



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**PROPUESTA DE TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE:**

**INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN BANCO DE PRUEBAS  
PARA MAQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA”**

**AUTOR:**

**YURI HUMBERTO MERIZALDE ZAMORA**

**DIRECTOR DE TESIS**

**ING. OTTO ASTUDILLO**

**2012-2013**

**GUAYAQUIL - ECADOR**

## **RESPONSABILIDAD DE LOS HECHOS**

**“ La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta Tesis corresponden exclusivamente a los autores”**

**YURI HUMBERTO MERIZALDE ZAMORA**

**C.I. 1203137078**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al terminar la presente tesis deseo dejar expresado en estas letras mi profundo agradecimiento a:

- A mis familiares, especialmente, mis padres y hermanos.
- A los profesores que he tenido en las distintas unidades académicas donde he tenido la suerte de estudiar .
- Al director de la presente Tesis.
- A todas las personas a las cuales recurrí en busca de información o consultas
- A todas las personas que de alguna forma me brindaron su ayuda cuando lo necesite y que no he alcanzado a nombrar en esta propuesta de tesis.

**HUMBERTO MERIZALDE**

# SUMARIO

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

1.1	Introducción	1
1.2	Objetivos	2
1.2.1	Objetivo general	2
1.2.2	Objetivos específicos	2
1.3	Justificativos	3

## CAPITULO II

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1	Principios de funcionamiento del motor DC	6
2.2	Principios de funcionamiento del generador	7
2.3	Partes de la máquina DC	8
2.4	Sistema de potencia DC	13

## CAPITULO III

### DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO

3.1	Características constructivas de las máquinas DC	14
3.1.1	Máquina de corriente continua DM-300	14
3.1.2	Dinamómetro DYN-400	16
3.2	Características técnicas de los elementos, partes y accesorios utilizados	17
3.3	Ensamblaje de componentes	17
3.4	Coste del proyecto	18

## CAPITULO IV

### MANUAL DE OPERACIONES

4.1	Guía de prácticas para pruebas de motores DC	20
4.1.1	Prueba # 1: Arranque e inversión de giro y frenado de un motor independiente.	20
4.1.1.1	Objetivo	20
4.1.1.2	Arranque a tensión reducida	21
4.1.1.3	Inversión de giro por campo	22
4.1.1.4	Inversión de giro por armadura	24
4.1.1.5	Frenado por una resistencia de descarga	25
4.1.2	Prueba # 2: arranque e inversión de giro y frenado de un motor serie	26
4.1.2.1	Objetivo	26
4.1.2.2	Arranque a tensión reducida	26
4.1.2.3	Inversión de giro por campo y armadura	28
4.1.2.4	Frenado del motor serie	29
4.1.3	Prueba # 3: arranque e inversión de giro y frenado de un motor paralelo	30
4.1.3.1	Objetivo.	30
4.1.3.2	Arranque a tensión reducida	30
4.1.3.3	Inversión de giro por campo y armadura	31
4.1.3.4	Frenado por una resistencia de descarga	33
4.1.4	Prueba # 4: arranque e inversión de giro y frenado de un motor compuesto conexión corta	34
4.1.4.1	Objetivo	34
4.1.4.2	Arranque a tensión reducida	34
4.1.4.3	Inversión de giro por campo y armadura	35
4.1.4.4	Frenado por una resistencia de descarga	37
4.1.5	Prueba # 5: arranque e inversión de giro y frenado de un motor compuesto conexión larga.	37
4.1.5.1	Objetivo.	37
4.1.5.2	Arranque a tensión reducida	38
4.1.5.3	Inversión de giro por campo y armadura	39
4.1.5.4	Frenado por una resistencia de descarga	41

4.1.6	Prueba # 6. Control de velocidad del motor independiente Método combinado. Variación de flujo y sumatoria de resistencia	41
4.1.6.1	Objetivo	41
4.1.6.2	Potencia en el eje variable	41
4.1.6.2.1	Torque constante, velocidad variable	41
4.1.6.2.2	Torque constante, velocidad constante	43
4.1.6.3	Potencia en el eje constante	44
4.1.6.3.1	Torque de carga variable, velocidad variable	44
4.1.7	Prueba # 7. Control de velocidad del motor paralelo. Método combinado. Variación de flujo y sumatoria de resistencia	44
4.1.7.1	Objetivo	44
4.1.7.2	Potencia en el eje variable	45
4.1.7.2.1	Torque constante, velocidad variable	45
4.1.7.2.2	Torque constante, velocidad constante	47
4.1.7.3	Potencia en el eje constante	47
4.1.7.3.1	Torque de carga variable, velocidad variable	47
4.1.8	Prueba # 8. Control de velocidad del motor compuesto conexión corta Método combinado. Variación de flujo y sumatoria de resistencia	48
4.1.8.1	Objetivo	48
4.1.8.2	Potencia en el eje variable	49
4.1.8.2.1	Torque constante, velocidad variable	49
4.1.8.2.2	Torque constante, velocidad constante	51
4.1.8.3	Potencia en el eje constante	52
4.1.8.3.1	Torque de carga variable, velocidad variable	52
4.1.9	Prueba # 9: rendimiento motor independiente	52
4.1.9.1	Objetivo	52
4.1.9.2	Rendimiento motor independiente con interpolo	53
4.1.9.3	Rendimiento motor independiente sin interpolo.	54
4.1.9.4	Cálculo de parámetros de funcionamiento del motor independiente con interpolo	55
4.1.9.5	Cálculo de parámetros de funcionamiento del motor independiente sin interpolo	56
4.1.9.6	Comparación de las características del motor independiente con y sin interpolo	56

4.1.10	Prueba # 10: rendimiento motor paralelo	57
4.1.10.1	Objetivo	57
4.1.10.2	Rendimiento motor paralelo con interpolo	57
4.1.10.3	Rendimiento motor paralelo sin interpolo	59
4.1.10.4	Cálculo de parámetros de funcionamiento del motor paralelo con interpolo.	59
4.1.10.5	Cálculo de parámetros de funcionamiento del motor paralelo sin interpolo	61
4.1.10.6	Comparación de las características del motor paralelo con y sin interpolo	61
4.1.11	Prueba # 11: rendimiento motor serie.	62
4.1.11.1	Objetivo	62
4.1.11.2	Rendimiento motor serie con interpolo	62
4.1.11.3	Rendimiento motor serie sin interpolo	63
4.1.11.4	Cálculo de parámetros de funcionamiento del motor serie con interpolo	64
4.1.11.5	Cálculo de parámetros de funcionamiento del motor serie sin interpolo	65
4.1.11.6	Comparación de las características del motor serie con y sin interpolo	66
4.1.12	Prueba # 12: rendimiento motor compuesto conexión corta	66
4.1.12.1	Objetivo	66
4.1.12.2	Rendimiento motor compuesto conexión corta	66
4.1.12.3	Rendimiento motor compuesto conexión corta. Sin interpolo	67
4.1.12.4	Cálculo de parámetros de funcionamiento del motor compuesto conexión corta. Con interpolo	67
4.1.12.5	Cálculo de parámetros de funcionamiento del motor compuesto conexión corta. Sin interpolo	70
4.1.12.6	Comparación de las características del motor compuesto conexión corta con y sin interpolo	70
4.1.13	Prueba # 13: rendimiento motor compuesto conexión larga	71
4.1.13.1	Objetivo	71
4.1.13.2	Rendimiento motor compuesto conexión larga	71
4.1.13.3	Rendimiento motor compuesto conexión larga. Sin interpolo	72

4.1.13.4	Cálculo de parámetros de funcionamiento del motor compuesto conexión larga. Con interpolo	73
4.1.13.5	Cálculo de parámetros de funcionamiento del motor compuesto conexión larga. Sin interpolo	74
4.1.13.6	Comparación de las características del motor compuesto conexión larga con y sin interpolo	75
4.1.14	Prueba # 14: comparación de características de motores DC	75
4.1.14.1	Objetivo	75
4.1.14.2	Comparación del rendimiento	75
4.1.14.3	Comparación de las pérdidas mecánicas	75
4.1.14.4	Comparación del porcentaje de regulación de velocidad	77
4.2	Guía de prácticas para pruebas de generadores DC	78
4.2.1	Prueba # 15: curva de saturación magnética de la máquina DC Hampden dm-300	78
4.2.1.1	Objetivo	78
4.2.1.2	Procedimiento	78
4.2.1.3	Graficas de las curvas de saturación magnética	80
4.2.2	Prueba # 16: generador de excitación independiente	81
4.2.2.1	Objetivo	81
4.2.2.2	Procedimiento	81
4.2.2.3	Rendimiento	82
4.2.2.4	Pendiente de operación	83
4.2.2.5	Porcentaje de regulación.	85
4.2.3	Prueba # 17: generador paralelo	85
4.2.3.1	Objetivo	85
4.2.3.2	Procedimiento	85
4.2.3.3	Rendimiento	87
4.2.3.4	Pendiente de operación	88
4.2.3.5	Porcentaje de regulación	89
4.2.4	Prueba # 18: generador compuesto conexión corta	89
4.2.4.1	Objetivo	89
4.2.4.2	Procedimiento	90
4.2.4.3	Rendimiento	92
4.2.4.4	Pendiente de operación	92

4.2.4.5	Porcentaje de regulación	93
4.1.14	Prueba # 19: generador compuesto conexión larga	94
4.2.5.1	Objetivo	94
4.2.5.2	Procedimiento	94
4.2.5.3	Rendimiento	95
4.2.5.4	Pendiente de operación	96
4.2.5.5	Porcentaje de regulación	98
4.3	Guía de prácticas para pruebas de aplicaciones de potencia en sistemas DC	98
4.3.1	Prueba # 20: generadores DC, conectados en serie con toma central conectada a tierra	98
4.3.1.1	Objetivo	98
4.3.1.2	Procedimiento	98
4.3.1.3	Precaución	100
4.3.2	Prueba # 21: generadores DC, conectados en paralelo	101
4.3.2.1	Objetivo	101
4.3.2.2	Procedimiento	101
4.3.2.3	Control y distribución de carga	102
4.3.2.4	Control y distribución de carga	103

## **CAPITULO V**

### **DESARROLLO DE PRÁCTICAS**

5.1	Pruebas de motores DC	108
5.1.1	Motor Independiente	108
5.1.2	Motor serie	110
5.1.3	Motor paralelo	112
5.1.4	Motor compuesto conexión corta	113
5.1.5	Motor compuesto conexión larga	115
5.2	Guía de prácticas para pruebas de generadores DC	116
5.2.1	Curva de saturación magnética de la maquina Hampden DM-300	116
5.3	Pruebas de aplicaciones en sistemas de potencia DC	117
5.3.1	Generadores DC, conector en serie con toma central a tierra	117
5.3.2	Generadores DC, conector en paralelo	119

