

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

## UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA**

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

DE INGENIERO ELÉCTRICO EN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA

**TEMA:**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MOTOR – GENERADOR DE  
CORRIENTE CONTINUA, EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS  
ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI PARA  
REALIZAR PRÁCTICAS DEMOSTRATIVAS”.**

**AUTOR:**

Moreta Guayaquil Verónica Pilar

**DIRECTOR TESIS:**

Ing. Eléc. Marcelo Barrera

**COTOPAXI-LATACUNGA**

**2015**



## FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, la postulante:

- **Verónica Pilar Moreta Guayaquil**

Con la tesis, cuyo título es:

**“Implementación de un motor-generador de corriente continua, para el Laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para realizar prácticas demostrativas.”**

Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis** en la fecha y hora señalada.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 16 de octubre del 2015.

Para constancia firman:

---

*ING. FRANKLIN MEDINA*  
**PRESIDENTE**

---

*DR. MARCELO BAUTISTA*  
**MIEMBRO**

---

*ING. CARLOS SAAVERDRA*  
**OPOSITOR**

---

*ING. MARCELO BARRERA*  
**TUTOR (DIRECTOR)**



## AUTORÍA

Yo, Verónica Pilar Moreta Guayaquil, postulante de la carrera de Ingeniería Eléctrica doy fe que esta presente Tesis de Grado es fruto del esfuerzo y dedicación, dando constancia de que este es un trabajo investigativo con la más clara precisión y responsabilidad, basándose en la consulta de bibliografías que se muestran a continuación.

Atentamente:

-----  
Moreta Guayaquil Verónica Pilar

C.I. 050245244-4



## AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

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

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MOTOR – GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA, EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI PARA REALIZAR PRÁCTICAS DEMOSTRATIVAS”**

De la señorita estudiante Verónica Pilar Moreta Guayaquil, egresada de la Carrera de Ingeniería Eléctrica

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos Metodológicos y aportes Científicos-Técnicos suficientes para ser sometida a la Evaluación del Tribunal de Validación de Tesis, que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería Y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 21 de Octubre del 2015

Ing. Eléc. Marcelo Barrera

**DIRECTOR DE TESIS**



## AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO

En calidad de Asesor Metodológico del Trabajo de Investigación sobre el tema:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MOTOR – GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA, EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI PARA REALIZAR PRÁCTICAS DEMOSTRATIVAS”.**

De la señorita estudiante; Moreta Guayaquil Verónica Pilar postulante de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

### CERTIFICO QUE:

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos-técnicos necesarios por ser sometidos a la **Evaluación del Tribunal de Validación de Tesis** que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 21 Octubre del 2015

.....  
Dr. Marcelo Bautista

**ASESOR METODOLÓGICO**



## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de Coordinador de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, me permito certificar que la señorita Moreta Guayaquil Verónica Pilar con CI: 050245244-4, ha desarrollado la Tesis de Grado con el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MOTOR – GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA, EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI PARA REALIZAR PRÁCTICAS DEMOSTRATIVAS”**, bajo la supervisión del Ing. Marcelo Barrera, en la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Es todo cuanto puedo certificar, facultando a la interesada, hacer uso de este documento en forma de que se estimen convenientes.

Atentamente:

.....

Ing. Ángel León

**Coordinador de Ingeniería Eléctrica**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco primero a Dios quien me dio las fuerzas para no decaer y seguir luchando para conseguir mis sueños.*

*A mi madre porque a pesar de las dificultades que se nos presentaron ella siempre estuvo ahí, a mi Tía que con sus palabras de ánimo nunca me di por vencida , a mi ñaño que con sus consejos pude madurar y hacer posible mi meta y a toda mi familia que siempre estuvieron ahí apoyándome incondicionalmente.*

*Mi más sincero agradecimiento a mi Tutor de Tesis Ing. Marcelo Barrera que con sus sabios conocimientos y consejos se pudo realizar este proyecto y al Ing. Edgar Miño por su colaboración, ayuda, paciencia y apoyo al realizar este proyecto.*

*Mí más reconocido agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme la puerta de la Institución y poderme formar como una profesional y así poder desempeñarme dentro del campo laboral.*

**Verónica**

## DEDICATORIA

*El presente trabajo con el cual he alcanzado mi sueño más anhelado y donde le cual está plasmado todo mi esfuerzo y mi sacrificio de todos los años de estudio se los dedico a Mi Dios por guiarme en cada etapa de mi vida.*

*A mi hijo Jesús que con su ternura y comprensión ha sido el pilar fundamental para llegar a mi meta final este trabajo y esfuerzo van dedicadas a él, a mi abuelita que está en el cielo porque gracias a sus consejos y cuidados hoy voy hacer una profesional, a mi Madre y a mis Tíos por ser de gran ayuda y apoyo en toda mi vida universitaria y por su amor incondicional en las buenas y en las malas.*

*A una persona en especial Fabián, gracias por tus palabras de ánimo, tú comprensión, tu paciencia y tú apoyo.*

*A Mi Querida Universidad que al abrir sus puertas me acogió como mi segundo hogar para formarme como profesional.*

**Verónica**

## **INDICE GENERAL**

<b>PORTADA</b>	<b>PG.</b>
<i>FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO</i> .....	<i>ii</i>
<i>AUTORÍA</i> .....	<i>iii</i>
<i>AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS</i> .....	<i>iv</i>
<i>AVAL DEL ASESOR METODOLÓGICO</i> .....	<i>v</i>
<i>AVAL DE IMPLEMENTACIÓN</i> .....	<i>vi</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	<i>vii</i>
<i>DEDICATORIA</i> .....	<i>viii</i>
<i>INDICE GENERAL</i> .....	<i>ix</i>
<i>INDICE DE FIGURAS</i> .....	<i>xiii</i>
<i>INDICE DE TABLAS</i> .....	<i>xiv</i>
<i>INDICE DE GRÁFICOS</i> .....	<i>xv</i>
<i>RESUMEN</i> .....	<i>xvi</i>
<i>ABSTRACT</i> .....	<i>xvii</i>
<i>AVAL DE TRADUCCIÓN</i> .....	<i>xviii</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	<i>xix</i>
<b><i>CAPÍTULO I</i></b> .....	<b><i>1</i></b>
<b><i>1. MARCO TEÓRICO</i></b> .....	<b><i>1</i></b>
<b><i>1.1 MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA</i></b> .....	<b><i>1</i></b>
<b><i>1.1.1 Partes Principales de una Máquina de Corriente Continua</i></b> .....	<b><i>1</i></b>
<b><i>1.1.2 Elementos de una Máquina de Corriente Continua</i></b> .....	<b><i>2</i></b>
<b><i>1.1.3 Principio de Funcionamiento de un Motor de Corriente Continua</i></b> .	<b><i>3</i></b>

1.1.4	Campo Magnético Producido Por El Rotor Y Reacción De Armadura. .	6
1.1.5	Ecuación Del Torque En Una Máquina De Corriente Continua.....	7
1.1.6	Conmutación.....	8
1.1.7	Características de Funcionamiento de los Motores de Corriente Continua	10
1.1.7.1	Máquinas De Corriente Continua Auto Excitadas .....	11
1.1.7.1.1	Motor De Conexión Serie .....	11
1.1.7.1.2	Curva característica de un Motor de Excitación Serie .....	12
1.1.7.1.3	Motor en derivación (shunt).....	12
1.1.7.1.4	Curva característica de un Motor de Excitación Shunt .....	14
1.1.7.1.5	Motor de Excitación Compound.....	14
1.1.7.2	Variación de Velocidad de los Motores de Corriente Continua .....	16
a)	Variación de Velocidad por reóstato de Campo:.....	17
b)	Variación de Velocidad por variación de la tensión aplicada a la Armadura:.	17
1.1.7.3	Inversión del sentido de rotación de los Motores de Corriente Continua .	18
1.1.7.4	Frenado Eléctrico.....	19
1.1.7.5	Eficiencia y Pérdidas en las Máquinas de Corriente Continua .....	19
1.2	Máquina de Corriente Continua como Generador.....	21
1.2.1	Generador de corriente continua .....	21
1.2.2	Fuerza electromotriz generada .....	21
1.2.3	Principio de Funcionamiento del Generador de Corriente Continua. .	22
1.3	Tipos De Generadores De Corriente Continua. ....	23
1.3.1	Generador Serie o Excitación en Serie. ....	23
1.3.2	Generador Shunt o Excitación en Derivación.....	25
1.3.3	Generador Compound o Excitación Compuesta.....	27
<b>CAPÍTULO II</b> .....		<b>29</b>

<i>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</i> .....	29
2.1 <i>Introducción</i> .....	29
2.2 <i>Antecedentes</i> .....	29
2.3 <i>Estructura Orgánica</i> .....	30
2.4 <i>Misión</i> .....	32
2.5 <i>Visión</i> .....	32
2.6 <i>Unidades Académicas</i> .....	32
2.6.1 <i>Carreras de la Unidad Académica de Ciencias en Ingeniería y Aplicadas</i> .....	33
2.7 <i>DISEÑO METODOLÓGICO</i> .....	34
2.7.1 <i>Método de Investigación</i> .....	34
2.8 <i>Tipos De Investigación</i> . ....	34
2.8.1 <i>Investigación Aplicada</i> . ....	34
2.8.2 <i>Investigación Descriptiva</i> . ....	35
2.8.3 <i>Investigación de Laboratorio</i> . ....	35
2.8.4 <i>Investigación Bibliográfica</i> . ....	36
2.8.5 <i>Investigación de Campo</i> . ....	36
2.9 <i>Método De Investigación</i> . ....	37
2.9.1 <i>Método Inductivo</i> . ....	37
2.9.2 <i>Método Deductivo</i> .....	37
2.9.3 <i>Método Experimental</i> . ....	37
2.9.4 <i>Método De La Observación</i> .....	38
2.10 <i>Técnicas De Investigación</i> . ....	38
2.10.1 <i>La Encuesta</i> . ....	38
2.10.2 <i>La Entrevista</i> . ....	39

2.11	<i>Instrumento De Investigación.....</i>	39
2.11.1	<i>El Cuestionario.....</i>	39
2.12	<i>Cálculo de población y muestra .....</i>	40
2.6	<i>Operacionalización de las Variables.....</i>	42
2.7	<i>Resultados y Análisis de la Entrevista realizada a los Docentes de la carrera de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.....</i>	43
2.8	<i>Resultados y Análisis de la Encuesta realizada a los estudiantes de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica.....</i>	47
2.9	<b>COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....</b>	57
2.9.1	<i>Planteamiento de la Hipótesis.....</i>	57
a)	<i>Modelo Lógico .....</i>	57
b)	<i>Modelo Matemático .....</i>	57
2.9.2	<i>Nivel de significación. ....</i>	57
2.9.3	<i>Argumentación .....</i>	58
<b>CAPÍTULO III .....</b>		<b>65</b>
3.1	<b>PROPUESTA .....</b>	<b>65</b>
3.2	<b>DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....</b>	<b>65</b>
3.2.1	<i>Tema: .....</i>	65
3.2.2	<i>Presentación.....</i>	65
3.2.3	<i>Justificación de la Propuesta .....</i>	65
3.3	<i>Objetivos de la Propuesta.....</i>	66
3.3.1	<i>Objetivo General. ....</i>	66
3.3.2	<i>Objetivos Específicos.....</i>	66
3.4	<i>Introducción.....</i>	67
3.8.1	<i>Prácticas de Laboratorio.....</i>	74

3.8.1.1 La máquina rotativa de corriente continua funcionando como Motor ..	74
3.9 Conclusiones.....	97
3.10 Recomendaciones.....	97
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>99</b>
Bibliografía Citada: .....	99
Bibliografía Consultada.....	101
Bibliografía Virtual O Litografía.....	102
<b>ANEXOS .....</b>	<b>103</b>

### **INDICE DE FIGURAS**

Figura1. 1 Partes de una Máquina de Corriente Continua.....	2
Figura1. 2 Fuerzas que actúan sobre un conductor por el que circula una corriente, sometida a la acción de un campo magnético.....	3
Figura1. 3 Máquina de Corriente Continua Elemental.....	4
Figura1. 4 Distribución espacial de la densidad de flujo en el entrehierro en una Máquina Elemental de Corriente Continua .....	5
Figura1. 5 Ejes Magnéticos .....	6
Figura1. 6 Proceso de conmutación en una sección del inducido.....	9
Figura1. 7 Conexión de un Motor Serie.....	11
Figura1. 8 Curva característica del Motor Serie.....	12
Figura1. 9 Conexión Motor Shunt .....	13
Figura1. 10 Curva característica del Motor Shunt.....	14
Figura1. 11 Motor Compound en Derivación Corta .....	15
Figura1. 12 Motor Compound en Derivación Larga.....	15
Figura1. 13 Inversión de Campo .....	18
Figura1. 14 Inversión de Armadura .....	18

<i>Figura1. 15 Espira sencilla que gira en un campo magnético .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura1. 16 Generador de Corriente Continua.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura1. 17 Circuito equivalente de un Generador de Corriente Continua en Serie.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura1. 18 Curva de saturación de un Generador Serie .....</i>	<i>25</i>
<i>Figura1. 19 Generador con Excitación Shunt o Derivación .....</i>	<i>26</i>
<i>Figura1. 20 Curva de saturación de un Generador Shunt.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura1. 21 Generador con Excitación Compuesta o Acumulativa con Conexión en Derivación Larga .....</i>	<i>27</i>
<i>Figura1. 22 Generador con Excitación Compuesta o Acumulativa con Conexión en Derivación Corta .....</i>	<i>28</i>
<i>Figura1. 23 Conexión de un motor en derivación .....</i>	<i>77</i>
<i>Figura1. 24 Motor en derivación con inversión de giro.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura1. 25 Conexión de un motor en derivación para controlar la velocidad en vacío..</i>	<i>78</i>
<i>Figura1. 26 Esquema básico del generador de corriente continua en serie .....</i>	<i>81</i>
<i>Figura1. 27 Esquema de conexión de un generador serie.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura1. 28 Esquema de conexión de un Generador Shunt.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura1. 29 Esquema de Conexión de un Generador Compound .....</i>	<i>93</i>

## **INDICE DE TABLAS**

<i>Tabla1. 1 Organigrama Estructural de la Universidad Técnica de Cotopaxi.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla1. 2 Población Encuestada y Entrevistada de la Carrera de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla1. 3 Entrevista.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla1. 4 Entrevista.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla1. 5 Entrevista.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla1. 6 Resultado de la pregunta N°1 .....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla1. 7 Resultado de la Pregunta N°2.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla1. 8 Resultado de la Pregunta N°3.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla1. 9 Resultado de la Pregunta N°4.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla1. 10 Resultado de la Pregunta N°5.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla1. 11 Resultado de la Pregunta N°6.....</i>	<i>52</i>

<i>Tabla1. 12 Resultado de la Pregunta N°7.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla1. 13 Resultado de la Pregunta N°8.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla1. 14 Resultado de la Pregunta N°9.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla1. 15 Resultado de la Pregunta N°10.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla1. 16 Datos de la encuesta observada Ingeniería Eléctrica .....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla1. 17 Resultado de la frecuencia esperada .....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla1. 18 Cálculo del Chi-cuadrado.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla1. 19 Datos de la encuesta observada.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla1. 20 Resultado de la frecuencia esperada .....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla1. 21 Cálculo del Chi-cuadrado.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla1. 22 Distribución Chi-cuadrado.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla1. 23 Datos para la selección del acople.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla1. 24 Datos para la selección del variador de frecuencia.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla1. 25 Elementos utilizados en la implementación del banco de pruebas.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla1. 26 Valores de la máquina .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla1. 27 Datos tomados de la práctica demostrativa .....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla1. 28 Datos del porcentaje de la carga a diferentes variaciones.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla1. 29 Valores registrados cuando la máquina está con carga.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla1. 30 Valores del V Bornes, Ic y de su P de un Generador Compound Aditivo.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla1. 31 Valores del V Bornes, Ic y de su Potencia .....</i>	<i>95</i>

## **INDICE DE GRÁFICOS**

<i>Gráfico1. 1 Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica .....</i>	<i>47</i>
<i>Gráfico1. 2 Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica .....</i>	<i>48</i>
<i>Gráfico1. 3 Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica .....</i>	<i>49</i>
<i>Gráfico1. 4 Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica .....</i>	<i>50</i>
<i>Gráfico1. 5 Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica .....</i>	<i>51</i>
<i>Gráfico1. 6 Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica .....</i>	<i>52</i>
<i>Gráfico1. 7 Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica .....</i>	<i>53</i>
<i>Gráfico1. 8 Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica .....</i>	<i>54</i>
<i>Gráfico1. 9 Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica .....</i>	<i>55</i>
<i>Gráfico1. 10 Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica .....</i>	<i>56</i>



**Tema:** “Implementación de un motor – generador de corriente continua, en el laboratorio de máquinas eléctricas para realizar prácticas demostrativas de la Universidad Técnica de Cotopaxi”

**Autor:** Moreta Guayaquil Verónica Pilar

## RESUMEN

El presente trabajo aborda el proceso de implementación de un motor-generador de corriente continuo, funcional y práctico; apto para reproducir a pequeña escala prácticas demostrativas funcionando a diferentes variaciones de carga. Se elaboró un módulo de prácticas demostrativas con el fin de analizar el funcionamiento y comportamiento de la máquina, debido a sus diferentes variaciones de carga, las variables a considerar fueron voltajes, corrientes, velocidad se visualizaron utilizando los instrumentos implementados en el tablero de control y de las posibles soluciones y los aspectos prácticos. Al ser un módulo de prácticas cuenta con un manual de operación y guías que permiten una correcta utilización de los equipos. El banco de pruebas tiene la finalidad de brindar a los estudiantes y docentes de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica un análisis teórico-práctico del funcionamiento y comportamiento de una máquina de corriente continua con el fin de profundizar sus conocimientos teóricos. Durante la elaboración de las prácticas se llegó a analizar los diferentes comportamientos de la carga y mediante los resultados obtenidos fue factible la obtención de curvas características y se logró una comparación en cada una de ellas. Al ser manipulado por los estudiantes el banco de pruebas puede causar accidentes provocando corto circuitos al no ser manipulado con precaución para ello posee protecciones que inhabilitan las máquinas cuando existe una falla.



**TOPIC:** “Implementation of dc generator motor, in the electrical machines laboratory for demonstration practices at Cotopaxi Technical University.”

**Author:** Moreta Guayaquil Verónica Pilar

## ABSTRACT

This research is about the implementation process of an engine-generator with continuous current functional and practical. It is suitable for small-scale demonstration operation practices at different load variations. A practical demonstration module in order to analyze the performance and behavior of the machine was developed. The variables were voltage, current, speed for different load variations. They could be visualized by the application of instruments implemented in the control panel and possible solutions, as well as the practical aspects. This practical module has an operating manual and guidelines that enable the equipment correct use. The test provides a tool to do a theoretical and practical deep analysis of machine performance and behavior. Also, it helps the knowledge analysis to Electrical and Electromechanical Engineering students' and teachers. During the development of the internship it came to analyzing the different behaviors analysis of the load. The results allowed identifying characteristic curves for subsequent comparisons in each of them. The test manipulation by students the test can cause accidents causing short circuits thus has protections that disables the machine when there is a failure.



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Trabajo de  
Grado  
CIYA

COORDINACIÓN  
TRABAJO DE GRADO

## AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por la señorita Egresada de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **MORETA GUAYAQUIL VERÓNICA PILAR** cuyo título versa **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MOTOR – GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA, EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS PARA REALIZAR PRÁCTICAS DEMOSTRATIVAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”** lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 16 de Noviembre del 2015

Atentamente,

MgS. ROMERO PALACIOS AMPARO DE JESÙS  
DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS  
C.C. 050136918-5

# INTRODUCCIÓN

Debido a la necesidad de las Facultades de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi de mejorar la calidad de aprendizaje de los estudiantes por la no existencia en el Laboratorio de un Motor-Generador de Corriente Continua para sus prácticas demostrativas es necesario la implementación de este equipo con su panel de control y su respectivo manual de operación.

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas rotatorias que transforman la energía eléctrica en energía mecánica entre las que cabe citar su economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento el cual permitirá realizar prácticas demostrativas de arranque, inversión de giro, frenado, control de velocidad, características de magnetización y de carga del generador Shunt de una máquinas de Corriente Continua como motor y como generador entre otras.

Los Motores de Corriente Continua son máquinas de corriente continua que son muy utilizadas debido a su flexibilidad y sencillez de operación y control son máquinas que ofrecen una gran variedad de curvas de operación, tanto de voltaje, corriente, como de velocidad-torque.

El Generador de Corriente Continua es una máquina reversible que convierte una energía mecánica de entrada en energía eléctrica de salida en forma de corriente continua, o sea que sí se alimenta su rotor con corriente de línea funciona como motor.

En este trabajo escrito se va explicar, implementar y demostrar principios de funcionamiento de una maquina eléctrica en este caso será sobre un generador con la finalidad brindar un análisis de la situación actual del laboratorio de máquinas eléctricas y realizar un plan de actualización para fortalecer dicho laboratorio.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

El motor es una máquina destinada a convertir la energía eléctrica en energía mecánica. La misma máquina, puede servir indistintamente como motor y como generador.

**TAPIA Luis, (2005; pg. 77) Según: “Los Motores de Corriente Continua “Son máquinas de corriente continua que son muy utilizadas debido a su flexibilidad y sencillez de operación y control son máquinas que ofrecen una gran variedad de curvas de operación, tanto de voltaje, corriente, como de velocidad-torque.”**

Los motores de corriente continua se usan extensamente en sistemas de control, como equipos de posicionamiento, debido a que tanto su velocidad como su par pueden controlarse con precisión en un rango muy amplio.

#### *1.1.1 Partes Principales de una Máquina de Corriente Continua*

Las partes principales que conforman la máquina de corriente continua son:

**GODOY, Waldemar, (2003; pg. 1) DICE: “Desde el punto de vista constructivo, esta máquina está constituida por dos núcleos de fierros, generalmente laminado, uno fijo (carcasa) y otra gira (inducido o armadura). En ambos núcleos van ubicados bobinas de diferentes configuraciones que crean campos electromagnéticos que interactúan, de modo que se pueda obtener o una tensión generada o bien un torque motriz en el eje, según la máquina trabaje como generador o como motor.**

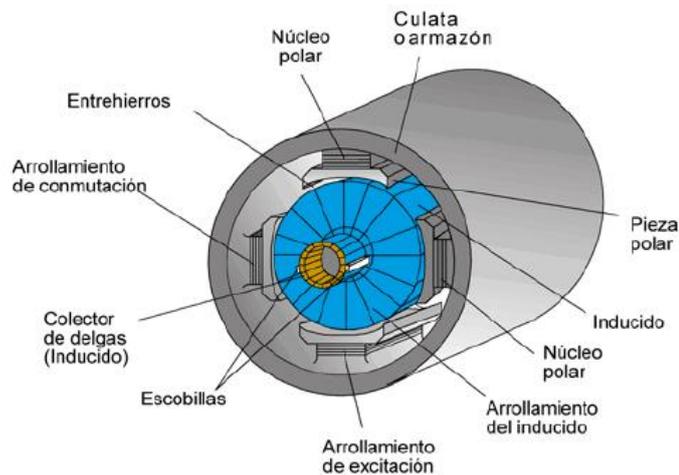
En una máquina de corriente continua, los bobinados del inducido se localizan en el rotor y los bobinados inductores se localizan en la parte fija (**estator**), desde un punto de vista de las aplicaciones es muy versátil dependiendo de las conexiones con que se opere, y desde un análisis descriptivo, el circuito magnético de la máquina está formado por: carcasa, piezas polares y núcleo del inducido.

-Las bobinas del rotor, que en este caso para las máquinas de corriente continua se llama **inducido o armadura** en las cuales se les inyecta o induce voltaje y las **bobinas inductoras** las cuales están ubicadas en el estator son denominadas (**carcasa**), es aquella que produce el flujo magnético principal de la máquina.

### 1.1.2 Elementos de una Máquina de Corriente Continua

Los elementos de una máquina de corriente continua se pueden apreciar en la siguiente figura:

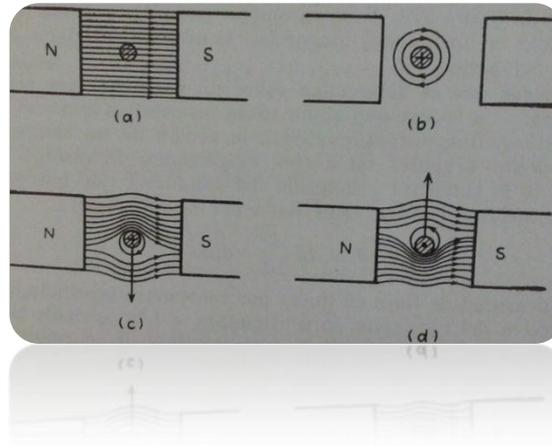
**Figura 1. 1** Partes de una Máquina de Corriente Continua



**Fuente:** TAPIA Luis, Máquinas Eléctricas, Apuntes de Clase, POLITÉCNICA NACIONAL, Ecuador 2005.pg 77.

### 1.1.3 Principio de Funcionamiento de un Motor de Corriente Continua

**Figura 1. 2** Fuerzas que actúan sobre un conductor por el que circula una corriente, sometida a la acción de un campo magnético



**Fuente:** DAWES.L.Chester, Tratado de Electricidad, Corriente Continua, Tomo 1, Editorial Gustavo Gili, S.A, Barcelona.

