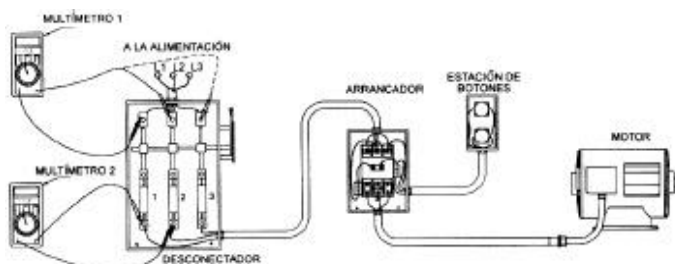
El Óhmetro se conecta en la escala más baja y se toma la lectura. Si el fusible está abierto, la lectura es infinita, si la lectura es cero, hay continuidad y el fusible está en buenas condiciones.

**FIGURA 30**  
**COMO PROBAR UN FUSIBLE ABIERTO USANDO UN OHMETRO**



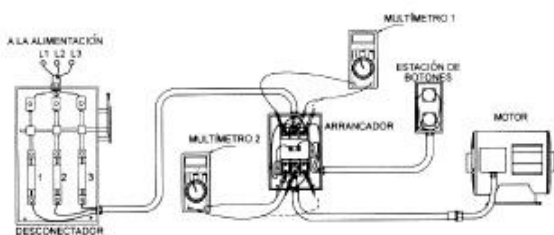
Fuente: IEM Instalación y Mantenimiento  
 Realizado por: Grupo Investigador

**FIGURA 31**  
**CONEXIÓN PARA VERIFICAR EL SUMINISTRO DEL VOLTAJE AL CIRCUITO**



Fuente: IEM Instalación y Mantenimiento  
 Realizado por: Grupo Investigador

**FIGURA 32**  
**CONEXIÓN PARA VERIFICAR EL SUMINISTRO DE VOLTAJE AL ARRANCADOR**

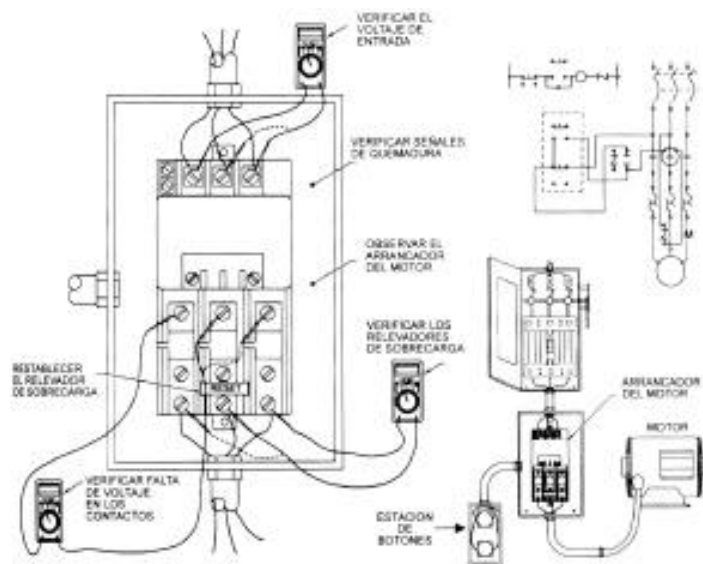


Fuente: IEM Instalación y Mantenimiento  
 Realizado por: Grupo Investigador

Para verificar el suministro de voltaje al circuito, conecte el multímetro 2 de forma que se verifiquen los fusibles 1 y 2. Conecte el multímetro 1, como se muestra en la figura 3.9

Para verificar el suministro de voltaje al arrancador, conecte el multímetro 1 y el multímetro 2, de forma que se verifique el voltaje de salida del arrancador del motor.

**FIGURA 33**  
CONEXIÓN PARA VERIFICAR LOS PROBLEMAS DE UN ARRANCADOR



Fuente: IEM Instalación y Mantenimiento

Realizado por: Grupo Investigador

En la figura 33 se muestran los pasos para la verificación, cuando el arrancador de un motor presenta problemas. Los pasos para realizar el mantenimiento son los siguientes:

### **Paso1**

Inspeccione el arrancador del motor y los elementos de sobrecarga. Dar mantenimiento o reemplazar el arrancador, si muestra daño por calentamiento, arco eléctrico, por suciedad, o bien si está quemado.



### **Paso 6**

Si no hay voltaje en los contactos del arrancador, verifique el relevador de sobrecarga

### **Paso 7**

Si la lectura de voltaje es 0 V, entonces desconecte la alimentación (off) y reemplace los relevadores de sobrecarga.

### **Paso 8**

Si la lectura de voltaje es aceptable y el motor no opera, el problema debe estar en el arrancador.

### **Paso 9**

Antes de realizar cualquier medición con el Óhmetro ajuste la aguja a cero, antes de realizar una medición, para evitar malas lecturas (incertezas).

#### ***3.8.3.6. Medidas de seguridad***

Antes de realizar cualquier conexión para la realización de pruebas, desconecte el motor a prueba, ya que puede causar accidentes.

Para las pruebas realizadas de aislamiento, debe tener cuidado al utilizar el Megger, ya que por ninguna razón debe tocar los bornes de los cables de conexión mientras realiza la prueba, para evitar descargas de tensión, ya que los cables del Megger están sometidos a 500 V, 1000 V, 2500 V y 5000 V, de corriente directa.

Dentro del mantenimiento para motores eléctricos trifásicos estudiaremos dos tipos; mantenimiento preventivo y correctivo.

#### ***3.8.3.7. Mantenimiento Preventivo.***

El mantenimiento preventivo ha adquirido una enorme importancia, ya que al considerarlo como parte de la conservación de los equipos, con un enfoque a la productividad, permite obtener mayores y mejores beneficios.

En este contexto, el llamado mantenimiento preventivo juega un papel importante, ya que cambia la función de simplemente reparar al equipo o reemplazar al que se considera desechable por el estado que guarda. Ahora, se trata de diagnosticar el estado que tiene un equipo antes de que falle, y de esta manera evitar su salida de producción, o bien contar con las técnicas de reparación apropiadas cuando hubiera que hacer esta función.

#### ***3.8.3.7.1. Clasificación del mantenimiento preventivo.***

El mantenimiento preventivo consiste en una serie de trabajos que es necesario desarrollar para evitar que la maquinaria pueda interrumpir el servicio que proporciona, básicamente, se divide en tres elementos fundamentales:

- Selección.
- Instalación.
- Montaje.

#### ***Selección.***

El mantenimiento empieza en la selección del motor; el grado de selección y aplicación incorrecta de un motor puede variar ampliamente, por lo que es necesario, que se seleccione correctamente el tamaño apropiado del motor de acuerdo a la carga.

Los ciclos de trabajo son los que más dañan a los motores. Cuando no son seleccionados en forma apropiada, los arranques, los paros y frenados bruscos, así como los períodos de aceleración largos, conducen a fallas en el motor.

La consideración de la altitud sobre el nivel del mar del sitio de instalación del motor, es un factor que con frecuencia no es considerado. Como se sabe, a grandes alturas la densidad del aire es más baja y se reduce la efectividad de enfriamiento. Esta reducción significa en forma aproximada que la temperatura de

operación se incrementa un 5% por cada 300 m. de elevación sobre el nivel del mar.

### ***Instalación.***

Los errores en la instalación de los motores pueden ser una de las causas de falla. Algunas ocasiones, el tamaño de los tornillos o anclas de montaje y sujeción no es el apropiado, o bien se tienen problemas de alineación; lo que conduce a problemas de vibraciones con posibles fallas en los rodamientos o hasta en el eje del rotor.

El montaje y la cimentación resultan de fundamental importancia para evitar problemas mecánicos y eventualmente eléctricos.

### ***Montaje.***

Es posible que se seleccione correctamente al motor para su carga inicial, y que su instalación haya sido adecuada, sin embargo, un cambio en su carga o en el acoplamiento de accionamiento, se manifestará como una sobrecarga en el motor.

#### ***3.8.3.7.2. Mantenimiento preventivo y sus alcances.***

El mantenimiento preventivo abarca todos los planes y acciones necesarias para determinar y corregir las condiciones de operación que puedan afectar a un sistema, maquinaria o equipo, antes de que lleguen al grado de mantenimiento correctivo, considerando la selección, la instalación y la misma operación.

El mantenimiento preventivo bien aplicado disminuye los costos de producción, aumenta la productividad, así como la vida útil de la maquinaria y equipo, obteniendo como resultado la disminución de paro de máquinas.

Las actividades principales del mantenimiento preventivo son:

- a) Inspección periódica con el fin de encontrar las causas que provocarían paros imprevistos.

b) Conservar la planta, anulando y reparando aspectos dañinos cuando apenas comienzan.

Para llevar un control de los resultados, se utiliza un registro de equipo, además de que auxilia de un programa de mantenimiento preventivo.

#### ***3.8.3.7.2. Posibles fallas en su instalación.***

Una carga excesiva puede llevar rápidamente a una falla en el motor. Es posible que se seleccione correctamente al motor para su carga inicial; sin embargo, un cambio en su carga o en el acoplamiento de accionamiento, se manifestará como una sobrecarga en el motor. Los rodamientos comenzarán a fallar, los engranes están expuestos a presentar fallas en los dientes, o bien se presentará algún otro tipo de fricción que se manifieste como sobrecarga. Cuando se presenta una sobrecarga, el motor demanda más corriente, lo cual incrementa la temperatura del mismo, reduciendo la vida del aislamiento.

Los problemas en rodamientos son una de las causas más comunes de fallas en los motores, también la alineación errónea de éstos y la carga, malos acoplamientos por poleas y bandas, o bien errores en la aplicación de engranes o piñones, son causas de fallas mecánicas. Por otro lado, se debe hacer un correcto balanceo dinámico para evitar problemas de vibración.

Así mismo, una incorrecta alimentación de voltaje al motor, puede reducir la vida útil o causar una falla rápida si la desviación del voltaje es excesiva. Un voltaje bajo soporta una corriente mayor que la normal. Si el voltaje decrece en una forma brusca, se presenta una corriente excesiva que sobrecalienta al motor.