5.3.2.1	Control y distribución de carga	119
---------	---------------------------------	-----

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones	124
6.2	Recomendaciones	125

### INDICE DE FIGURAS

No.	DESCRIPCIÓN	Pág.
1	Ley de Ampere	6
2	Ley de Faraday	7
3	Máquinas Hampden DM-300 y DYN- 400	8
4	Partes del motor de corriente continua	9
5	Generador de Excitación Independiente	11
6	Generador paralelo	11
7	Generador compuesto conexión corta	12
8	Generador compuesto conexión larga	12
9	Diagrama del acoplamiento de generadores en paralelo	13
10	Máquina Hampden DM-300	15
11	Máquina Hampden dyn-400	16
12	Diagrama de conexión para arranque motor independiente. Giro horario	21
13	Inversión de giro por corriente de campo	23
14	Inversión de giro por corriente de armadura	24
15	Diagrama de conexión para arranque motor serie. Giro horario	27
16	Diagrama de conexión del motor serie. Inversión de giro por campo	28
17	Diagrama de conexión del motor serie. Inversión de giro por armadura	28
18	Diagrama de conexión del motor paralelo. Giro horario	31
19	Cambio de giro del motor paralelo por corriente de campo	32

20	Cambio de giro del motor paralelo por corriente de armadura	33
21	Diagrama de conexión del motor compuesto conexión corta Giro horario	34
22	Diagrama de conexión del motor compuesto conexión corta Inversión de giro por campo	36
23	Diagrama de conexión del motor compuesto conexión corta Inversión de giro por armadura	36
24	Diagrama de conexión del motor compuesto conexión corta Giro horario	38
25	Diagrama de conexión del motor compuesto conexión larga Inversión de giro por campo	39
26	Diagrama de conexión del motor compuesto conexión larga Inversión de giro por armadura	40
27	Control de velocidad de un motor independiente. Método combinado	42
28	Control de velocidad de un motor paralelo. Método variación de flujo y sumatoria de resistencia	46
29	Control de velocidad de un motor compuesto conexión corta. Método variación de flujo y sumatoria de resistencia	50
30	Rendimiento de un motor independiente con y sin interpolos	53
31	Flujo de potencia para el motor independiente con interpolo	55
32	Diagrama de conexiones para conocer el rendimiento de un motor Paralelo con y sin interpolos	58
33	Flujo de potencia para el motor paralelo	60
34	Diagrama de conexiones para conocer el rendimiento de un motor serie Con y sin interpolos	62
35	Flujo de potencia para el motor serie	64
36	Diagrama de conexiones para conocer el rendimiento de un motor compuesto conexión corta con y sin interpolos	67
37	Flujo de potencia para el motor compuesto conexión corta	69
38	Diagrama de conexiones para conocer el rendimiento de un motor compuesto conexión larga con y sin interpolos	71
39	Flujo de potencia para el motor compuesto conexión larga	73
40	Diagrama de conexiones para obtener la curva de saturación magnética de la máquina Hampden DM -300	79

41	Grafica de las curvas de saturación magnética a diferentes velocidades	80
42	Diagrama de conexiones del generador de excitación independiente	81
43	Flujo de potencia para el generador independiente	83
44	Diagrama de conexiones del generador paralelo	86
45	Flujo de potencia para el generador paralelo	87
46	Diagrama de conexiones del Generador compuesto conexión corta	90
47	Flujo de potencia para el generador compuesto conexión corta	92
48	Diagrama de conexiones del Generador compuesto conexión larga	95
49	Flujo de potencia para el generador compuesto conexión larga	96
50	Distribución de carga de generadores en paralelo	104
51	Distribución de carga balanceada	106
52	Distribución de carga desbalanceada	107
53	Torque inducido – Corriente de armadura motor independiente	108
54	Torque carga – Corriente de armadura motor independiente	109
55	Torque carga – Corriente de armadura motor independiente	109
56	Fem – Velocidad del motor independiente	110
57	Velocidad – Torque de carga del motor serie	110
58	Velocidad – Torque inducido del motor serie	111
59	Velocidad – Torque de carga del motor serie	111
60	Fem – Velocidad del motor paralelo	112
61	Velocidad – Torque inducido del motor paralelo	112
62	Rendimiento – Torque de carga del motor paralelo	113
63	Velocidad – Torque de carga del motor compuesto conexión corta	113
64	Rendimiento – Torque de carga del motor compuesto conexión corta	114
65	Torque inducido – Corriente de armadura del motor compuesto Conexión corta	114
66	Velocidad – Torque de carga del motor paralelo compuesto conexión larga	115
67	Rendimiento – Torque de carga del motor paralelo compuesto conexión larga	115
68	Velocidad – Fem del motor compuesto conexión larga	116
69	Curva de saturación magnética del generador independiente	117
70	Distribución de carga de generadores en paralelo	120

71	Distribución de carga balanceada	123
72	Distribución de carga desbalanceada	123

## INDICE DE TABLAS

No.	DESCRIPCIÓN	Pág.
1	Características técnicas de los componentes del tablero de pruebas	18
2	Valores en la prueba de arranque para el motor independiente	20
3	Valores nominales de la máquina Hampden dm-300	22
4	Valores de prueba. Inversión de giro por campo	23
5	Valores de prueba. Inversión de giro por armadura	25
6	Valores en la prueba de arranque para el motor serie	25
7	Valores de prueba para el motor serie. Inversión de giro por campo	29
8	Valores de prueba para el motor serie. Inversión de giro por armadura	29
9	Valores de prueba. Motor paralelo	31
10	Valores de prueba. Inversión de giro por campo del motor paralelo	32
11	Valores de prueba. Inversión de giro por armadura del motor paralelo	33
12	Valores de prueba. Motor compuesto conexión corta	35
13	Valores de prueba. Inversión de giro por campo del motor compuesto. Conexión corta	35
14	Valores de prueba. Inversión de giro por armadura del motor compuesto conexión corta	37
15	Valores de prueba. Motor compuesto conexión larga.	39
16	Valores de prueba. Inversión de giro por campo del motor compuesto. Conexión larga	40
17	Valores de prueba. Inversión de giro por armadura del motor compuesto conexión larga	40
18	Valores experimentales para el motor independiente. Potencia en el eje variable. Torque de carga constante y Velocidad variable	43
19	Valores experimentales para el motor independiente. Potencia en el eje variable. Torque variable y Velocidad constante	44
20	Valores experimentales para el motor independiente. Potencia en el eje constante. Torque variable y velocidad variable	45
21	Valores experimentales para el motor paralelo. Potencia en el eje variable. Torque constante y velocidad variable	47
22	Valores experimentales para el motor paralelo. Potencia en el eje	48

	variable. Torque variable y velocidad constante	
23	Valores experimentales para el motor paralelo. Potencia en el eje constante. Torque variable y velocidad variable	49
24	Valores experimentales para el motor compuesto conexión corta. Potencia en el eje variable. Torque constante y velocidad variable	51
25	Valores experimentales para el motor compuesto conexión corta. Potencia en el eje variable. Torque variable y velocidad constante	51
26	Valores experimentales para el motor compuesto conexión corta. Potencia en el eje constante. Torque variable y velocidad variable.	52
27	Valores experimentales para el motor independiente con interpolos	54
28	Valores experimentales para el motor independiente sin interpolos	54
29	Parámetros de funcionamiento del motor independiente con interpolo	55
30	Parámetros de funcionamiento del motor independiente sin interpolo	57
31	Valores experimentales para el motor paralelo con interpolos	58
32	Valores experimentales para el motor paralelo sin interpolos	59
33	Parámetros de funcionamiento del motor paralelo con interpolo	60
34	Parámetros de funcionamiento del motor paralelo sin interpolo	61
35	Valores experimentales para el motor serie con interpolos	63
36	Valores experimentales para el motor serie sin interpolos	63
37	Parámetros de funcionamiento del motor serie con interpolo	64
38	Parámetros de funcionamiento del motor serie sin interpolo	65
39	Valores experimentales para el motor compuesto conexión corta con interpolos	67
40	Valores experimentales para el motor compuesto conexión corta sin interpolos	68
41	Parámetros de funcionamiento del motor compuesto conexión corta con interpolo	69
42	Parámetros de funcionamiento del motor compuesto conexión corta sin interpolo	70
43	Valores experimentales para el motor compuesto conexión larga con interpolos	72
44	Valores experimentales para el motor compuesto conexión larga sin interpolos	72
45	Parámetros de funcionamiento del motor compuesto conexión larga	73

	con interpolo	
46	Parámetros de funcionamiento del motor compuesto conexión larga sin interpolo	74
47	Comparación del rendimiento del motor DC con interpolos	76
48	Comparación del rendimiento del motor DC sin interpolos	76
49	Comparación de las perdidas mecánicas del motor DC con interpolos	76
50	Comparación de las perdidas mecánicas del motor DC sin interpolos	77
51	Comparación del porcentaje de regulación de velocidad del motor DC con interpolos	77
52	Comparación del porcentaje de regulación de velocidad del motor DC sin interpolos	78
53	Saturación magnética de la máquina DC Hampden dm-300 a 1400 rpm	79
54	Saturación magnética de la máquina DC Hampden dm-300 a 1800 rpm	80
55	Saturación magnética de la máquina DC Hampden dm-300 a 1200 rpm	82
56	Prueba del generador independiente con carga	83
57	Características de operación del generador independiente.	86
58	Prueba del generador paralelo con carga	87
59	Características de operación del generador paralelo	91
60	Prueba del generador compuesto conexión corta con carga	91
61	Características de operación del generador compuesto conexión corta	95
62	Prueba del generador compuesto conexión larga con carga	96
63	Características de operación del generador compuesto conexión larga	99
64	Generadores conectados en serie. $R_1=R_2$	100
65	Generadores conectados en serie. $R_1 \neq R_2$	103
66	Valores de los generadores a vacío	104
67	Control y distribución de carga balanceada	105
68	Control y distribución con cargas diferentes	105
69	Distribución balanceada de cargas	106
70	Distribución desbalanceada de cargas	107
71	Generadores conectados en serie. $R_1=R_2$	118
72	Generadores conectados en serie. $R_1 \neq R_2$	119
73	Valores de los generadores a vacío	120
74	Control y distribución de carga balanceada	121
75	Control y distribución con cargas diferentes	121

76	Distribución balanceada de cargas	122
77	Distribución desbalanceada de cargas	122

## **INDICE DE ANEXOS**

<b>No.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	
1	Fotos del banco de prueba	
2	Hoja técnica de los elementos utilizados para construir el banco de prueba	
3	Costo del proyecto	
4	Diagrama de conexiones de los motores y generadores DC	
5	Tablas de valores obtenidos en las pruebas	

# CAPITULO I

## GENERALIDADES

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Cuando la máquina de corriente continua trabaja como generador, lo hace bajo el principio de inducción de Faraday<sup>1</sup>, según el cual si al bobinado inductor o de campo de un generador se lo excita con una corriente, entonces en el inducido o armadura (el cual se mueve gracias a un motor primario) se producirá la aparición de una tensión.