La figura (a) representa un campo magnético de intensidad uniforme, en el cual está colocado un conductor rectilíneo, y normal a la dirección del campo, que no transporta corriente alguna.

En la figura (b) se supone que el conductor transporta una corriente que tiene dirección, debido a sus polos N y S se suprime el campo. El conductor queda entonces rodeado de un campo magnético cilíndrico, debido a la corriente que por aquél circula. La dirección de este campo, que puede determinarse por la regla del sacacorchos.

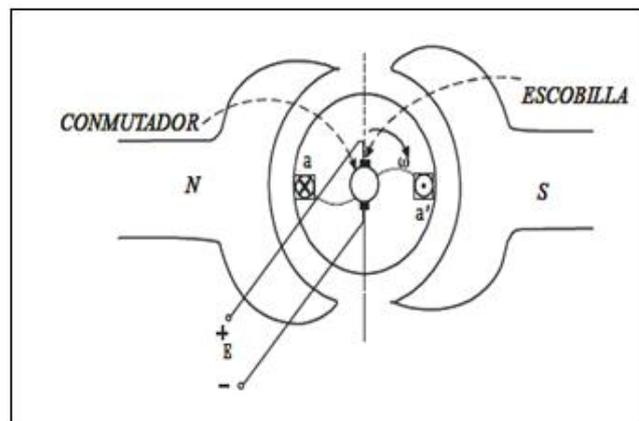
En la figura (c) se representa el campo resultante, obtenido combinando el campo principal y el que produce la corriente que circula por el conductor se suma al campo principal que queda por encima del conductor y se opone al campo que queda por debajo. Como resultado de ello se produce una concentración del campo en la región situada por encima del conductor y una disminución de la densidad del flujo en la región situada por debajo de él.

Puede notarse que actuará una fuerza sobre el conductor, que lo empujará hacia abajo, como indicado por la flecha. Este fenómeno se debe a la concentración de las líneas de fuerza a uno de los lados del conductor. Las líneas magnéticas de fuerza pueden considerarse como si fueran cintas elásticas en tensión.

Estas líneas están tratando siempre de contraerse para adquirir una longitud mínima. La tensión de estas líneas sobre la parte superior del conductor tiende a empujarlo hacia abajo, como se muestra en la figura. Si se invierte la corriente del conductor, la concentración de las líneas tiene lugar por debajo del conductor, con tendencia de empujarlo hacia arriba, como se puede apreciar en la figura (d).

El funcionamiento de un motor de corriente continua depende del principio que se explica en la figura 1.3. Todo conductor que por el circula una corriente y está situado en un campo magnético tiende a trasladarse en dirección normal a la del campo.

**Figura1. 3** Máquina de Corriente Continua Elemental

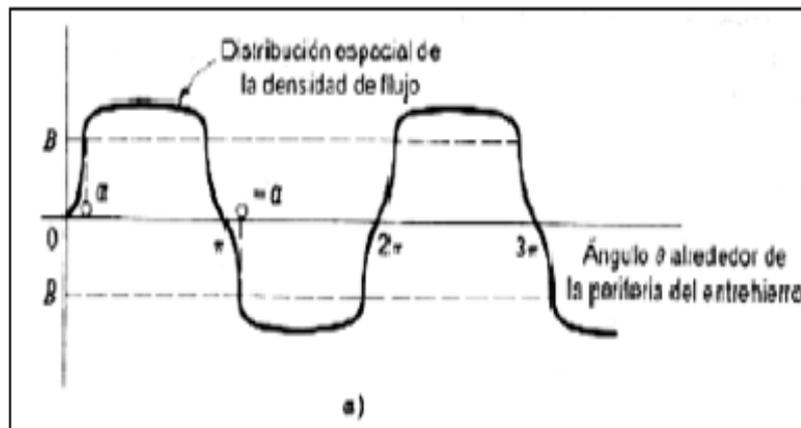


**Fuente:** PAUCAR Agustín, Teoría y Análisis de Máquinas Eléctricas, La Universidad de la Ingeniería, Lima-Perú, Capítulo 6, pg. 237

El campo magnético es producido por la corriente continua de excitación que recorre las bobinas de campo de los polos del estator. Siendo el entre hierro constante, la distribución de la densidad del flujo  $B_e$  en el entrehierro es prácticamente uniforme.

Cuando el rotor gira sus conductores cortan las líneas de fuerza producidas por el inductor y se engendra en ellos una f.e.m. Esta F.e.m es rectificada por el conmutador apareciendo en los bornes de la máquina una tensión E prácticamente constante.

**Figura1. 4** Distribución espacial de la densidad de flujo en el entrehierro en una Máquina Elemental de Corriente Continua



**Fuente:** <http://referencias111.wikispaces.com/file/view/Capitulo1.pdf>, pg. 3

**GODOY, Waldemar, (2003; pg. 3), Indica: “Que se puede visualizar el proceso de rectificación que ocurre en el conmutador, cuando el devanado de campo está excitado por una corriente continua y éste genera un campo magnético.”**

La rotación de la bobina genera un voltaje en ella, que es una función del tiempo que tiene la misma forma de la distribución de la densidad de flujo espacial.

El voltaje inducido en una bobina determinada de armadura es voltaje de corriente alterna, que por consiguiente debe rectificarse. A veces la rectificación se provee externamente como por ejemplo, mediante rectificadores semiconductores.

Las escobillas cortocircuitan los segmentos del conmutador y ponen en cortocircuito la espira. Esto es posible por el hecho de que en esa posición la

f.e.m, inducida en la bobina es prácticamente nula por no existir flujo perpendicular al movimiento.

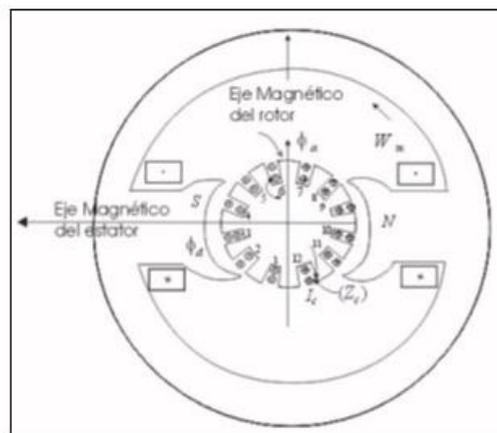
Las escobillas de carbón están fijas, apoyadas firmemente sobre la superficie del conmutador y conectan a los terminales externos de la armadura.

#### ***1.1.4 Campo Magnético Producido Por El Rotor Y Reacción De Armadura.***

El rotor lleva un arrollamiento del tipo distribuido, cuando la máquina funciona bajo carga los conductores son recorridos por una corriente  $I_c$ , el conmutador mantiene siempre las direcciones indicadas a pesar del movimiento por lo que el campo magnético del rotor resulta estacionario.

El flujo de armadura atraviesa el entrehierro y se combina con el flujo producido por el estator, ambos flujos tienen la misma dirección en la mitad de cada cara polar y dirección contraria en la otra mitad por lo que la densidad de flujo se incrementa en la zona donde los flujos son aditivos y se reduce en la parte donde son sustractivos.

**Figura1. 5** Ejes Magnéticos



**Fuente:** PAUCAR Agustín, Teoría y Análisis de Máquinas Eléctricas, La Universidad de la Ingeniería, Lima-Perú, Capítulo 6, pg. 240

**PAUCAR Agustín, (2000, pg. 240), Analiza: “En la Figura que se muestra a la máquina funcionando bajo carga los conductores son recorridos por una corriente  $I_c$  cuya dirección está indicada en la Figura. El conmutador mantiene siempre direcciones indicadas a pesar del movimiento por lo que el campo magnético del rotor resulta estacionario. ”**

Debido a la saturación magnética el incremento de flujo es menor que el decremento, por lo que flujo resulta menor y por consiguiente la reacción de armadura ejerce un efecto desmagnetizante sobre las caras polares. Esto se traduce una disminución de la f.e.m generada por la máquina.

El efecto neto de la reacción de armadura es doble:

- Una distorsión del flujo de campo principal en el cual el flujo mutuo en el entrehierro ya no está distribuido uniformemente bajo los polos, y se ha desplazado el plano neutro, y
- Una reducción del flujo de campo principal.

### ***1.1.5 Ecuación Del Torque En Una Máquina De Corriente Continua.***

La máquina de CC posee dos ejes magnéticos, el eje de campo magnético producido por el campo al que se le llama **eje directo “d”** y el eje de campo magnético producido por la armadura, ubicado a 90 grados eléctricos del eje directo, que generalmente se llama **eje de cuadratura “q”**.

La función de las escobillas debe ser tal, que la conmutación ocurra cuando los lados activos de las bobinas estén ubicados en la zona neutral. En la práctica de una máquina real, la ubicación de las escobillas es cercana al eje directo si es de dos polos, y a 90 grados del eje de cuadratura si el número de polos es diferente de dos.

El **torque** magnético y la tensión que aparece entre las escobillas son independientes de la forma de onda de la densidad de flujo en el entrehierro, el torque puede ser expresado en términos de la interacción de flujo por polo  $\Phi$  del eje directo y la componente fundamental de la f.m.m de la armadura  $F_a$  en que se recuerda que el torque estaba expresado como:

$$\tau^e = -\frac{\pi}{2} \left( \frac{P}{2} \right)^2 \Phi_{rs} F_r \text{sen} \delta_r \quad \text{Ecuación (1)}$$

Dónde:

$\Phi_{rs}$  = Flujo total resultante por polo

$F_r$  = F.m.m de la armadura

A partir

$$\tau^e = \frac{\pi}{2} \left( \frac{P}{2} \right)^2 \Phi_{sr} F_r \text{sen} \delta_{rf} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Dónde: **P** = Número de polos

$\Phi_{sr}$  = Flujo en el entrehierro

$F_r$  = Fuerza magnetomotriz del devanado de campo

$\delta_{rf}$  = Angulo entre el flujo en el entrehierro y la fuerza

Magnetomotriz de campo.

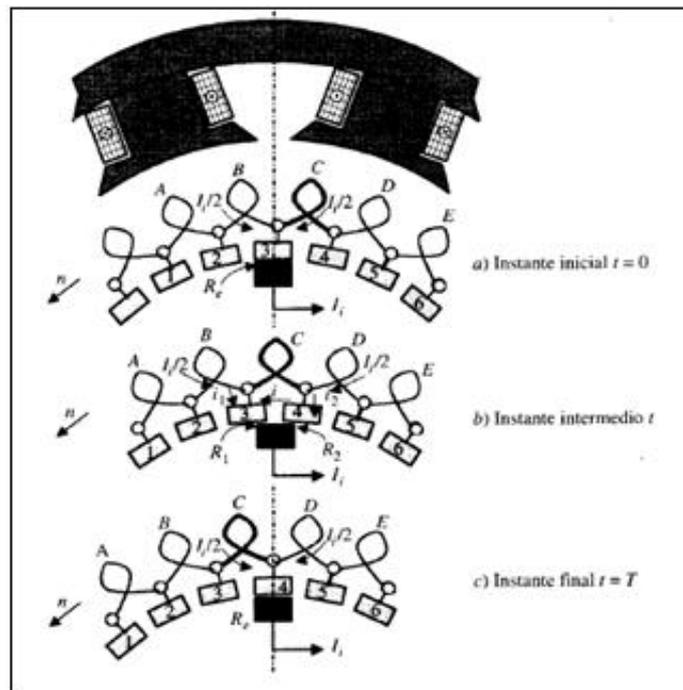
### **1.1.6 Conmutación**

Se entiende por conmutación el conjunto de fenómenos vinculados con la variación de corriente en las espiras del inducido. Una buena conmutación debe realizarse sin la formación de chispas en el colector, mientras que una mala conmutación, concurrente con la formación de chispas, produce, para un trabajo

prolongado de la máquina, un deterioro notable de la superficie del colector que perturba el buen funcionamiento de la máquina.

La distorsión del flujo en el entrehierro y el desplazamiento de la línea neutra magnética, originada para la reacción del inducido son, en sí mismas, menos importantes que su efecto sobre la bobina (o bobinas), que sufre la conmutación mientras está en cortocircuito por la escobilla.

**Figura1. 6** Proceso de conmutación en una sección del inducido



**Fuente:** MORA Fraile Jesús, Máquinas Eléctricas, 5ta Edición Mc Graw-Hill, 2003, Capítulo 6, pg. 497

MORA Fraile Jesús, (2003, pg. 497) Según : “ Si se denomina  $R_e$  a la resistencia de contacto de la escobilla con la delga cuando están totalmente unidas (en toda su superficie), se observa en la Figura el instante inicial  $t=0$ , la resistencia de transición de contactos es igual a  $R_e$ . Conforme se aleja paulatinamente la escobilla de la delga 3, disminuye su superficie de contacto proporcionalmente al tiempo  $t$  transcurrido desde el instante en que comenzó la conmutación y siendo la resistencia de transición llegará a ser infinita al

final del periodo  $T$  de conmutación . Si se denomina  $R_1$  a la resistencia de transición entre la delga 3 y la escobilla, se cumplirá:  $R_1 = R_e \frac{T}{T-1}$ , razonando de forma análoga, la resistencia  $R_2$  de transición entre la delga 4 y la escobilla disminuye de manera inversamente proporcional al tiempo  $t$

$$R_2 = R_e \frac{T}{t} .”$$

El conmutador está representado por el anillo de segmentos los cuales están aislados entre sí y del eje. Las escobillas se encuentran montadas sobre el interior del conmutador. En realidad las escobillas se conectan normalmente en la superficie externa.

Si se consideran lineales las variaciones de las corrientes, la f.e.m.  $e_r$  tendrá un valor proporcional a la corriente.

### ***1.1.7 Características de Funcionamiento de los Motores de Corriente Continua***

Los diferentes tipos de motores de corriente continua se clasifican de acuerdo con el tipo de excitación del devanado de campo, los mismos se dividen en:

- Excitación Independiente
- Auto excitado. Las conexiones establecidas en este caso son:
- Serie
- Paralelo (derivación, shunt)
- Compuesto

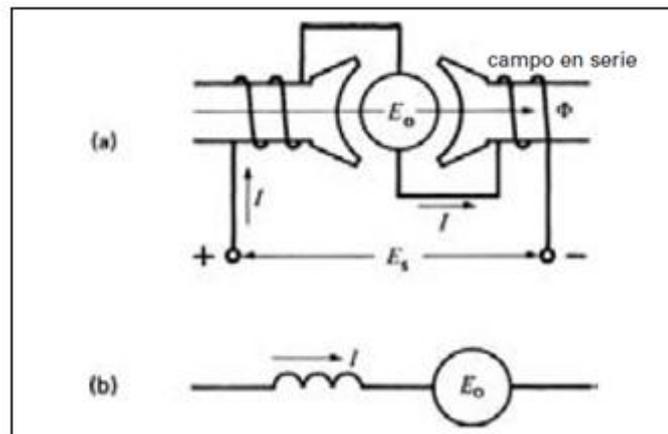
### 1.1.7.1 Máquinas De Corriente Continua Auto Excitadas

#### 1.1.7.1.1 Motor De Conexión Serie

En los motores con excitación serie, el inductor está conectado en serie con el inducido. El inductor tiene un número relativamente pequeño de espiras de hilo, que debe ser de sección suficiente para que pase por él la corriente de régimen que requiere el inducido.

En los motores serie, el flujo  $\Phi$  depende totalmente de la intensidad de la corriente del inducido. Si el hierro del motor se mantiene a saturación moderada, el flujo será casi directamente proporcional a dicha intensidad.

**Figura1. 7** Conexión de un Motor Serie



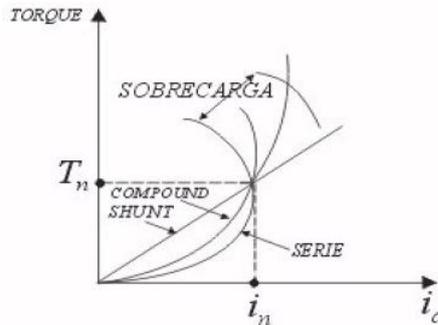
**Fuente:** WILDI Theodore, Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia, 6ta edición, PEARSON EDUCACIÓN, México 2007, Capítulo 5, pg. 105

**WILDY, Theodore, (200, pg. 105), Indica: “El flujo por polo depende de la corriente en la armadura y, por consiguiente de la carga. Cuando la corriente es grande, el flujo es grande y viceversa. A pesar de estas diferencias, los mismos principios y ecuaciones básicos aplican a ambas máquinas.”**

### 1.1.7.1.2 Curva característica de un Motor de Excitación Serie

El motor serie es el que tiene el máximo torque en la región de sobrecarga.

**Figura1. 8** Curva característica del Motor Serie



**Fuente:** PAUCAR Agustín, Teoría y Análisis de Máquinas Eléctricas, La Universidad de la Ingeniería, Lima-Perú, 2000

### 1.1.7.1.3 Motor en derivación (shunt)

El motor shunt se conecta de la misma manera que el generador shunt. Es decir que su circuito inductor se une directamente a la línea de alimentación y en derivación con el inducido. En serie con el inductor se dispone generalmente un reóstato de campo.

Si se aplica una carga al motor, este tiende a moderar su marcha. En el motor shunt, el flujo inductor permanece prácticamente constante y la reducción de velocidad disminuye la f.c.e.m.

Si la f.c.e.m. decrece, afluye más corriente al inducido hasta que su aumento produce un par suficiente para equilibrar la demanda correspondiente al aumento de carga. Por lo tanto, el motor shunt está siempre en condiciones de equilibrio estable, puesto que ante las variaciones de la carga reacciona siempre adaptando la potencia absorbida a dichas variaciones.

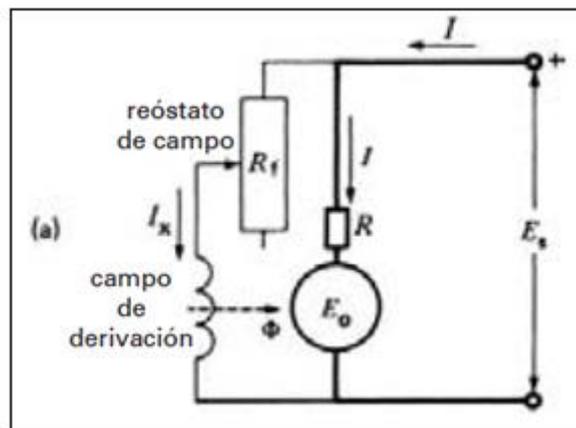
En el motor shunt, el flujo inductor es prácticamente constante. Por lo tanto:

$$T = K_t \cdot I_a \phi$$

**Ecuación (3)**

Siendo  $K_t$ , una constante. Es decir para un motor dado, el par es proporcional a la intensidad de la corriente en el inducido y a la intensidad del campo magnético.

**Figura1. 9** Conexión Motor Shunt



**Fuente:** WILDI Theodore, Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia, 6ta edición, PEARSON EDUCACIÓN, México 2007, Capítulo 5, pg. 103

**WILDI, Theodore, (200, pg. 103), Según: “Describe el método de controlar la velocidad cuando el motor tiene que funcionar por encima de su velocidad nominal, llamada velocidad base y para controlar el flujo (y por consiguiente, la velocidad), conectamos un reóstato  $R_f$  en serie con el campo. Para entender este método de control de velocidad, suponga que el motor de la figura está funcionando inicialmente a una velocidad constante.”**

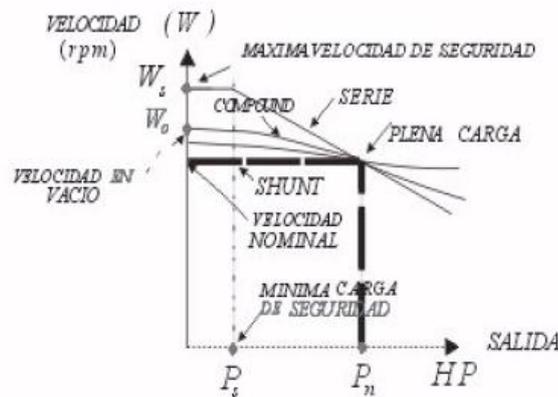
La f.c.e.m  $E_o$  es un poco menor que el voltaje de suministro en la armadura  $E_s$ , debido a la caída  $IR$  en la armadura. Si se incrementa súbitamente la resistencia del reóstato, tanto la corriente de excitación  $I_x$  como el flujo  $\Phi$  disminuirán. La corriente cambia dramáticamente porque su valor depende de la pequeñísima diferencia entre  $E_s$  y  $E_o$ .

Esto reduce de inmediato la f.c.e.m  $E_o$ , causando así que la corriente  $I$  en la armadura tenga un valor mucho más alto. El par o momento de torsión es directamente proporcional a la corriente de la armadura.

#### 1.1.7.1.4 Curva característica de un Motor de Excitación Shunt

El motor shunt es el que tiene la velocidad más constante, mientras que el motor serie tiene en vacío una velocidad muy alta que debe limitarse manteniendo siempre una carga de seguridad en su eje.

**Figura1. 10** Curva característica del Motor Shunt



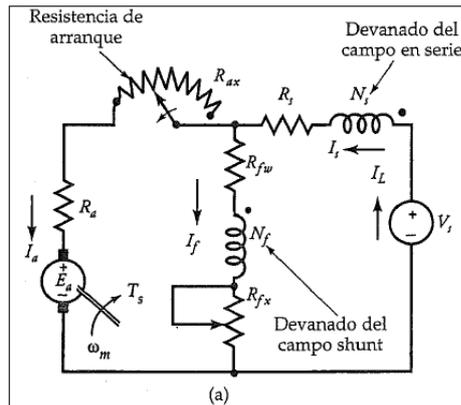
**Fuente:** PAUCAR Agustín, Teoría y Análisis de Máquinas Eléctricas, La Universidad de la Ingeniería, Lima-Perú, 2000, pg. 247

#### 1.1.7.1.5 Motor de Excitación Compound

Un motor de excitación compound tiene tanto un campo serie como un campo shunt. En un motor compound acumulativo, la f.m.m de los dos campos se suma, desarrolla un par elevado cuando se aumenta súbitamente la carga, tiene también una velocidad definida cuando funciona en vacío y no peligra que se dispare cuando se suprime la carga. El campo shunt siempre es más fuerte que el campo serie.

En el compound diferencial, el arrollamiento en serie del inductor genera un campo opuesto al producido en el arrollamiento en shunt, de manera que el flujo decrece al aplicar la carga, dando por resultado que la velocidad se mantenga, prácticamente constante o con tendencia a aumentar cuando la carga se incrementa.

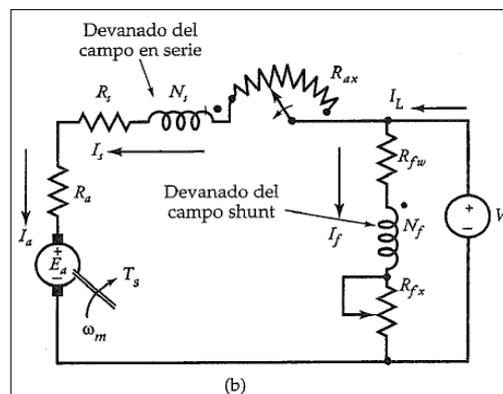
**Figura1. 11** Motor Compound en Derivación Corta



**Fuente:** GURU Bhag, Máquinas Eléctricas y Transformadores, OXFORD University Press México, 2003, Capítulo 6, pg. 368

GURU Bhag, (2003, pg.368), Indica: “La conexión de un motor compound en derivación corta se conecta en paralelo con las terminales de la armadura, el flujo del devanado del campo en serie disminuye con el incremento en la carga debido a la caída de voltaje a través del devanado del campo en serie.”

**Figura1. 12** Motor Compound en Derivación Larga



**Fuente:** GURU Bhag, Máquinas Eléctricas y Transformadores, OXFORD University Press México, 2003, Capítulo 6, pg. 368

**GURU Bhag, (2003, pg.368), Indica: “La conexión de un motor compound en derivación larga, el devanado del campo shunt se conecta directamente al suministro, el flujo del devanado del campo en serie se opone al flujo del devanado del campo shunt.”**

Un motor compound puede conectarse como motor shunt en derivación corta o como motor shunt en derivación larga. En un motor con derivación larga el devanado del campo shunt se conecta de forma directa al suministro, por lo tanto el flujo que crea el devanado del campo shunt de un motor compound en derivación corta se conecta en paralelo con los terminales de la armadura.

#### ***1.1.7.2 Variación de Velocidad de los Motores de Corriente Continua***

La velocidad de los motores de corriente continua puede variarse entre amplios márgenes por métodos respectivamente simples. En esto reside justamente su mayor ventaja sobre los motores de corriente alterna.

Se sabe que:

$$\omega = \frac{V_t - R_a I_a}{K_a \phi_d} \qquad \text{Ecuación (4)}$$

Como se puede observar la velocidad es inversamente proporcional al flujo  $\phi_d$ .

Por lo tanto al variar el flujo se podrá variar la velocidad del motor y esto se logra fácilmente colocando un reóstato de campo en el circuito shunt de excitación. Con él se puede regular la excitación del motor que es la que produce el flujo principal  $\phi_d$ .

De las formas descritas, la del reóstato serie es poco utilizada por las excesivas pérdidas que se producen en el reóstato serie.

Puede variarse la velocidad variando el voltaje  $V_t$  aplicada al motor: a mayor voltaje mayor velocidad. Finalmente consiste en variar la resistencia ( $R_a+R_s$ ) del circuito de armadura, mediante un resistencia serie.