Un voltaje alto en la línea de alimentación a un motor reduce las pérdidas, pero produce un incremento en el flujo magnético, con un consecuente incremento de las pérdidas en el entrehierro.

#### ***3.8.4. Lubricación.***

Para la buena lubricación se debe utilizar el aceite o grasa recomendado, en la cantidad correcta.

Los distribuidores de lubricantes pueden ayudar si hay un problema con el grado de lubricante, y en especial, para los cojinetes que requieren grasa para alta temperatura.

Hay que quitar o expulsar toda la grasa vieja antes o durante la aplicación de la grasa nueva.

El espacio total para grasa se debe llenar al 50% de su capacidad para evitar sobrecalentamiento por el batido excesivo.

Para los cojinetes lubricados con aceite, suele ser suficiente un aceite para máquinas de buena calidad. Hay que comprobar el nivel y la libre rotación de los anillos después de poner en marcha el motor.

En los motores antiguos, a veces se desprenden los dispositivos para inspección del nivel de aceite al cambiarlos de lugar. Si se instalan conexiones de repuesto, hay que determinar que el nivel no esté muy alto ni muy bajo. Si está muy alto, el exceso de aceite se escapará y habrá acumulación de polvo y mugre, y puede mojar el aislamiento de los devanados.

El manejo brusco o descuidado de un motor puede producir grietas en el depósito de aceite, y al poco tiempo ocurrirán fugas, las cuales se notan por el goteo de aceite de los cojinetes cuando el motor está parado. Para localizar las grietas, hay que limpiar el exterior de la cubierta de cojinete con un disolvente y secarlo bien con trapos. Después de que el motor ha estado parado algunas horas, será fácil localizar las posibles grietas.

El exceso de aceite ocasiona otros problemas en los motores de corriente alterna fraccionarios con interruptores internos para arranque, el aceite que se escurre llega a los contactos y, en un momento dado, puede ocasionar un mal contacto.

La quemadura total de los contactos puede impedir que se cierre el devanado auxiliar o de arranque, o que los contactos se suelden entre sí. Cuando el interruptor de arranque se queda abierto, el motor no puede arrancar y, si no tiene protección adecuada, se puede quemar el devanado principal; en el segundo caso, se puede quemar el devanado auxiliar o de arranque.

Si el motor es del tipo de arranque con capacitor, éste se puede fundir antes de que se quemara el devanado de arranque. En muchos casos, los capacitores tienen fusible de seguridad que se puede sustituir.

#### ***3.8.4.1 Precaución para el manejo de lubricantes.***

Debido al riesgo de que entren pequeñas partículas de suciedad en los rodamientos, debe de considerarse que:

- La grasa o aceite deben de almacenarse en contenedores cerrados, con el fin de que se mantengan limpios.
- Las grasas y aceiteras deben limpiarse antes de ponerles lubricante, para evitar que contaminen a los rodamientos.
- Debe evitarse una lubricación excesiva de los rodamientos de bolas y rodillos, ya que puede resultar en altas temperaturas de operación, en un rápido deterioro de material lubricante, y una falla prematura de los rodamientos.

#### ***3.8.5. Partes de repuestos.***

Los repuestos son las partes cuya duración es menor que los devanados, y estos últimos son los que determinan la vida del motor.

Las partes de reserva son piezas o ensambles duplicados que se deben reemplazar en caso de algún accidente de operación; estos se emplean para que siga funcionando el motor, y reducir la pérdida de tiempo en caso de alguna falla.

Hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones que son importantes para tener una existencia de piezas de repuesto:

- a. Frecuencia de las fallas.
- b. Importancia de la máquina.
- c. Disponibilidad de un motor sustituto o para repuesto.
- d. Número de motores iguales.
- e. Equipo auxiliar.
- f. Obsolescencia de los motores y maquinas.
- g. Escasez de materiales.
- h. Piezas que se desgastan.
- i. Registros de piezas de repuesto.
- j. Almacenamiento de las piezas.
- k. Corta duración en almacén.

### ***3.8.6. Inspección.***

La mayoría de los problemas comunes que presentan los motores eléctricos se pueden detectar por una simple inspección, o bien efectuando algunas pruebas.

Este tipo de pruebas se les conoce como pruebas de diagnóstico o de verificación, se inician con la localización de fallas con las pruebas más simples, y el orden en que se desarrollan normalmente tiene que ver con el supuesto problema.

La forma de identificar los problemas tiene relación con el tamaño del motor y su tipo.

### ***3.8.7. Condiciones ambientales.***

Se debe adecuar el grado de protección mecánica de la cubierta del motor a las características ambientales del local de instalación:

Presencia de agentes químicos agresivos, polvo, humedad, partículas abrasivas, etc.; se debe tener en cuenta también la influencia de estos agentes sobre el sistema aislante.

Se puede incluso considerar la noción de agresividad del ambiente.

Existen dos tipos de ambientes agresivos: los mecánicamente agresivos y los químicamente agresivos.

Es relativamente fácil la lista de algunas características que definen un ambiente no agresivo:

- Ausencia de polvo que pueda provocar abrasión en las partes de los equipos instalados, o disminuir la ventilación por la obstrucción de conductos de ventilación.
- Ausencia de gases, vapores o líquidos que puedan corroer o atacar superficies o partes de los equipos; se debe tener en cuenta que la presencia de determinadas sustancias en la atmósfera puede afectar incluso al sistema aislante y a las grasas o aceites utilizados en la lubricación de los cojinetes.

### **3.8.8. Aislamientos.**

Para los motores es primordial e insustituible el uso de aislantes, puesto que en sus propiedades se sabe que no son conductores de la electricidad, por lo que es de suma importancia su aplicación, ya que es necesario que el motor solo tenga contacto magnético y no eléctrico en algunas partes como entre los mismos devanados, es decir cada espira está aislada eléctricamente de las otras.

### **3.8.9. Sentido de rotación.**

El sentido de giro está relacionado directamente con la conexión de las bobinas auxiliares con respecto a las de trabajo. El motor tiene un sentido de rotación, es así, que si se quiere que gire en sentido contrario, solo hay que permutar o invertir las conexiones de las auxiliares.

### **3.8.10. Velocidad de giro.**

La velocidad en los motores de inducción monofásicos o trifásicos, depende del número de polos y la frecuencia de la corriente alterna.

A mayor frecuencia de la corriente alterna, será mayor la velocidad; y mayor número de polos, menor será la velocidad; siendo así que el motor de mayor velocidad será el de 2 polos.

El principio es que en un motor de 2 polos, al recibir un medio ciclo de la corriente alterna, forma una atracción que lo obliga a dar media vuelta para recorrer el espacio que ocupa un polo, y al llegar el otro medio ciclo recorrerá el otro polo, completando una vuelta por cada ciclo. Si la corriente alterna es de 60 ciclos por segundo, el motor dará 60 vueltas por segundo (3600 revoluciones por minuto), en un motor de 4 polos con un ciclo, dará sólo media vuelta, porque los polos ocupan la cuarta parte del estator, que necesitará 4 medios ciclos para dar una vuelta.

La relación que existe, lo da la fórmula:

$$R.P.M. = \frac{120F}{\#Polos} = \frac{60F}{\#ParesPolares}$$

Donde: **R.P.M.** = Revoluciones por minuto o velocidad angular.

**F** = Frecuencia.

Esta fórmula nos da la velocidad sincrona, es decir, la velocidad de acuerdo al ciclo.

### 3.8.11. Número de ranuras del estator.-

Los estatores ranurados para motores monofásicos y trifásicos, puede tener un número estandarizado de ranuras de:

**TABLA 9**  
NUMERO ESTANDERIZADOS DE RANURAS

No. de polos	RPM
2	3450
4	1725
6	1150
8	860

Fuente: Grupo Investigador

Realizado por: Grupo Investigador

Para motores grandes el número es ya ilimitado, en las cuales hay que distribuir las bobinas que componen los polos.

### 3.8.12. Vibraciones.

Hay tendencia a asociar la vibración del motor al equilibrio de sus partes giratorias. Aunque es verdad que un desequilibrio del rotor propicia la vibración del motor, un motor equilibrado puede vibrar por diversas razones.

En máquinas de corriente alterna, una causa de las vibraciones puede ser el desequilibrio magnético. Las fuerzas que actúan en el entrehierro entre el estator y el rotor tienden a aproximarlos y producen vibraciones con el doble de sea normal, una asimetría en el entrehierro puede reforzar esa vibración e incluso producir el ruido. Tal asimetría puede originarse por una ovalización de la

superficie interna del estator o por deflexiones en el eje. Una transmisión por poleas y correas excesivamente tensada puede causar esa situación.

El mismo efecto ocurre cuando hay una asimetría en el arrollamiento estático: una región del entrehierro ejerce mayor fuerza de atracción.

### ***3.8.13. Rodamientos.***

Se utilizan para contrarrestar la fuerza axial que ejerce el eje. Estos cojinetes operan en base al principio de “cuña de aceite”, en el que el líquido es succionado hacia arriba por la barra axial en rotación, y forma una cuña entre el cojinete y el collarín del eje. Evitan daños al equipo y mantienen en su posición la parte rotatoria.

Cuando los rodamientos o cojinetes de un motor están desgastados, se produce un descentramiento del rotor del motor, y debido a que el entrehierro (espacio de aire entre rotor y la armadura del estator) es normalmente un espacio muy pequeño, este descentramiento produce en ocasiones un roce mecánico entre el rotor y el estator, con lo cual se origina un deterioro en los devanados.

Este tipo de falla se puede reconocer observando las marcas producidas por el roce entre el rotor y el estator. Cuando ocurre este problema de rodamientos desgastados, es probable que el motor no funcione, o si lo hace, probablemente haga ruido, producido por el roce mecánico; debido a esto, se debe vigilar que no exista juego de la flecha sobre los rodamientos, para esto se intenta mover en el sentido vertical el extremo libre de la flecha o eje, es decir, el del lado de accionamiento.

### ***3.8.13. Tipo de cargas.***

Una carga es la fuerza que actúa sobre el eje del rotor, básicamente existen tres tipos de carga:

- **Carga Radial.**- Son las que actúan perpendiculares al eje del motor.