La magnitud de la tensión que aparece en las escobillas del generador dependerá básicamente de tres magnitudes. Estas son:

- Una constante que depende de las características de construcción y diseño propias de cada máquina.
- La velocidad a la que rota la armadura o eje del motor, y
- La corriente de excitación que se inyecta al bobinado de campo (estator).

En la práctica la tensión de salida de los generadores se controla de manera automática mediante una tarjeta electrónica básica que censa la tensión terminal de la máquina y según se necesite aumenta o disminuye la corriente de campo.

Cuando la máquina de corriente continua trabaja como motor, se alimenta la armadura con una tensión que generalmente es constante, mientras que en su bobinado de campo o estator se intercala un reóstato el cual permite variar la corriente de éste bobinado. Mientras más baja sea la corriente de campo, mayor será la velocidad y la potencia obtenida en el eje de la máquina.

---

<sup>1</sup> SERWAY, Raymond, *FÍSICA*, 2da edición, Editorial McGRAW-HILL, México 1994

Como puede deducirse de lo analizado hasta aquí, las magnitudes de las variables que se obtienen a la salida tanto del generador como del motor de corriente continua se pueden controlar mediante la velocidad y la corriente que circula por sus bobinados de campo.

Si estas dos máquinas se acoplan para funcionar como un grupo motor-generador se obtiene una amplia capacidad para variar las magnitudes de tensión mediante el control de las corrientes de excitación de ambas máquinas.

En los laboratorios de máquinas eléctricas (motores DC y generadores DC) de la Universidad Politécnica Salesiana, los módulos de prácticas que contienen las máquinas generadoras HAMPDEN DM-300 y los motores DYN- 400, tienen estas máquinas acopladas entre sí, lo que permite aplicar lo dicho hasta aquí.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir de un banco de pruebas para máquinas de corriente continua(motor y generador) marca Hampden DM-300, que incluya partes, elementos, accesorios e instrumentación para pruebas de hasta cuatro máquinas DC de forma simultánea.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Realizar las siguientes pruebas utilizando el banco de pruebas para maquinas DC:

1. Arranque e inversión de giro y frenado de un motor independiente.
2. Arranque e inversión de giro y frenado de un motor serie.
3. Arranque e inversión de giro y frenado de un motor paralelo.
4. Arranque e inversión de giro y frenado de un motor compuesto conexión corta

5. Arranque e inversión de giro y frenado de un motor compuesto conexión larga
6. Control de velocidad del motor independiente.
7. Control de velocidad del motor serie.
8. Control de velocidad del motor paralelo. Método combinado.
9. Control de velocidad del motor compuesto conexión corta.
10. Control de velocidad del motor compuesto conexión larga.
11. Rendimiento motor independiente.
12. Rendimiento motor paralelo.
13. Rendimiento motor serie.
14. Rendimiento motor compuesto conexión corta.
15. Rendimiento motor compuesto conexión larga.
16. Comparación de características de motores DC.
17. Curva de saturación magnética de la máquina DC
18. Generador de excitación independiente.
19. Generador paralelo
20. Generador compuesto conexión corta.
21. Generador compuesto conexión larga
22. Generadores DC en serie con punto común aterrizado.
23. Generadores DC en paralelo

### **1.3 JUSTIFICATIVOS**

El generador eléctrico de corriente continua es una máquina de amplio uso en actividades industriales, fuerzas armadas y en laboratorios de instituciones educativas. Uno de los principales usos de los generadores DC, es alimentar de corriente continua libre de rizados a motores DC dentro de un amplio rango de tensión, lo cual permite tener un gran control en la velocidad de las máquinas.

Aplicaciones adicionales de los generadores y motores DC incluyen:

- Grúas de gran potencia, tal como las que se utilizan en los puertos.

- Aviones de varios motores, en los que se requiere poner en paralelo los generadores DC de cada motor.
- Procesos industriales de laminación, donde se requiere buen control de velocidad.
- Aplicaciones de uso militar.
- Sistemas de minería.
- Equipos para soldaduras especiales.
- Para fines de investigación académica.
- Ferrocarriles

Como parte del programa de estudio de las carreras de Ingeniería Eléctrica, Electrónica Industrial y Electrónica de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana, cada año decenas de alumnos toman la asignatura “Máquinas Eléctrica II”.

Sin embargo, actualmente en los laboratorios de motores y generadores no se cuenta con un banco de pruebas que permita a los estudiantes realizar todas las prácticas necesarias para analizar de manera integral el comportamiento, ya sea individual o combinado (conectados en paralelo) de los motores y generadores de corriente continua.

La carencia de un banco de prueba ha impedido el desarrollo de todas las prácticas que se podrían realizar sobre las máquinas de corriente continua debido al tiempo que toma armar cada prueba, motivo por el cual nace la presente propuesta, es decir, el diseño y construcción de una consola de pruebas específicamente para máquinas DC marca Hampden DM 300.

En el banco de pruebas propuesto se podrán realizar mínimo veintitrés prácticas para el estudio e investigación de los motores y generadores de corriente continua.

Es muy probable que una de las razones por las que el laboratorio de motores y generadores no cuenta con un banco de pruebas para máquinas DC es el

elevado costo de ésta herramienta, ya que una consola de prueba para dos máquinas Hampden DM-300 tiene un valor de 40000 dólares. El banco de pruebas que se propone servirá para cuatro máquinas DC. Por los antecedentes expuestos, el presente trabajo tiene como finalidad dotar al laboratorio de motores y generadores de un banco de prueba que se convertirá en una valiosa herramienta para el aprendizaje de los alumnos y la enseñanza por parte de los profesores.

## CAPITULO II

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

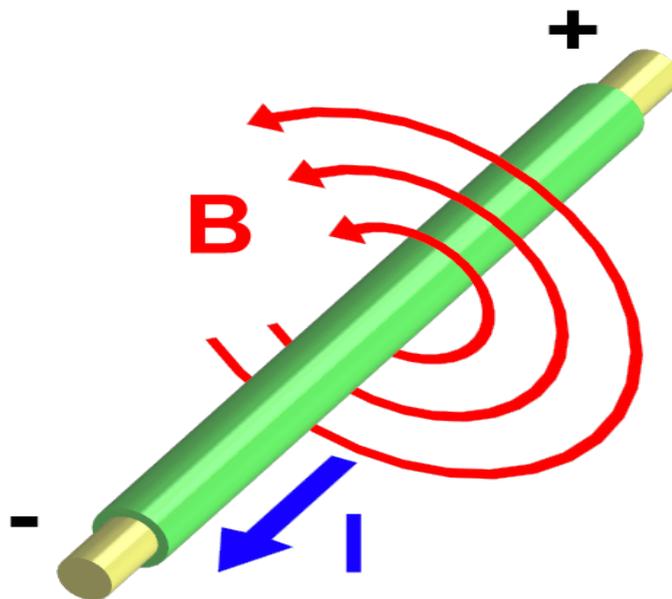
#### 2.1 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DC

En el año 1820 el francés André Ampere<sup>1</sup> observó que si una corriente atraviesa un conductor el cual se encuentra dentro de un campo magnético, éste ejerce una fuerza mecánica o fuerza contra electromotriz sobre el conductor. Ver figura 1.

El principio descubierto por André Ampere<sup>2</sup> es el fundamento según el cual funciona el motor de corriente continua. Así, si a una máquina de corriente continua cuyo bobinado inductor produce un campo magnético, ya sea por imanes permanentes o por medio de un bobinado, se le inyecta corriente al inducido, rotor o armadura, se logrará poner en movimiento el motor.

FIGURA No. 1

#### LEY DE AMPERE



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Ley\\_de\\_Amp%C3%A8re](http://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Amp%C3%A8re)

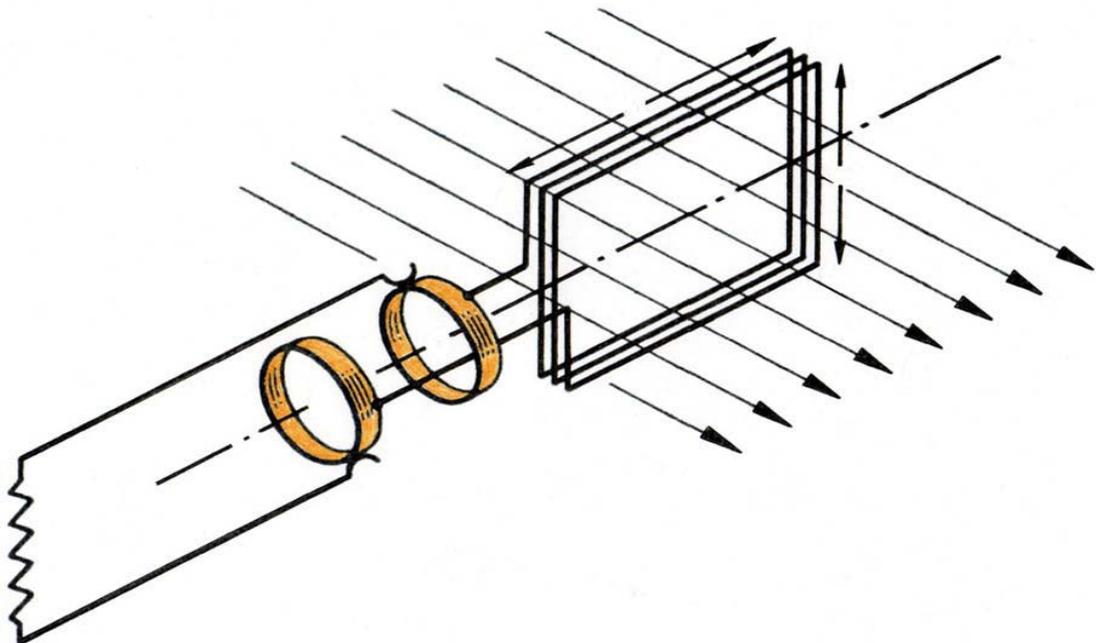
<sup>2</sup> SERWAY, Raymond, *FÍSICA*, 2da edición, Editorial McGRAW-HILL, México 1994

## 2.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DEL GENERADOR

En el año 1831 el científico Michael Faraday<sup>3</sup> descubrió el principio de inducción. Éste principio (El de inducción) señala que si un conductor se mueve dentro de un campo magnético o está cerca de otro conductor por el que circula una corriente de intensidad variable, se induce una corriente en el primer conductor. Ver figura 2.

El principio enunciado en el párrafo anterior es el fundamento para el funcionamiento del generador. En efecto si al bobinado inductor o de campo de un generador se lo excita con una corriente, entonces en el inducido o armadura el cual se mueve gracias a un motor primario se producirá la aparición de una tensión.