***a) Variación de Velocidad por reóstato de Campo:***

El reóstato de campo permite variar la corriente de excitación del motor shunt y el motor compound. Es importante observar que la velocidad aumenta al reducirse la corriente de excitación. Por lo que la velocidad mínima o de base se obtiene con  $R_c=0$ .

**PAUCAR Agustín, (2000 pg. 249), Según: “Al aumentar resistencia de campo, aumenta la velocidad. Al mismo tiempo se produce el par motor ( $T_a = K_a \phi_d I_a$ ) mientras que la potencia se mantiene constante ( $P = V_t I_a = \omega T_a$ ) . Debido a eso se denomina Potencia constante y se puede emplear cuando la carga tiene esta característica.”**

***b) Variación de Velocidad por variación de la tensión aplicada a la Armadura:***

La velocidad es proporcional a la tensión aplicada. A pleno voltaje se tiene la velocidad máxima de base y reduciendo la tensión se puede bajar la velocidad hasta cero.

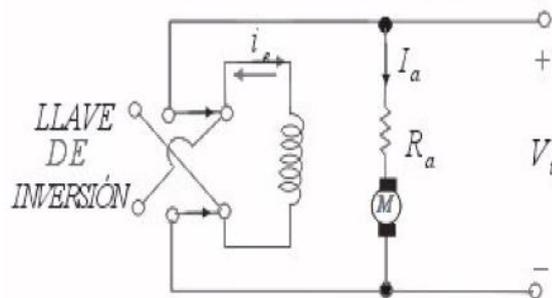
Debido a esto al mismo tiempo se reducirá la potencia del motor ( $P = V_t I_a$ ), mientras que el par permanecerá constante ( $T_a = K_a \phi_d I_a$ ) razón por la cual a este método se le denomina de par constante.

### 1.1.7.3 Inversión del sentido de rotación de los Motores de Corriente Continua

Puede realizarse de dos maneras diferentes:

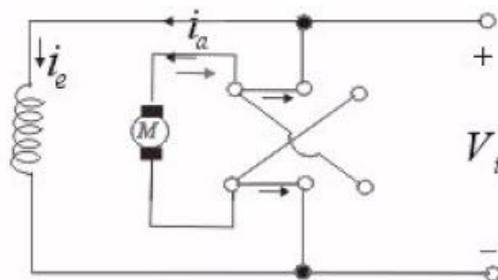
- Invirtiendo la corriente de excitación
- Invirtiendo la corriente de armadura.

**Figura1. 13** Inversión de Campo



**Fuente:** PAUCAR Agustín, Teoría y Análisis de Máquinas Eléctricas, La Universidad de la Ingeniería, Lima-Perú, 2000, pg. 250

**Figura1. 14** Inversión de Armadura



**Fuente:** PAUCAR Agustín, Teoría y Análisis de Máquinas Eléctricas, La Universidad de la Ingeniería, Lima-Perú, 2000, pg. 250

La inversión de la corriente de armadura  $I_a$  o de la corriente de excitación  $I_e$  cambia de dirección al par motor que es proporcional al producto de ambas y por consiguiente invierte la rotación del motor.

#### ***1.1.7.4 Frenado Eléctrico***

En ciertas aplicaciones es necesario parar el motor muy rápidamente, especialmente si el proceso requiere de continuas inversiones de velocidad. Para esto, en lugar de utilizar frenos mecánicos, se puede aprovechar de las fuerzas magnéticas.

Esto es justamente el caso del motor cuando se le desconecta de la red poniendo su armadura en cortocircuito y manteniendo conectada su excitación. En realidad de esta manera el motor está funcionando como un generador y como o tiene una máquina prima que lo accione se detendrá rápidamente por efecto del par resistente.

#### ***1.1.7.5 Eficiencia y Pérdidas en las Máquinas de Corriente Continua***

La eficiencia se define:

$$\eta = \frac{W_2}{W_1} \qquad \text{Ecuación (6)}$$

Dónde:

$W_1$  =Potencia de entrada de la máquina

$W_2$  = Potencia de salida de la máquina

La diferencia entre ambas representa las pérdidas en la máquina:  $\Delta W$

$$\Delta W = W_1 - W_2 \qquad \text{Ecuación (7)}$$

$$\eta = 1 - \frac{\Delta W}{W_1}$$

**Ecuación (8)**

**Pérdidas:** Las pérdidas que se producen en una máquina de corriente continua pueden dividirse en dos grupos:

- a) Pérdidas rotacionales
- b) Pérdidas en el cobre

**a) Pérdidas Rotacionales**

En estas pérdidas se incluyen todas que dependen de la velocidad de rotación de la máquina o dependen de la velocidad de la máquina.

**a.1) Pérdidas Mecánicas:** Estas pérdidas son debidas a la fricción en los cojinetes, ventilación y fricción las escobillas.

**a.2) Pérdidas Magnéticas en el Hierro:** Consiste en las pérdidas por histéresis y por corrientes parásitas de Foucault en la armadura ya que debido a la rotación el flujo magnético cambia continuamente de dirección en la armadura. Para eliminar estas pérdidas la armadura se hace de acero-silicio laminado.

**b) Pérdidas en el cobre**

Estas pérdidas se producen por efecto Joule en los arrollamientos de la máquina

**b.1) Pérdidas en el arrollamiento de armadura:**  $R_a I_a^2$ .

**b.2) Pérdidas en los arrollamientos de campo:**  $R_e I_e^2 + R_s I_a^2$

**b.3) Pérdidas por contacto en las escobillas:**  $E_B I_a$ .

**c) Pérdidas Dispersas**

La distorsión del flujo principal por la reacción de armadura, el efecto pelicular en los conductores y las corrientes de cortocircuito de las bobinas

durante la conmutación produce pérdidas adicionales muy difíciles de determinar que se denominan pérdidas dispersas y que en las máquinas grandes (200HP) son aproximadamente del 1% de la potencia nominal. En las máquinas pequeñas se suele despreciarlas.

## ***1.2 Máquina de Corriente Continua como Generador***

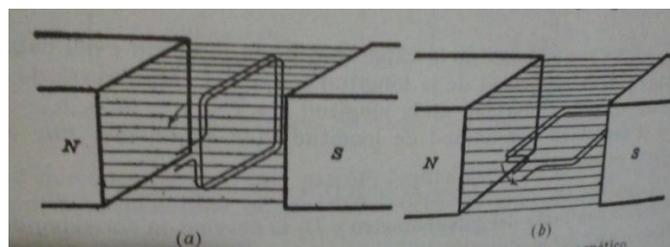
### ***1.2.1 Generador de corriente continua***

Un generador de corriente continua es una máquina destinada a transformar la energía mecánica en energía eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre unos conductores eléctricos dispuestos sobre un armazón. Si mecánicamente se produce un movimiento relativo de los conductores y el campo, se generará una fuerza electromotriz, de modo que si se enlazan a un circuito exterior, le suministrarán energía eléctrica. En el generador de corriente continua el campo magnético es, ordinariamente fijo ya la armazón (inducido) la que gira.

### ***1.2.2 Fuerza electromotriz generada***

El funcionamiento del generador está fundado en este principio: *El flujo que abrazan las espiras del inducido se hace variar haciéndolo girar en el campo inductor.*

**Figura1. 15 Espira sencilla que gira en un campo magnético**



**Fuente:** DAWES.L.Chester, Tratado de Electricidad, Corriente Continua, Tomo 1, Editorial Gustavo Gili, S.A, Barcelona.

En la figura se representa una espira que gira en un campo magnético uniforme, producido por dos polos, N y S. En la figura (a), el plano de la espira es perpendicular a la dirección del campo magnético y corta el máximo posible de flujo. Sea  $\Phi$  este flujo en maxwell (un maxwell es el total del flujo alrededor de la superficie en un área de un centímetro cuadrado perpendicular al campo).

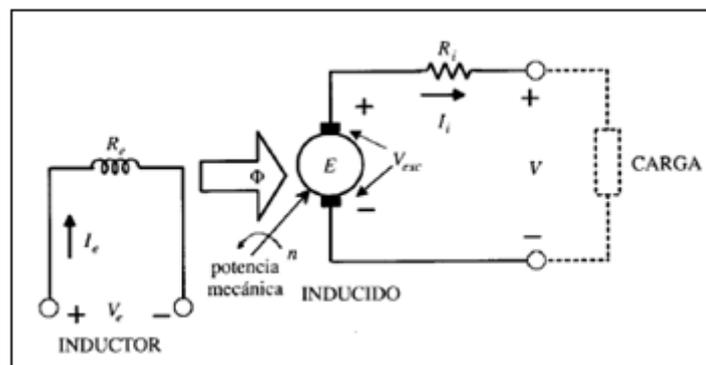
Si la espira gira en sentido contrario al de las agujas del reloj, al efectuar un cuarto de revolución se encontrará en la posición representada en la figura (b) con su plano paralelo a la dirección del campo, por lo que no abraza flujo alguno.

### 1.2.3 Principio de Funcionamiento del Generador de Corriente Continua.

El generador de corriente continua basa su funcionamiento en el principio de inducción electromagnética de la Ley de Faraday la cual establece que si se hace girar una espira en un campo magnético se produce una f.e.m. inducida en sus conductores.

El generador tiene básicamente dos arrollamientos que se ubican en el estator cuya función es crear un campo magnético por lo que se le denomina inductor. Y el otro ubicado en el rotor y se denomina inducido o armadura.

**Figura1. 16** Generador de Corriente Continua



**Fuente:** MORA Fraile Jesús, Máquinas Eléctricas, 5ta Edición Mc Graw-Hill, 2003, Capítulo 6, pg. 501

**MORA Fraile Jesús, (2003, pg. 501), Indica: “La representación de ambos devanados es lo que se indica en la Figura, donde las máquinas de c.c. constan de un inducido o excitación, colocado en el estator, y de un inducido giratorio provisto de colector de delgas. El devanado de excitación está formado por los arrollamientos de todos los polos conectados en serie, a los que se aplica una tensión de alimentación de c.c. que produce una corriente de circulación  $I_{es}$  que da lugar a una f.m.m. que origina el flujo  $\Phi$  en el entrehierro de la máquina.”**

La diferencia de potencial que se obtiene en el exterior a través de un anillo colector y una escobilla en cada extremo de la espira tiene carácter senoidal, durante la primera mitad del ciclo obtiene la misma tensión alterna pero, en el semiperiodo siguiente, se invierte la conexión convirtiendo el semiciclo negativo en positivo.

### ***1.3 Tipos De Generadores De Corriente Continua.***

Los generadores de corriente continua con autoexcitación se dividen en tres clases, según la construcción de su inductor y sus conexiones:

- Generador serie o excitación en serie
- Generador shunt o excitación en derivación
- Generador compound o con excitación compuesta.

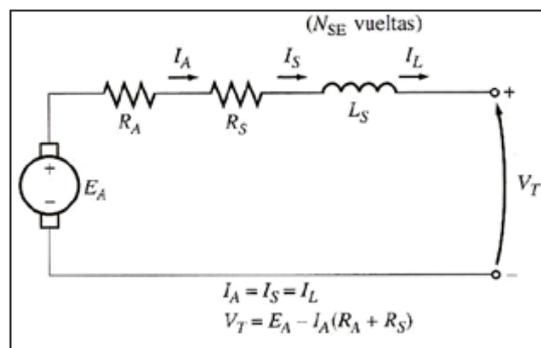
#### ***1.3.1 Generador Serie o Excitación en Serie.***

En el generador serie, el arrollamiento inductor se conecta en serie con el inducido y con el circuito exterior, construyéndolo, necesariamente, con un número reducido de espiras de hilo de sección suficientemente grande para conducir la corriente nominal del generador.

El generador con excitación en serie se emplea en muchas ocasiones para instalaciones de intensidad de corriente constante, a diferencia de los generadores con excitación en derivación, que se emplean para mantener un potencial constante.

La corriente de armadura que será la misma que se le entrega a la carga, deberá circular a través de todos los conductores del campo de excitación produciendo una fuerza magneto motriz de tal magnitud que impulsará las líneas de flujo magnético para que se induzca una fuerza electromotriz (f.e.m.) que en todo momento dependerá del valor de la corriente que demanda la carga.

**Figura1. 17** Circuito equivalente de un Generador de Corriente Continua en Serie

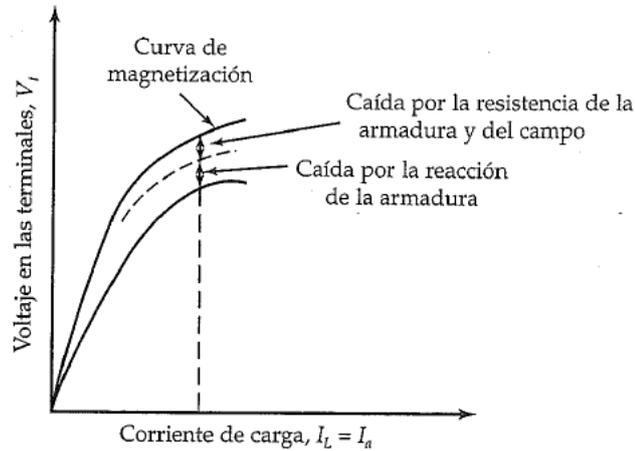


**Fuente:** CHAPMAN Stephen, Máquinas Eléctricas, Tercera Edición, Mc Graw Hill, Capítulo 9, pg. 629

CHAPMAN Stephen, (2000, pg. 11), Según: “En la figura se muestra el circuito equivalente de un generador de corriente continua en serie. La curva de magnetización de un generador serie se obtiene al excitar de manera separada el devanado de campo serie. La tensión en las terminales del generador decrecerá en función de la reacción de armadura presente en la máquina, es decir a mayor reacción de armadura le corresponde mayor caída de tensión en las terminales del generador.”

La bobina de campo es conectada en serie con el generador y por lo tanto es recorrida por la corriente de armadura  $I_a = I_e$

**Figura 1. 18** Curva de saturación de un Generador Serie



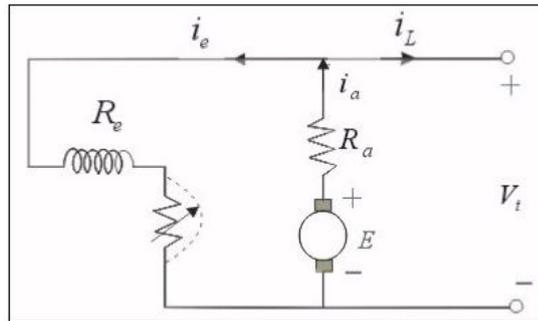
**GURU Bhag**, Máquinas Eléctricas y Transformadores, OXFORD University Press México, 2003, pg. 331

### 1.3.2 Generador Shunt o Excitación en Derivación.

El generador con excitación shunt suministra energía eléctrica a una tensión aproximadamente constante, cualquiera que sea la carga, aunque no tan constante como el caso de un generador con excitación independiente. Cuando el circuito exterior está abierto, la máquina tiene excitación máxima porque toda la corriente producida se destina a la alimentación del circuito de excitación; por lo tanto, la tensión en bornes es máxima.

La figura muestra la curva de saturación de un generador shunt y la característica de resistencia de su inductor en derivación, ambas referidas a las mismas coordenadas. Como el shunt se conecta a los terminales del inducido, las ordenadas de la característica de resistencia del inductor deben representar la tensión entre los terminales del generador.

**Figura1. 19** Generador con Excitación Shunt o Derivación

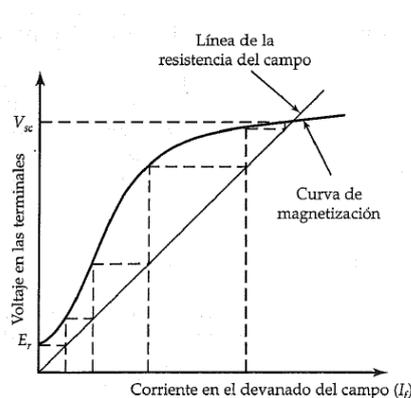


**Fuente:** PAUCAR Agustín, Teoría y Análisis de Máquinas Eléctricas, La Universidad de la Ingeniería, Lima-Perú, Capítulo 6, pg. 256

**PAUCAR Agustín (2000, pg. 256); Indica: “En la Figura se muestra una descripción que la bobina de campo es alimentada en paralelo por el mismo generador.”**

La fuerza inducida sigue la curva de magnetización no lineal. La corriente en el devanado del campo depende de la resistencia total en el circuito del devanado del campo. La relación entre la corriente del campo y el voltaje del campo es lineal, y la pendiente de la curva es la resistencia en el circuito del devanado del campo. La línea recta también se conoce como línea de resistencia de campo. El generador shunt continúa haciendo crecer el voltaje hasta el punto de intersección de la línea de resistencia del campo y la curva de saturación magnética. Este voltaje se conoce como voltaje sin carga

**Figura1. 20 Curva de saturación de un Generador Shunt**



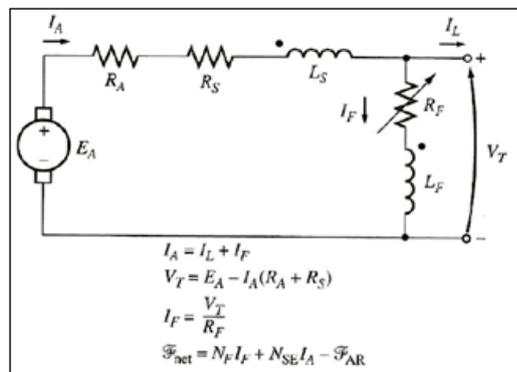
**GURU Bhag,** Máquinas Eléctricas y Transformadores, OXFORD University Press México, 2003, pg. 324

### 1.3.3 Generador Compound o Excitación Compuesta

En los generadores compound, las bobinas inductoras están formadas por arrollamientos en serie y en paralelo, sobre cada polo están conectados dos bobinados distintos. La bobina inductora shunt está conectada en paralelo. La bobina inductora en serie, estando en serie con el inducido y la carga tendrá su intensidad variable según la carga.

El generador con excitación compound tiene la propiedad de que puede trabajar a una tensión prácticamente constante, es decir, casi independiente de la carga conectada a la red, debido a que, por la acción del arrollamiento shunt la corriente de excitación tiende a disminuir al aumentar la carga, mientras que la acción del arrollamiento serie es contraria, o sea, que la corriente de excitación tiende a aumentar cuando aumenta la carga.

**Figura 1. 21** Generador con Excitación Compuesta o Acumulativa con Conexión en Derivación Larga

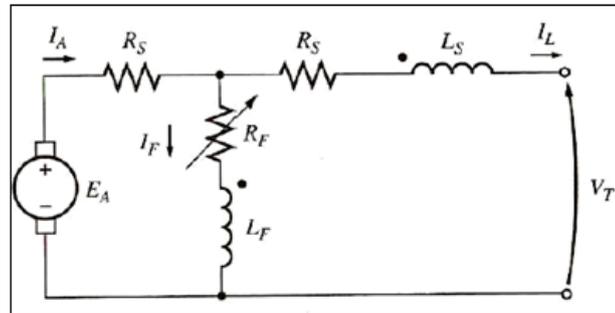


**Fuente:** CHAPMAN Stephen, Máquinas Eléctricas, Tercera Edición, Mc Graw Hill, Capítulo 9, pg. 631

CHAPMAN Stephen, (2000. Pg. 630), Según: “Se muestra en la figura un circuito equivalente de un generador dc compuesto acumulativo en conexión dc. Los puntos que aparecen en las dos bobinas de campo tienen el mismo significado que los puntos sobre un transformador: *la corriente que fluye*

*hacia dentro de las bobinas por el extremo marcado con punto produce una fuerza magnetomotriz positiva.”*

**Figura1. 22** Generador con Excitación Compuesta o Acumulativa con Conexión en Derivación Corta



**Fuente:** CHAPMAN Stephen, Máquinas Eléctricas, Tercera Edición, Mc Graw Hill, Capítulo 9, pg. 632

**CHAPMAN Stephen, (2000. Pg. 632), Indica: “En la Figura otra forma de conexión de acoplar al generador compuesto acumulativo con conexión en derivación corta, donde el campo serie está fuera del circuito de campo en derivación y tiene una corriente que fluye a través de él.”**

## **CAPÍTULO II**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### ***2.1 Introducción***

En este capítulo se efectuará un análisis de los resultados obtenidos de las entrevistas realizadas a los Ingenieros Eléctricos y Electromecánicos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, así como los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a los estudiantes de séptimo y octavo semestres de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica, con esto se permitirá analizar la necesidad de Implementar al Laboratorio con un Grupo Motor-Generador d Corriente Continua , para realizar prácticas demostrativas.

#### ***2.2 Antecedentes***

La educación superior en los actuales momentos se enmarca en formar profesionales capacitados en el campo de la ciencia, tecnología, investigación y experimentación de conocimiento de la realidad, dotados de una conciencia crítica y humanista, para esto nuestra provincia el anhelado de tener una institución de Educación Superior se alcanza el 24 de enero de 1995. Las fuerzas vivas de la provincia lo hacen posible, después de innumerables gestiones y teniendo como antecedente la extensión que creó la Universidad Técnica del Norte.

Actualmente son cinco hectáreas las que forman el campus de la Universidad Técnica de Cotopaxi y 82 hectáreas del Centro Experimentación, Investigación y Producción Salache.

De la misma manera hemos definido con claridad la postura institucional ante los dilemas internacionales y locales; somos una entidad que por principio defiende la autodeterminación de los pueblos, respetuosos de la equidad de género.

En estos 15 años de vida institucional la madurez ha logrado ese crisol emancipador y de lucha en bien de la colectividad, en especial de la más apartada y urgida en atender sus necesidades. El nuevo reto institucional cuenta con el compromiso constante de sus autoridades hacia la calidad y excelencia educativa.

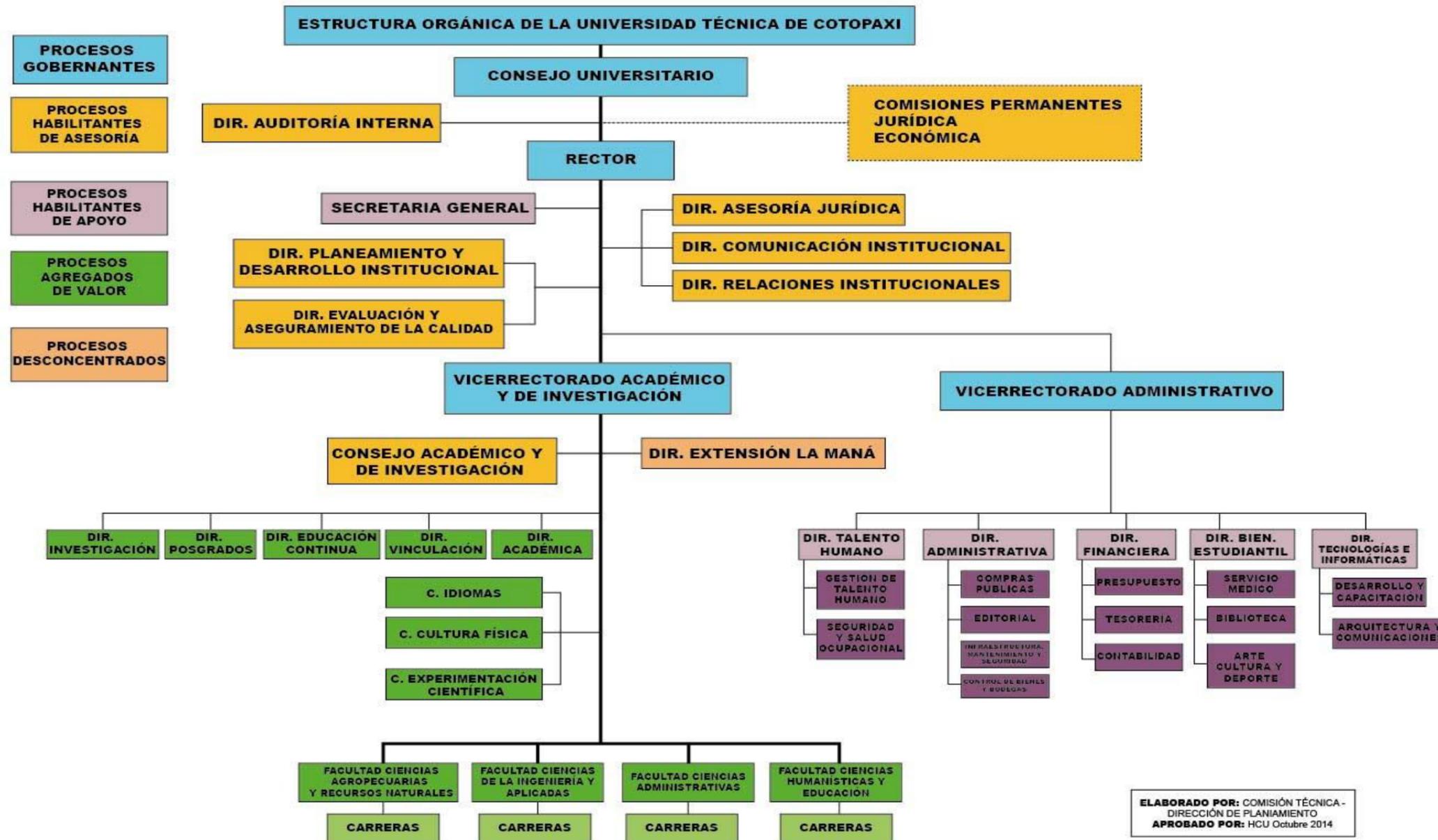
Nuestra universidad cuenta con el compromiso constante de sus autoridades hacia la calidad y excelencia educativa, mediante todas las formas científicas de buscar e interpretar la realidad, afirmando en sus propósitos científicos y educativos, estando abierto a todas las aéreas sociales, mediante la vinculación de los pueblos, las mismas que ayudan a asimilar, generar adelantos científico técnico y las manifestaciones del pensamiento científico.