**FIGURA 35**

**CARGA RADIAL EN UN MOTOR ELECTRICO**



Fuente: Fraile Mora, J MAQUINAS ELECTRICAS

Realizado por: Grupo Investigador

- **Carga Axial.**- Son las fuerzas de empuje que actúan paralelas al eje del motor.

**FIGURA 36**

**CARGA AXIAL EN UN MOTOR ELECTRICO**



Fuente: Fraile Mora, J MAQUINAS ELECTRICAS

Realizado por: Grupo Investigador

- **Carga Mixta.**- Las cargas mixtas son la combinación de ambas.

**FIGURA 37**

**CARGA MIXTA EN UN MOTOR ELECTRICO**



Fuente: Fraile Mora, J MAQUINAS ELECTRICAS

Realizado por: Grupo Investigador

### **3.8.15. *Mantenimiento Correctivo***

El mantenimiento correctivo es una técnica de la ingeniería, que consiste en realizar una serie de trabajos de restauración que son necesarios cuando la maquinaria, aparatos o instalaciones se estropean, y es necesario recuperarlos.

Su reparación es lo que llamamos mantenimiento correctivo.

#### **3.8.15.1 *Mantenimiento correctivo y sus alcances.-***

El mantenimiento correctivo, comprende la compensación de los daños sufridos por fallas incipientes, a una maquinaria o un equipo, y todos los trabajos que resulten pertinentes para su reparación; su aplicación se da cuando el equipo ha dejado de funcionar y es necesario repararlo.

#### **3.8.15.1 *Desarmado del motor y toma de datos.-***

En ciertas ocasiones para mantenimiento, y en otras para reparación, se requiere desarmar los motores eléctricos, por lo que es conveniente dar algunas indicaciones para facilitar este trabajo.

- a) Desconectar la alimentación del motor (desenergizar).
- b) Tomar nota (elaborar un diagrama) de las conexiones del motor para evitar errores cuando se vuelva a poner en servicio.
- c) Quitar todo el equipo auxiliar que no permita el acceso libre al motor.
- d) Analizar si se requiere o no remover el motor del lugar de su instalación.
- e) Seguir preferentemente las recomendaciones del fabricante para su montaje y maniobras a realizar.

### **3.8.16. *Circuitos eléctricos de mando y fuerza para motores***

#### **3.8.16.1. *Control manual***

El control de los motores eléctricos consiste en realizar el arranque, la regulación de velocidad, el frenado, la inversión del sentido de marcha, así como el mantenimiento del régimen de su funcionamiento, de acuerdo con las exigencias del proceso tecnológico.

En los casos más sencillos, el arranque, la regulación de velocidad y el frenado, se realiza por medio de dispositivos accionados manualmente: interruptores de cuchillas, reóstatos de arranque y de regulación, combinadores. La utilización de estos dispositivos, implica una pérdida de tiempo suplementaria y, por lo tanto reduce la productividad de la máquina, sobre todo, cuando su funcionamiento está relacionado con frecuentes arranques o con una regulación de la velocidad. Además, el empleo de dispositivos accionados manualmente excluye el mando a distancia, lo que resulta inconcebible en numerosas instalaciones modernas. Para los sistemas de potencia elevada, el mando manual resulta difícil y en ocasiones imposible a causa de los grandes esfuerzos que serían necesarios para asegurar la maniobra de los aparatos.

Los elementos de mando manuales deben:

- 1.- Ser sencillos, seguros, robustos y disponer de resistencia al choque.
- 2.- Garantizar la seguridad del personal y la de la máquina que controla.
- 3.- Permitir arranques y paradas mediante varios puestos de mando.
- 4.- Evitar al operario desplazamientos y movimientos inútiles y fatigosos.
- 5.- Impedir arranques no previstos después de un corte de corriente.

Las condiciones de utilización y las características de los circuitos controlados son criterios que determinan la elección de los auxiliares de mando manual.

**FIGURA 38**  
DIFERENTES TIPOS SECCIONADORES



Fuente: Grupo Investigativo  
Realizado por: Grupo Investigador

### **3.8.16.2. Definición de control manual**

Los aparatos de arranque y maniobra pueden clasificarse de muy diversas maneras, pero fundamentalmente cabe dividirlos según que la maniobra de los mismos sea manual o automática, y según que conecten el motor a plena tensión de la red o a una tensión reducida.

Un control manual es un dispositivo que consta de uno o varios contactos móviles y otros fijos, unidos a un tambor giratorio, accionado en forma manual.

Existen numerosas combinaciones según los casos, se fabrican como interruptores, conmutadores, inversor de sentido de giro de los motores, etc.

Para lograr una capacidad de contacto mayor (capacidad de corriente), en un espacio menor que los dispositivos diseñados con contactos de apertura sencilla, se utilizan los contactores de doble contacto de apertura.

Los contactos de doble corte o apertura, si son normalmente abiertos (NO), se forzan contra los contactos fijos para completar el circuito eléctrico. Cuando el contactor manual es desenergizado, los contactos móviles se forzan para retirarse de los contactos fijos y el circuito se abre otra vez. Cuando se usan contactos normalmente cerrados (NC), si se usan contactos de doble interrupción o corte, el procedimiento se invierte.

Se debe aclarar que hay diferencia entre los contactores manuales y los arrancadores manuales. Un contactor manual es un dispositivo que abre y cierra manualmente un circuito eléctrico y los arrancadores manuales se usan únicamente en el control de motores eléctricos.

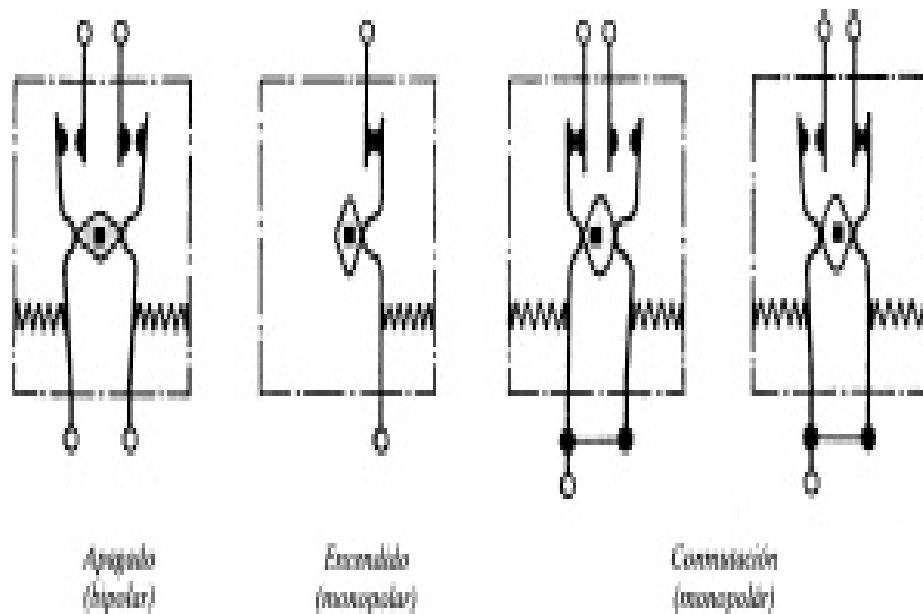
Una diferencia importante entre el contactor y el arrancador, es un segundo componente en este último, llamado la protección contra sobrecarga. El arrancador se compone de un contactor y un dispositivo de protección contra sobrecarga, debido a que las normas técnicas para instalaciones eléctricas establecen como requisito, que un arrancador no sólo sirva para arrancar y parar, sino también para

proporcionar protección y evitar que se dañe el motor bajo situaciones de sobrecarga o de rotor bloqueado.

### 3.8.16.3. Tipos y características de controles manuales

Las normas NEMA (National Electrical Manufacturers Association, Asociación Nacional de Manufacturas Eléctricas), ha dividido los controladores de motor en clases de la A a la E. Las clases usadas de manera más común, la A, B y E se describen como sigue:

**FIGURA 39**  
DIFERENTES TIPOS DE ACCIONAMIENTO MANUAL



Fuente: Fraile Mora, J MAQUINAS ELECTRICAS

Realizado por: Grupo Investigador

#### **Clase A:**

Controladores manuales o magnéticos, de corriente alterna, con ruptura al aire y sumergidos en aceite, para servicio a 600 volts o menos, capaces de interrumpir sobrecargas de operación hasta de 10 veces inclusive la capacidad nominal de su motor, pero no cortocircuitos o fallas más allá de las sobrecargas de operación.

**Clase B:**

Controladores manuales o magnéticos, de corriente continua, con ruptura al aire, para servicio a 600 volts o menos y capaces de interrumpir sobrecargas de operación pero no cortocircuitos o fallas más allá de las sobrecargas de operación.

**Clase E:**

Controladores magnéticos de corriente alterna, con ruptura al aire o sumergido en aceite para servicio a voltajes entre 2200 y 4600 volts y capaces de interrumpir cortocircuitos o fallas mas allá de las sobrecargas de operación. Esta clase se subdivide en clases E1 y E2; la primera utiliza contactos para arrancar e interrumpir, mientras que la última emplea fusibles para interrumpir.

**Clases C y D:**

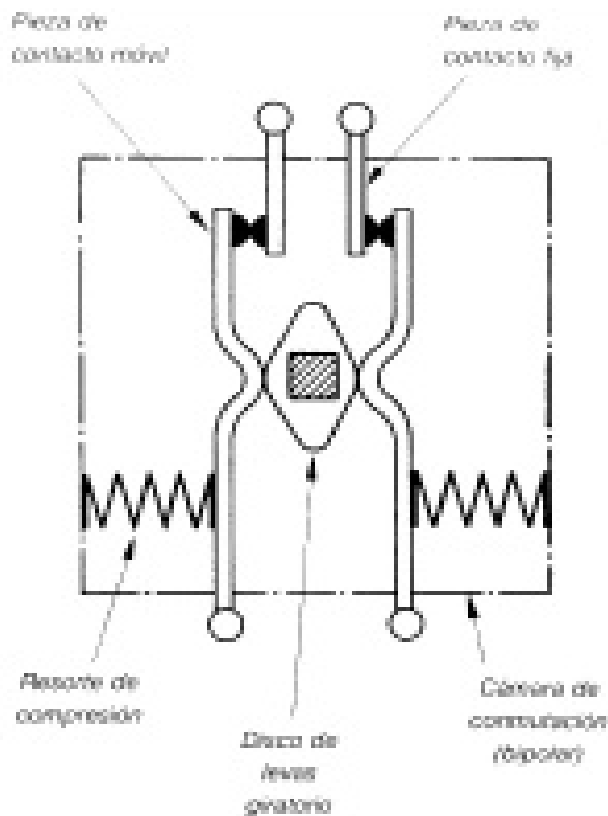
Estas dos clases son controladores de corriente alterna y de corriente continua respectivamente, capaces de interrumpir corrientes de falla mas allá de las sobrecargas de operación. Estos dispositivos no se usan de manera muy amplia y cuando no se establecen designaciones de clase para 600 volts o menos, se entiende que se trata de las clases A o B.