**FIGURA No. 2**  
**LEY DE FARADAY**



Fuente:[http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/basicas/fisica2/LEY\\_DE\\_FARADAY\\_-\\_F.E.M.pdf](http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/basicas/fisica2/LEY_DE_FARADAY_-_F.E.M.pdf)

Aunque fueron descubiertos de manera separada, los dos principios, tanto el de Michael Faraday y el de André Ampère son parte de un mismo fenómeno. En

---

<sup>3</sup> SERWAY, Raymond, Op.Cit, pag 890

efecto, una misma máquina de corriente continua puede funcionar ya sea como generador o como motor, dependiendo solamente la forma en que se desee hacerla trabajar.

Puesto que las leyes físicas son universales, las máquinas HANPDEN DM-300 y DYN- 400 con las cuales cuenta el laboratorio de máquinas eléctricas (motores y generadores) de la Universidad Politécnica Salesiana (ver figura 3), funcionan bajo los mismos principios. Así, estas máquinas cuentan con un motor primario el cual durante las prácticas se lo hace trabajar a velocidad constante, mientras se hace variar la corriente de campo del generador para obtener el voltaje requerido.

**FIGURA No. 3**

### **MÁQUINAS HANPDEN DM-300 Y DYN- 400**



**Fuente:** Fotos tomadas por estudiantes durante prácticas.

### **2.3 PARTES DE LA MÁQUINA DC**

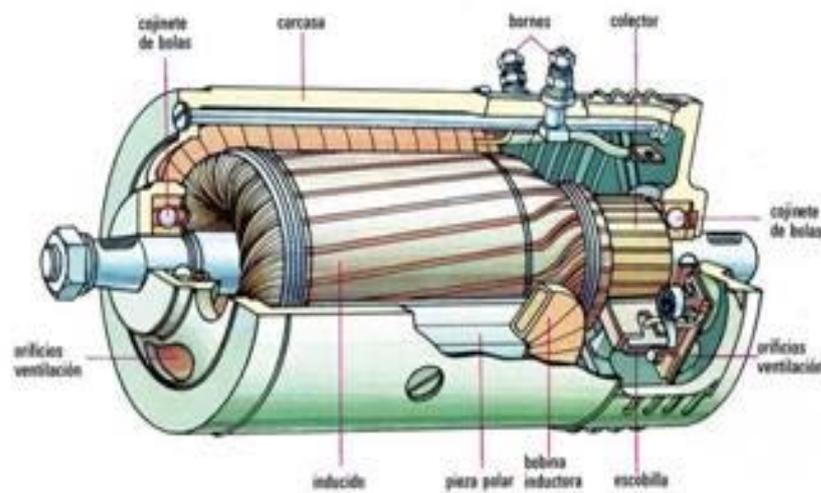
Toda máquina de corriente continua se compone principalmente de dos partes, una fija llamada también estator donde se encuentra básicamente la carcasa con el núcleo, mientras que la otra parte, la móvil, la constituye el rotor.

El estator puede ser de imanes permanentes o bobinado. Los núcleos de imanes generalmente se utilizan en motores de pequeña potencia, mientras que en los motores más grandes el estator es bobinado. El rotor es un bobinado con núcleo de chapa magnética y alambre de cobre. Éste elemento se conecta al circuito eléctrico (sea motor o generador) mediante las escobillas.

A continuación se detalla cada una de las partes de la máquina de corriente continua tal como se puede apreciar en la figura número 4.

**FIGURA No. 4**

**PARTES DE UNA MAQUINA DE CORRIENTE CONTINUA**



**Fuente:** <http://www.monografias.com/trabajos91/maquinas-de-corriente-continua/maquinas-de-corriente-continua.shtml>

**Núcleo del inductor.** Es la parte del estator donde se ubica el bobinado inductor. El núcleo se construye con chapa ferromagnética.

**Polos auxiliares o de conmutación.** Son polos magnéticos suplementarios destinados a mejorar el funcionamiento de la máquina. Puede llevar o no un bobinado de cobre.

**Núcleo del inducido.** Es un cilindro de chapa magnética que va montado en el eje de la máquina y que dispone de ranuras para alojar el bobinado del inducido.

**Devanado del inducido.-** Es el bobinado donde se produce la conversión de energía. Se conecta con la parte restante de la máquina o con circuitos externos mediante las escobillas.

**Colector.-** Es un conjunto de delgas en forma cilíndrica. Las delgas están aisladas una de otras. A cada una de las delgas se conecta una bobina del bobinado inducido.

**Escobillas-** Permiten la conmutación entre las diferentes bobinas del inducido según éstas cambian de posición debido al movimiento rotatorio del núcleo inducido. El número de escobillas es igual al número de polos.

**Entrehierro.-** Es una distancia muy pequeña que existe entre el estator (núcleo del inductor) y el rotor (núcleo del inducido).

**Rodamientos.-** También llamados rulimanes, van instalados en los extremos del eje (uno a cada lado) y se asientan en las tapas tanto anterior como posterior del motor.

Según la forma en que se conectan los bobinados de las máquinas, es posible obtener distintos tipos de motores y generadores cada uno de los cuales tendrán características y aplicaciones propias.

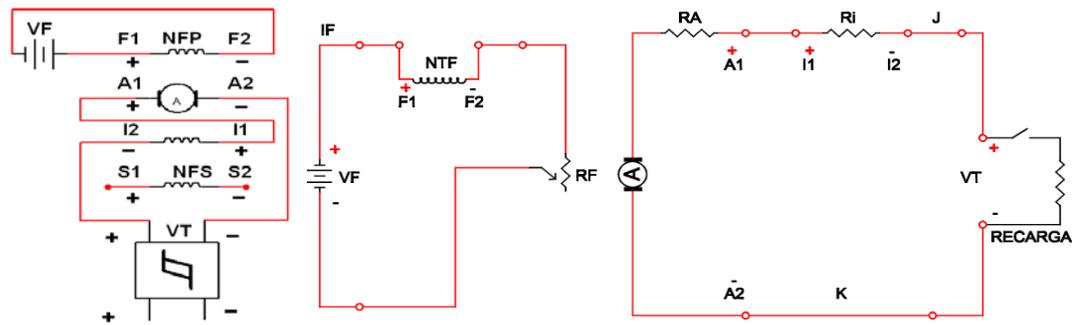
Entre los tipos de generadores y motores DC que se pueden obtener, se tiene:

- Generador y motor serie
- Generador y motor paralelo, derivación o shunt
- Generador y motor compuesto o compound corto y largo
- Generador y motor con excitación independiente.

A manera de ejemplo en las figuras de la cinco a la ocho se presentan los esquemas de conexiones para generadores según el modelo de las máquinas HANPDEN DM-300 y DYN- 400 se pueden observar en las figuras 5, 6, 7 y 8.

**FIGURA No. 5**

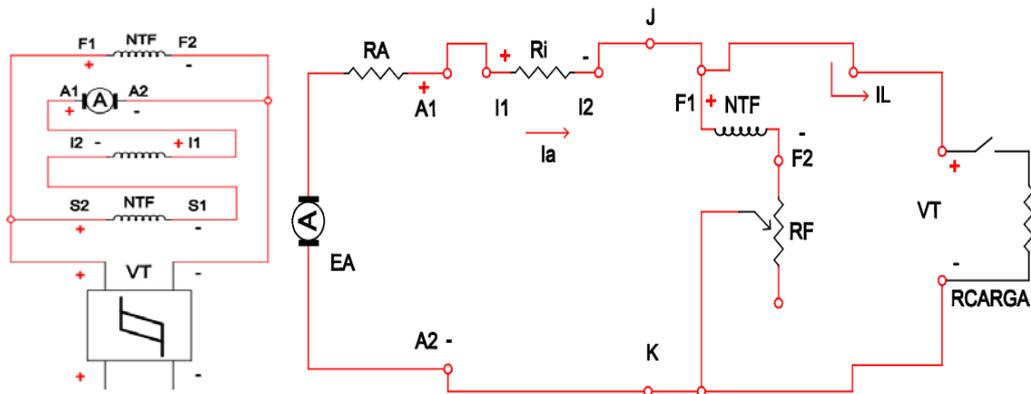
**GENERADOR DE EXCITACIÓN INDEPENDIENTE**



Elaboración: El autor

**FIGURA No. 6**

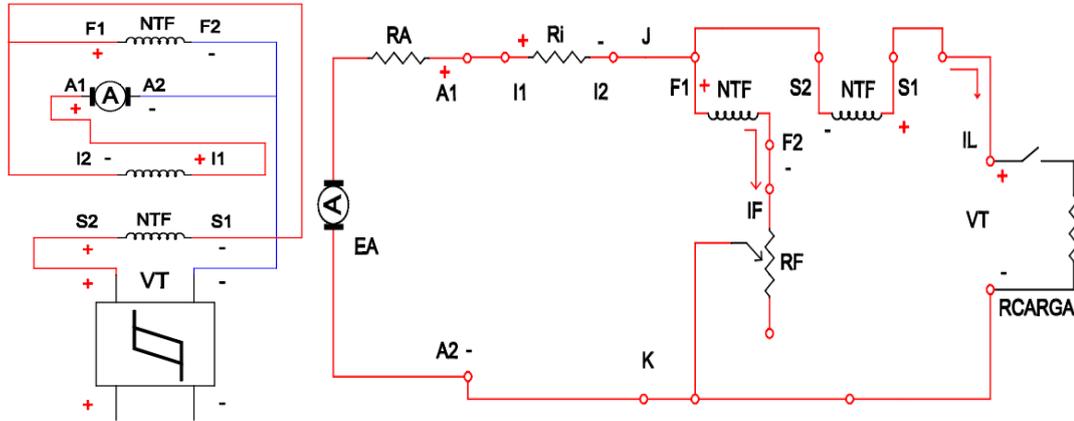
**GENERADOR PARALELO**



Elaboración: El autor

FIGURA No. 7

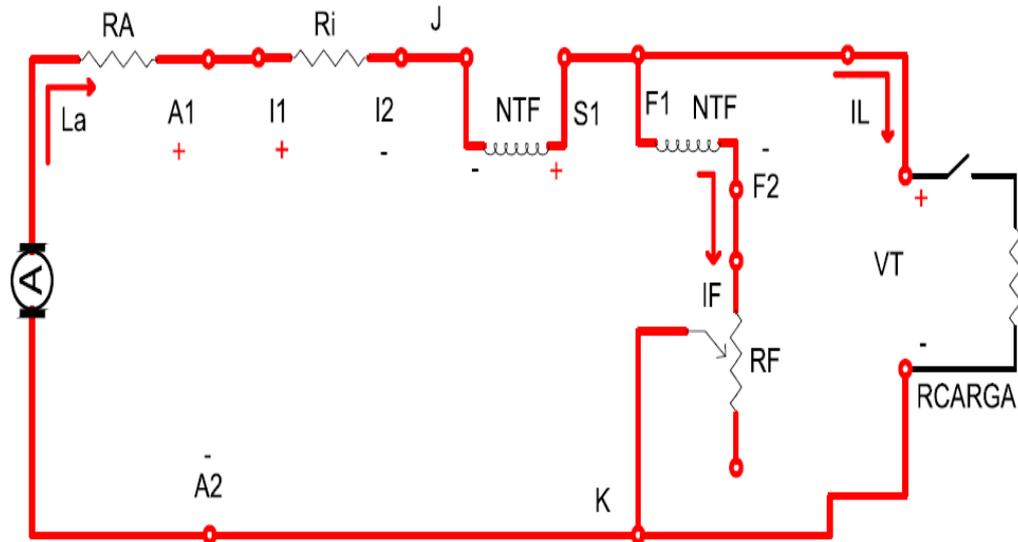
GENERADOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA



Elaboración: El autor

FIGURA No. 8

GENERADOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA



Elaboración: El autor

## 2.4 SISTEMA DE POTENCIA DC

Cuando existen dos o más generadores es posible acoplar los mismos en paralelo (ver figura nueve), lo cual es posible siempre que:

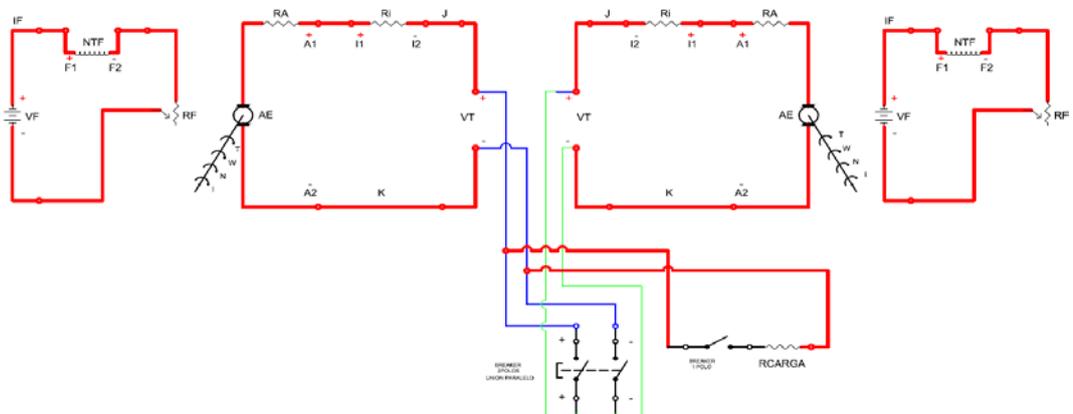
- La polaridad de los generadores sea la misma al momento de entrar en paralelo.
- La tensión terminal de los generadores sea similar.
- Similares características de funcionamiento de los generadores

La tensión terminal del generador depende exclusivamente de la corriente de campo y de la velocidad del eje. En este caso, debido a que se encuentran acoplados, la velocidad del rotor del generador es la misma que la velocidad del eje del motor de corriente directa.

La velocidad del motor (que es la velocidad del generador) y su potencia es función de la corriente de campo al igual que la tensión terminal del generador. Estas funciones son características o propias de cada máquina y al conocerlas se puede determinar las magnitudes de la velocidad, potencia y tensión terminal que corresponde para un valor determinado de la corriente de campo.

**FIGURA No. 9**

### ACOPLAMIENTO DE GENERADORES EN PARALELO



**Elaboración:** El autor

## **CAPITULO III**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS**

#### **3.1 CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS MÁQUINAS DC.**

Las máquinas motrices empleadas para la construcción de la consola de pruebas son las máquinas:

- Máquina de corriente continua DM-300
- Máquina electrodinómetro de corriente continua DYN-400

##### **3.1.1 MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINÚA DM-300**

La máquina Hampden DM-300 (Ver imagen No. 10) es una máquina de corriente continua de dos polos, con una velocidad nominal de 1800 revoluciones por minuto. La corriente de diseño alcanza los 23 amperios para la armadura y 0,6 amperios para el campo.

La máquina que puede trabajar como motor o generador, consta principalmente de las siguientes partes:

- Bobinado de campo
- Bobinado serie
- Bobinado interpolo
- Bobinado de compensación
- Armadura
- Núcleo
- Carcaza
- Base metálica con ruedas.

- Interruptor de circuito de dos polos
- Fusibles para el bobinado de campo y compensación
- Borneras

**FIGURA No. 10**  
**MÁQUINA HAMPDEN DM-300**



**Fuente:** <http://www.hampden.com>

### 3.1.2 DINAMÓMETRO DYN-400

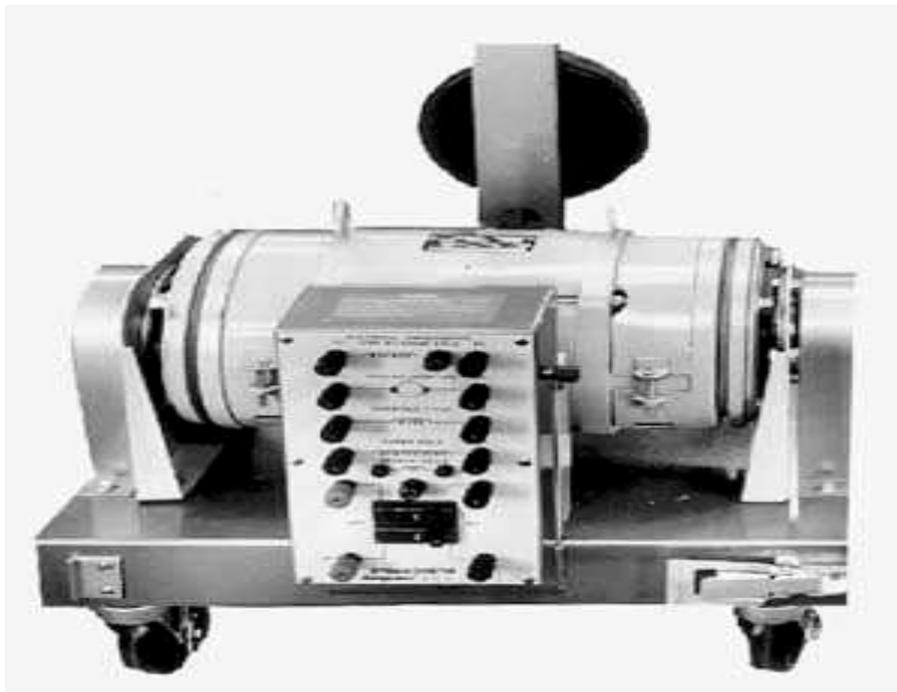
El electrodinamómetro DYN-400 es una máquina DC bipolar, básicamente consta de los mismos elementos que la máquina DC analizada en la sección 3.1.1 el marco está montado sobre rulimanes y unido por medio de un brazo metálico de 12 pulgadas a una balanza de resorte.

La escala está cargada de fábrica con un peso en el centro, de tal manera que el par desarrollado por la máquina se indica directamente sobre la escala graduada en libras-pie.

La máquina Hampden DYM-400 se muestra en la figura No. 11.

**FIGURA No. 11**

**MÁQUINA HAMPDEN DYN-400**



**Fuente:** <http://www.hampden.com>

### **3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS, PARTES Y ACCESORIOS UTILIZADOS.**

Las características técnicas de las diferentes partes y elementos que conforman el tablero se detallan en la tabla No. 1. En el anexo No. 1 se incluye la hoja técnica de algunos de los elementos incluidos en esta sección, así como también el diagrama eléctrico general.

### **3.3 ENSAMBLAJE DE COMPONENTES**

El primer paso previo el ensamble del tablero consistió en realizar sobre una plancha de madera, el dibujo de lo que sería el banco de prueba. Hecho el dibujo, se procedió a realizar un montaje preliminar para estar seguro de la ubicación de los elementos y del funcionamiento del banco.

El segundo paso consistió en cortar la plancha de metal a la medida final, así como hacer las perforaciones donde se instalarían los instrumentos y equipos. Hecho esto, y pintado la plancha se procedió a instalar la misma en la estructura del banco de pruebas.

El montaje de las diferentes partes del tablero inicio con la instalación de todos los transformadores variables, continuando con:

- Instrumentos de medición (amperímetros y voltímetros)
- Borneras
- Switches
- Breakers y porta fusibles, y
- Cableado.

Finalmente se procedió a realizar varias pruebas preliminares para comprobar el montaje realizado. En el anexo No. 2 se puede apreciar varias fotografías sobre el banco de prueba.

**TABLA No. 1**  
**CARACTERISTICAS TÉCNICAS DE LOS COMPONENTES DEL**  
**TABLERO DE PRUEBAS**

No.	CANTIDAD	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	1	Estructura metálica	Esta construida con tubo cuadrado de hierro negro de 2 mm.
2	1	Panel frontal	Esta sección es de plancha de hierro negro, con un espesor de cuatro milímetros. Tiene doble capa de pintura de fondo con acabado de poliuretano y brillo.
3	2	Alimentador variable	3 fases. 15 kVA. AC
4	4	Alimentador variable	1 fase. 1 kVA. AC
5	1	Resistor lineal	10 A 0-480 ohmios
6	1	Resistor lineal	1 A 0-1500 ohmios
7	9	Voltímetros	150 V. DC
8	4	Aperímetros	1 A. DC
9	2	Aperímetros	10 A. DC
10	3	Aperímetros	25 A. DC
11	1	Sistema de barras	3 barras de cobre de una pulgada por cuatro mm de espesor.
12		Borneras	600 V. 32 A.
13	2	Switch de control	Switch de dos vías. 32 A.
15		Sistema de protección.	Breakers de varios amperajes.

**Elaboración:** El autor.

### 3.4 COSTE DEL PROYECTO

El total de costos para ejecutar el presente proyecto asciende a 14030 dólares. El detalle se puede analizar en el anexo No. 3, aquí no se incluyen los costos de la parte académica. De esta cantidad la Universidad aporó con varios equipos cuyo costo equivalente aproximado es de 9350 dólares. Ver anexo tres.

El rubro más significativo lo constituye la construcción del banco de pruebas con todos los elementos incluidos. Para poder construir el mismo se hizo necesario importar desde los Estados Unidos los instrumentos de medición ya que éstos equipos no existen en el país.

## CAPITULO IV

### MANUAL DE OPERACIONES

#### 4.1 GUIA DE PRÁCTICAS PARA PRUEBAS DE MOTORES DC.

##### 4.1.1 PRUEBA # 1: ARRANQUE E INVERSIÓN DE GIRO Y FRENADO DE UN MOTOR INDEPENDIENTE.

###### 4.1.1.1 OBJETIVO.

Realizar las conexiones adecuadas en la máquina DC- Hampden DM-300, para que funcione como motor independiente, verificando los siguientes aspectos.