### ***2.3 Estructura Orgánica***

En la actualidad nuestra institución cuenta con varias unidades académicas y extensiones. El organigrama estructural indica que debe seguir los canales de comunicación adecuados para cada uno de las unidades académicas y extensiones; de igual manera cada una de esta conserva su autoridad y responsabilidad específica dentro de su especialidad.

A continuación se presenta el organigrama estructural correspondiente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y la Unidad Académica a la que estoy aplicando en mi proyecto de investigación.

**Tabla 1. 1** Organigrama Estructural de la Universidad Técnica de Cotopaxi



Fuente: <http://www.utc.edu.ec/organigrama>

Elaborador por: La Postulante

## ***2.4 Misión***

La Universidad "Técnica de Cotopaxi", es pionera en desarrollar una educación para la emancipación; forma profesionales humanistas y de calidad; con elevado nivel académico, científico y tecnológico; sobre la base de principios de solidaridad, justicia, equidad y libertad, genera y difunde el conocimiento, la ciencia, el arte y la cultura a través de la investigación científica; y se vincula con la sociedad para contribuir a la transformación social-económica del país.

## ***2.5 Visión***

Será un referente regional y nacional en la formación, innovación y diversificación de profesionales acorde al desarrollo del pensamiento, la ciencia, la tecnología, la investigación y la vinculación en función de la demanda académica y las necesidades del desarrollo local, regional y del país.

## ***2.6 Unidades Académicas***

La Universidad Técnica de Cotopaxi brinda la oportunidad a estudiantes que han terminado la formación secundaria, para que se sigan preparando académicamente en sus diferentes áreas o unidades académicas, las mismas que poseen sus diferentes carreras siendo estas las siguientes:

- Unidad Académica de Ciencias en Ingeniería y Aplicadas.
- Unidad Académica de Ciencias Administrativas Humanísticas y del Hombre.
- Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias Ambientales y Veterinarias.

La unidad académica en la que estamos inmersos y a la cual pertenecemos es la de Ciencias en Ingeniería y Aplicadas, la cual oferta carreras técnicas entre las cuales tenemos las siguientes:

### ***2.6.1 Carreras de la Unidad Académica de Ciencias en Ingeniería y Aplicadas.***

En los actuales momentos las profesiones que en el campo laboral serán los más aplicados son los profesionales en las carreras técnicas por el avance científico y tecnológico que se viene desarrollando, de acuerdo a la realidad la universidad posee una Unidad Académica de Ciencias en Ingeniería y Aplicadas, la cual orienta sus esfuerzos hacia la búsqueda de formar profesionales creativos, críticos y humanistas que utilizan el conocimiento científico y técnico, mediante la promoción y ejecución de actividades de investigación y aplicaciones tecnológicas para contribuir en la solución de los problemas de la sociedad. Además la visión de la Unidad Académica es mediante un alto nivel científico, investigativo, técnico y profundamente humanista, generadora de tecnologías, con trabajos inter y multidisciplinario, vinculada con la sociedad se logra desde su creación entregar profesionales inmensos con esos perfiles profesionales, que de una u otra manera se desarrolla en su proyecto de desarrollo de tesis.

En atención a la fundamentación ideológica, a la contextualización de la realidad presente y del futuro inmediato, así como a los requerimientos del desarrollo de la zona de influencia de la UTC, la Unidad Académica presenta las siguientes carreras:

- Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales.
- Ingeniería en Diseño Gráfico Computarizado.
- Ingeniería en Electromecánica.
- Ingeniería Eléctrica.
- Ingeniería Industrial.

**Fuente:**<http://www.utc.edu.ec/sitio/index.aspx?pagID=L15&Ln=ES&ban=utc&contenidoID=1064>

**Realizado por:** La Postulante

### ***2.6.1.1 Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia.***

Los Ingenieros Eléctricos de la UTC tienen una formación humanista, analítica, crítica. Son profesionales con un espíritu emprendedor orientados hacia la realización de proyectos de electrificación que beneficien a la comunidad e impulsen el desarrollo del país. Buscamos que nuestros profesionales en Ingeniería Eléctrica sean capaces de administrar, diseñar, controlar y operar sistemas eléctricos de una forma eficiente utilizando los conocimientos adquiridos en el transcurso de su formación profesional y con capacidad de adaptarse a los nuevos conocimientos científicos-tecnológicos.

## **2.7 DISEÑO METODOLÓGICO**

### ***2.7.1 Método de Investigación.***

Dentro del proceso educativo se puede dar a conocer los diferentes tipos de investigación dentro de un procedimiento riguroso que el investigador debe seguir mediante la adquisición de conocimiento que en este trabajo investigativo se van utilizar.

Con esto poder llegar a una solución inmediata y planificar las actividades de una manera que esto sirva como guía de seguimiento para alcanzar una respuesta a la meta planteada.

## **2.8 Tipos De Investigación.**

Para el desarrollo e implementación de este proyecto de trabajo se utilizaron los siguientes tipos de investigación.

### ***2.8.1 Investigación Aplicada.***

**VARGAS CORDERO Zoila Rosa (2009) pg. 159, Según: “Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica**

**basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad.”**

Se usará este tipo de investigación, ya que ayudará a dar una solución inmediata al problema planteado y así mejorar la técnica de aprendizaje.

### ***2.8.2 Investigación Descriptiva.***

**CAMPOS OCAMPO Melvin (2009) pg. 18, Indica: “El objetivo de esta investigación es especificar las propiedades del objeto o fenómeno que se va a estudiar y dar un panorama lo más exacto posible de éste. Es necesario, por lo tanto seleccionar los rasgos o conceptos del fenómeno y determinarlos cada uno de forma independiente, con gran precisión.”**

Este tipo de investigación me va a permitir utilizar algunos instrumentos necesarios para resolver el problema planteado, mantener un correcto conocimiento de la manipulación de los materiales de medición, Test, lectura científica y encuesta que serán de gran ayuda para lograr entender el funcionamiento del Motor-Generador y la posible solución de la problemática de este proyecto.

### ***2.8.3 Investigación de Laboratorio.***

**CAMPOS OCAMPO Melvin (2009) pg. 17, Según: “Este tipo de investigación busca reproducir un fenómeno en un ambiente controlado o sea este tipo de investigación trae las fuentes a un lugar específico de estudio.”**

En este tipo de investigación se tomará en cuenta, ya que se debe proceder a realizar algunas prácticas, experimentos, u otras formas de establecer una hipótesis, en si encontrar de carácter preciso, conciso y eficaz un resultado que sea favorable a la investigación determinada.

#### ***2.8.4 Investigación Bibliográfica.***

**CAMPOS OCAMPO Melvin (2009) pg. 17, Según: “Es aquella investigación que se utiliza textos (u otro tipo de material intelectual impreso o grabado) como fuentes primarias para obtener sus datos. Nos se trata solamente de una recopilación de datos contenidos en libros, sino que se centran, más bien, la reflexión innovadora y crítica sobre determinados textos y los conceptos planteados en ellos.”**

Este tipo de investigación se utilizó para obtener la información respectiva para la Implementación del Grupo Motor-Generador , para esto ha sido necesario recopilar información mediante la revisión de libros, folletos, fuentes electrónicas, textos, entre otros, cada uno de estos ayudaron a conocer más acerca de los conceptos de un motor y un generador de que partes se componen de cómo están constituidos y su funcionamiento de trabajo , y así poder fomentar el desarrollo del aprendizaje y por ende su mejoramiento de la enseñanza de los estudiantes de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica , permitiendo un mejor proceso investigativo y práctico .

#### ***2.8.5 Investigación de Campo.***

**CAMPOS OCAMPO Melvin (2009) pg. 17, Según: “La investigación de campo exige salir a recabar los datos. Sus fuentes pueden ser la naturaleza o la sociedad pero, en ambos casos es necesario que el investigador vaya en busca de su objeto para poder obtener la información.”**

Mediante este tipo de investigación se puede determinar ciertos parámetros de funcionamiento y comportamiento del grupo motor-generador dentro del Laboratorio de Máquinas Eléctricas ejecutando las respectivas prácticas mediante conocimientos previos en el lugar donde se genera el problema, por lo que se encontrará una solución factible con mayor rapidez y de calidad de funcionamiento.

## ***2.9 Método De Investigación.***

Es el procedimiento en el cual describe los mecanismos que se utiliza para recabar datos y luego analizarlos este trata de explicar los instrumentos prácticos, lógicos y analíticos que permiten obtener la información y cumplir con los objetivos. En la elaboración de este proyecto se utilizarán los siguientes métodos.

### ***2.9.1 Método Inductivo.***

**BISQUERRA, R (2007) pg. 62 Indica: “Con este método se analizan casos particulares a partir d los cuales se extraen conclusiones de carácter general. El objetivo del descubrimiento de generalizaciones y las teorías a partir de observaciones sistemáticas de la realidad.”**

Se aplicará este método de investigación ya que se realizará la observación específica de la situación actual del Laboratorio de Máquinas Eléctricas lo cual permitirá formular una tentativa de actualizar el mismo.

### ***2.9.2 Método Deductivo.***

**BISQUERRA, R (2007) pg. 61 Según: “Este método el científico utiliza para poner énfasis en la teoría, en la explicación, en los modelos teóricos, en la abstracción; no en recoger datos empírico, o en la observación y experimentación.”**

Este método de investigación se lo empleará en la identificación de las posibles estrategias que ayuden al mejoramiento del laboratorio, mediante la observación y descripción del estado actual de cada máquina existente y de su comportamiento.

### ***2.9.3 Método Experimental.***

**BISQUERRA, R (2007) pg. 67 Indica: “Se dispone de una variable independiente, que es experimental, que puede ser manipulada según las**

**intenciones del investigador, implica una intervención o experimentación. En el análisis de datos se aplica frecuentemente el análisis de la varianza.”**

En este método de investigación se experimentará en este trabajo, condiciones y fenómenos controlados por la investigadora a fin de desarrollar una serie de características requerido en el proyecto.

#### ***2.9.4 Método De La Observación.***

**Diccionario “El pequeño Larousse ilustrado”. (2005).pg. 677 Indica: “Es la Capacidad, indicación que se hace sobre alguien o algo; anotación o comentario que se realiza sobre un texto”**

La observación será realizada de manera directa en el laboratorio lugar donde se desarrolla la investigación ya que es necesario conocer de manera real y precisa, mediante la utilización de instrumentos de registro como es la cámara digital para conocer el estado del laboratorio de máquinas eléctricas de la universidad.

#### ***2.10 Técnicas De Investigación.***

En este trabajo de investigación se ha propuesto las siguientes técnicas de investigación:

##### ***2.10.1 La Encuesta.***

**HUESO GONZÁLEZ Andrés y JOSEP CASCANTE María i Sempere (2012) pg. 21 Indica: “Esta técnica, mediante la utilización de un cuestionario estructurado o conjunto de preguntas, permite obtener información sobre una población a partir de una muestra, las preguntas del cuestionario suelen ser cerradas en su mayoría, esto es, no se da opción a que quién responde se exprese con sus propias palabras sino que se marcan unas opciones de respuesta limitadas entre las que elegir.”**

Esta técnica propone la realización de una serie de preguntas las cuales serán llenadas por los alumnos de los séptimos y octavos ciclos de la Carrera de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica.

### ***2.10.2 La Entrevista.***

**TORRECILLA MURILLO, Javier (2007) pg. 6 Según: “La entrevista es la técnica con la cual el investigador pretende obtener información de una forma oral y personalizada. La información versará en torno a acontecimientos vividos y aspectos subjetivos de la persona tales como creencias, actitudes, opiniones o valores en relación con la situación que se está estudiando.”**

Esta técnica permite obtener datos que consiste en un dialogo entre dos personas. El entrevistador “postulante” y el entrevistado; se realiza con el fin de obtener información de parte de este, que en este caso viene a ser los docentes de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica.

### ***2.11 Instrumento De Investigación.***

El instrumento a utilizar será un cuestionario de preguntas que son elaboradas por parte del investigador que servirá para aplicar a la población escogida, la misma que ayuda a recopilar información, tabular y determinar datos específicos y esenciales que se utilizará para conocer si en realidad causa interés en contar con la propuesta presentada.

#### ***2.11.1 El Cuestionario.***

**CASAS, et (2003) pg. 528 Según: “El cuestionario es un documento que recoge en forma organizada los indicadores de las variables implicadas n el objetivo de las encuestas.”**

Este es un instrumento básico de observación en la encuesta y en la entrevista; en este se formulan unas series de preguntas que permiten medir una o más variables, posibilitando observar los hechos a través de la valoración que hace de los mismos el encuestado o el entrevistado, limitándose la investigación a las valoraciones subjetivas de este. El cual será utilizado para por énfasis a las diferentes preguntas que serán respondidas por los estudiantes de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica.

## **2.12 Cálculo de población y muestra**

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizarán los siguientes recursos humanos los cuales se efectúa mediante una metodología fundamentada en una serie de investigación de Campo, Aplicada, Descriptiva, Laboratorio y mediante esto se emplea métodos como: el Deductivo, Inductivo, Experimental y la Observación junto con las técnicas que en base a ellas sirven para recopilar información tales como: La Encuesta, La Entrevista y un Cuestionario una determinado universo específico.

La población de este proyecto corresponde a una encuesta realizada a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Además cuenta con una entrevista realizada a tres Ingenieros de la carrera de Ingeniería Eléctrica y Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi. La Entrevista consta de 3 preguntas, su contenido tiene relación con el cuestionario que se realizó a los estudiantes de las dos Ingenierías.

Para obtener los resultados se tomara una muestra conformada por 78 estudiantes y 3 Docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, correspondiente al área urbana de la ciudad de Latacunga sector San Felipe, para ello es necesario calcular una muestra considerando el error admisible del 5%.

La muestra se calculará utilizando la siguiente fórmula.

$$n = \frac{PQ \times N}{(N-1) \left[ \frac{E}{K} \right]^2 + PQ}$$

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
N	Tamaño de la muestra de personas
PQ	Constante de la varianza población (0.25)
N	Tamaño
E	Error admisible (0.05)
K	Coefficiente de corrección del error 2

$$n = \frac{0,25 \times 101}{(101 - 0,05) \left[ \frac{0,05}{2} \right]^2 + 0,25} \quad n = \frac{25,25}{0,313} \quad N = 80,67 \approx 81$$

**Tabla1. 2** Población Encuestada y Entrevistada de la Carrera de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica

SECTOR	N°
Docentes	3
Estudiantes de 7mo y 8vo Ing. Eléctrica U.T.C	41
Estudiantes de 7mo y 8vo Ing. Electromecánica U.T.C	37
<b>TOTAL</b>	<b>81</b>

**Fuente:** <http://www.utc.edu.ec/sitio/index.aspx?pagID=L15&Ln=ES&ban=utc&contenidoID=106>

**Realizado por:** La Postulante

## 2.6 Operacionalización de las Variables

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES				
HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	ITEMS	INSTRUMENTO
La implementación de un Motor-Generador de Corriente Continua en el laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, permitirá determinar los parámetros de funcionamiento y comportamiento de la Máquina de Corriente Continua.	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>La implementación de un Motor-Generador de Corriente Continua en el laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocimiento sobre la Implementación de un Motor-Generador de Corriente Continua.</li> </ul>	Pregunta 1 Pregunta 2 Pregunta 3	Entrevista
			Pregunta 1 Pregunta 2 Pregunta 3 Pregunta 4 Pregunta 5	Encuesta
	<p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Permitirá determinar los parámetros de funcionamiento y comportamiento de la Máquina de Corriente Continua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Necesidad de complementar los conocimientos de los estudiantes con prácticas demostrativas.</li> <li>Importancia de los diversos tipos de aplicaciones de un Motor-Generador.</li> </ul>	Pregunta 1 Pregunta 2 Pregunta 3	Entrevista
			Pregunta 6 Pregunta 7 Pregunta 8 Pregunta 9 Pregunta 10	Encuesta

## **2.7 Resultados y Análisis de la Entrevista realizada a los Docentes de la carrera de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.**

El objetivo principal de la Entrevista es de verificar si el proyecto es factible con el tema **Implementación de un Motor –Generador de Corriente Continua, en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi con la elaboración de una serie de prácticas demostrativas.**

**Tabla1. 3** Entrevista

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>	
<b>Entrevistado:</b> Ing. Xavier Proaño	
<b>Entrevistadora:</b> Moreta Guayaquil Verónica Pilar	
<b>Fecha:</b> 12 de enero del 2015	
<b>PREGUNTAS</b>	<b>INTERPRETACIÓN</b>
<p><b>1. ¿Porque considera necesario que se implemente en el Laboratorio De Máquinas Eléctricas un grupo de Motor-Generador de Corriente Continua?</b></p>	<p>Las máquinas eléctricas son de gran importancia ya que estas son vitales para el emprendimiento profesional y para la vida diaria ya que muestran una demanda netamente comercial.</p>
<p><b>2. ¿Considera que la implementación de un Grupo de Motor-Generador de Corriente Continua permita realizar prácticas demostrativas de Máquinas Eléctricas?</b></p>	<p>La implementación del motor-generador fortalecerá los conocimientos de los estudiantes ya que podrán analizar el comportamiento de la máquina al cambiar las variables de funcionamiento.</p>
<p><b>3. ¿Complementará la implementación del grupo Motor-Generador de corriente continua en la formación académica teórica-práctico a los estudiantes de la carrera de Ing. Eléctrica?</b></p>	<p>Es muy importante considerar que la demostración práctica es de vital de importancia para que los estudiantes demuestren los conocimientos que les permita analizar y visualizar el comportamiento de la máquina, y así complementar los conocimientos en lo teórico –práctico.</p>

**Tabla1. 4** Entrevista

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>	
<b>Entrevistado:</b> Ing. Álvaro Mullo <b>Entrevistadora:</b> Moreta Guayaquil Verónica Pilar <b>Fecha:</b> 13 de enero del 2015	
<b>PREGUNTAS</b>	<b>INTERPRETACIÓN</b>
<b>1. ¿Cree que es necesario que los alumnos realicen distintos tipos de prácticas sobre la implementación en el Laboratorio De Máquinas Eléctricas un grupo Motor-Generador de Corriente Continua?</b>	Si es necesario para fortalecer los conocimientos prácticos y teóricos de los principios de generación.
<b>2. ¿Considere que tipo de prácticas se deberían realizarse con la implementación del Motor-Generador en el laboratorio de Máquinas Eléctricas?</b>	Como prácticas es importante comprobar las leyes fundamentales de electromagnetismo también del voltaje generado en función de la velocidad, voltaje generado en función del campo magnético y la velocidad de sincronismo.
<b>3. ¿Complementará los conocimientos de los estudiantes la realización de diversas prácticas en el Laboratorio de Maquinas Eléctricas?</b>	Si complementa los conocimientos porque permite una explicación práctica para fortalecer el conocimiento del estudiante.

**Tabla 1. 5** Entrevista

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>	
<b>Entrevistado:</b> Ing. Miguel Lucio	
<b>Entrevistadora:</b> Moreta Guayaquil Verónica Pilar	
<b>Fecha:</b> 14 de enero del 2015	
<b>PREGUNTAS</b>	<b>INTERPRETACIÓN</b>
<p><b>1. ¿Cree que es necesario que los alumnos realicen distintos tipos de prácticas sobre la implementación en el Laboratorio De Máquinas Eléctricas un grupo Motor-Generador de Corriente Continua?</b></p>	<p>Si es necesario porque el estudiante puede ratificar los conocimientos adquiridos en el aula mediante mediciones de las simulaciones experimentales que se pueden realizar en el módulo propuesto.</p>
<p><b>2. ¿Considere que tipo de prácticas se deberían realizarse con la implementación del Motor-Generador en el laboratorio de Máquinas Eléctricas?</b></p>	<p>Se puede realizar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación de la curva de magnetización de la máquina.</li> <li>• Determinación de la Regulación del Generador.</li> <li>• Efectos de la inversión en el sentido de giro.</li> </ul>
<p><b>3. ¿Complementará los conocimientos de los estudiantes la realización de diversas prácticas en el Laboratorio de Maquinas Eléctricas?</b></p>	<p>El proceso de aprendizaje resultará más eficaz si paralelamente al desarrollo teórico se efectúan experiencias de laboratorio.</p>

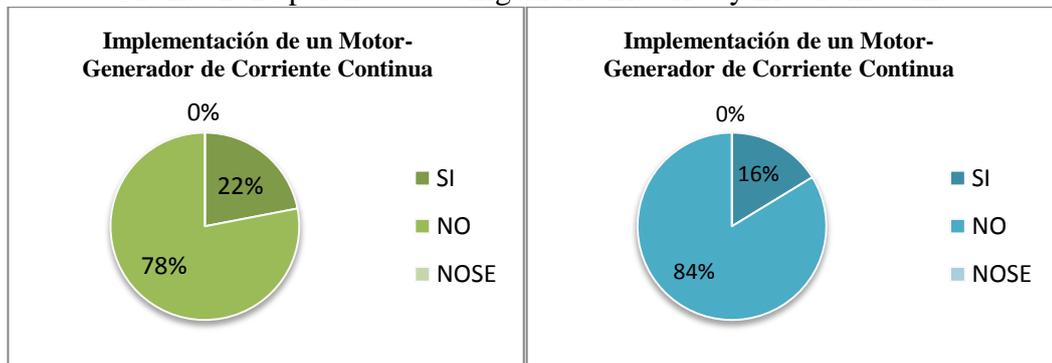
**2.8 Resultados y Análisis de la Encuesta realizada a los estudiantes de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica**

**2.8.1 Pregunta N°1** ¿Conoce Ud. que existe un grupo Motor-Generador de Corriente Continua en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi?

**Tabla1. 6** Resultado de la pregunta N°1

ITEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA - Ing. Eléctrica	FRECUENCIA- Ing. Electromecánica	(%) Eléctrica	(%) Electromecánica
1	SI	9	31	22%	84%
2	NO	32	6	78%	16%
3	NOSE	0	0	0%	0%
<b>TOTAL</b>		41	37	100%	100%

**Gráfico1. 1**Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica



Fuente: 7mos y 8vos Ingeniería Eléctrica y Electromecánica U.T.C.

Elaborado por: La Investigadora

**Interpretación**

Una perspectiva de los estudiantes encuestados de las dos carreras del 100%, en su gran mayoría representados por 78 estudiantes, desconocen que exista en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas un Grupo Motor-Generador de Corriente Continua.

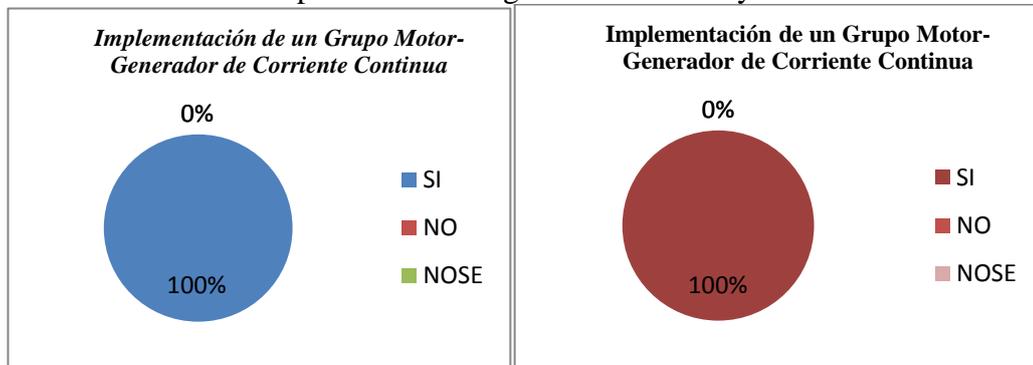
Por medio de los datos obtenidos se considera que es necesario implementar el Grupo Motor-Generador de Corriente Continua en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas el que permitirá desarrollar prácticas demostrativas.

**2.8.2 Pregunta N°2** ¿Considera Ud. que es necesario la realización de prácticas demostrativas, donde se pueda aplicar los conocimientos aprendidos en clase?

**Tabla1. 7** Resultado de la Pregunta N°2

ITEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA- Ing. Eléctrica	FRECUENCIA- Ing. Electromecánica	(%) Eléctrica	(%) Electromecánica
1	SI	41	37	100%	100%
2	NO	0	0	0%	0%
3	NOSE	0	0	0%	0%
<b>TOTAL</b>		41	37	100%	100%

**Gráfico1. 2** Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica



Fuente: 7mos y 8vos Ingeniería Eléctrica y Electromecánica U.T.C.  
Elaborado por: La Investigadora

### Interpretación

Como se puede observar en el gráfico 1.2 del 100% de los estudiantes encuestados de las dos carreras piensa que si es necesario Implementar el Motor-Generador de Corriente Continua para abarcar los conocimientos teóricos que tienen con la realización de prácticas demostrativas.