***3.8.16.4. Arrancadores tipo combinación:***

La protección contra cortocircuitos que se extiende desde la máxima corriente de falla que se puede tener con el sistema de potencia hasta magnitudes de corriente de 10 veces la capacidad de plena carga del arrancador, debe ser proporcionada por un dispositivo en el lado de la línea del arrancador. Esto se logra normalmente usando arrancadores tipo combinación para 600 volts o menos, donde la capacidad para interrumpir corrientes de falla se aplica a la combinación como un todo. Los arrancadores de combinación se fabrican con protección contra fallas en forma de un interruptor de desconexión tipo fusible, un interruptor de circuito al aire, o una combinación coordinada de fusibles y un interruptor de circuito. Con los arrancadores de combinación se pueden obtener capacidades de interrupción asimétrica de hasta 100,000 A.

Los contactores de levas pertenecen al grupo de los interruptores de accionamiento manual que con la rotación del eje conectan los diferentes circuitos eléctricos. Los discos de levas, de moldeado correspondiente y de plástico resistente a la abrasión y aislante, están empotrados sobre el eje y según la posición tomada, abren o cierran uno o dos contactos.

**FIGURA 40**  
ESTRUCTURA DEL CONTACTOR DE LEVAS

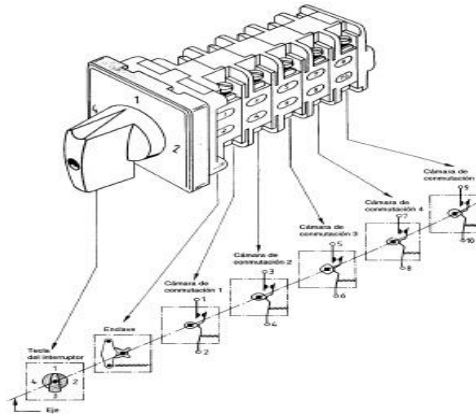


Fuente: Fraile Mora, J MAQUINAS ELECTRICAS

Realizado por: Grupo Investigador

La siguiente representación muestra un contactor de levas pentapolar de accionamiento manual con cuatro posiciones de conexión (interruptor de cuatro posiciones). El interruptor se representa aquí en la posición de conexión 1.

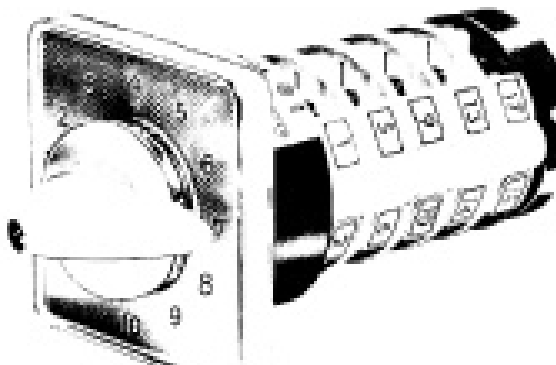
**FIGURA 41**  
**CONTACTOR DE LEVAS PENTAPOLAR DE ACCIONAMIENTO**  
**MANUAL.**



Fuente: Grupo Investigador  
 Realizado por: Grupo Investigador

Representación del desarrollo de un interruptor de levas (diagrama de contactos). El asa indica “Contacto cerrado”. Están cerrados: en la posición de conexión 1, el contacto entre los bornes 1 y 2, también entre los bornes 7 y 8; en posición de conexión 2, el contacto entre los bornes 3 y 4, también entre los bornes 5 y 6, en posición de conexión 3 y el contacto entre lo bornes 9 y 10.

**FIGURA 42**  
**INTERRUPTOR DE LEVAS (DIAGRAMA DE CONTACTOS)**



Fuente: Grupo Investigador  
 Realizado por: Grupo Investigador

### **3.8.16.5. Medidas de seguridad**

Para la manipulación del interruptor de levas debe utilizarse únicamente como interruptor de carga y no como interruptor de mando, en instalaciones de corriente alterna y corriente trifásica.

Se colocan los interruptores de mantenimiento en maquinas y equipos eléctricos para poder efectuar trabajos de mantenimiento, teniendo en cuenta las normas de seguridad.

Cada persona que coloque su candado en el dispositivo de bloqueo, quedará protegida y evitará que se conecte la instalación por personal no autorizado.

**FIGURA 43**

#### **INTERRUPTOR DE BLOQUEO POR CANDADO**



Fuente: Grupo Investigativo  
Realizado por: Grupo Investigador

### **3.8.17. Equipo y accesorios de motores eléctricos**

En todas las instalaciones eléctricas industriales la instalación de los motores eléctricos, no solo consiste en llevar la energía hasta ellos, también requiere de medios de conexión y desconexión, así como dispositivos de control de los mismos, dependiendo de la aplicación específica para la cual fueron seleccionados.

El control de motores eléctricos se ha asociado tradicionalmente con el estudio de los dispositivos eléctricos que intervienen para cumplir con las funciones que realiza la máquina rotativa propiamente dicha; es importante decir que el motor en sí, es sólo un medio de hacer funcionar una máquina como por ejemplo, una empaquetadora, embotelladora, movimiento de fajas, elevadores, etc., por tanto, es necesario protegerlo por medio de dispositivos y accesorios que permitan la detección de fallas y buen funcionamiento del motor.

#### ***3.8.17.1. Definición de equipos y accesorios de motores eléctricos***

Los equipos y accesorios de un motor eléctrico son todos aquellos dispositivos que se usan normalmente para arrancar, parar, invertir el sentido de giro, proteger, señalar, detectar fallas, controlar, etc., un motor en cualquier condición de operación.

Para el caso del controlador, puede ser un simple desconectador para arrancar y parar el motor (switch), puede ser también una estación de botones para arrancar al motor en forma local o a control remoto, puede ser un dispositivo que arranque al motor por pasos, invirtiendo su sentido de rotación o bien, haciendo uso de las señales de los elementos por controlar como puede ser temperatura, presión, nivel de un líquido o cualquier otro cambio físico que requiera arrancar o parar un motor y que evidentemente le confieran un mayor grado de complejidad al circuito de control.

Todos los elementos del motor eléctrico (hierro activo, hierro inactivo y devanados) requieren de algún tipo de protección para asegurar que el motor siga en operación, en forma segura y económica. El grado de protección depende de la combinación particular de las condiciones de servicio y la importancia de la aplicación. La protección puede ser en la forma de una carcasa o alojamiento, una advertencia por medio de sonido o de luz, o la desconexión del motor de la fuente de alimentación, antes de que pueda ocurrir algún daño. El daño se produce debido al deterioro y a la desintegración del aislamiento usado en los devanados, a causa de una falla de una parte mecánica, o por una combinación de ambas. Tanto el deterioro eléctrico como el mecánico y la desintegración, pueden ser la causa o el

efecto de una falla en el motor. La protección de los motores estará en función de los equipos y accesorios con los que cuente el mismo, con el objeto de obtener una operación segura.

### **3.8.17.2. Partes y funcionamiento de equipos y accesorios de circuitos eléctricos**

Cada circuito de control, por simple o complejo que sea, está compuesto de un cierto número de componentes básicos conectados entre sí, para cumplir con una función determinada como: arrancar, parar, invertir el sentido de giro, señalar, detectar fallas, controlar, etc., un motor en cualquier condición de operación.

El principio de operación de estos componentes es el mismo y su tamaño varía dependiendo del tamaño del motor que van a controlar. Aun cuando la variedad de componentes eléctricos es muy amplia, los principales elementos de control son los que a continuación se mencionan:

- 1) Desconectores (switches).
- 2) Interruptores termomagnéticos.
- 3) Desconectores (switches) tipo tambor.
- 4) Estaciones de botones.
- 5) Relevadores de control.
- 6) Contactores magnéticos.
- 7) Fusibles y relevadores.
- 8) Lámparas piloto.
- 9) Switch de nivel, límite y otros tipos.
- 10) Resistencias, reactores, autotransformadores y capacitares.

### **3.8.18. Protecciones (fusibles)**

La protección contra sobreintensidad , debe ser uno de los elementos más importantes dentro de los protectores de los motores eléctricos en general.

La sobreintensidad se provoca por dos tipos de corrientes:

- Corrientes de sobrecarga
- Corrientes de cortocircuito

Los elementos de protección contra sobrecorrientes en una instalación eléctrica, pueden definirse como aparatos destinados a cortar el paso de la corriente, cuando se estima que alcanza valores que pueden dañar el circuito o los receptores conectados (motor eléctrico).

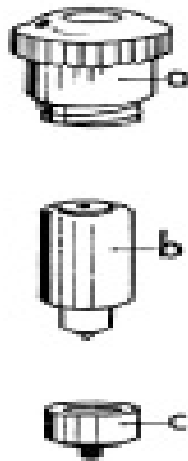
Por su construcción, los fusibles pueden dividirse en cortacircuitos de rosca, cilíndricos y de cuchillas.