- Arranque a tensión reducida
- Inversión de giro por corriente de campo
- Inversión de giro por corriente de armadura
- Frenado por medio de una resistencia de descarga

Con la finalidad de tener una referencia contra la cual comparar los valores obtenidos en las pruebas, se deberá llenar la tabla de datos No. 2 que trata sobre los valores nominales de la máquina.

**TABLA No. 2**

#### VALORES EN LA PRUEBA DE ARRANQUE

MAQUINA HAMPDEN DM-300								
<b>P(W)</b>	<b>V<sub>T</sub>(V)</b>	<b>V<sub>F</sub>(V)</b>	<b>R<sub>a</sub>(Ω)</b>	<b>R<sub>i</sub>(Ω)</b>	<b>R<sub>NFP</sub>(Ω)</b>	<b>R<sub>NFS</sub>(Ω)</b>	<b>I<sub>a</sub>(A)</b>	<b>I<sub>F</sub>(A)</b>

**Elaboración: El autor**

#### 4.1.1.2 ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA

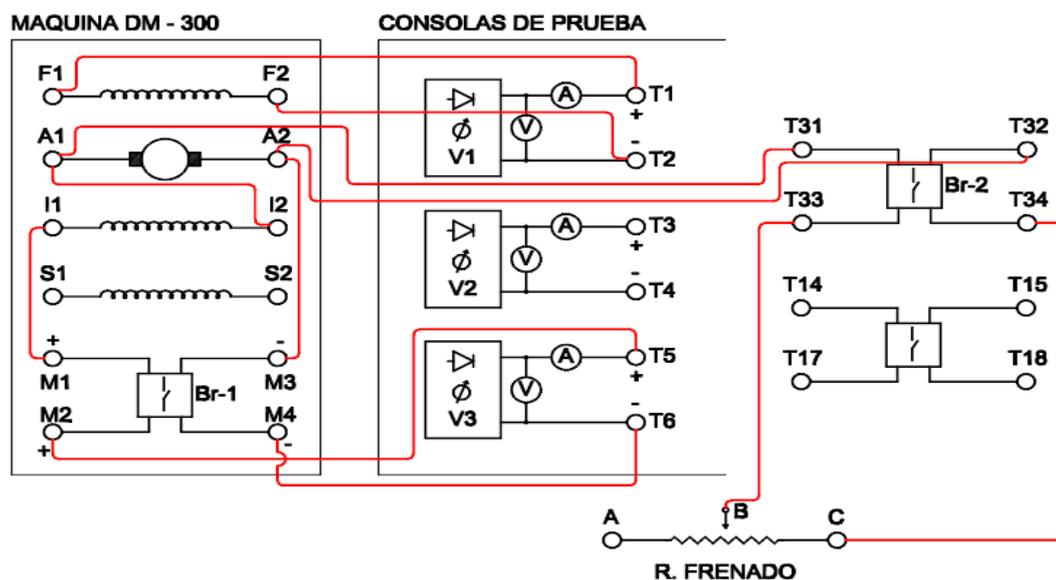
Seguir las siguientes instrucciones:

#### ARRANQUE

a). Cablear de acuerdo al diagrama indicado en la figura No. 12 y anexo 4.

FIGURA No. 12

#### DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL MOTOR INDEPENDIENTE. GIRO HORARIO



Elaboración: El autor.

- Alimentar el circuito de campo con  $V_1$  a 70 voltios.
- Activar la protección Br -1.
- utilizando el alimentador  $V_3$ , dar tensión al circuito de armadura desde 0 voltios hasta 70 voltios.
- El arranque del motor deberá ser instantáneo desde una tensión de armadura de 5 voltios. Caso contrario desactivar la protección Br-1 y revisar.
- Tomar los valores que se muestran en la tabla No. 3.

**TABLA No. 3**

**VALORES NOMINALES DE LA MÁQUINA HAMPDEN DM-300**

<b>ARRANQUE. MÁQUINA HAMPDEN DM-300</b>						
<b>V<sub>T</sub>(V)</b>	<b>I<sub>a</sub>(A)</b>	<b>V<sub>F</sub>(V)</b>	<b>I<sub>F</sub>(A)</b>	<b>ω(rpm)</b>	<b>ω(rad/s)</b>	<b>τ<sub>carga</sub>(N.m)</b>

**Elaboración: El autor**

**PRECAUCIÓN.** El motor para arrancar debe tener primero campo y luego tensión de armadura. Aplicar dichas tensiones al revés ocasionaría que la armadura del motor se dañe.

**APAGADO.** Para detener el motor se debe quitar primero la tensión de armadura y luego el campo. Hacerlo al revés provocaría que el motor se acelere, resultando peligroso para la vida útil del mismo.

**4.1.1.3 INVERSIÓN DE GIRO POR CAMPO.**

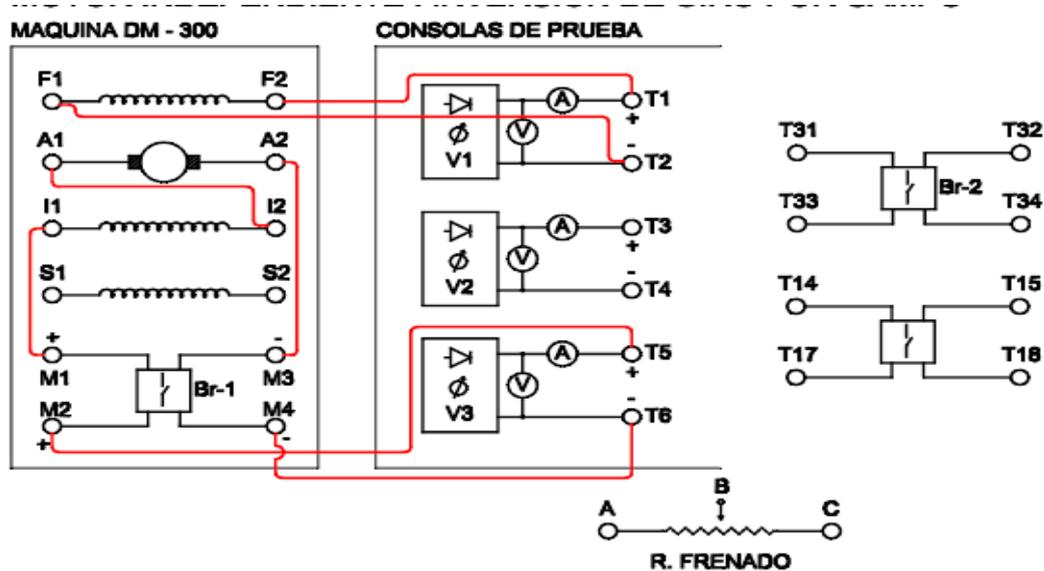
Seguir las siguientes instrucciones:

**ARRANQUE**

- a). Cablear de acuerdo al diagrama indicado en la figura No. 13
- b). Alimentar con V<sub>1</sub> igual a 70 voltios el circuito de campo.
- c). Activar la protección Br -1.
- d). Iniciando con V<sub>3</sub> en cero incrementar la tensión de armadura hasta 70 voltios.
- e). El motor debe empezar a girar desde una tensión V<sub>3</sub> aproximada de 5 voltios, pero en sentido contrario al que tenía en la prueba de arranque.
- e). Si el motor no arranca o no cambia su sentido de rotación, desactivar la protección Br-1 y revisar.
- f). Tomar las medidas que se incluyen en la tabla No. 4.

FIGURA No. 13

INVERSIÓN DE GIRO POR CORRIENTE DE CAMPO



Elaboración: El autor

TABLA No. 4

VALORES DE PRUEBA. INVERSIÓN DE GIRO POR CAMPO

ARRANQUE. MÁQUINA HAMPDEN DM-300						
$V_T$ (V)	$I_a$ (A)	$V_F$ (V)	$I_F$ (A)	$\omega$ (rpm)	$\omega$ (rad/s)	$\tau_{carga}$ (N.m)

Elaboración: El autor

**PRECAUCIÓN.** Para invertir el sentido de rotación del motor se debe cambiar la polaridad del circuito de campo y mantener la polaridad del circuito de armadura. Cambiar las dos polaridades ocasionaría que el sentido de giro se mantenga, es decir, no cambie.

**APAGADO.** Igual al indicado en el procedimiento de arranque, es decir, apagamos primero la armadura y luego el campo.

#### 4.1.1.4 INVERSIÓN DE GIRO POR ARMADURA

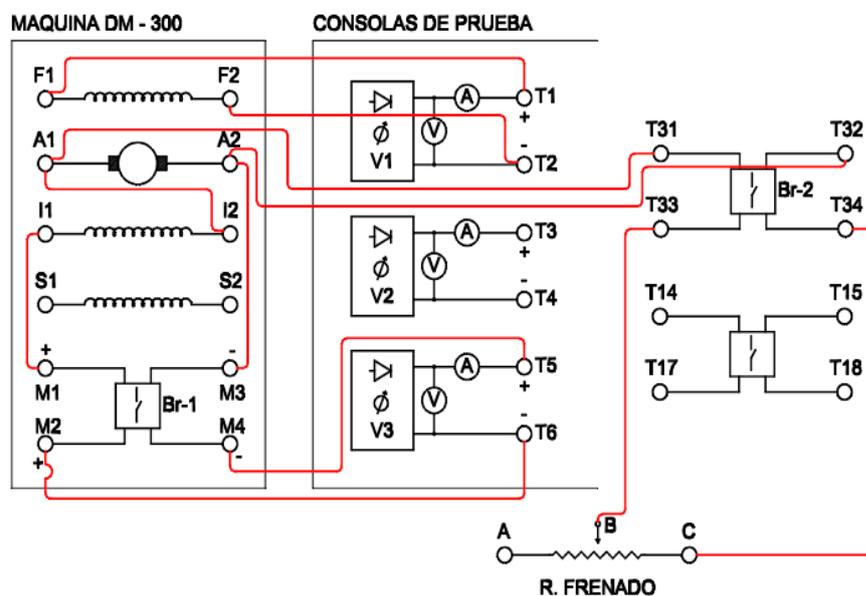
Seguir las siguientes instrucciones:

#### ARRANQUE

a). Cablear de acuerdo al diagrama indicado en la figura No. 14

FIGURA No. 14

#### INVERSIÓN DE GIRO POR CORRIENTE DE ARMADURA



**Elaboración:** El autor

- Alimentar con  $V_1$  igual a 70 voltios el circuito de campo.
- Activar la protección Br -1.
- Alimentar  $V_3$  desde 0 voltios hasta 70 voltios.
- El motor debe empezar a girar desde una tensión  $V_3$  aproximada de 5 voltios, pero en sentido contrario al que tenía antes de esta prueba.
- Si el motor no arranca o no cambia su sentido de rotación, desactivar la protección Br-1 y revisar.
- Tomar las medidas que se incluyen en la tabla No.5.