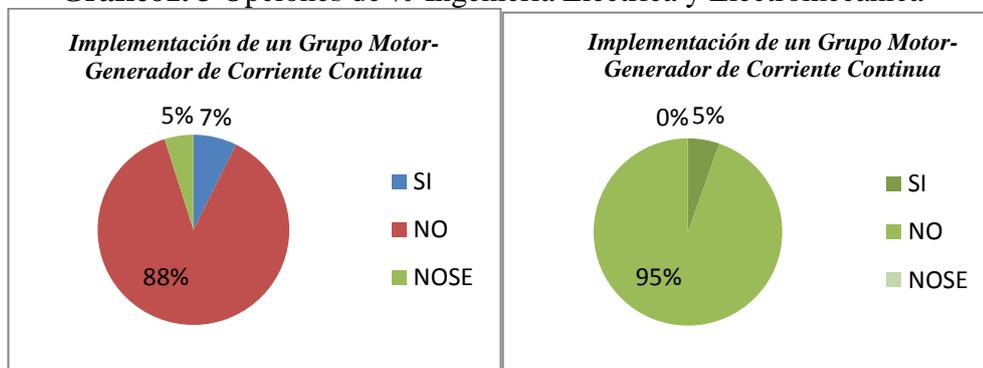
De acuerdo a los datos obtenidos se puede decir que es de gran necesidad la Implementación de un Grupo Motor-Generador de Corriente Continua, para poder aplicar los conocimientos impartidos en clase para realizar prácticas demostrativas.

**2.8.3 Pregunta N°3:** Conoce Ud. si los estudiantes de las Carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica realizan prácticas demostrativas de corriente continua en el laboratorio de Máquinas Eléctricas?

**Tabla1. 8** Resultado de la Pregunta N°3

ITEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA- Ing. Eléctrica	FRECUENCIA- Ing. Electromecánica	(%) Eléctrica	(%) Electromecánica
1	SI	3	2	7%	5%
2	NO	36	35	88%	95%
3	NOSE	2	0	5%	0%
<b>TOTAL</b>		41	37	100%	100%

**Gráfico1. 3** Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica



FUENTE: 7mo y 8vo Ingeniería Eléctrica y Electromecánica U.T.C.  
Elaborado por: La Investigadora

**Interpretación:**

Como se puede observar en el gráfico 1.3 del 100% de los estudiantes encuestados, el 88% desconocen que se realicen prácticas demostrativas de corriente continua en el laboratorio de Máquinas Eléctricas.

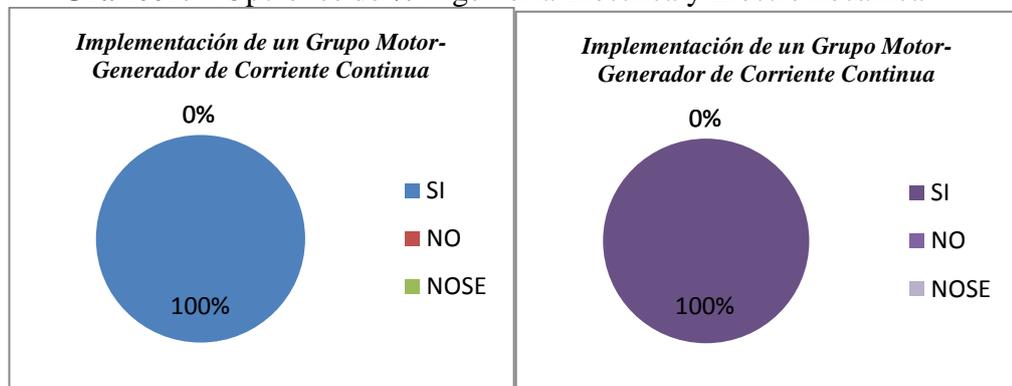
Con los datos obtenidos se cree necesaria la implementación de prácticas académicas, para poder reforzar los conocimientos y comprobar si existe fundamentos sobre los Motores de Corriente Continua.

**2.8.4 Pregunta 4** ¿Esta Ud. de acuerdo que se implemente al Laboratorio de Máquinas Eléctricas con un Grupo Motor – Generador de Corriente Continua?

**Tabla1. 9** Resultado de la Pregunta N°4

ITEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA- Ing. Eléctrica	FRECUENCIA- Ing. Electromecánica	(%) Eléctrica	(%) Electromecánica
1	SI	41	37	100%	100%
2	NO	0	0	0%	0%
3	NOSE	0	0	0%	0%
<b>TOTAL</b>		41	37	100%	100%

**Gráfico1. 4** Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica



FUENTE: 7mo y 8vo Ingeniería Eléctrica Electromecánica U.T.C.

Elaborado por: La Investigadora

**Interpretación:**

Como se observa en el gráfico 1.4 de los estudiantes encuestados el 100% creen que si es necesario la implementación de un Grupo Motor-Generador de Corriente Continua.

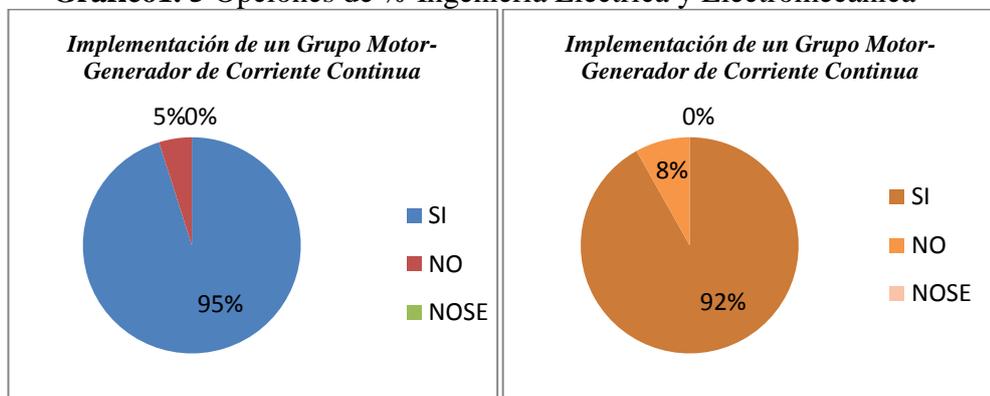
Al implementar al Laboratorio con un módulo de corriente continua se puede fortalecer los conocimientos de los estudiantes y también de los docentes, pueden manipular cada uno de los elementos que se encuentra en el banco de pruebas.

**2.8.5 Pregunta 5:** Considera Ud. importante para su desarrollo profesional el usar equipos que sean más avanzados con una tecnología buena para tomar datos exactos en las practicas demostrativas?

**Tabla1. 10** Resultado de la Pregunta N°5

ITEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA- Ing. Eléctrica	FRECUENCIA- Ing. Electromecánica	(%) Eléctrica	(%) Electromecánica
1	SI	39	34	95%	92%
2	NO	2	3	5%	8%
3	NOSE	0	0	0%	0%
<b>TOTAL</b>		41	37	100%	100%

**Gráfico1. 5** Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica



Fuente: 7mo y 8vo Ingeniería Eléctrica y Electromecánica U.T.C.  
Elaborado por: La Investigadora

**Interpretación:**

Como se puede ver el gráfico 1.5 que el 100% de los estudiantes encuestados están de acuerdo que es importante tener la oportunidad de experimentar con equipos de buena tecnología y así obtener los datos exactos en cada una de las prácticas demostrativas.

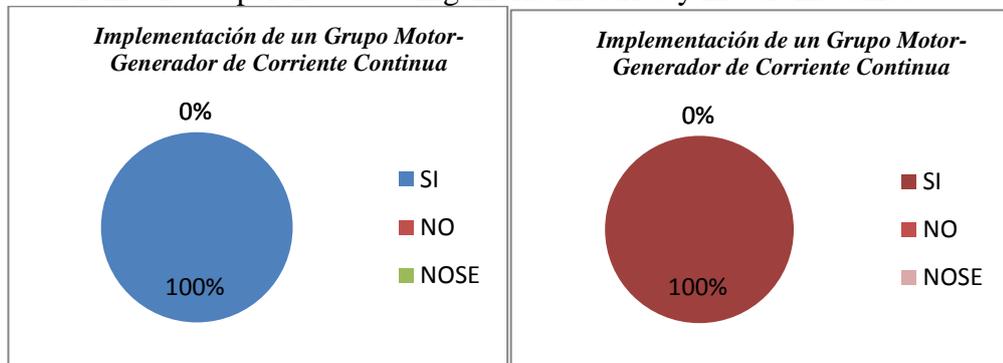
De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que se puede aprovechar los instrumentos de medición digital que contará el banco de pruebas.

**2.8.6 Pregunta 6** ¿Cree Ud. que es necesario conocer los diferentes tipos de motor y generador de corriente continua los cuales me permitirán desarrollar prácticas demostrativas en el laboratorio de cada uno ellos?

**Tabla1. 11** Resultado de la Pregunta N°6

ITEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA- Ing. Eléctrica	FRECUENCIA- Ing. Electromecánica	(%) Eléctrica	(%) Electromecánica
1	SI	41	37	100%	100%
2	NO	0	0	0%	0%
3	NOSE	0	0	0%	0%
<b>TOTAL</b>		41	37	100%	100%

**Gráfico1. 6** Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica



**Fuente:** 7mo y 8vo Ingeniería Eléctrica y Electromecánica U.T.C.

**Elaborado por:** La Investigadora

**Interpretación:**

Como se puede observar en el gráfico 1.6 del 100% de los estudiantes de las carreras de Eléctrica y Electromecánica creen que la necesidad saber el funcionamiento del motor y generador de corriente continua.

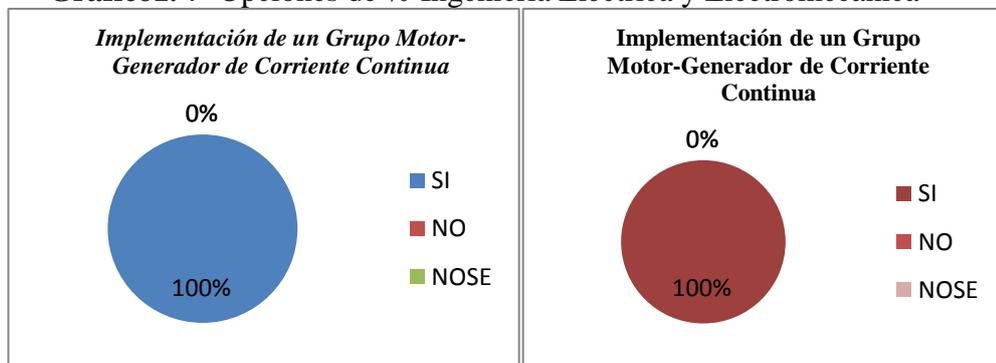
Los estudiantes tendrán la capacidad de reproducir cada uno de los diferentes tipos de motor y generador de corriente continua y ver el comportamiento de cada uno de ellos y su variación de velocidad.

**2.8.7 Pregunta 7:** ¿Cree Ud. que las asignaturas de Máquinas Eléctricas y Dinámica de Máquinas podrían ser analizadas de una manera más sencilla y comprensible en el momento de aplicar los conocimientos en el Laboratorio?

**Tabla 1. 12** Resultado de la Pregunta N°7

ITEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA- Ing. Eléctrica	FRECUENCIA- Ing. Electromecánica	(%) Eléctrica	(%) Electromecánica
1	SI	41	37	100%	100%
2	NO	0	0	0%	0%
3	NOSE	0	0	0%	0%
<b>TOTAL</b>		41	37	100%	100%

**Gráfico 1. 7** Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica



Fuente: 7mo y 8vo Ingeniería Eléctrica y Electromecánica U.T.C.  
Elaborado por: La Investigadora

**Interpretación:**

Con el resultado obtenido en la gráfica 1.7 del 100% los estudiantes creen que las Asignaturas de Máquinas Eléctricas y Dinámica de Maquinas sean analizadas y vistas de una manera más sencilla y comprensible en el momento de aplicar los conocimientos en las prácticas de laboratorio.

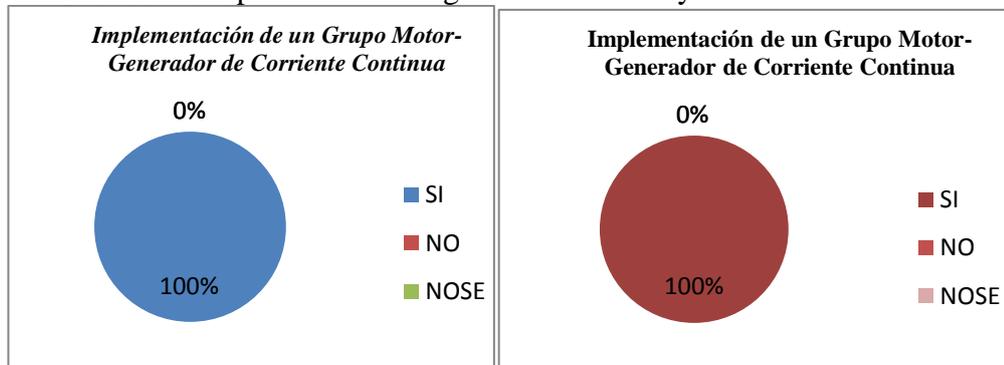
Para ello se debe mantener un estudio claro de los conceptos de los diferentes componentes de la máquina como es el del motor y del generador y así puedan manipular los equipos del banco de pruebas y puedan despejar sus dudas.

**2.8.8 Pregunta 8:** Considera Ud. que es necesario conocer mediante un módulo las diferentes prácticas que se pueden realizar en el banco de pruebas?

**Tabla 1. 13** Resultado de la Pregunta N°8

ITEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA- Ing. Eléctrica	FRECUENCIA- Ing. Electromecánica	(%) Eléctrica	(%) Electromecánica
1	SI	41	37	100%	100%
2	NO	0	0	0%	0%
3	NOSE	0	0	0%	0%
<b>TOTAL</b>		41	37	100%	100%

**Gráfico 1. 8** Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica



Fuente: 7mo y 8vo Ingeniería Eléctrica y Electromecánica U.T.C.  
Elaborado por: La Investigadora

**Interpretación:**

Como se puede observar en el gráfico 1.8 del 100% de los estudiantes, manifiestan que si es necesario el módulo de cada una de las prácticas para poder realizarlas de una manera fácil.

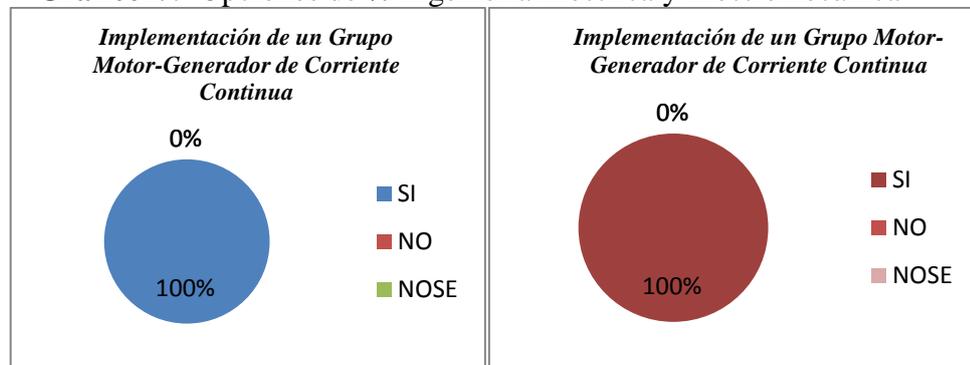
Los resultados permiten determinar que es necesaria la elaboración de un módulo que sirva de guía en el laboratorio para poder realizar las prácticas demostrativas en el grupo Motor-Generador de Corriente Continua.

**2.8.9 Pregunta 9:** Considera Ud. que es importante para el desarrollo estudiantil el tener la oportunidad de experimentar el comportamiento y funcionamiento de un grupo Motor-Generador de Corriente Continua?

**Tabla 1. 14** Resultado de la Pregunta N°9

ITEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA- Ing. Eléctrica	FRECUENCIA- Ing. Electromecánica	(%) Eléctrica	(%) Electromecánica
1	SI	41	37	100%	100%
2	NO	0	0	0%	0%
3	NOSE	0	0	0%	0%
<b>TOTAL</b>		41	37	100%	100%

**Gráfico 1. 9** Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica



Fuente: 7mos y 8vos Ingeniería Eléctrica y Electromecánica U.T.C.

Elaborado por: La Investigadora

**Interpretación:**

Como se puede observar en el gráfico 1.9 el 100% de los estudiantes encuestados manifiestan que es importante para el desarrollo estudiantil el tener la oportunidad de experimentar el comportamiento de un Motor-Generador de Corriente Continua.

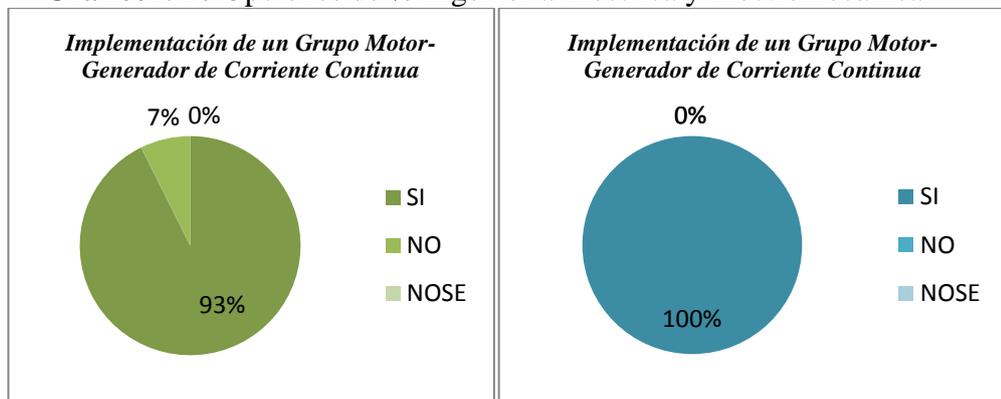
Los resultados permiten notar que si es necesario y de gran importancia familiarizarse con la máquina de corriente continua y así poder analizar su comportamiento y analizar su funcionamiento.

**2.8.10 Pregunta 10:** ¿Cree Ud. que mediante el uso de un manual de operación dentro del laboratorio permitiría conocer más el funcionamiento del banco de pruebas?

**Tabla1. 15** Resultado de la Pregunta N°10

ITEM	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA- Ing. Eléctrica	FRECUENCIA- Ing. Electromecánica	(%) Eléctrica	(%) Electromecánica
1	SI	38	37	100%	100%
2	NO	3	0	0%	0%
3	NOSE	0	0	0%	0%
<b>TOTAL</b>		41	37	100%	100%

**Gráfico1. 10** Opciones de % Ingeniería Eléctrica y Electromecánica



Fuente: 7mos y 8vos Ingeniería Eléctrica y Electromecánica U.T.C.

Elaborado por: La Investigadora

**Interpretación:**

Como se puede observar en el gráfico 1.10 el 100% de los estudiantes de séptimos y octavos encuestados están de acuerdo que debe existir un manual de operación que permita manipular de forma correcta los equipos del banco de pruebas.

Para que de esta manera se pueda evitar averías de la máquina o accidentes que puedan ocasionar daños graves al no utilizar los equipos del banco de prueba con precaución.

## 2.9 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

### 2.9.1 Planteamiento de la Hipótesis

Para elaborar el presente trabajo de investigación se formuló la siguiente hipótesis:

#### a) *Modelo Lógico*

La implementación de un grupo Motor – Generador de Corriente Continua en el laboratorio de Maquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, permitirá determinar los parámetros de funcionamiento y comportamiento de la Máquina de Corriente Continua.

**h<sub>0</sub>**= La implementación de un grupo Motor – Generador de Corriente Continua en el laboratorio de Maquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, **NO** permitirá determinar los parámetros de funcionamiento y comportamiento de la Máquina de Corriente Continua.

**h<sub>a</sub>**= La implementación de un grupo Motor – Generador de Corriente Continua en el laboratorio de Maquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, **SI** permitirá determinar los parámetros de funcionamiento y comportamiento de la Máquina de Corriente Continua.

#### b) *Modelo Matemático*

**Hipótesis nula h<sub>0</sub>**= Respuestas observadas= Respuestas Esperadas.

**Hipótesis alternativa h<sub>a</sub>**= Respuestas observadas≠Respuestas Esperadas.

### 2.9.2 Nivel de significación.

La probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es falsa es de 5% es decir, el nivel de confianza es del 95%.

### 2.9.3 Argumentación

#### 2.9.3.1 Estadística de prueba Ingeniería Eléctrica

Para la verificación de la hipótesis se toma la fórmula del Chi-cuadrado, se utilizó la encuesta como técnica de investigación. Se muestra en la tabla 1.16 el resultado de las 10 preguntas.

**Tabla1. 16** Datos de la encuesta observada Ingeniería Eléctrica

Ítems	Nº Preguntas	Si ( $f_o$ )	No ( $f_o$ )	NOSÉ	Total
1	1	9	32	0	41
2	2	41	0	0	41
3	3	3	36	2	41
4	4	41	0	0	41
5	5	39	2	0	41
6	6	41	0	0	41
7	7	41	0	0	41
8	8	41	0	0	41
9	9	41	0	0	41
10	10	38	3	0	41
<b>TOTAL</b>		<b>335</b>	<b>73</b>	<b>2</b>	<b>410</b>

**Fuente:** Encuesta a los Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

**Elaborado por:** La Investigadora

Aplicamos la fórmula de la frecuencia esperada.

$$fe = \frac{t_f * t_c}{t_g} \quad \text{Ecuación (18)}$$

**DÓNDE:**

$f_e$ : Frecuencia esperada

$t_f$ : Total filas

$t_c$ : Total columnas

$t_g$ : Total general

De las diez preguntas se obtuvo el cálculo de la frecuencia esperada y se detalla en la **tabla 1.17**.

**Tabla1. 17** Resultado de la frecuencia esperada

Ítems	Nº Preguntas	Si ( $f_o$ )	No ( $f_o$ )	NOSÉ	Total
1	1	33,5	7,3	0,20	41,00
2	2	33,5	7,3	0,20	41,00
3	3	33,5	7,3	0,20	41,00
4	4	33,5	7,3	0,20	41,00
5	5	33,5	7,3	0,20	41,00
6	6	33,5	7,3	0,20	41,00
7	7	33,5	7,3	0,20	41,00
8	8	33,5	7,3	0,20	41,00
9	9	33,5	7,3	0,20	41,00
10	10	33,5	7,3	0,20	41,00
<b>TOTAL</b>		<b>335</b>	<b>73</b>	<b>2,00</b>	<b>410,00</b>

**Fuente:** Técnica de Encuesta, Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

**Elaborado por:** La Investigadora

Aplicamos la fórmula del chi cuadrado:

$$XC = \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \qquad \text{Ecuación (19)}$$

XC= Valor a calcularse de chi cuadrado.

Fo= Frecuencia observada

Fe= Frecuencia esperada

### 2.15.3.1.1 Resolución de la fórmula de chi-cuadrado

**Tabla1. 18** Cálculo del Chi-cuadrado

PREGUNTAS		$f_o$	$f_e$	$(f_o - f_e)$	$(f_o - f_e)^2$	$XC = \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$
Pregunta 1	Si	9	33,5	-24,5	600,25	17,918
Pregunta 1	No	32	7,3	24,7	610,09	82,226
Pregunta 1	No sé	0	0,2	-0,2	0,04	0,000
Pregunta 2	Si	41	33,5	7,5	56,25	1,679
Pregunta 2	No	0	7,3	-7,3	53,29	7,300
Pregunta 2	Nosé	0	0,2	-0,2	0,04	-
Pregunta 3	Si	3	33,5	-30,5	930,25	27,769
Pregunta 3	No	36	7,3	28,7	823,69	112,834
Pregunta 3	Nosé	2	0,2	1,8	3,24	0,000
Pregunta 4	Si	41	33,5	7,5	56,25	1,679
Pregunta 4	No	0	7,3	-7,3	53,29	7,300
Pregunta 4	Nosé	0	0,2	-0,2	0,04	0,000
Pregunta 5	Si	39	33,5	5,5	30,25	0,903
Pregunta 5	No	2	7,3	-5,3	28,09	0,000
Pregunta 5	Nosé	0	0,2	-0,2	0,04	0,000
Pregunta 6	Si	41	33,5	7,5	56,25	1,679
Pregunta 6	No	0	7,3	-7,3	53,29	7,300
Pregunta 6	Nosé	0	0,2	-0,2	0,04	0,000
Pregunta 7	Si	41	33,5	7,5	56,25	1,679
Pregunta 7	No	0	7,3	-7,3	53,29	7,300
Pregunta 7	Nosé	0	0,2	0,2	0,04	0,000
Pregunta 8	Si	41	33,5	-7,5	56,25	1,679
Pregunta 8	No	0	7,3	-7,3	53,29	7,300
Pregunta 8	Nosé	0	0,2	0,2	0,04	0,000
Pregunta 9	Si	41	33,5	7,5	56,25	1,679
Pregunta 9	No	0	7,3	-7,3	53,29	7,300
Pregunta 9	Nosé	0	0,2	-0,2	0,04	0,000
Pregunta 10	Si	38	33,5	4,5	20,25	0,604
Pregunta 10	No	3	7,3	-4,3	18,49	2,533
Pregunta 10	Nosé	0	0,2	-0,2	0,04	0,000
<b>TOTAL</b>						298,662

**Fuente:** Técnica de Encuesta, Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

**Elaborado por:** La Investigadora

### 2.15.3.2 Estadística de prueba Ingeniería Electromecánica

Para la verificación de la hipótesis se toma la fórmula del Chi-cuadrado, se utilizó la encuesta como técnica de investigación. Escogiendo 10 preguntas como se muestra en las siguientes tablas.