Como modelo de fusible de rosca, se describe el tipo Diazed, el fusible consta de dos partes:

1. Fusible propiamente dicho.
2. Base portafusible

A su vez el fusible propiamente dicho consta de tres piezas, que están dibujadas separadamente en la Figura 44:

**FIGURA 44**  
CORTACIRCUITO FUSIBLE DIAZED, SIEMENS. A) TAPÓN ROSCADO B)  
CARTUCHO FUSIBLE C) TORNILLO DE AJUSTE



Fuente: IEM Instalación y Mantenimiento

Realizado por: Grupo Investigador

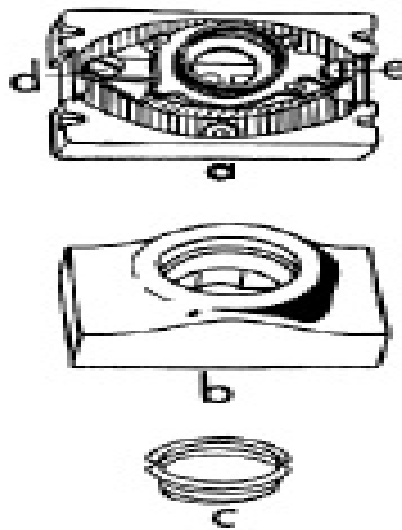
El tapón roscado fija el cartucho fusible a la base portafusible y lleva un dispositivo que indica, cuando el fusible está quemado.

El cartucho fusible es un cilindro hueco de material aislante, en cuyo interior se encuentra un hilo fusible, en los extremos del cartucho, este lleva piezas de contacto que quedan fijadas al apretar el tapón roscado.

El tornillo de ajuste tiene su parte superior (de material aislante) con una abertura ajustada a las dimensiones del extremo inferior del cartucho fusible, la parte inferior se rosca sobre un agujero roscado situado en la base portafusible.

#### FIGURA 45

BASE PORTAFUSIBLE DE CARTUCHO DIAZED SIEMENS A) ZÓCALO B) TAPA C) CASQUILLO ROSCADO D) TORNILLO DE CONEXIÓN A LA PIEZA DE CONTACTO, CON EL TORNILLO DE AJUSTE. E) TORNILLO DE CONEXIÓN AL CASQUILLO ROSCADO.



Fuente: IEM Instalación y Mantenimiento

Realizado por: Grupo Investigador

La base portafusible está constituida también por cinco piezas.

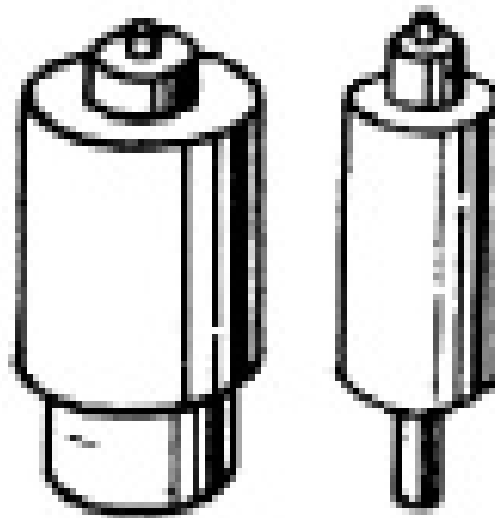
a). Un zócalo, cubierto con una tapa que está asegurada al zócalo, por medio de un casquillo roscado. b). El tornillo e de la base va unido al casquillo roscado, mientras que el c) lo está a la pieza de contacto con el tornillo de ajuste. los conductores y las conexiones, después de su fijación sobre el panel o tablero, van

introducidos en los zócalos de los fusibles y unidos a los bornes d) y e) de las bases portafusibles; de esta forma, las conexiones resultan visibles y pueden vigilarse y desmontarse por la parte anterior, sin necesidad de desmontar la base portafusible.

El conjunto cartucho fusible-tornillo de ajuste está provisto de tal manera que a cada tornillo de ajuste, corresponde un cartucho fusible y solamente uno, calibrado a una intensidad aproximada. De esta forma, se evitan recambios erróneos.

A cada intensidad le corresponde un cartucho fusible de diferente diámetro y a cada tensión, un cartucho fusible de distinta longitud.

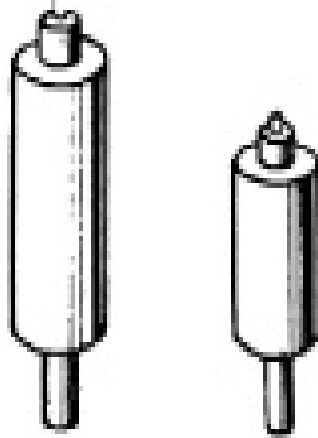
**FIGURA 46**  
CARTUCHOS FUSIBLES PARA LA MISMA TENSIÓN (IGUAL LONGITUD)  
Y DISTINTA INTENSIDAD (DISTINTO DIÁMETRO)



Fuente: IEM Instalación y Mantenimiento

Realizado por: Grupo Investigador

**FIGURA 47**  
CARTUCHOS FUSIBLES PARA LA MISMA INTENSIDAD (IGUAL  
DIÁMETRO Y DIFERENTE TENSIÓN (DISTINTA LONGITUD))



Fuente: IEM Instalación y Mantenimiento  
Realizado por: Grupo Investigador

Los fusibles cilíndricos son los cortacircuitos más utilizados. Tienen el cuerpo de material aislante con capas de material conductor (normalmente, cobre estañado o tratado con algún antioxidante) en forma de casquillo, insertadas en el cuerpo aislante. El material fusible va instalado entre los casquillos, por la parte interior del cuerpo de forma tubular.

**FIGURA 48**  
FUSIBLE CILÍNDRICO.



Fuente: IEM Instalación y Mantenimiento  
Realizado por: Grupo Investigador

### **3.9. PRESUPUESTO.**

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se consideraron utilizar los siguientes recursos:

#### **HUMANOS**

- Grupo de investigación.
- Director del proyecto
- Autoridades de la Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Docentes de la especialidad de Electromecánica y Electricidad.
- Estudiantes de la especialidad.

#### **TECNOLÓGICOS**

- Computadoras
- Impresoras (cartuchos)
- Internet
- Flash Memory
- DVD
- CD`s

#### **MATERIALES**

- Motores eléctricos: Trifásico y Monofásico.
- Materiales para la elaboración de las maquetas.
- Hojas
- Empastado
- Copias bibliografía
- Reproducción de encuestas
- Anillados
- Transporte

**RECURSOS PRESUPUESTARIOS:**

<b>Recursos tecnológicos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario \$</b>	<b>Valor total \$.</b>
Uso de computadora	120h	0,80	96,00
Hojas	3600	0,10	360,00
Uso de Internet	120h	0,80	96,00
Flash Memory	2	15,00	30,00
DVD	10	0,80	8,00
CD`s	12	0,50	6,00
<b>Total</b>			<b>596,00</b>

<b>Recursos Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario \$</b>	<b>Valor total \$</b>
Motores eléctricos	2	400,00	800,00
Materiales maquetas	2	500,00	1000,00
Empastado	4	25,00	100,00
Anillados	18	10,00	180,00
Copias	700	0.10	70
<b>Total</b>			<b>2150,00</b>

Recursos	Valor total \$
Tecnológicos	596,00
Materiales	2150,00
Subtotal	2746,00
Imprevistos 10 %	274,60
<b>Total</b>	<b>3020,60</b>

## **CONCLUSIONES:**

Con la investigación realizada, nosotros los investigadores llegamos a las siguientes conclusiones:

- Por medio del trabajo realizado, podemos mencionar que es de mucha utilidad tanto para estudiantes como para profesionales, debido a que nos permite conocer cada uno de los elementos que contiene un motor eléctrico trifásico por medio de esta investigación.
  
- Con las necesidades reales de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi dentro del área de Electromecánica se lograra obtener un estudio amplio de lo que son los motores eléctricos trifásicos; lo cual servirá para que el estudiante pueda desarrollarse a nivel profesional.
  
- La guía teórico practico con maquetas didácticas servirá como un modelo a seguir en la elaboración de futuros temas de investigación de la unidad académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi
  
- La guía teórico práctico de Motores Eléctricos Trifásicos para la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas será de gran ayuda para la especialidad de Electromecánica y a la vez contribuirá con el estudio, funcionamiento y mantenimiento de los Motores Eléctricos.

## **RECOMENDACIONES:**

De acuerdo a los resultados obtenidos del trabajo se emiten las siguientes recomendaciones:

- Sería recomendable implementar un laboratorio para la Especialidad de Electromecánica; por que al momento no cuenta con el equipo necesario para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas y de esta manera contribuir con el proceso de enseñanza y aprendizaje.
- Se recomienda actualizar la información para que los estudiantes estén actualizados, en lo que se refiere al alcance tecnológico existente en la actualidad.
- Es recomendable dar el correcto y cuidadoso manejo de la guía debido a que en él se encuentra información teórico práctico que servirá a docentes como estudiantes que necesiten información.
- Se recomienda, para la manipulación y puesta en funcionamiento de los motores eléctricos trifásicos tener las respectivas medidas de seguridad como protecciones, corriente de funcionamiento teniendo siempre en cuenta las características en las placas de los motores.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- PRINCIPIOS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA, **Hermosa Donate, A.** II EDITORIAL MARCOMBO S.A. BARCELONA ESPAÑA. 1999
- INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE MOTORES ELECTRICOS TRIFASICOS (MODULO 10), **INTECAP.** Editorial MT.3.4.2-45/04 Edición 01 Guatemala, 2002.
- MAQUINAS ELÉCTRICAS, **Fraile Mora, J.** Editorial Mc-GrawHill. 2003.
- MAQUINAS ELECTRICAS,. **Sanjurjo Navarro, R.** Editorial Mc-Graw-Hill. Madrid. 1989.
- TRANSFORMADORES DE POTENCIA, DE MEDIDA Y DE PROTECCION, **Ras Oliva, E.** Editorial Marcombo. Barcelona. 1978.
- GUÍA DIDÁCTICA EN CD SOBRE MÁQUINAS ELÉCTRICAS, **Departamento de Ingeniería Eléctrica.** “VirMALec., Versión 2005.
- MÁQUINAS ELÉCTRICAS, **ChapmanStephen,** , Tercera edición, Colombia, Editorial McGranw Hill, 2000.
- CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS, PRIMERA EDICIÓN, **Harper, Enríquez.** México. Editorial Limusa S.A. 2002.
- HUGH FALKNER ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENTS IN ELECTRIC MOTORS AND DRIVES, **Paolo Bertoldi, Anibal de almeida,** Springer, 2000.
- PROGRAMA DE CÁLCULO DE MOTORES ASÍNCRONOS, **Fernado López, Atanasi Jornet,** UPC, DEE, Terrassa 2002
- MAQUINAS ELÉCTRICAS, **Fraile Mora, J.,** Editorial Mc-GrawHill. 2003.
- TRANSFORMADORES DE POTENCIA, DE MEDIDA Y DE PROTECCION, **Ras Oliva, E.,** Editorial Marcombo. Barcelona. 1978.
- MANUAL ELECTROTÉCNICO TELESQUEMARIO TELEMECANIQUE, **Schneider Electric,** España, S.A. – 1999