**TABLA No. 5**

**VALORES DE PRUEBA. INVERSIÓN DE GIRO POR ARMADURA**

<b>ARRANQUE. MÁQUINA HAMPDEN DM-300</b>						
<b>V<sub>T</sub>(V)</b>	<b>I<sub>a</sub>(A)</b>	<b>V<sub>F</sub>(V)</b>	<b>I<sub>F</sub>(A)</b>	<b>ω (rpm)</b>	<b>ω(rad/s)</b>	<b>τ<sub>carga</sub>(N.m)</b>

**Elaboración: El autor**

**PRECAUCIÓN.** Igual a la anotada en el caso de inversión por campo. Ver sección 4.1.1.3.

**APAGADO.** Igual al indicado en el procedimiento de arranque. Ver sección 4.1.1.2.

**4.1.1.5 FRENADO POR UNA RESISTENCIA DE DESCARGA**

- a). Cablear de acuerdo al diagrama de la figura 12. Ver sección 4.1.1.2
- b). Arrancar el motor de acuerdo al procedimiento indicado en la sección 4.1.1.2
- c). Apagar la tensión de armadura utilizando Br-1, manteniendo la tensión de campo.
- d). Regular la resistencia de frenado a mínimo 5 ohmios.
- e). Activar el sistema de interrupción auxiliar Br-2 a través del cual conectamos la resistencia de descarga a la armadura de la máquina.
- f). Al variar la resistencia de frenado, se regula el tiempo de frenado.

**PRECAUCIÓN.** Desactivar Br-1 y activar Br-2 debe ser lo más seguido posible, pero nunca al mismo tiempo. Siempre debe existir un retardo entre las dos acciones. Primero apagamos y luego descargamos (frenamos).

Se debe tener cuidado de no regular la resistencia de frenado por debajo del valor mínimo. Una corriente nominal mayor a los 23 amperios dañaría la armadura de la máquina. La resistencia a utilizar debe tener una potencia mayor de 2 kW.

Mientras dure el proceso de frenado, se debe mantener alimentado el circuito de campo.

#### **4.1.2 PRUEBA # 2: ARRANQUE E INVERSIÓN DE GIRO Y FRENADO DE UN MOTOR SERIE.**

##### **4.1.2.1 OBJETIVO**

Realizar las conexiones adecuadas en la máquina DC- Hampden DM-300, para que funcione como motor serie, verificando los siguientes aspectos.

- Arranque a tensión reducida
- Inversión de giro por corriente de campo
- Inversión de giro por corriente de armadura
- Frenado

##### **4.1.2.2 ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA**

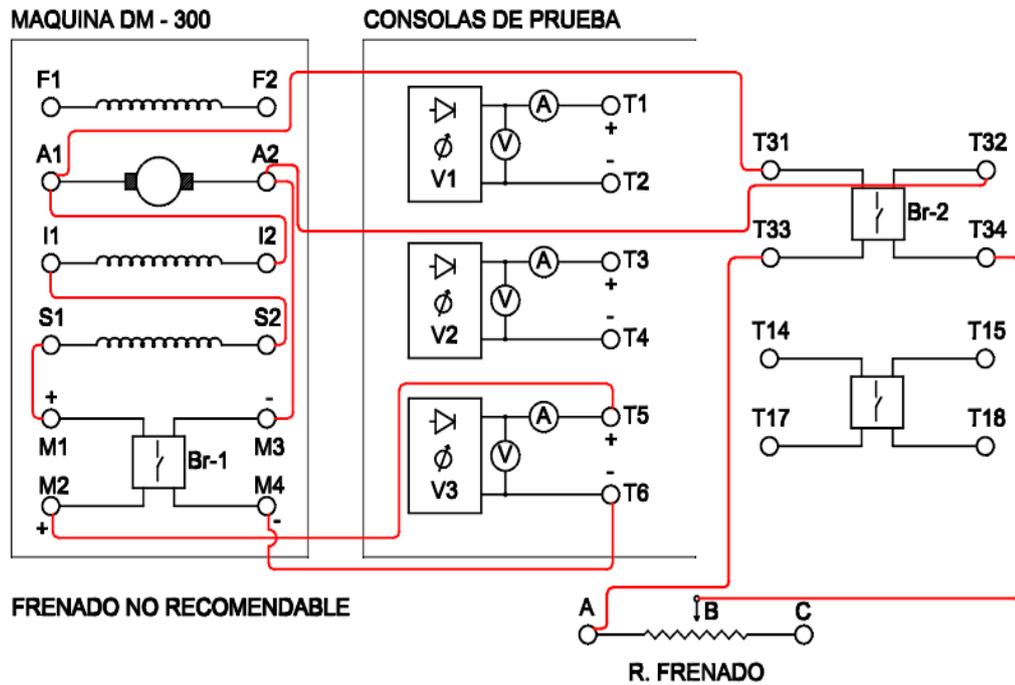
Seguir las siguientes instrucciones:

##### **ARRANQUE**

- a). Cablear de acuerdo al diagrama indicado en la figura No. 15
- b). Alimentar el circuito de campo con  $V_1$  a 70 voltios.
- c). Activar la protección Br -1.
- d). utilizando el alimentador  $V_3$ , dar tensión al circuito de armadura desde 0 voltios hasta 60 voltios.
- e). El arranque del motor deberá ser instantáneo desde una tensión de armadura de 5 voltios. Caso contrario desactivar la protección Br-1 y revisar.
- f). Tomar los valores que se muestran en la tabla No. 6

FIGURA No. 15

DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL MOTOR SERIE GIRO HORARIO



Elaboración: El autor

TABLA No. 6

VALORES EN LA PRUEBA DE ARRANQUE. MOTOR SERIE

ARRANQUE MOTOR SERIE.MÁQUINA HAMPDEN DM300						
$V_T(V)$	$I_a(A)$	$V_F(V)$	$I_F(A)$	$\omega (rpm)$	$\omega(rad/s)$	$\tau_{carga}(N.m)$

Elaboración: El autor

**PRECAUCIÓN.** El devanado de campo al estar conectado en serie con la armadura, al momento de apagar el motor, es recomendable que esté conectado en el eje la carga mecánica, es decir, evitar apagar el motor cuando está a vacío, ya que si el motor se queda sin campo, se acelera peligrosamente.

**APAGADO.** Verificar que el motor tenga carga mecánica en el eje y desconectar la armadura.

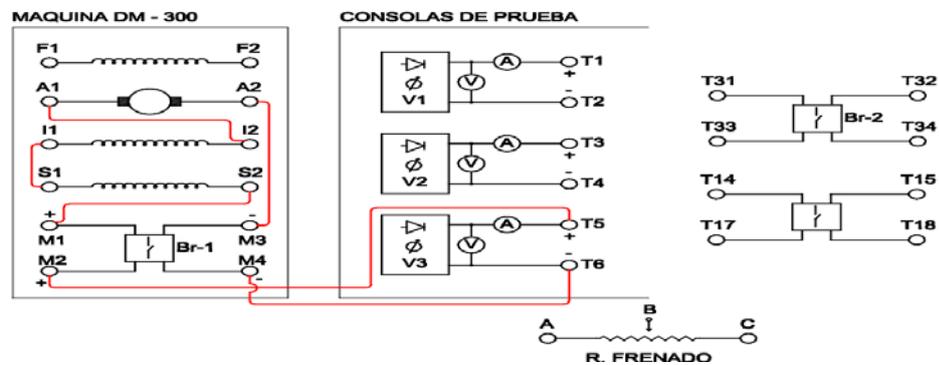
### 4.1.2.3 INVERSIÓN DE GIRO POR CAMPO Y ARMADURA.

Seguir las siguientes instrucciones:

- a). Cablear de acuerdo al diagrama indicado en la figura No. 16 para invertir el giro por campo.

FIGURA No. 16

#### DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL MOTOR SERIE. INVERSIÓN DE GIRO POR CAMPO

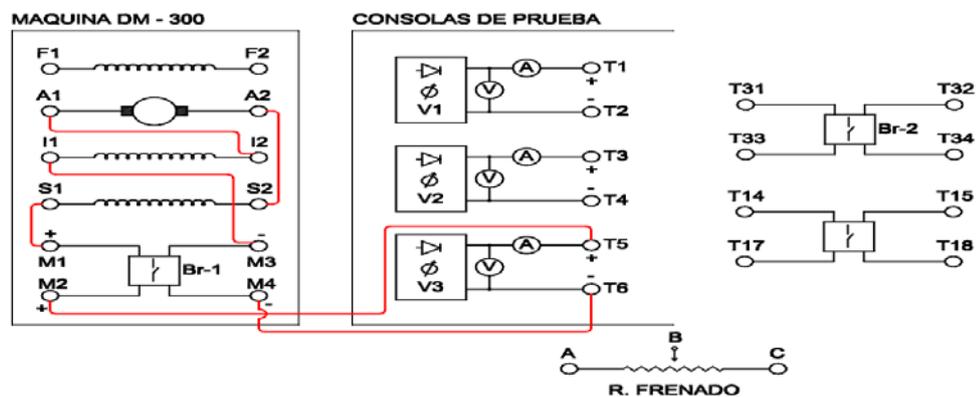


Elaboración: El autor

- b). Cablear de acuerdo al diagrama indicado en la figura No. 17 para invertir el giro por armadura.

FIGURA No. 17

#### DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL MOTOR SERIE. INVERSIÓN DE GIRO POR ARMADURA



Elaboración: El autor

c). Tomar las medidas que se incluyen en la tabla No. 7 y 8.

**TABLA No. 7**

**VALORES DE PRUEBA. INVERSIÓN DE GIRO POR CAMPO**

<b>MOTOR SERIE. MÁQUINA HAMPDEN DM-300</b>				
<b>V<sub>T</sub>(V)</b>	<b>I<sub>a</sub>(A)</b>	<b>I<sub>F</sub>(A)</b>	<b>ω (rpm)</b>	<b>τ<sub>carga</sub>(N.m)</b>

**Elaboración: El autor**

**TABLA No. 8**

**VALORES DE PRUEBA. INVERSIÓN DE GIRO POR ARMADURA**

<b>MOTOR SERIE. MÁQUINA HAMPDEN DM-300</b>				
<b>V<sub>T</sub>(V)</b>	<b>I<sub>a</sub>(A)</b>	<b>I<sub>F</sub>(A)</b>	<b>ω (rpm)</b>	<b>τ<sub>carga</sub>(N.m)</b>

**Elaboración: El autor**

**4.1.2.4 FRENADO DEL MOTOR SERIE**

No es recomendable frenar un motor serie mediante el método de corriente de descarga, ya que al apagar la armadura también se apaga el campo, lo cual hace que la tensión en la armadura del motor caiga muy rápidamente. Si la tensión tiende a cero, entonces la corriente también y si no existe corriente no se puede generar el torque de frenado.

Para frenar el motor serie se utilizan métodos de frenado mecánicos los cuales se acoplan directamente al eje del motor.