**Tabla1. 19** Datos de la encuesta observada

Ítems	Nº Preguntas	Si ( $f_o$ )	No ( $f_o$ )	NOSÉ	Total
1	1	31	6	0	37
2	2	37	0	0	37
3	3	2	35	0	37
4	4	37	0	0	37
5	5	34	3	0	37
6	6	37	0	0	37
7	7	37	0	0	37
8	8	37	0	0	37
9	9	37	0	0	37
10	10	37	0	0	37
<b>TOTAL</b>		<b>326</b>	<b>44</b>	<b>0</b>	<b>370</b>

**Fuente:** Técnica de Encuesta, Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

**Elaborado por:** La Investigadora

**Tabla1. 20** Resultado de la frecuencia esperada

Ítems	Nº Preguntas	Si ( $f_o$ )	No ( $f_o$ )	NOSÉ	Total
1	1	32,60	4	0,00	37,00
2	2	32,60	4	0,00	37,00
3	3	32,60	4	0,00	37,00
4	4	32,60	4	0,00	37,00
5	5	32,60	4	0,00	37,00
6	6	32,60	4	0,00	37,00
7	7	32,60	4	0,00	37,00
8	8	32,60	4	0,00	37,00
9	9	32,60	4	0,00	37,00
10	10	32,60	4	0,00	37,00
<b>TOTAL</b>		<b>326,0</b>	<b>44</b>	<b>0,00</b>	<b>370,00</b>

**Fuente:** Técnica de Encuesta, Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica

**Elaborado por:** La Investigadora

### 2.15.3.2.1 Resolución de la fórmula de chi-cuadrado

**Tabla1. 21** Cálculo del Chi-cuadrado

PREGUNTAS		$f_o$	$f_e$	$(f_o - f_e)$	$(f_o - f_e)^2$	$XC = \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$
Pregunta 1	Si	31	32,6	-1,6	2,56	0,079
Pregunta 1	No	6	4	2	4	0,640
Pregunta 1	No sé	0	0	0	0	0,000
Pregunta 2	Si	37	32,6	4,4	19,36	0,594
Pregunta 2	No	0	4	-4	16	4,000
Pregunta 2	Nosé	0	0	0	0	0
Pregunta 3	Si	2	32,6	-30,6	936,36	28,723
Pregunta 3	No	35	4	31	961	240,250
Pregunta 3	Nosé	0	0	0	0	0,000
Pregunta 4	Si	37	32,6	4,4	19,36	0,594
Pregunta 4	No	0	4	-4	16	4,000
Pregunta 4	Nosé	0	0	0	0	0,000
Pregunta 5	Si	34	32,6	1,4	1,96	0,060
Pregunta 5	No	3	4	-1	1	0,000
Pregunta 5	Nosé	0	0	0	0	0,000
Pregunta 6	Si	37	32,6	4,4	19,36	0,594
Pregunta 6	No	0	4	-4	16	4,000
Pregunta 6	Nosé	0	0	0	0	0,000
Pregunta 7	Si	37	32,6	4,4	19,36	0,594
Pregunta 7	No	0	4	-4	16	4,000
Pregunta 7	Nosé	0	0	0	0	0,000
Pregunta 8	Si	7	32,6	25,6	655,36	20,103
Pregunta 8	No	0	4	-4	16	4,000
Pregunta 8	Nosé	0	0	0	0	0,000
Pregunta 9	Si	37	32,6	4,4	19,36	0,594
Pregunta 9	No	0	4	-4	16	4,000
Pregunta 9	Nosé	0	0	0	0	0,000
Pregunta 10	Si	37	32,6	4,4	19,36	0,594
Pregunta 10	No	0	4	-4	16	4,000
Pregunta 10	Nosé	0	0	0	0	0,000
<b>TOTAL</b>						321,418

**Fuente:** Técnica de Encuesta, Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

**Elaborado por:** La Investigadora

**Tabla1. 22** Distribución Chi-cuadrado

$\nu$	$\chi^2_{0,005}$	$\chi^2_{0,01}$	$\chi^2_{0,025}$	$\chi^2_{0,05}$	$\chi^2_{0,95}$	$\chi^2_{0,975}$	$\chi^2_{0,99}$	$\chi^2_{0,995}$
1	0,00003935	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,010	0,020	0,051	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,072	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,647	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	35,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,878	14,573	16,151	40,113	43,195	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,994

**Fuente:** Catherine M. Thompson, Table of porcentaje of the  $\chi^2$  distribution, vol.32

### ***2.15.3.3 Decisión.***

De conformidad a lo establecido en la regla de decisión y mediante el cálculo del chi-cuadrado, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa es decir: La implementación de un grupo Motor – Generador de Corriente Continua en el laboratorio de Maquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, **SI** permitirá determinar los parámetros de funcionamiento y comportamiento de la Máquina de Corriente Continua.

De tal forma la hipótesis planteada es viable, ya que ha permitido ser guía de trabajo investigativo, llegando a ser comprobada satisfactoriamente por medio del Método de Chi-cuadrado y las validaciones de los docentes de la carrera de Ingeniería Eléctrica y de los docentes de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

## **CAPÍTULO III**

### **3.1 PROPUESTA**

#### **3.2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

##### **3.2.1 Tema:**

Implementación de un Motor – Generador de Corriente Continua, en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi para realizar prácticas demostrativas.

##### **3.2.2 Presentación**

En el presente capítulo se realiza la descripción del banco de pruebas del grupo Motor- Generador de Corriente Continua, con el cual se podrá reproducir los eventos y fenómenos eléctricos que se dan en este tipo de máquinas y se implementa un módulo de un Motor-Generador, el mismo que, mediante prácticas demostrativas ayudará a los estudiantes de las Carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica en su formación y comprensión de los conceptos sobre máquinas de corriente continua. El equipo funcionará en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica Cotopaxi ubicada en las calles Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido Sector San Felipe.

##### **3.2.3 Justificación de la Propuesta**

La Implementación y equipamiento del Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con el módulo del Motor-Generador de Corriente Continua, servirá para el desarrollo de prácticas demostrativas, permitiendo ser guía para los docentes de las Carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica con su procedimiento y justificación, adicionalmente, servirá para fortalecer los conocimientos de los estudiantes analizando de forma práctica el comportamiento y funcionamiento de dicha máquina.

La importancia de implementar el grupo Motor-Generador de Corriente Continua radica en la funcionalidad del equipo y la facilidad de construcción del mismo utilizando materiales existentes en el mercado local, el mismo que, al ser un módulo de prácticas, contará con un manual de operación y guías que permitirán una correcta utilización.

Los procedimientos son descritos de manera clara y precisa de modo que los estudiantes apliquen sus criterios teóricos y puedan verificar los resultados de los parámetros eléctricos de una máquina de corriente continua trabajando como motor o como generador, para esto el equipo consta de medidores analógicos .

### ***3.3 Objetivos de la Propuesta***

#### ***3.3.1 Objetivo General.***

- ✓ Implementar el Banco de pruebas con el Motor-Generador de Corriente Continua en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para realizar prácticas demostrativas.

#### ***3.3.2 Objetivos Específicos.***

- ✓ Elaborar guías de prácticas que permita determinar el rendimiento de la máquina de corriente continua funcionando como Motor y como Generador.
- ✓ Determinar las curvas características del comportamiento de la máquina de corriente continua como Motor y como Generador.
- ✓ Elaborar un manual de operación de la máquina para el manejo seguro del banco de pruebas.

### ***3.4 Introducción***

El banco de pruebas es un módulo didáctico el mismo que se encuentra implementado con equipos básicos de medición y con máquinas eléctricas pequeñas de fácil adquisición.

La implementación de este banco de pruebas permitirá conocer los diferentes elementos que conforman la máquina de Corriente Continua, y que sirva principalmente en el proceso de enseñanza-aprendizaje, permitiendo que los estudiantes y los docentes puedan dar utilidad práctica al proyecto de tesis.

La realización de diversas prácticas de laboratorio ayudará principalmente a los estudiantes a mejorar su nivel de aprendizaje teórico-práctico e incentivará a la investigación y al desarrollo de nuevos proyectos técnicos.

### ***3.5 Factibilidad***

El proyecto es factible tanto técnica como económicamente por cuanto el equipo es requerido en el Laboratorio de máquinas como un mecanismo para analizar el comportamiento de una máquina de corriente continua funcionando como motor o como generador lo que permite observar el comportamiento de la máquina al ser sometido a variaciones de carga.

Adicionalmente los elementos y equipos de medida son de fácil adquisición en el mercado local así como su bajo costo permite la implementación, logrando obtener un módulo de uso y manejo simple que ayudará a la comprensión del estudiante.

### ***3.6 Desarrollo Técnico de la propuesta***

Para la implementación del proyecto en la Universidad Técnica de Cotopaxi se tomó en cuenta la necesidad de complementar los conocimientos de los

estudiantes de las carreras técnicas en las áreas de máquinas eléctricas y dinámica de máquinas, logrando de esta manera que los docentes y los estudiantes puedan reforzar sus conocimiento con la realización de prácticas demostrativas.

A continuación se detallan los diferentes elementos que se utilizaron para la “Implementación De Un Motor – Generador De Corriente Continua, En El Laboratorio De Máquinas Eléctricas De La Universidad Técnica De Cotopaxi Para Realizar Prácticas Demostrativas”.

Un motor-generador consta de un motor eléctrico y un generador conectado mecánicamente de manera que el motor hace girar el generador. El conocimiento de la energía eléctrica resulta de una manera fácil observando el funcionamiento de los equipos y máquinas que se encuentran en el banco de pruebas en cual cuenta con medidores analógicos y elementos básicos de fácil visualización y comprensión.

### ***3.6.1 Selección de los elementos***

El banco de pruebas cuenta con los siguientes elementos:

- ✓ Un generador de corriente continua de 710W, de 110V de 1770 rpm.
  
- ✓ Un motor trifásico de 1.5 Hp, de 1100 W a un voltaje de 220V, controlado mediante un variador de frecuencia, este conjunto suministra energía mecánica al rotor del generador de corriente continua. La razón por la cual se utiliza un motor con estas características es su fácil adquisición en el mercado local.
  
- ✓ El motor trifásico no tiene problemas de corriente de arranque ya que el variador de frecuencia lo arranca o frena.

Su velocidad sincrónica es de:

$$n_s = \frac{120}{P} \cdot f_s$$

$$n_s = \frac{120}{4} \cdot 60Hz$$

$$n_s = 1800rpm$$

Según Manual Acoplamiento Elásticos Loveloy. Dice; “Es un acople flexible debido a su alto rendimiento y de acuerdo a la formación del fabricante son acoples que trabajan a compresión.”

Para seleccionar el acople se debe tener definidos sus diámetros de los ejes de las máquinas rotatorias a las que van hacer acopladas. Para la selección se lo hizo en base a la tabla 1.23. Diámetro del eje del motor y del generador: 13mm

**Tabla1. 23** Datos para la selección del acople

Acoplamiento LOVEJOY tipo “L”									Cubo				
									Acero sinterizado	Fundición	Aluminio	Acero inox.	Bronce
Ref.	A	B	C	D	E	A máx.	y	Peso Kg.					
L.035	15,9	20,6	7,1	6,7	15,9	10		0,05	X	X		X	
L.050	27,4	43,6	11,9	15,9	27,4	15		0,14	X	X	X	X	
L.070	34,5	50,8	12,7	19,1	34,5	19		0,27	X	X	X	X	
L.075	44,5	54,0	12,7	20,6	44,5	24		0,45	X	X	X	X	X
L.090	53,6	54,0	12,7	20,6	53,6	28	65	0,68	X	X	X	X	X
L.095	53,6	63,5	12,7	25,4	53,6	28	65	0,81	X	X	X	X	X
L.100	64,3	89,0	19,1	34,9	64,3	32	77	1,58	X	X	X	X	X
L.110	84,1	108,0	22,2	42,9	84,1	42	99	2,97	X	X	X	X	X
L.150	95,3	114,3	25,4	44,4	95,3	48	103	4,10	X	X	X	X	X
L.190	114,3	123,8	25,4	49,2	101,6	55	146	7,65		X		X	X
L.225	127,0	136,5	25,4	55,6	108,0	60		10,35		X		X	

**Fuente:** <http://www.indarbelt.com/pdf/lovejoy.pdf>

Para la implementación del amperímetro se tomó en cuenta la corriente de arranque medida en el laboratorio, los valores alcanzados al arranque de la

máquina son de 30 A y debido a sus diferentes variaciones de carga, se seleccionó un amperímetro de 0-30A.

Debido a que el motor es trifásico, y se tiene un voltaje de 220V entre fases se elige un voltímetro de 0-300V.

Los breakers que se utilizaron en el banco de pruebas son de 20 A cada uno, los cuales funcionan como interruptores mas no como protección, como elementos de protección se utilizan fusibles de 5 A los cuales fueron determinados como se indica a continuación:

De tal modo que:

$$1HP = 746w$$

$$P = 1.5HP \cdot \frac{746w}{1HP}$$

$$P = 1.12Kw = 1120w$$

$$P = V \cdot I$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{1120w}{220} = 5,09A$$

Se implementó de igual manera tres reóstatos de cerámica los mismos que poseen diferentes valores: un reóstato de  $400\Omega$  se lo implementó para controlar un campo shunt, porque queremos variar la corriente de campo en pasos de 20, 40%,60% etc.

Para conseguir una corriente nominal del 20% es necesario poner una resistencia Equivalente a 4 veces la resistencia de campo. De igual manera el reóstato de 6.6  $\Omega$  de carga y el reóstato de 3.3  $\Omega$  de campo serie.

El variador de frecuencia trifásico el cual permite variar la velocidad del motor y para garantizar la confiabilidad y durabilidad del banco pruebas, por lo que el equipo escogido tiene las siguientes características 1.5 HP (0,12 kW-3 kW) lo que permite manipular adecuadamente el grupo motor-generator. La selección se lo hizo en base a la tabla 1.24.

**Tabla 1. 24** Datos para la selección del variador de frecuencia

Potencia kW	hp	Corriente asignada de entrada <sup>1)</sup> A	Corriente asignada de salida A	Tamaño constructivo (Frame size)	Ejecución	Referencia	
						SINAMICS G110 sin filtro	con filtro integrado
0,12	0,16	2,3	0,9	FS A	Analógica	6SL3211-0AB11-2UA1	6SL3211-0AB11-2BA1
					USS	6SL3211-0AB11-2UB1	6SL3211-0AB11-2BB1
					Analógica (con disipador plano)	6SL3211-0KB11-2UA1	6SL3211-0KB11-2BA1
					USS (con disipador plano)	6SL3211-0KB11-2UB1	6SL3211-0KB11-2BB1
0,25	0,33	4,5	1,7	FS A	Analógica	6SL3211-0AB12-5UA1	6SL3211-0AB12-5BA1
					USS	6SL3211-0AB12-5UB1	6SL3211-0AB12-5BB1
					Analógica (con disipador plano)	6SL3211-0KB12-5UA1	6SL3211-0KB12-5BA1
					USS (con disipador plano)	6SL3211-0KB12-5UB1	6SL3211-0KB12-5BB1
0,37	0,5	6,2	2,3	FS A	Analógica	6SL3211-0AB13-7UA1	6SL3211-0AB13-7BA1
					USS	6SL3211-0AB13-7UB1	6SL3211-0AB13-7BB1
					Analógica (con disipador plano)	6SL3211-0KB13-7UA1	6SL3211-0KB13-7BA1
					USS (con disipador plano)	6SL3211-0KB13-7UB1	6SL3211-0KB13-7BB1
0,55	0,75	7,7	3,2	FS A	Analógica	6SL3211-0AB15-5UA1	6SL3211-0AB15-5BA1
					USS	6SL3211-0AB15-5UB1	6SL3211-0AB15-5BB1
					Analógica (con disipador plano)	6SL3211-0KB15-5UA1	6SL3211-0KB15-5BA1
					USS (con disipador plano)	6SL3211-0KB15-5UB1	6SL3211-0KB15-5BB1
0,75	1,0	10,0	3,9 (c/ 40 °C)	FS A	Analógica	6SL3211-0AB17-5UA1	6SL3211-0AB17-5BA1
					USS	6SL3211-0AB17-5UB1	6SL3211-0AB17-5BB1
					Analógica (con disipador plano)	6SL3211-0KB17-5UA1	6SL3211-0KB17-5BA1
					USS (con disipador plano)	6SL3211-0KB17-5UB1	6SL3211-0KB17-5BB1
1,1	1,5	14,7	6,0	FS B	Analógica	6SL3211-0AB21-1UA1	6SL3211-0AB21-1AA1
					USS	6SL3211-0AB21-1UB1	6SL3211-0AB21-1AB1
1,5	2,0	19,7	7,8 (c/ 40 °C)	FS B	Analógica	6SL3211-0AB21-5UA1	6SL3211-0AB21-5AA1
					USS	6SL3211-0AB21-5UB0	6SL3211-0AB21-5AB1
2,2	3,0	27,2	11,0	FS C	Analógica	6SL3211-0AB22-2UA1	6SL3211-0AB22-2AA1
					USS	6SL3211-0AB22-2UB1	6SL3211-0AB22-2AB1
3,0	4,0	35,6	13,6 (c/ 40 °C)	FS C	Analógica	6SL3211-0AB23-0UA1	6SL3211-0AB23-0AA1
					USS	6SL3211-0AB23-0UB1	6SL3211-0AB23-0AB1

**Fuente:** <http://www.servieleca.com.ve/catalogos/siemens/6SL.pdf>

También fue necesario seleccionar un tacómetro el cual satisface los requerimientos del banco de pruebas por lo que presenta las siguientes características: voltaje de entrada de 100 a 240V, rango de frecuencias 50/60Hz, rango de variación de voltaje de entrada del 85% al 110%, el mismo que permite determinar la velocidad de la máquina y está conectado a un sensor inductivo unido al acople de la máquina.

**Tabla1. 25** Elementos utilizados en la implementación del banco de pruebas

ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
1	1	U	Generador de corriente continua de 0,71Kw, 1800rpm, 110V, 60Hz.
2	1	U	Motor trifásico de 1,5 Hp, 1800rp, 220V, 60Hz
3	1	U	Matrimonio flexible tipo L75
4	4	glb	Kit de pernos y tuercas galvanizadas para fijación
5	4	glb	Kit de ruedas poliméricas con seguro anti deslizante
6	1	U	Banco de pruebas de madera gruesa, con soporte de tubo estructural negro cuadrado
7	1	U	Variador de Frecuencia de 0,12 Kw-3,0Kw
8	1	U	Breacker Tripolar de 20 A
9	1	U	Breacker Bipolar de 20 A
10	1	U	Voltímetro DC de 0 a 300V
11	1	U	Amperímetro DC de 0 a 10 A
12	1	U	Tacómetro con un sensor inductivo
13	3	U	Juegos de Reóstatos de 3.8 $\Omega$ , 6,6 $\Omega$ y 400 $\Omega$
14	20	M	metros de cable #12
15	10	M	metros de cable #14
16	1	U	Platina de hierro de 3x40
17	1	U	Placa de hierro de
18	1	U	Potenciómetro de 5k $\Omega$ para regular la velocidad del VFD
19	1	U	Extensión como tomacorriente
20	1	glb	Juego de conectores, bananas y horquillas
21	1	glb	Juegos de pernos para sujeta la tapa del banco de pruebas
22	1	glb	Juego de terminales en u, anillos y puntas
23	1	U	Rectificador de onda completa
24	1	U	Regleta de conexión

**Fuente:** La Postulante

### **3.6.2 Implementación y conformación de las guías de laboratorio**

Construido el Banco de pruebas se presenta el desarrollo de las guías de cada experimento, los mismos que constan de objetivos, lista de equipos a utilizar, y los procedimientos , parte teórica, además el estudiante debe aplicar conocimientos adquiridos en los niveles anteriores y desarrollar el hábito de la investigación.

Con la información necesaria obtenida en cada experimento, se procede a determinar los resultados y a trazar las curvas características de la máquina funcionando como generador.

La máquina funcionando como motor se puede realizar pruebas que corresponde a la máquina en vacío, para realizar las pruebas con carga se requiere implementar equipamiento mecánico que simule dicha carga.

En la máquina se realizaron las pruebas de puesta en marcha obteniendo los siguientes resultados, los que se presentan en la tabla 1.26.

**Tabla1. 26** Valores de la máquina

<b>VI</b>	<b>I</b>	<b>Rpm</b>	<b>Vf</b>	<b>If</b>	<b>P(w)</b>	<b><math>\eta</math></b>
<b>110V</b>	<b>2.3A</b>	<b>1750</b>	<b>110V</b>	<b>30A</b>	<b>253</b>	<b>64.54%</b>

### **3.8 OPERACIÓN CON EL BANCO DE PRUEBAS**

#### **3.8.1 Prácticas de Laboratorio**

#### **PRACTICA N°1**

##### **3.8.1.1 La máquina rotativa de corriente continua funcionando como Motor**

#### **OBJETIVOS:**

- ✓ Analizar el arranque, inversión de giro, frenado y control de velocidad

#### **INFORMACIÓN:**

El arrancador pone en marcha y acelera un motor.

La corriente de arranque de un motor de corriente continua es alta, por lo que es necesario limitarla a un valor no mayor a dos veces la corriente nominal. El alto valor de la corriente de arranque se debe a que la fuerza contra electromotriz inducida es cero ( $E_a = 0$ ) en el momento del arranque.

$$I_a = \frac{V_t - E_c}{R_a}$$

La corriente de arranque está limitada únicamente por la resistencia propia del devanado de armadura. Para limitar esta corriente se conecta en serie con el circuito de armadura una resistencia exterior.

Para que el motor tenga un buen par de arranque es necesario que el flujo sea máximo, por esta razón la posición del reóstato exterior en serie con el circuito de campo shunt debe ser de mínima resistencia.

La dirección de rotación de un motor de corriente continua depende de la polaridad relativa entre la armadura y el campo magnético, por consiguiente se

logra invertir el giro cambiando la polaridad del circuito de armadura o del circuito de campo, pero no ambos a la vez.

Para frenar al motor de corriente continua se puede aplicar uno de los siguientes métodos:

**Frenado por inversión:** Si se invierte la polaridad del voltaje aplicado al inducido, se tiene un par inverso al inicial provocando el frenado de la máquina. Es importante limitar la corriente de la armadura que es mayor que en el arranque.

**Frenado Dinámico:** Al desconectar el inducido de la fuente de energía, el rotor continúa girando durante un cierto tiempo, mismo que depende, entre otras cosas, de:

- Inercia del rotor
- De la carga
- De las pérdidas mecánicas.

Si se mantiene la excitación la máquina actúa como generador de excitación independiente. Conectando una carga a los terminales del inducido se crea un par opuesto al par de inercia que detiene inmediatamente la marcha del rotor. Para efectos de limitar la corriente en el inducido y controlar el tiempo de frenado como carga, se coloca una resistencia variable.

La velocidad del motor de corriente continua está dada por:

$$w = \frac{V_t - I_a R_a}{k\Phi}$$

Esta ecuación conduce a los siguientes métodos para controlar la velocidad:

- Variar el voltaje aplicado a la armadura.
- Controlar el flujo mediante la corriente de excitación.
- Variar la resistencia del circuito de armadura.

## **EQUIPO:**

Equipos Practica N°1

<b>CANT</b>	<b>EQUIPO A UTILIZAR</b>
<b>1</b>	Grupo motor-generador
<b>1</b>	Multímetro
<b>1</b>	Cables de conexión

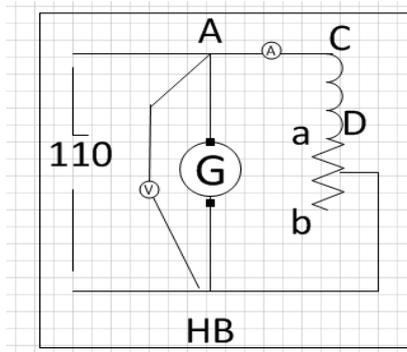
## **TRABAJO PREPARATORIO:**

1. Determine los métodos empleados para arrancar un motor de corriente continua con conexión en derivación.
2. Indique los métodos empleados para el frenado por inversión de giro.
3. Describa los métodos para controlar la velocidad en vacío de un motor de c.c con conexión en derivación.

## **PROCEDIMIENTOS:**

1. Verifique que los breakers de alimentación estén en la posición **OFF** y que no exista objetos cerca de la máquina para evitar accidentes.
2. Conecte los circuitos de acuerdo al diagrama de la figura 1.23, para arrancar al motor con conexión en derivación (paralelo).

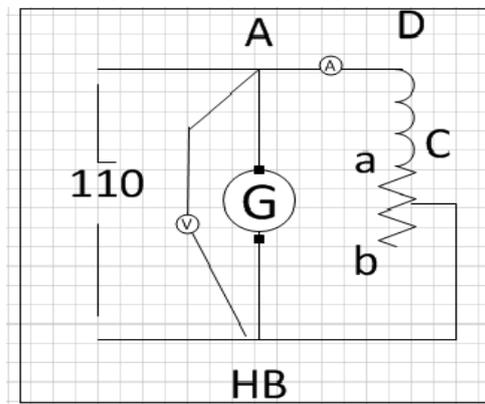
**Figura1. 23** Conexión de un motor en derivación



**Fuente:** La Postulante

3. Energice el circuito y verifique el sentido de giro de la máquina.
4. Desconecte la alimentación y cambie la polaridad de la armadura y determine el sentido de giro que se muestra en la figura 1.24.