- REVISTA TECNICA IEM INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MOTORES ELÉCTRICOS, **Eduardo Dartigues**,

### **BIBLIOGRAFÍA CITADA**

- PRINCIPIOS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA II EDITORIAL, **Hermosa Donate, A.**, MARCOMBO S.A. BARCELONA ESPAÑA. 1999 [Pagina 59]
- EL ABC DEL CONTROL ELECTRÓNICO DE LAS MAQUINAS ELÉCTRICAS, **ENRIQUEZ Harper**, , 2003 EDITORIAL LIMUSA S.A [Pagina 247]
- MANUAL ELECTROTÉCNICO TELESQUEMARIO TELEMECANIQUE **Schneider Electric**, España, S.A.–1999 [Pagina 82]
- Plan Estratégico de Desarrollo Periodo 2003 – 2006 **Arq. Francisco Ulloa**, [Pagina 7-8]

### **BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA**

- **Nichese**. Electricidad y Automatismos. [En línea] 2011;  
<http://www.nichese.com>
- **CONAE** Manual Motores Eléctricos. [En línea] 2011;  
[http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_2403\\_motores\\_electricos](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_2403_motores_electricos)
- **Hernández Juan. TERVERAS** Manual Motor Sincrónico. [En línea] 2011;  
<http://www.tuveras.com/motorsincrono/motorsincrono.htm>
- **WEG. Catalogo** Motor de Inducción Trifásico de Alta y Baja Tensión [En línea] 2011;  
<http://catalogo.weg.com.br/files/wegnet/WEG-motor-de-induccion-trifasico-de-alta-y-baja-tension-rotor-de-jaula-manual-espanol.pdf>

- **Ayala A. Alberto Carlos.** CIPEL [En línea] 2011;  
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar14/HTML/articulo05.htm>
- **ROCKBELL AUTOMATION.** Manual Motores Eléctricos [En línea], 1997;  
[http://samplecode.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/icg-wp000\\_-es-p.pdf](http://samplecode.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/icg-wp000_-es-p.pdf)
- **USB. Maquinas y Motores Trifásicos de Inducción** [En línea] 2011;  
[http://prof.usb.ve/jaller/Guia\\_Maq\\_pdf/cat\\_motores\\_ind.pdf](http://prof.usb.ve/jaller/Guia_Maq_pdf/cat_motores_ind.pdf)
- **SIEMENS.** Motores trifásicos de uso industrial severo [En línea] 2011;  
[http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient\\_Andina/Medias/PDFS/608\\_20080616193422.pdf](http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient_Andina/Medias/PDFS/608_20080616193422.pdf)
- **PEMEX.** Motores Eléctricos [En línea] NRF-095-PEMEX-2004;  
<http://www.pemex.com/files/content/NRF-095-PEMEX-2005-06-firmado.pdf>

ANEXOS

# ANEXOS

## ANEXO A. MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS

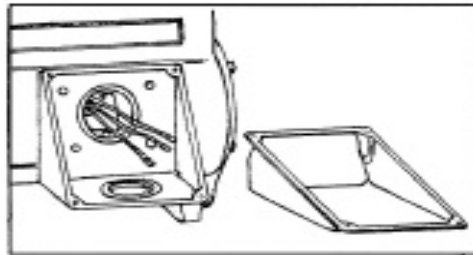
Los motores eléctricos trifásicos, se fabrican en las más diversas potencias, desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos de fuerza (HP), se los construye para prácticamente, todas las tensiones y frecuencias (50 y 60 Hz) normalizadas y muy a menudo, están equipados para trabajar a dos tensiones nominales distintas.

Se emplean para accionar máquinas-herramienta, bombas, montacargas, ventiladores, grúas, maquinaria elevada, sopladores, etc.

### CONEXIÓN DE UN MOTOR TRIFÁSICO

Todo motor trifásico, ha sido diseñado para ser conectado a un sistema de alimentación trifásico de corriente alterna; las conexiones necesarias se realizan a la bornera de cada motor que traen normalmente 3, 6, 9 y 12 puntas y en casos especiales pueden tener más salidas de conexión.

**FIGURA 1**  
CONEXIÓN DE UN MOTOR TRIFÁSICO



### PROCESOS DE CONEXIÓN DE UN MOTOR TRIFÁSICO

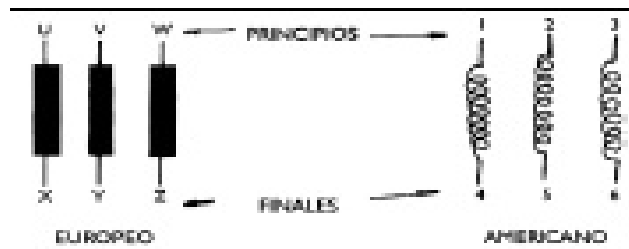
Este proceso le mostrará la forma correcta de conectar motores trifásicos en conexión estrella y en conexión delta o triángulo.

Los motores trifásicos se pueden conectar en dos formas:

En estrella y en triángulo o delta.

El motor tiene en su bobinado tres fases, cada una de ellas con su principio y su final, las cuales reciben una nomenclatura dependiendo del sistema que se use (americanos o europeos)

**FIGURA 2**  
BOBINADO TRES FASES EUROPEO-AMERICANO



### CONEXIÓN ESTRELLA

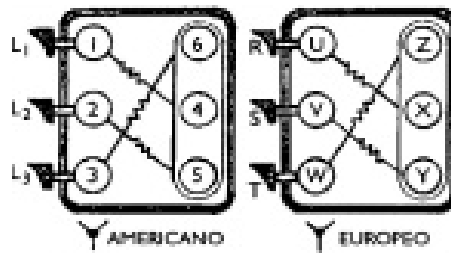
#### Paso 1

Prepare la herramienta, el equipo y los materiales a utilizar.

#### Paso 2

Conecte los principios a la red trifásica, y los finales se conectan entre sí.

**FIGURA 3**  
CONEXIÓN ESTRELLA

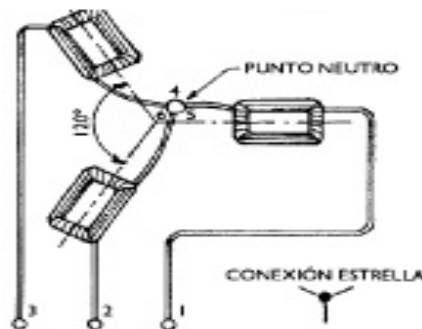


Conexión estrella, triángulo en el sistema europeo y americano

#### Paso 3

Conecte los bornes del motor de seis puntas, como se indica en la figura.

**FIGURA 4**  
**CONEXIÓN DE BORNES ESTRELLA**



#### **Paso 4**

Una vez conectados los finales de cada bobina, mida la continuidad entre cada una de las fases, el indicador deberá marcar continuidad, en caso contrario, revise sus conexiones.

#### **Observación**

Cuando el motor trae 6 conductores de salida se pueden hacer dos conexiones (estrella o triángulo) y por tanto, tiene dos tensiones de trabajo, por ejemplo: si está en triángulo con 220 V, se puede conectar en otra red de  $220 \times 1.73380$  V, conectándolo en estrella

### **CONEXIÓN DELTA**

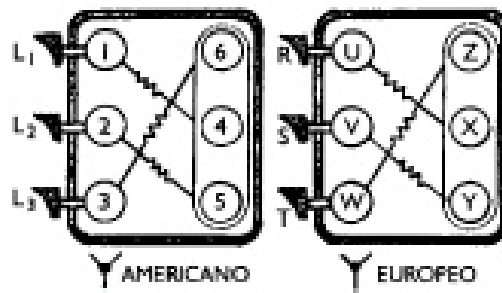
#### **Paso 1**

Prepare la herramienta, el equipo y los materiales a utilizar.

#### **Paso 2**

Conecte los principios con los finales de cada bobina a la red trifásica como en la Figura:

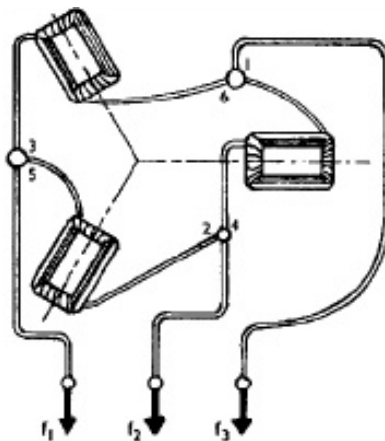
**FIGURA 5**  
CONEXIÓN DELTA EN EL SISTEMA EUROPEO Y AMERICANO



**Paso 3**

Conecte como se indica en los bornes del motor de seis puntas.

**FIGURA 6**  
CONEXIÓN EN DELTA



**Paso 4**

Una vez conectados los finales con los principios de cada bobina, mida la continuidad entre cada una de las fases, el indicador deberá marcar continuidad, en caso contrario, revise sus conexiones.

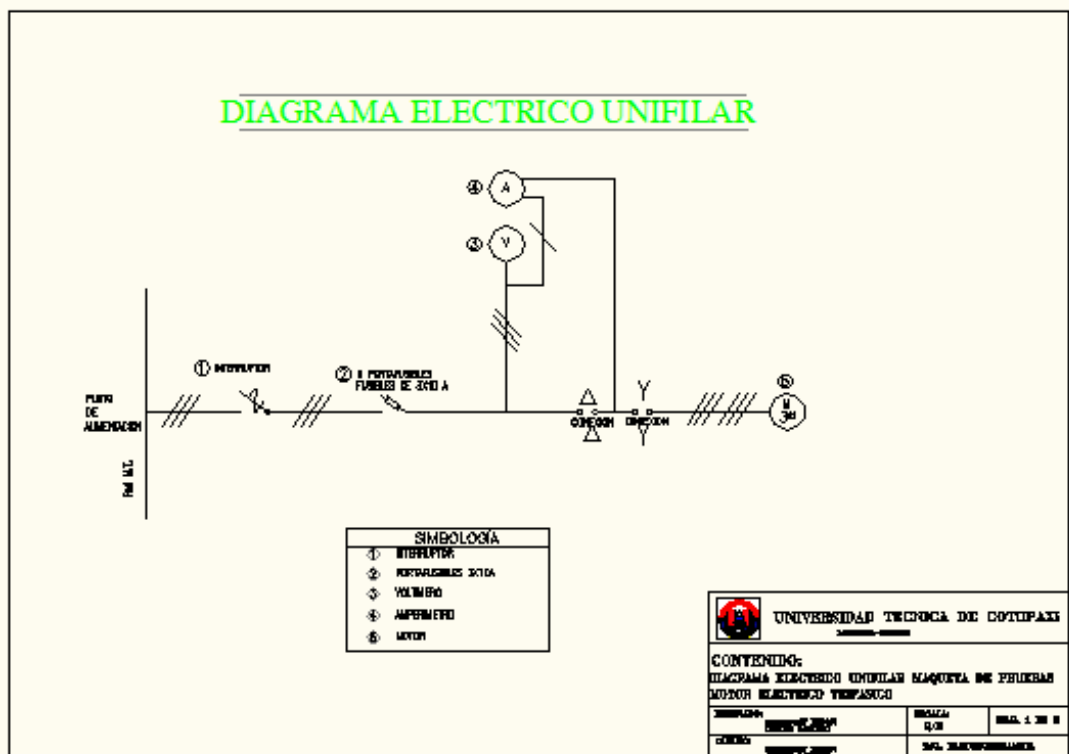
**ANEXO B. TABLA DE UNIDADES DE MEDIDAS ELECTRICAS**

<b>UNIDADES DE MEDIDAS ELECTRICAS</b>		
<b>SIMBOLO</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>NOMBRE</b>
A	Amperes	Corriente.
H	Henrys	Inductancia.
Hp o HP	Caballos de Fuerza	Potencia mecánica.
Hz	Hertz	Frecuencia.
kVA	Kilo volts-ampere	Potencia Compleja.
kVAR	Kilo VAR	Potencia Reactiva.
kW	Kilowatts	Potencia Real.
MΩ	Mega Omhs	Resistencia eléctrica
mA	miliamperes	Corriente.
mH	miliherios	Inductancia.
p.u.	Por unidad	Voltaje, corriente y potencia.
Psi	Libras por Pulgada Cuadrada	Presión.
Rad/s	Radianes por Segundo	Frecuencia de rotación.
RPM	Revoluciones por Minuto	Velocidad de rotación.
seg	Segundos	Tiempo.
V	Volts	Voltaje.
Vac	Voltaje alterno	Voltaje.
Vdc	Voltaje directo	Voltaje.
Vpico	Voltaje pico	Voltaje pico.
°C	Grado Celsius	Temperatura
n	r.p.m.	Velocidad
P	Kw	Potencia
Δn	rpm	Diferencial de velocidad
η	%	Rendimiento
f	s-1	Frecuencia
J'	kgm <sup>2</sup>	Momento de inercia reducido al eje del motor
M	Nm	Par

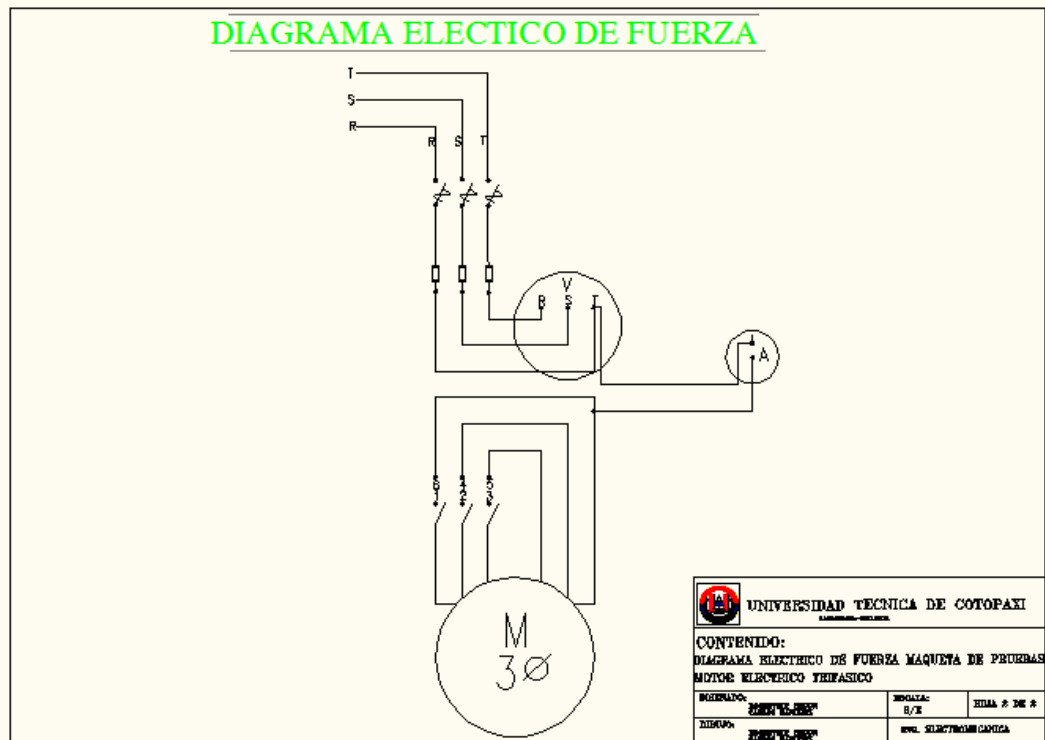
## ANEXO C. MAQUETA MOTOR TRIFÁSICO



## ANEXO D. DIAGRAMA ELECTRICO UNIFILAR (MOTOR TRIFASICO)



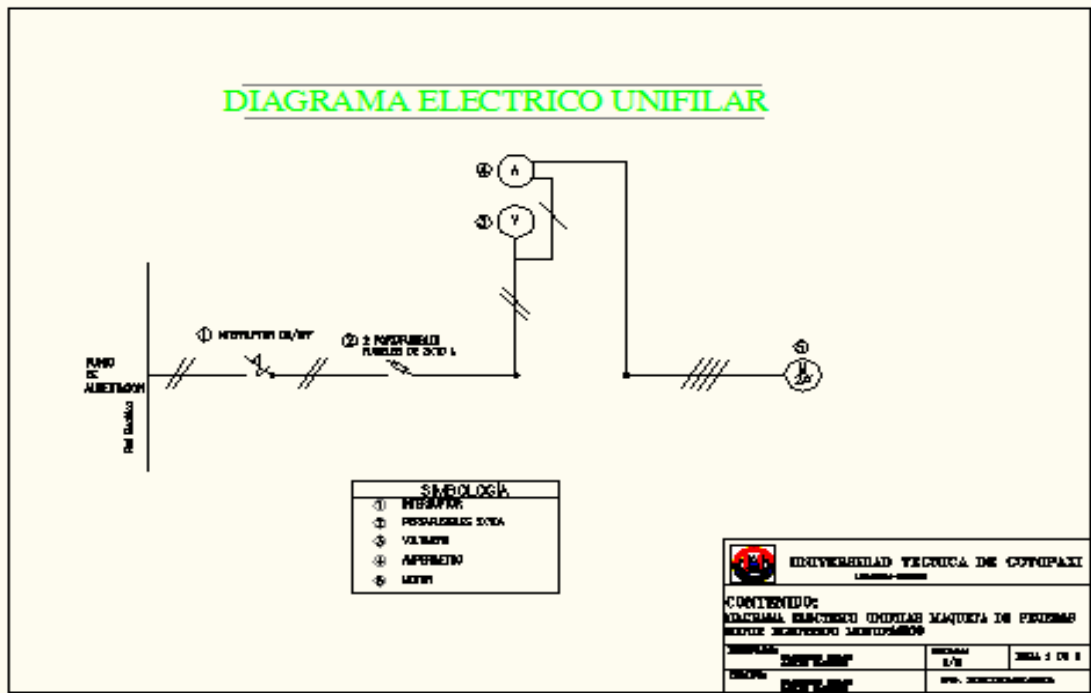
## ANEXO E. DIAGRAMA ELECTRICO DE FUERZA (MOTOR TRIFASICO)



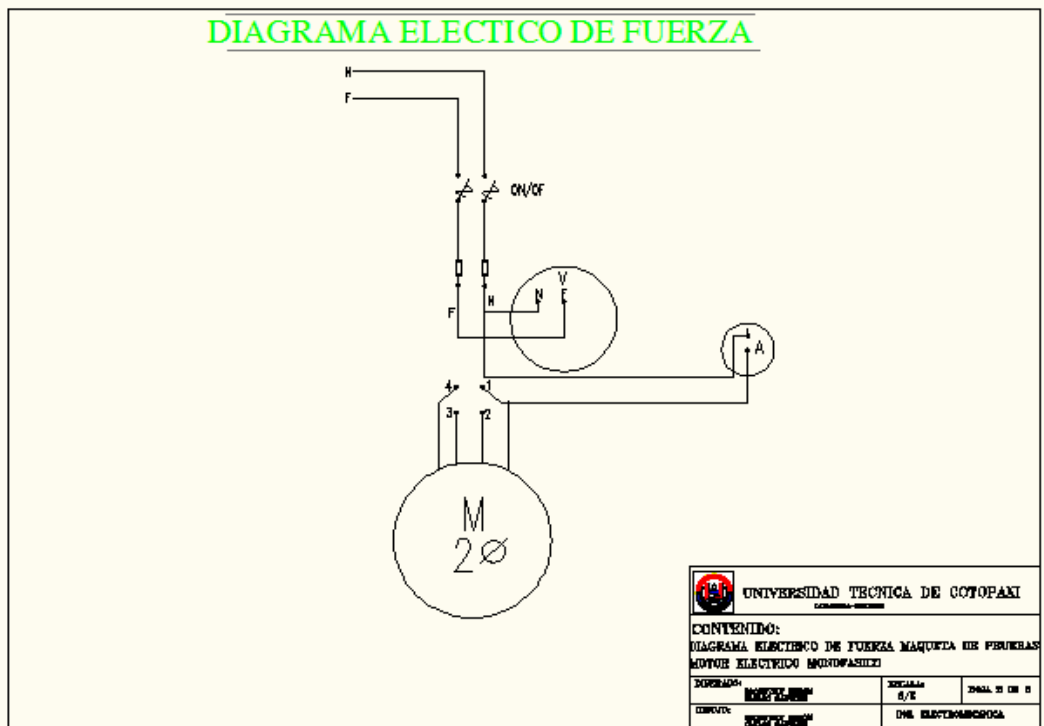
## ANEXO F. MAQUETA MOTOR MONOFASICO



ANEXO G. DIAGRAMA ELECTRICO UNIFILAR (MOTOR MONOFASICO)