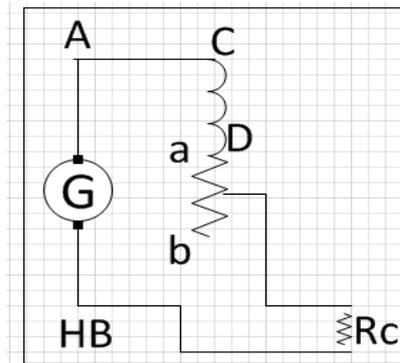
**Figura1. 24** Motor en derivación con inversión de giro



**Fuente:** La Postulante

5. Registre los datos obtenidos y llene la tabla 1.27.
6. Conecte el circuito de la figura 1.27 el cual permite controlar la velocidad en vacío, varíe la corriente de campo y registre los datos obtenidos en la tabla 1.27.

**Figura1. 25** Conexión de un motor en derivación para controlar la velocidad en vacío.



**Fuente:** La Postulante

$$R_c = 120\Omega$$

$$R_a = 3.4\Omega$$

$$V_{ct} = 110V$$

- $$I_c = \frac{V_{ct}}{R_{ctotal}}$$

$$I_c = \frac{110V}{240\Omega}$$

$$I_c = 0.45 \approx 0.5A$$

- $$R_{cTotal} = R_{propia} + R_c$$

$$R_{cTotal} = 120 + 120$$

$$R_{cTotal} = 240\Omega$$

- $$R_{TotalM} = \frac{R_c \times R_a}{R_c + R_a}$$

$$R_{TotalM} = \frac{240\Omega \times 3.4\Omega}{240\Omega + 3.4\Omega}$$

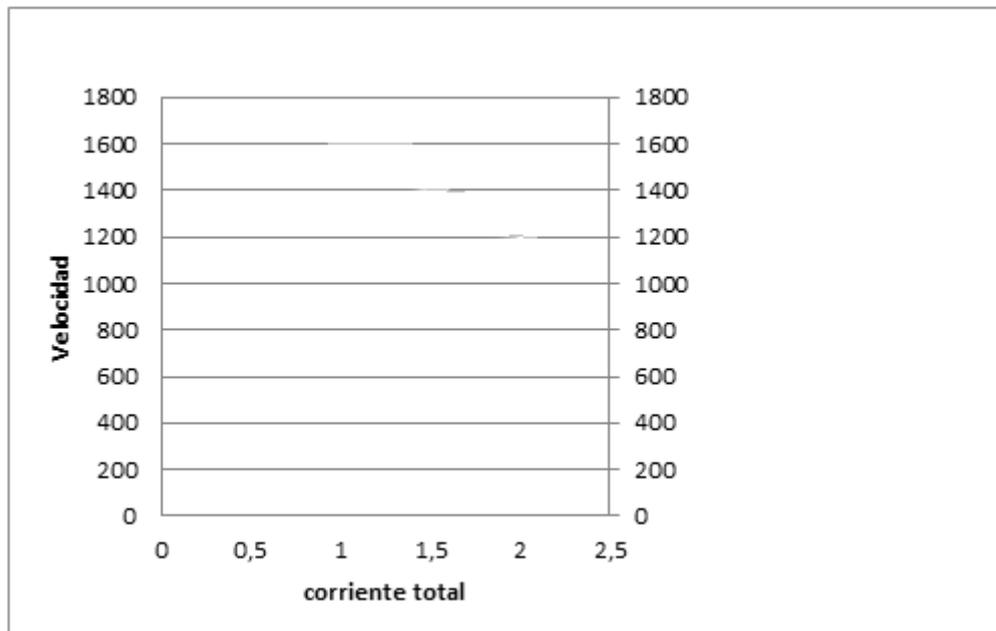
$$R_{TotalM} = 3.35\Omega \approx 3.4$$

**Tabla1. 27** Datos tomados de la práctica demostrativa

<b>Vtotal M</b>	<b>Rpropia</b>	<b>Rcampo</b>	<b>RcTotal</b>	<b>Rtotal M</b>	<b>Icampo</b>	<b>Itotal</b>	<b>Rpm</b>
110	120						
110	120						
110	120						
110	120						
110	120						

**Fuente:** La postulante

7. Grafique la curva característica de los resultados obtenidos en la práctica.



8. Reduzca a cero el voltaje y desconecte la fuente de alimentación.

**CUESTIONARIO:**

1. ¿Cómo puede ser controlada la velocidad en motor en derivación?

**R.**

2. ¿Qué ocurre cuando un motor en derivación, si su circuito de campo se abre mientras está en movimiento?

**R.**

**3. ¿Cuál es la diferencia práctica entre un motor de excitación independiente y uno en derivación?**

**R.**

**4. ¿Cuándo la corriente de arranque en motor en derivación supera su rango nominal que sucede con el motor?**

**R.**

**5. ¿Cómo interviene la polaridad del campo magnético y del voltaje aplicado a la armadura en el giro del rotor? Explique gráficamente y detalladamente.**

**R.**

#### **BIBLIOGRAFÍA:**

- 1. DAWES.L.Chester, Tratado de Electricidad Continua Continua, Tomo 1, Editorial Gustavo Gili, S.A.Barcelona.**
- 2. GODOY Waldemar, Máquina de Corriente Continua**
- 3. MORA Fraile Jesús, Máquinas Eléctricas, 5ta Edición Mc Graw-Hill, INTERAMERICANA DE ESPAÑA.S.A.U. 2003**

## PRACTICA N°2

### 3.8.1.2 La máquina rotativa de corriente continua funcionando como Generador

#### 3.8.1.2.1 Generador serie de corriente continua

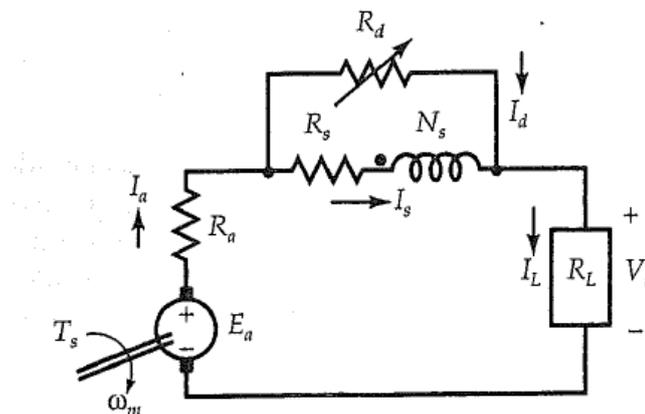
#### OBJETIVOS:

- ✓ Estudiar las propiedades del generador serie de corriente continua.
- ✓ Determinar la curva característica de funcionamiento del generador serie.
- ✓ Establecer las condiciones de operación del generador serie.

#### FUNDAMENTO TEÓRICO:

En el generador excitado en serie, la bobina del campo de excitación está conectada en serie con el inducido como se indica en la figura 1.26.

**Figura1. 26** Esquema básico del generador de corriente continua en serie



4. Fuente: GURU Bhag, Máquinas Eléctricas y Transformadores, OXFORD University Press México, 2003

El flujo producido por el devanado de excitación conectado en serie con la armadura, en función de la corriente en el inducido y la carga. El generador de

corriente continua en serie no auto excitarse en vacío, ya que en circuito abierto no fluye corriente de excitación.

No se índice una mínima tensión producida por el magnetismo remanente. La excitación del campo magnético solo se produce cuando se aplica carga.

Si la carga aplicada al generador tiene alta resistencia, solo se podrá generar un mínimo voltaje de salida debido a que la corriente de campo es mínima.

Cuando la carga tiene baja resistencia, la corriente que circula en el circuito es mayor y aumenta la excitación, permitiendo que se intensifique el campo magnético; por lo tanto, el generador producirá un mayor voltaje de salida.

Para el generador de corriente continua en serie las relaciones de voltaje y corriente son las siguientes:

$$I_a = I_s = I_l$$

$$V_t = E_g - I_a (R_a + R_s)$$

$$E_g = V_t + I_a (R_a + R_s)$$

Dónde:

$I_a$  = corriente de armadura

$V_t$  = voltaje en bornes

$I_s$  = corriente del devanado serie

$V_l$  = voltaje en la carga

$I_l$  = corriente de carga

$E_g$  = voltaje generado

$R_a$  = resistencia de armadura

$R_s$  = resistencia de la bobina serie

En caso de carga fluctuante el voltaje varia; es decir, el generador excitado en serie produce corriente constante cuando la carga se mantiene constante.

**EQUIPO:**

Equipo Práctica N°2

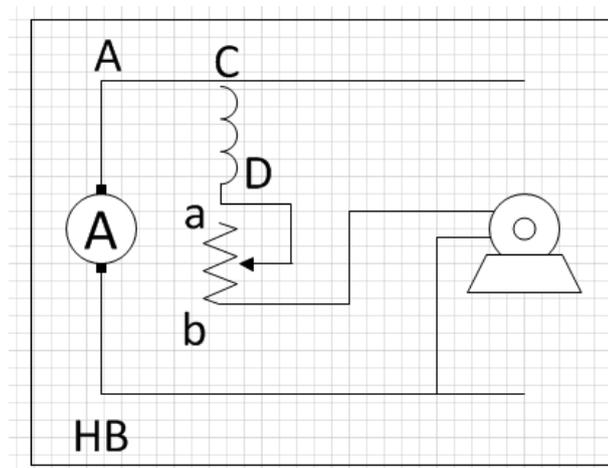
CANT	EQUIPO A UTILIZAR
1	Grupo motor-generador
1	Cables de conexión

**PROCEDIMIENTO:**

**Nota: No conecte la alimentación durante la implementación**

1. Conecte el circuito de acuerdo al diagrama de la figura 1.27.

**Figura1. 27** Esquema de conexión de un generador serie



**Fuente:** La postulante

2. Ajuste el reóstato de campo hasta obtener una corriente de 0.5A.
3. Conecte la fuente de energía, el motor debe comenzar a girar.
4. Varíe el reóstato mida y registre el voltaje y la corriente, para cada valor de la resistencia de la tabla 1.28.

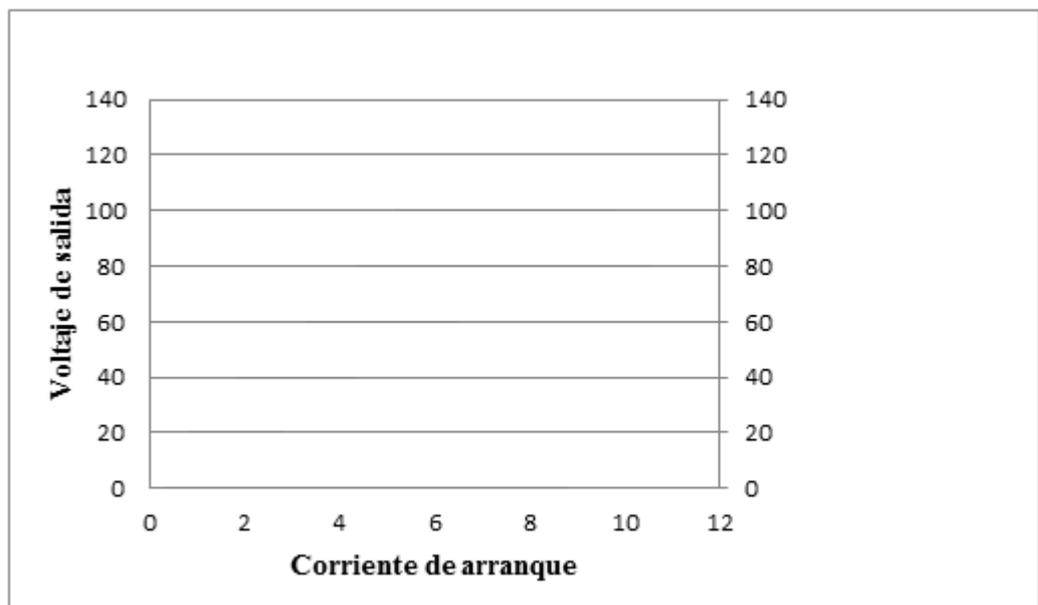
5. Desconecte la fuente de alimentación.
6. Calcule y registre la potencia para cada resistencia que indica en la tabla 1.28

**Tabla1. 28** Datos del porcentaje de la carga a diferentes variaciones

Posición R	V bornes	I Carga (A)	P carga (w)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

**Fuente:** La postulante

7. Utilizando los valores de la tabla 1.28 obtenidos en la práctica determine la curva característica de voltaje de un generador serie.



### **CUESTIONARIO:**

- 1. Para qué sirve la resistencia variable en derivación con el campo serie?**

**R.**

- 2. Escriba dos características de voltaje del generador serie.**

**R:**

- 3. ¿Qué condiciones deben darse para que un generador serie genere voltaje?**

**R.**

### **BIBLIOGRAFÍA:**

- 1. CHAPMAN Stephen.,** Maquinas Eléctricas; Tercera Edición, Mc Graw Hill, 2000
- 2. DAWES.L.Chester,** Tratado de Electricidad Continua Continua, Tomo 1, Editorial Gustavo Gili, S.A.Barcelona.
- 3. GODOY Waldemar,** Máquina de Corriente Continua
- 4. MORA Fraile Jesús,** Máquinas Eléctricas, 5ta Edición Mc Graw-Hill, INTERAMERICANA DE ESPAÑA.S.A.U. 2003
- 5. WILDI Theodore,** Máquinas Eléctricas y Sistemas De Potencia, 6ta Edición Pearson Educación, México 2007.

## PRACTICA N°3

### 3.8.1.2.2 *Generador shunt de corriente continua*

#### **OBJETIVOS:**

- ✓ Estudiar las propiedades del generador shunt de corriente continua.
- ✓ Determinar la curva característica de funcionamiento de un generador shunt.

#### **FUNDAMENTO TEORICO:**

El generador con excitación shunt suministra energía eléctrica a una tensión aproximadamente constante, cualquiera que sea la carga, aunque no tan constante como en el caso del generador con excitación independiente. Cuando el circuito exterior está abierto, la máquina tiene excitación máxima porque toda la corriente producida se destina a la alimentación del circuito de excitación; por lo tanto, la tensión en bornes es máxima.

Cuando el circuito exterior está cortocircuitado, casi toda la corriente producida pasa por el circuito del inducido y la excitación es mínima, la tensión disminuye rápidamente y la carga se anula. Por lo tanto, un cortocircuito en la línea no compromete la máquina, que se des excita automáticamente, dejando de producir corriente. Esto es una ventaja sobre el generador de excitación independiente en donde un cortocircuito en línea puede producir graves averías en la máquina al no existir éste efecto de des excitación automática.

#### **Voltaje del generador shunt**

Puesto que circuito inductor y el circuito de la carga están ambos conectados a través de los terminales de la dinamo, cualquier corriente engendrada en el inducido tiene que dividirse entre esas dos trayectorias en proporción inversa a sus resistencias y, puesto que la parte de la corriente pasa por el circuito inductor es relativamente elevada, la mayor parte de la corriente pasa por el circuito de la

carga, impidiendo así el aumento de la intensidad del campo magnético esencial para producir el voltaje normal entre los terminales.

**EQUIPO:**

Equipo Práctica N°3

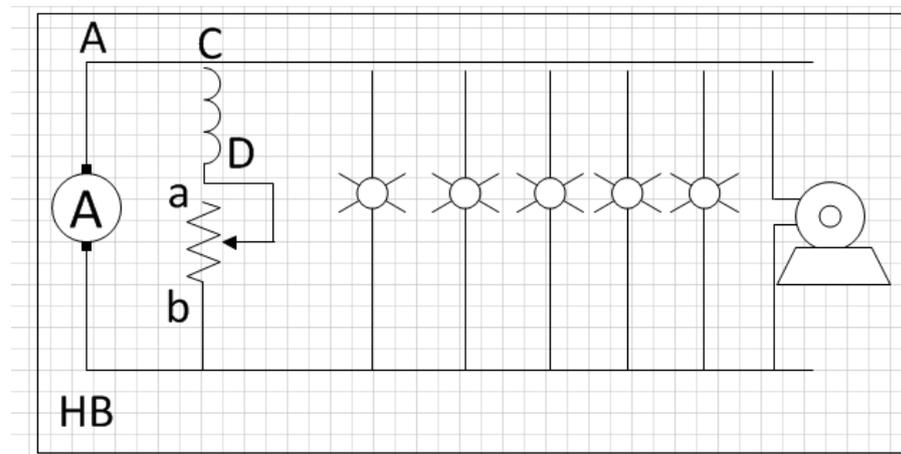
CANT	EQUIPO A UTILIZAR
1	Banco de Pruebas
1	Cables de conexión

**PROCEDIMIENTO:**

**Nota: No conecte la alimentación durante la implementación**

1. Conecte el circuito de acuerdo al diagrama de acuerdo a la figura 1.28.

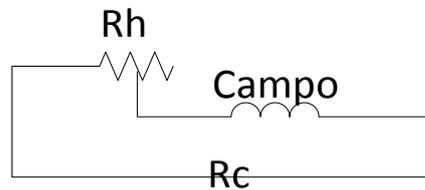
**Figura1. 28** Esquema de conexión de un Generador Shunt



**Fuente:** La postulante

2. Ajuste el reóstato de campo del banco de pruebas hasta obtener una corriente de 0.5 A.

3. Conecte la fuente de alimentación. El motor sincrónico debe comenzar a girar.
4. Varíe el reóstato de campo mida y registre los valores de voltaje y de corriente, para cada valor de la resistencia de la tabla 1.29.
5. Desconecte la fuente de alimentación.
6. Calcule y registre la potencia para cada resistencia que indicada en la tabla 1.29.



- $R_{cTotal} = R_{propia} + R_c$

$$R_{cTotal} = 141.1 + 120$$

$$R_{cTotal} = 261.1\Omega$$

- Potencia

$$P_c = V_G \times I_A$$

$$P_c = 106V \times 0.7A$$

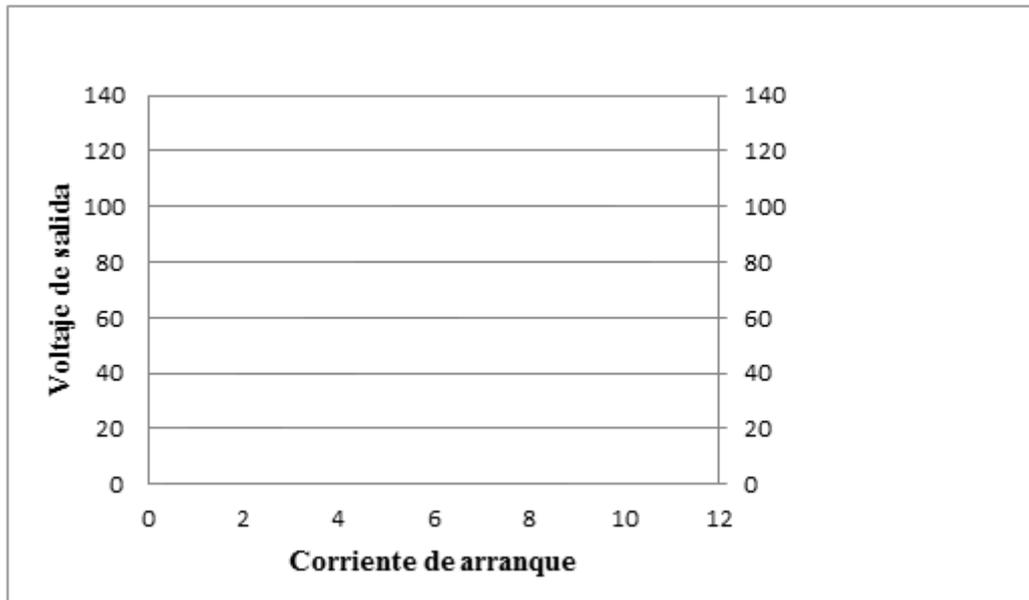
$$P_c = 74.2w$$

**Tabla1. 29** Valores registrados cuando la máquina está con carga

Posición R	V Bornes	I Carga (A)	P carga (w)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
6			
6			
5			
4			

**Fuente:** La postulante

7. Utilizando los valores de la tabla 1.29 determinar la curva característica de voltaje en un generador shunt.



**CUESTONARIO:**

1. ¿Debido que causas un generador shunt no genere? Explique  
R.

**2. ¿En un generador shunt a que se debe la caída de voltaje si se aumenta la carga manteniendo la velocidad constante?**

**R.**

**3. ¿Por qué se reduce el voltaje terminal al aplicar carga a un generador shunt?**

**R.**

### **BIBLIOGRAFÍA:**

- 1. CHAPMAN Stephen.,** Maquinas Eléctricas; Tercera Edición, Mc Graw Hill, 2000
- 2. DAWES.L.Chester,** Tratado de Electricidad Continua Continua, Tomo 1, Editorial Gustavo Gili, S.A.Barcelona.
- 3. GODOY Waldemar,** Máquina de Corriente Continua
- 4. MORA Fraile Jesús,** Máquinas Eléctricas, 5ta Edición Mc Graw-Hill, INTERAMERICANA DE ESPAÑA.S.A.U. 2003
- 5. WILDI Theodore,** Máquinas Eléctricas y Sistemas De Potencia, 6ta Edición Pearson Educación, México 2007.

## PRACTICA N°4

### 3.8.1.2.3 *Generador compound de corriente continua*

#### **OBJETIVOS:**

- ✓ Determinar las propiedades del generador compound de corriente continua en condiciones de vacío y a plena carga.
- ✓ Determinar las curvas características de funcionamiento de los tipos de generadores.

#### **FUNDAMENTO TEÓRICO:**

En los generadores de corriente continua en compound, los devanados de campo en shunt y en serie están conectados de tal manera que los campos magnéticos se refuerzan, bajo esta condición se tiene el generador compound aditivo.

Al aumentar la corriente de carga, se produce una disminución de la corriente que pasa por el devanado del campo en shunt, la cual reduce la intensidad de campo ( $\Phi_f$ ).

Este efecto se compensa ya que al aumentar la carga, se incrementa la corriente en el devanado en serie la cual incrementa la intensidad de campo magnético en serie ( $\Phi_s$ ).

Por esta razón la intensidad de campo magnético resultante permanece casi constante y una pequeña caída de tensión en los bornes del generador, desde vacío hasta plena carga.

Las relaciones de corriente para un generador compound aditivo en derivación larga de corriente continua son:

$$I_a = I_f + I_s = I_s$$

Las relaciones de corriente para un generador compound aditivo en derivación corta de corriente continua son:

$$I_a = I_f + I_l$$

$$I_l = I_s$$

Dónde:

$I_a$  = corriente de armadura

$I_f$  = corriente en el devanado de excitación shunt

$I_s$  = corriente en el devanado de excitación serie

$I_l$  = corriente de carga

El generador de corriente continuo aditivo se emplea generalmente para la excitación de los generadores sincrónicos.

Cuando el campo de excitación en serie se conecta de forma que la corriente de armadura fluya en un sentido tal que su campo magnético se oponga al campo de excitación shunt, se tiene un generador de corriente continua compound diferencial.

### **EQUIPO:**

Equipo Práctica N°4

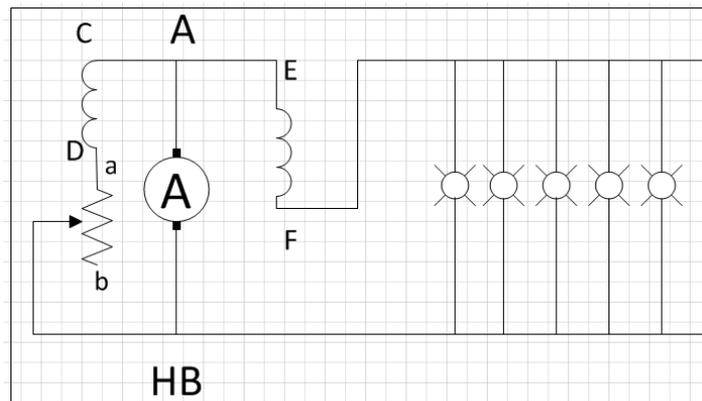
<b>CANT</b>	<b>EQUIPO A UTILIZAR</b>
<b>1</b>	Banco de pruebas
<b>1</b>	Cables de conexión

**PROCEDIMIENTO:**

**Nota: No conecte la fuente de alimentación durante la implementación**

1. Conecte el circuito de acuerdo al diagrama de la figura 1.29.

**Figura1. 29** Esquema de Conexión de un Generador Compound



**Fuente:** La Postulante

2. Coloque el cursor del reóstato de campo hasta la posición de mínima resistencia.
3. Conecte la fuente de alimentación y ajuste el variador de frecuencia a un valor mínimo de 40Hz. El motor comenzará a girar.
4. Varíe el reóstato de campo mida y registre los valores de voltaje y de corriente, para cada valor de la resistencia de la tabla 1.30.
5. Desconecte la fuente de alimentación.
6. Registre en la tabla 1.30 los resultados de la práctica y calcule la potencia cuando varíe su carga en compound aditivo.

$$P = V_T \cdot I_A$$

**Tabla1. 30** Valores del V Bornes, Ic y de su P de un Generador Compound Aditivo

Posición(R)	Vbornes	Icarga(A)	P carga(w)
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

**Fuente:** La postulante

9. Invierta las conexiones en el campo serie, de tal manera que la corriente pase en sentido opuesto.
10. Conecte la fuente de alimentación
11. Varíe el reóstato de campo a un voltaje  $V_B$  de 120V.
12. Desconecte la fuente de alimentación.
13. Registre los resultados de la práctica y calcule la potencia cuando varíe su carga en compound diferencial.