ANEXO H. DIAGRAMA ELECTRICO DE FUERZA (MOTOR MONOFASICO)



## ANEXO I.

### GLOSARIO

**Motor eléctrico.-** Es una máquina rotatoria que transforma la energía eléctrica en energía mecánica.

**Motores monofásicos y trifásicos.-** Son motores que utilizan para su operación energía eléctrica de corriente alterna monofásica o trifásica

**Placa de Características.-** Es un código o clave formado por números y letras que definen las dimensiones mecánicas y la posición de montaje del motor.

**Carcasa.-** Es la envolvente del núcleo del estator que en el caso de los motores cerrados, lo protege del ambiente y hace funciones de intercambiador de calor con el exterior.

**Corriente de arranque.-** Es la corriente que demanda el motor al arrancar, y que corresponde a condiciones de rotor bloqueado la velocidad a cero. Aplicando tensión y frecuencia eléctricas nominales.

**Drene.-** Ducto que permite la salida de fluidos.

**Eficiencia.-** Es el cociente entre la potencia mecánica disponible en el eje del motor y la potencia que toma de la línea, ambas expresadas en las mismas unidades, generalmente expresada en por ciento.

**Letra de diseño.-** Es la letra que identifica las características de corriente de arranque, par de arranque, par máximo y par mínimo de un motor.

**Potencia nominal.-** Es la potencia mecánica de salida, indicada en la placa de datos del motor.

**Temperatura ambiente.-** Es la temperatura del medio que rodea el motor, generalmente aire y que está en contacto con sus partes externas, enfriándolo.

**La intensidad del motor trifásico.-** El motor trifásico absorbe de la red la intensidad que necesita, dependiendo siempre que la fase en que se encuentre. Por esta razón existen diferentes modos de arranques, para ahorrar energía y preservar el motor.

**La velocidad.-** Los motores trifásicos son construidos para velocidades determinadas que corresponden directamente con las polaridades del bobinado y la frecuencia de la red.

**Corriente Alterna.-** Se denomina corriente alterna a la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda senoidal , puesto que se consigue una transmisión más eficiente de la energía.

**Diámetro de eje.-** Es una recta cualquiera (segmento) que pasa por el centro y que acaba en ambas direcciones en la circunferencia del círculo; esta línea recta también divide el círculo en dos partes iguales.

**Refrigeración.-** Es el proceso de reducción y mantenimiento de la temperatura (a un valor menor a la del medio ambiente) de un objeto o espacio. La reducción de temperatura se realiza extrayendo energía del cuerpo, generalmente reduciendo su energía térmica, lo que contribuye a reducir la temperatura de este cuerpo.

**Par de arranque.-** Es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia.

La potencia desarrollada por el par motor es proporcional a la velocidad angular del eje de transmisión, viniendo dada por:

$$P = M \omega$$

Donde:

- $P$  es la potencia (en **W**)
- $M$  es el par motor (en **N·m**)
- $\omega$  es la velocidad angular (en **rad/s**)

**Velocidad sincrónica.-** velocidad de giro es constante y depende de la frecuencia de la tensión de la red eléctrica a la que esté conectado y por el número de pares de polos del motor, siendo conocida esa velocidad como "velocidad de sincronismo".

**Campo magnético.-** La corriente eléctrica va siempre acompañada de fenómenos magnéticos. Este efecto de la corriente eléctrica desempeña una función importante en casi todos los aparatos y máquinas eléctricas.

## **ANEXO J.**

### **RECOMENDACIONES GENERALES DE PREVENCIÓN PARA LAS PRÁCTICAS EN LABORATORIOS CON RIESGOS MECÁNICOS**

Las prácticas que se realizan en talleres o laboratorios pueden presentar una serie de riesgos de origen y consecuencias muy variadas: relacionados con las propias instalaciones de los talleres, con los equipos que se manejan y con las operaciones que con ellos se realizan.

El objeto de estas recomendaciones que os presentamos es que conozcáis estos riesgos y la forma de evitarlos, de manera que viváis la prevención desde el primer momento en que comencéis las prácticas en los talleres: cumpliendo una serie de normas básicas importantes para vuestra seguridad y salud.

#### **HÁBITOS PERSONALES**

1. No se llevarán ropas holgadas, bufandas, cadenas, anillos ni ningún otro elemento que pueda resultar atrapado por los equipos.
2. En el taller siempre es recomendable llevar recogidos los cabellos, ya que el pelo largo puede engancharse en los montajes y equipos.
3. No se deben dejar objetos personales (abrigos, mochilas, carpetas, etc.) en mesas de trabajo o equipos, ya que pueden entorpecer las prácticas que vais a realizar y ser la causa de posibles accidentes.
4. No se debe comer ni beber dentro del taller.
5. Es aconsejable lavarse las manos siempre que se tenga contacto con alguna sustancia y antes de salir del taller.
6. Cuando se trabaja en el laboratorio es aconsejable no llevar: pantalón corto, faldas cortas, sandalias, zapatos abiertos, etc., es decir zonas descubiertas de piel que queden expuestas a las proyecciones.

## **HÁBITOS DE TRABAJO**

Para el desarrollo de las prácticas que vais a realizar, cada alumno debe tener para su uso personal los materiales que los profesores le indiquen.

Tener en cuenta que siempre, antes de iniciar una práctica, se debe conocer y analizar todo su contenido, con el fin de entender el “por qué” de todo lo que se va a realizar posteriormente. Por eso es importante que si alguien no sabe algo, no recuerda algo, o tiene alguna duda, pregunte a su profesor.

- No debe utilizarse los equipos sin la autorización expresa del profesor.
- El taller debe mantenerse ordenado y limpio porque el orden y la limpieza evitan que se produzcan accidentes.
- Nunca se debe trabajar solo en el taller.
- Al terminar una tarea u operación la mesa de trabajo y/o el equipo debe quedar limpio, los materiales utilizados ordenados y los equipos apagados.

## **TRABAJOS CON HERRAMIENTAS**

La manipulación de herramientas manuales comunes como martillos, destornilladores, alicates, tenazas y llaves diversas, constituye una práctica habitual en talleres.

Aunque a primera vista tales herramientas puedan parecer poco peligrosas, cuando se usan de forma inadecuada llegan a provocar lesiones (heridas y contusiones, principalmente) que de modo ocasional revisten cierta gravedad.

- Se usarán sólo para el trabajo para el que han sido diseñadas. (Ejemplo: No utilizar la llave inglesa como martillo).
- Se utilizarán gafas protectoras cuando haya peligro de proyección de partículas.
- Se utilizarán guantes de herraje al manipular herramientas cortantes.
- Conservar las herramientas en buen estado. Si alguna herramienta se deteriora se deberá avisar al responsable del taller.
- Después de utilizar las herramientas, dejar cada herramienta en su lugar de almacenamiento.

- Si hace falta transportar las herramientas, se hará de forma segura.
- Se deben llevar en cajas, maletas o bolsas, con los filos y las puntas protegidos.

### **TRABAJOS CON EQUIPOS MECÁNICOS**

Los equipos mecánicos son accionados por una fuente de energía (eléctrica, neumática o hidráulica) que generan en el equipo un movimiento de rotación o de vaivén.

Conviene precisar también que los accidentes que se producen con este tipo de máquinas suelen ser más graves que los provocados por las herramientas manuales.

- No debe utilizarse los equipos sin la autorización expresa del profesor.
- Para el trabajo habitual con equipos que produzcan proyecciones dentro del taller deberán llevarse gafas de seguridad normalizadas, para proteger los ojos frente a proyecciones de virutas de los equipos.
- En caso de utilización de gafas graduadas, existe un tipo especial de gafas protectoras para poner encima de las gafas graduadas.
- Nunca se emplearán las manos, ni herramientas ni otros objetos, para detener o frenar el movimiento de las máquinas.
- La limpieza o retirada de residuos próximos a un elemento peligroso de una máquina, deberá realizarse con medios auxiliares adecuados y que garanticen una distancia de seguridad suficiente.

### **RIESGOS ELÉCTRICOS**

La electricidad es una de las fuentes de energía más utilizada en la actualidad. Su empleo implica unos riesgos que se deben evitar por sus desfavorables consecuencias.

- No se manipulará el cuadro eléctrico. Si se necesita actuar sobre él se avisará al responsable del laboratorio
- Las instalaciones eléctricas y en general cualquier aparato debe ser reparado únicamente por personal autorizado.

- Nunca debe manipularse el interior de un aparato eléctrico que esté conectado a la corriente.
- Nunca deben manipularse los aparatos y mecanismos eléctricos con las manos, los pies o cualquier otra parte del cuerpo mojada.
- No deben instalarse adaptadores (“ladrones”) en las bases de toma de corriente, ya que existe el riesgo de sobrecargar excesivamente la instalación.
- Los sistemas de seguridad de las instalaciones eléctricas no deben ser manipulados bajo ningún concepto.