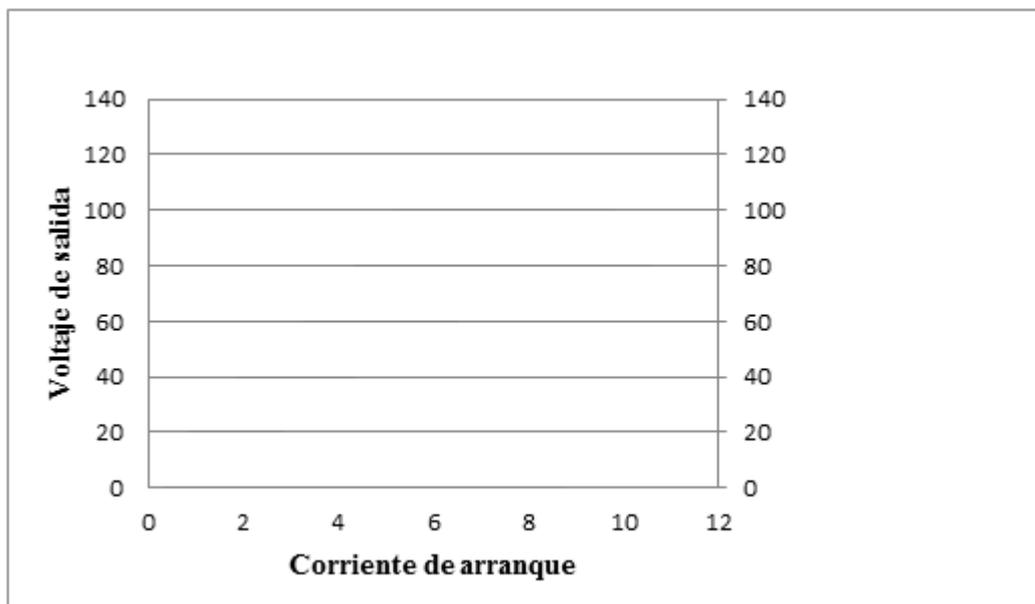
$$P = V_G \cdot I_A$$

**Tabla1. 31** Valores del V Bornes, Ic y de su Potencia

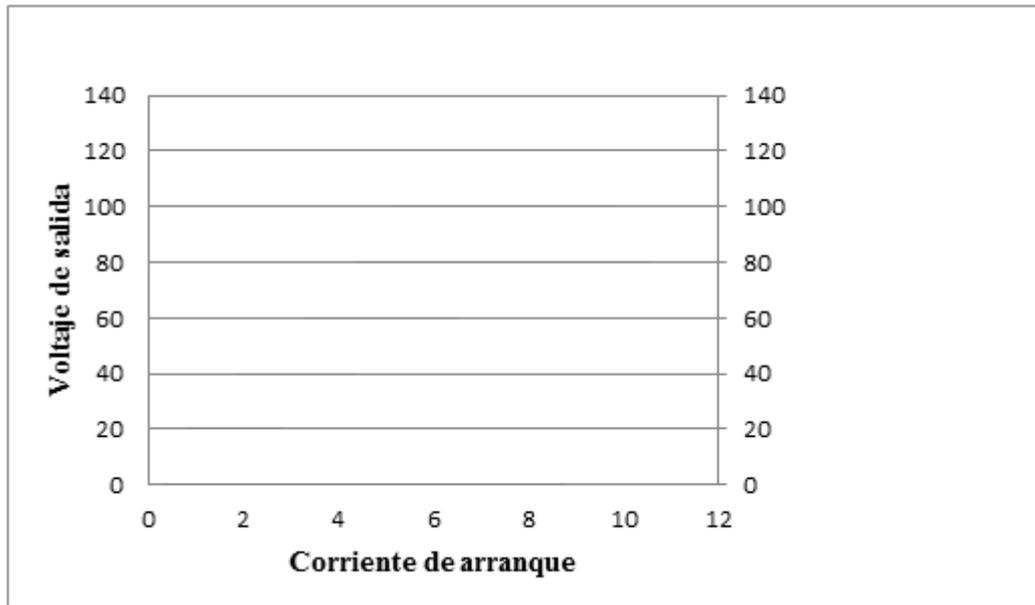
Posición(R)	Vbornes	Icarga(A)	P carga(w)
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

**Fuente:** La postulante

1. Dibuje la curva de regulación de voltaje  $V_B$  en función de  $I_A$  cuando el generador es compound aditivo.



2. Dibuje la curva de regulación de voltaje  $V_B$  en función de  $I_A$  cuando el generador es compound diferencial.



### **3.9 Conclusiones**

- Las prácticas realizadas en el laboratorio con el módulo implementado, ayudan a comprender los diferentes comportamientos de carga, en el momento del arranque de la máquina y al realizar las diferentes conexiones.
- En la práctica demostrativa se analizó, cuando se aumenta la resistencia existe un incremento de la corriente, esto se debe porque al estar conectados en paralelo la resistencia total disminuye.
- Se observó en la máquina el comportamiento del voltaje y velocidad, las mismas que son proporcionales entre sí, al aumentar la velocidad el voltaje generado aumenta y al reducir la velocidad el voltaje generador también se reduce.
- Las curvas analizadas en las prácticas pertinentes poseen variaciones debido al comportamiento de la carga, las mismas no se asemejan a las de una máquina ideal, debido a que sus características de operación son diferentes.
- La implementación de una serie de cargas conectadas en paralelo, facilita comprender la variación de los parámetros eléctricos y el comportamiento del motor-generador de corriente continua.

### **3.10 Recomendaciones**

- Verificar las instalaciones eléctricas del laboratorio que estén en debidas condiciones, para no tener dificultades antes de encender y poner en marcha a la máquina.

- Comprobar que el estudiante conozca el funcionamiento y comportamiento de las máquinas de corriente continua los mismos que se van a manejar en el laboratorio.
- Realizar con los estudiantes las prácticas propuestas, para que obtengan medidas aproximadas o interpoladas y se pueda llegar a un valor aproximado al real.
- Supervisar mediante el docente encargado de laboratorio que las conexiones de cada una de las prácticas deben ser bien realizadas. Un cable flojo o una mala conexión puede provocar daños a los dispositivos y ser peligrosa.
- Es recomendable utilizar cables de varios colores para divisar las diferentes conexiones de cada uno de los circuitos.
- Antes de realizar cada una de las prácticas los elementos deben estar bien conectados y dese energizados para evitar cualquier tipo de percance.
- Realizar un mantenimiento periódico de las máquinas existentes en el laboratorio, con esto se lograría aumentar la vida útil de las mismas.

## BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía Citada:

1. **ARANZÁBAL OLEA Andrés**, Electrónica Básica, Tema1,2001
2. **BISQUERRA, R.** “El Método Inductivo”. En: Clasificación de los Métodos de Investigación. Primera Edición. Barcelona: CEAC, 2007.pg 62
3. **BISQUERRA, R.** “El Método Deductivo”. En: Clasificación de los Métodos de Investigación. Primera Edición. Barcelona: CEAC, 2007.pg 61
4. **BISQUERRA, R.** “El Método Experimental”. En: Clasificación de los Métodos de Investigación. Primera Edición. Barcelona: CEAC, 2007.pg 67
5. **CAMPOS OCAMPO, Melvin.** “Investigación de campo “. En: Métodos y Técnicas de Investigación Académica. Primera Edición. Costa Rica, 2009.
6. **CAMPOS OCAMPO, Melvin.** “Investigación Descriptiva “. En: Métodos y Técnicas de Investigación Académica. Primera Edición. Costa Rica, 2009.
7. **CAMPOS OCAMPO, Melvin.** “Investigación de Laboratorio “. En: Métodos y Técnicas de Investigación Académica. Primera Edición. Costa Rica, 2009.
8. **CAMPOS OCAMPO, Melvin.** “Investigación Bibliográfica “. En: Métodos y Técnicas de Investigación Académica. Primera Edición. Costa Rica, 2009.

9. **CASAS, Et** “El Cuestionario”, 2003, pg 258
10. **CHAPMAN Stephen.**, Maquinas Eléctricas; Tercera Edición, Mc Graw Hill, 2000
11. **GODOY Waldemar**, Máquina de Corriente Continua, Capítulo 1, pg. 3
12. **GURU Bhag**, Máquinas Eléctricas y Transformadores, OXFORD University Press México, 2003
13. **HUESO, Andrés y CASCANT, Josep María**. “La Encuesta”. En: Métodos y Técnicas Cuantitativas de Investigación. Primera Edición. Valencia: UNIVERSITAT POLITÉCNICA DE VALENCIA, 2012. Pg. 21. ISBN: 978-84-833-893-4
14. **MORA Fraile Jesús**, Máquinas Eléctricas, 5ta Edición Mc Graw-Hill, INTERAMERICANA DE ESPAÑA.S.A.U. 2003
15. **PAUCAR Agustín**, Teoría y Análisis de Máquinas Eléctricas, La Universidad de la Ingeniería, Lima-Perú, 2000
16. **TAPIA Luis**, Máquinas Eléctricas, Apuntes de Clase, POLITÉCNICA NACIONAL, Ecuador 2005.pg 77
17. **TORRECILLA MURILLO, Javier**, “La Entrevista”. En: Métodos y Técnicas de Investigación. Primera Edición ,2007 pg.6
18. **VARGAS CORDERO, Zoila Rosa**. “La investigación Aplicada”. En: La Investigación Aplicada: Una forma de conocer las realidades con Evidencia. Primera Edición .Costa Rica: REDALYC, 2009.pg 159 .ISSN 0379-7082

**19. WILDI Theodore,** Máquinas Eléctricas y Sistemas De Potencia,  
6ta Edición Pearson Educación, México 2007

### **Bibliografía Consultada**

- 1. CHAPMAN Stephen.,** Maquinas Eléctricas; Tercera Edición, Mc Graw Hill, 2000
- 2. FITZGERALD A.E., KINGSLEY Jr. UMAN,** Máquinas Eléctricas, Sexta Edición, Mc Graw Hill , Interamericana 2005.
- 3. GURU Bhag,** Máquinas Eléctricas y Transformadores, OXFORD University Press México, 2003
- 4. KOSOW Irving.,** Máquinas Eléctricas y Transformadores; Segunda Edición, 1964, Editorial Reverte. S.A, 2003
- 5. MATCHL,** Máquinas Electromagnéticas y Electromecánicas, 1era Edición en Español de la 1ra Edición en Inglés-México, 2006
- 6. MORA Fraile Jesús,** Máquinas Eléctricas, 5ta Edición Mc Graw-Hill, INTERAMERICANA DE ESPAÑA.S.A.U. 2003
- 7. ORTIZ Luis N,** “Maquinas Eléctricas” Apuntes del curso de máquinas eléctricas para ingeniería de Ejecución Eléctrica, universidad de Santiago de Chile 1993.
- 8. PAUCAR Agustín,** Teoría y Análisis de Máquinas Eléctricas, La Universidad de la Ingeniería, Lima-Perú, 2000

**9. TAPIA Luis,** Máquinas Eléctricas, Apuntes de Clase,  
POLITÉCNICA NACIONAL, Ecuador 2005.pg 77

**10. WILDI Theodore,** Máquinas Eléctricas y Sistemas De Potencia, 6ta  
Edición Pearson Educación, México 2007

### **Bibliografía Virtual O Litografía**

**1. Acoples elasticos**

<http://www.indarbelt.com/pdf/lovejoy.pdf>

**2. Generador de corriente continua:**

[http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronic/elec\\_basica/tema1/Paginas/Pagina1.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/electronic/elec_basica/tema1/Paginas/Pagina1.htm)

**3. Máquina de corriente continua:**

<http://referencias111.wikispaces.com/file/view/Capitulo1.pdf>

**4. Variador de frecuencia:**

[http://www.actiweb.es/hosteltronic/variadores\\_de\\_frecuencia.html%20](http://www.actiweb.es/hosteltronic/variadores_de_frecuencia.html%20)

[http://ingenieros.es/files/proyectos/Variadores\\_de\\_frecuencia.pdf](http://ingenieros.es/files/proyectos/Variadores_de_frecuencia.pdf)

<http://www.servieleca.com.ve/catalogos/siemens/6SL.pdf>

# ANEXOS

## **ANEXO N°1 MANUAL**

### **Manual de Operación y Mantenimiento del Banco de Pruebas**

#### **Objetivo:**

- ❖ Utilizar el Manual de Operación del banco de pruebas de una manera correcta y leyendo cada paso de seguridad, para el uso adecuado de la máquina y no llegar a tener inconvenientes al momento de ejecutar las prácticas de Laboratorio.

#### **Manual de Operación**

- Es muy importante que antes de operar la máquina se realice la lectura del manual, si se realiza una adecuada instalación, se lleva a cabo el plan de mantenimiento el mismo que va ha relacionado directamente con la buena operación de la misma ya que el usuario deberá entender y conocer las precauciones de seguridad.
- Verificar que la máquina se encuentre libre de sustancias para evitar alteraciones en su funcionamiento y fallas.
- Estar seguros de que todos los sistemas y componentes se encuentren en posición óptima para comenzar a operar.
- Inspeccionar que se cuente con una conexión de corriente eléctrica de 220 V.
- Se debe asegurar que el botón de control se encuentre en la posición de apagado.
- Encender la máquina y esperar que todo el sistema se estabilice.
- Realizar de manera correcta todas los diferentes tipos de conexiones.
- En caso de emergencia apagar la máquina.

- Una vez culminado con las prácticas propuestas, se debe verificar de no dejar ningún instrumento utilizado en las prácticas.

### **Manual de Mantenimiento**

El objetivo de darle un buen mantenimiento a este banco de pruebas es lograr que no existan fallos y tener durabilidad en los equipos.

- Es muy importante limpiar frecuentemente y lubricar la máquina eléctrica, si existe suciedad puede provocar desgaste excesivo y una operación inferior.
- Siempre desconecte el cable eléctrico antes del mantenimiento de la máquina.

El mantenimiento del banco de pruebas deberá ser ejecutado y registrado en el siguiente plan de trabajo.

	<b>Mensual</b>	<b>Cada 2 meses</b>	<b>Cada 6 meses</b>	<b>Cada 2 años</b>
Inspeccionar las condiciones de limpieza		X		
inspeccionar las condiciones de humedad y temperatura		X		
Medir el nivel de vibración	X			
Inspección daños físicos			X	
Inspeccionar la humedad relativa en el interior		X		
<b>Resistencia de Calentamiento</b>				
Verifique las condiciones de operación	X			
Realizar limpieza externa			X	
Verificar las condiciones de pintura			X	
Medir la resistencia de aislamiento		X		
Medir el índice de polarización		X		
Limpiar el interior de las máquinas				X
Girar el eje		X		

**Nota: Aunque el valor de la corriente de salida del generador es de 1 A este puede variar a 1.5 A sin dañar la máquina.**

- **Operar el sistema con un mínimo de 15% en la carga que muestra la pantalla del Variador de Frecuencia. El porcentaje sugerido es el 40% para obtener resultados estables en las prácticas demostrativas.**



**ANEXO N°2 ENCUESTA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**CARRERA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**ESPECIALIZACIÓN: INGENIERÍA ELÉCTRICA Y**  
**ELECTROMECAÁNICA**

**ENCUESTA**

La presente encuesta está dirigida a los alumnos de séptimo y octavo ciclo de la carrera de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica con la finalidad de obtener información que ayude al desarrollo de este proyecto.

**OBJETIVO:**

- Obtener información de la situación académica, referente a la realización de prácticas en el laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**INSTRUCCIONES:**

- ✘ Lea detenidamente cada pregunta
- ✘ Conteste con absoluta sinceridad
- ✘ No escriba su nombre.
- ✘ Marque con una (X) la respuesta que crea conveniente.

**PREGUNTAS**

1. ¿Conoce Ud. que existe un grupo Motor-Generador de Corriente Continua en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi?

SI                       NO                       NO SÉ

2. ¿Considera Ud. que es necesario la realización de prácticas demostrativas, donde se pueda aplicar los conocimientos aprendidos en clase?

SI

NO

NO SÉ

3. ¿Conoce Ud. si los estudiantes de las Carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica realizan prácticas demostrativas de corriente continua en el laboratorio de Máquinas Eléctricas?

SI

NO

NO SÉ

4. ¿Esta Ud. de acuerdo que se implemente al Laboratorio de Máquinas Eléctricas con un Grupo Motor – Generador de Corriente Continua?

SI

NO

NO SÉ

5. ¿Considera Ud. importante para su desarrollo profesional el usar equipos que sean más avanzados con una tecnología buena para tomar datos exactos en las prácticas demostrativas?

SI

NO

NO SÉ

6. ¿Cree Ud. que es necesario conocer los diferentes tipos de motor y generador de corriente continua los cuales me permitirán desarrollar prácticas demostrativas en el laboratorio de cada uno ellos?

SI

NO

NO SÉ

7. ¿Cree Ud. que las asignaturas de Máquinas Eléctricas y Dinámica de Máquinas podrían ser analizadas de una manera más sencilla y comprensible en el momento de aplicar los conocimientos en el Laboratorio?

SI  NO  NO SÉ

8. ¿Considera Ud. que es necesario conocer mediante un módulo las diferentes prácticas que se pueden realizar en el banco de pruebas?

SI  NO  NO SÉ

9. ¿Considera Ud. que es importante para el desarrollo estudiantil el tener la oportunidad de experimentar el comportamiento y funcionamiento de un grupo Motor-Generador de Corriente Continua?

SI  NO  NO SÉ

10. ¿Cree Ud. que mediante el uso de un manual de operación dentro del laboratorio permitiría conocer más el funcionamiento del banco de pruebas?

SI  NO  NO SÉ



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

## ANEXO N°3 ENTREVISTA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

CARRERA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

ESPECIALIZACIÓN: INGENIERÍA ELÉCTRICA Y

ELECTROMECAÁNICA

ENTREVISTA

La presente entrevista está dirigida a los Ingenieros Eléctricos y Electromecánicos de la Universidad Técnica de Cotopaxi con la finalidad de obtener información que ayude al desarrollo del trabajo de investigación.

### OBJETIVO:

- Obtener información necesaria de la implementación de un Banco de Pruebas, en el laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para que los estudiantes de las carreras técnicas puedan realizar prácticas demostrativas.
1. ¿Porque considera necesario que se implemente en el Laboratorio De Máquinas Eléctricas un grupo de Motor-Generador de Corriente Continua?
  2. ¿Considera que la implementación de un Grupo de Motor-Generador de Corriente Continua permita realizar prácticas demostrativas de Máquinas Eléctricas?
  3. ¿Complementará la implementación de un grupo de Motor-Generador de corriente continua en la formación académica teórica-práctico a los estudiantes de la carrera de Ing. Eléctrica?
  4. ¿Cree que es necesario que los alumnos realicen distintos tipos de prácticas sobre la implementación en el Laboratorio De Máquinas Eléctricas un grupo de Motor-Generador de Corriente Continua?

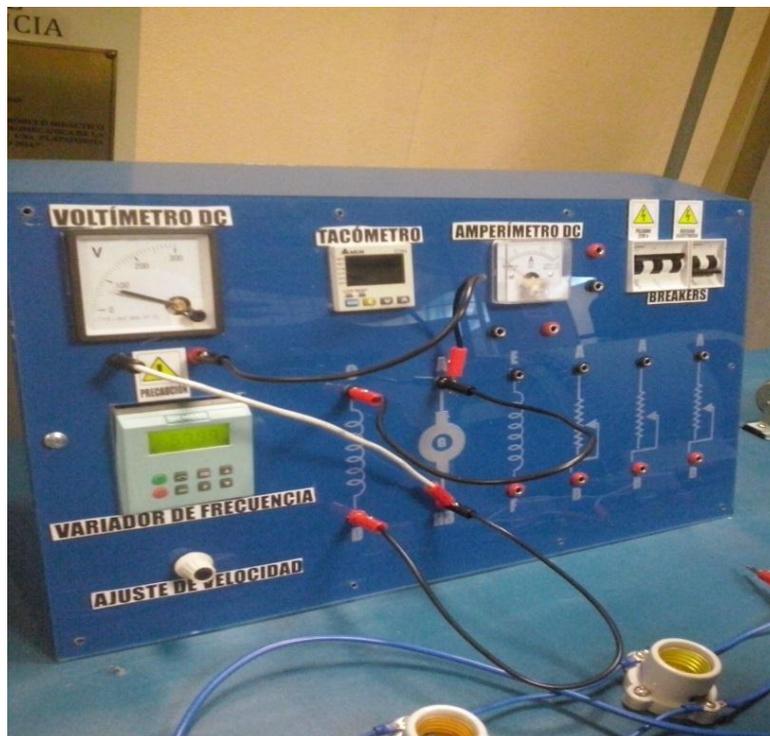
5. ¿Considere que tipo de prácticas se deberían implementar con la implementación del Motor-Generador en el laboratorio de Máquinas Eléctricas?
  
6. ¿Complementará los conocimientos de los estudiantes la realización de diversas prácticas en el Laboratorio de Maquinas Eléctricas?

**Anexo 5: Banco de pruebas Motor-Generador de Corriente Continua**



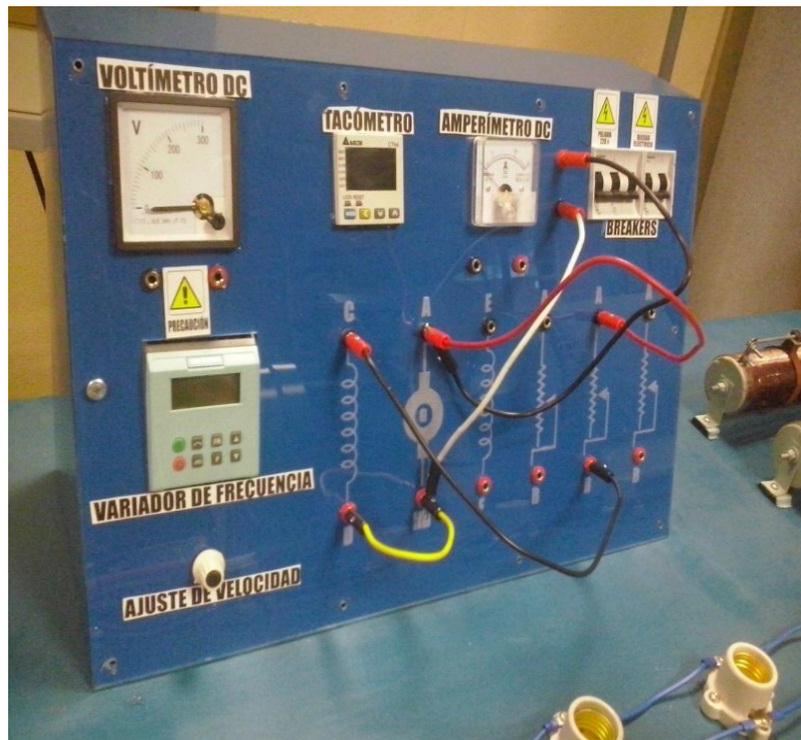
**Fuente:** La Postulante

**Anexo 6: Conexión en vacío**



**Fuente:** La Postulante

### Anexo 7: Conexión del motor shunt



Fuente: La Postulante

### Anexo 8: Conexión del voltímetro y amperímetro de un motor shunt



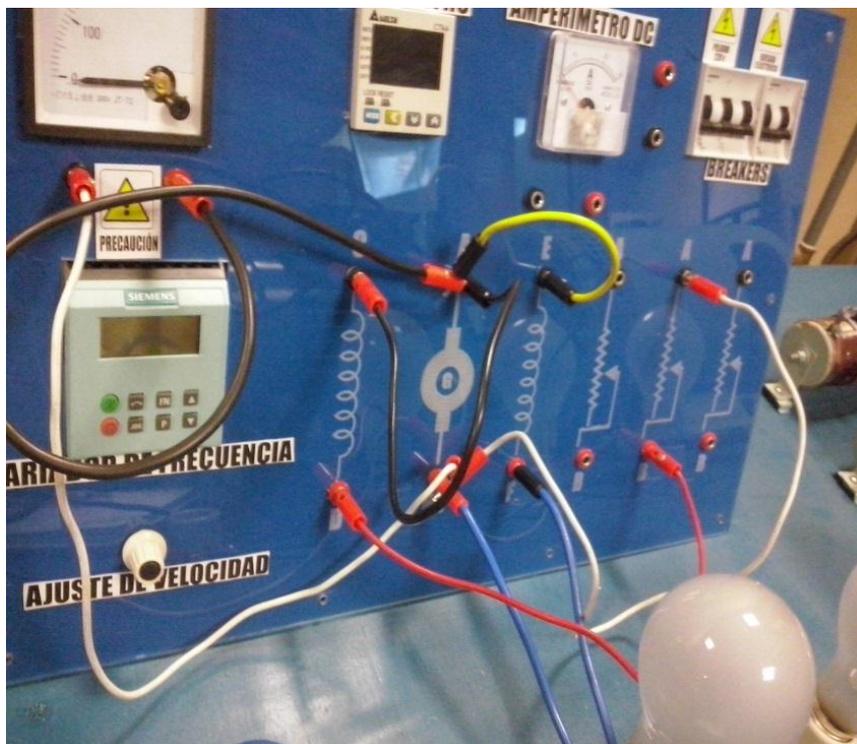
Fuente: La Postulante

### Anexo 9: Conexión de un Generador Shunt



Fuente: La Postulante

### Anexo 10: Conexión de un Generador compound



Fuente: La Postulante