### **4.1.3 PRUEBA # 3: ARRANQUE E INVERSIÓN DE GIRO Y FRENADO DE UN MOTOR PARALELO.**

#### **4.1.3.1 OBJETIVO.**

Realizar las conexiones adecuadas en la máquina DC- Hampden DM-300, para que funcione como motor paralelo, verificando los siguientes aspectos.

- Arranque a tensión reducida
- Inversión de giro por corriente de campo
- Inversión de giro por corriente de armadura
- Frenado por medio de una resistencia de descarga

#### **4.1.3.2 ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA**

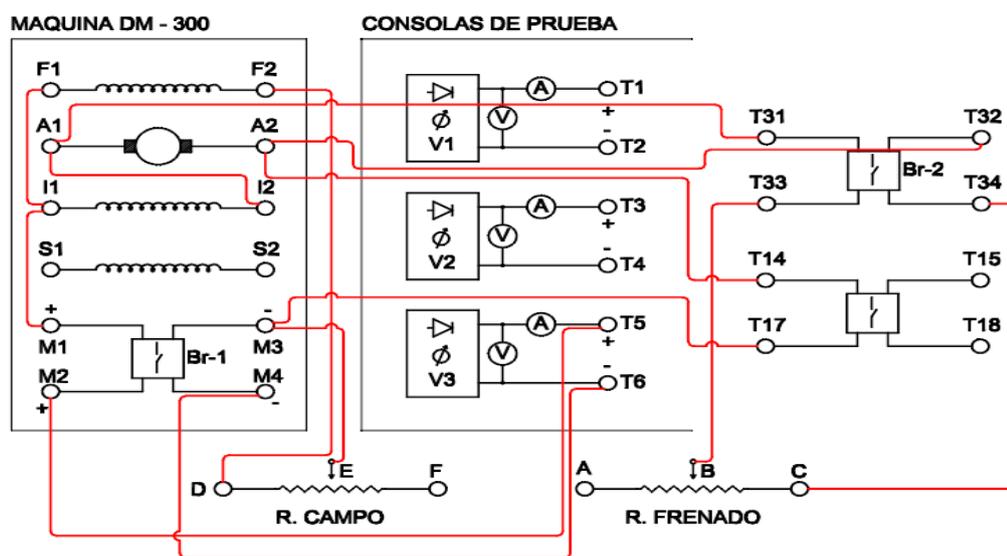
Seguir las siguientes instrucciones:

##### **ARRANQUE**

- a). Cablear de acuerdo al diagrama indicado en la figura No. 18
- b). Aplicar un torque externo al motor para que este empiece a girar. Esto es necesario porque al arrancar a tensión reducida el motor obtiene una corriente de campo muy pequeña, la cual dificulta el arranque
- c). Utilizando el alimentador  $V_3$ , dar tensión al circuito de armadura desde 0 voltios hasta 70 voltios.
- d). Asegurarse que el reóstato de campo este graduado en su valor mínimo ( $R_f = 0,5 \Omega$ ), para obtener en el intento de arranque la máxima corriente de campo posible.
- e). Si el motor no arranca, revisar el diagrama de cableado o aplicar un torque externo mayor.
- f). Tomar los valores que se muestran en la tabla No. 9.

FIGURA No. 18

DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL MOTOR PARALELO. GIRO HORARIO



Elaboracion: El autor.

TABLA No. 9

VALORES DE PRUEBA. MOTOR PARALELO

MOTOR PARALELO. MÁQUINA HAMPDEN DM-300				
$V_T$ (V)	$I_a$ (A)	$I_F$ (A)	$\omega$ (rpm)	$\tau_{carga}$ (N.m)

Elaboración: El autor

**PRECAUCIÓN.** Este motor no arranca a tensión reducida, por ello es indispensable aplicar al eje un torque externo, pero se debe cuidar que dicho torque sea aplicado en el sentido que va a girar el motor.

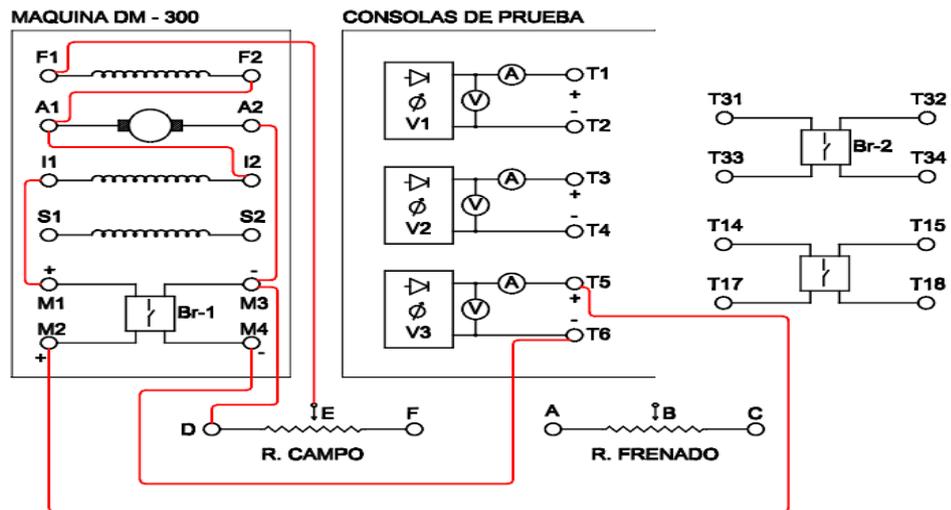
4.1.3.3 INVERSIÓN DE GIRO POR CAMPO Y ARMADURA.

a). Realizar el cableado de acuerdo al diagrama indicado en la figura No. 19 para invertir el giro por campo y la figura No. 18 para invertir el giro por armadura. Ver

figuras 19 y 20. Para este caso se debe tener siempre presente que para que el motor arranque se debe aplicar un torque externo.

**FIGURA No. 19**

**DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL MOTOR PARALELO. INVERSIÓN DE GIRO POR CAMPO**



**Elaboración: El autor**

b). Tomar las medidas que se incluyen en la tabla No. 10 y 11

**TABLA No. 10**

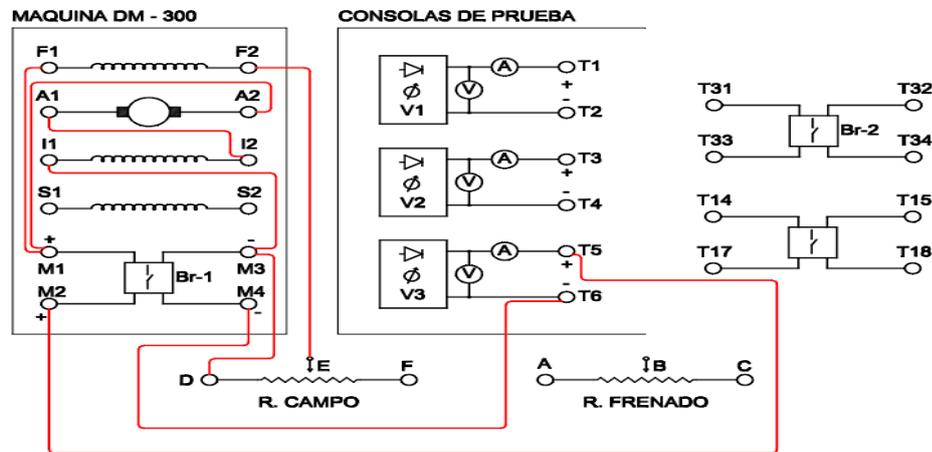
**VALORES DE PRUEBA. INVERSIÓN DE GIRO POR CAMPO**

MOTOR PARALELO. MÁQUINA HAMPDEN DM-300				
$V_T$ (V)	$I_a$ (A)	$I_F$ (A)	$\omega$ (rpm)	$\tau_{carga}$ (N.m)

**Elaboración: El autor**

FIGURA No. 20

DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL MOTOR PARALELO. INVERSIÓN DE GIRO POR ARMADURA



Elaboración: El autor

TABLA No. 11

VALORES DE PRUEBA. INVERSIÓN DE GIRO POR ARMADURA

MOTOR PARALELO. MÁQUINA HAMPDEN DM-300				
$V_T$ (V)	$I_a$ (A)	$I_F$ (A)	$\omega$ (rpm)	$\tau_{carga}$ (N.m)

Elaboración: El autor

4.1.3.4 FRENADO POR UNA RESISTENCIA DE DESCARGA

Para frenar el motor paralelo, en cualquier sentido de giro, desconectar la armadura e inmediatamente conectar la resistencia de descarga, para ello utilizar los elementos de interrupción Br-3 para desconectar la armadura y Br-2 para conectar la resistencia de frenado.

**PRECAUCIÓN.-** Primero se debe desconectar la armadura y luego activar el freno. Mientras se realiza el frenado debe mantenerse la alimentación al campo.

#### 4.1.4 PRUEBA # 4: ARRANQUE E INVERSIÓN DE GIRO Y FRENADO DE UN MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA.

##### 4.1.4.1 OBJETIVO.

Realizar las conexiones adecuadas en la máquina DC- Hampden DM-300, para que funcione como motor compuesto conexión corta, verificando los siguientes aspectos.

- Arranque a tensión reducida
- Inversión de giro por corriente de campo
- Inversión de giro por corriente de armadura
- Frenado por medio de una resistencia de descarga

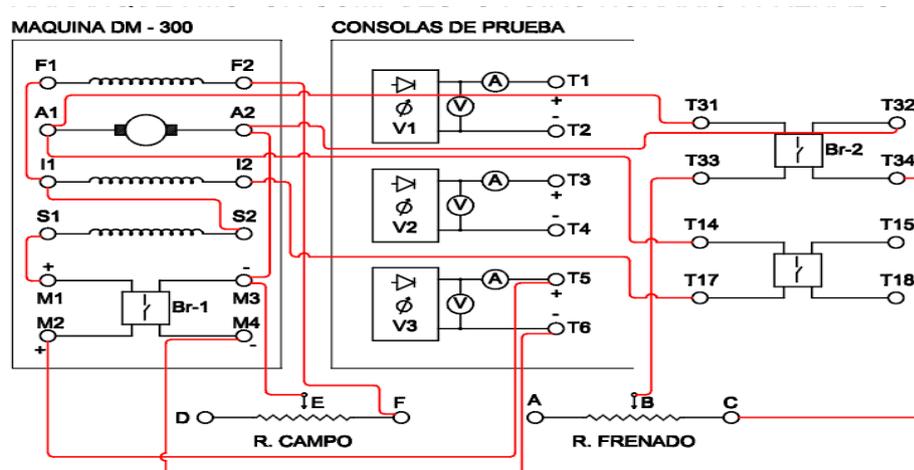
##### 4.1.4.2 ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA

##### ARRANQUE

a). Cablear de acuerdo al diagrama indicado en la figura No. 21

FIGURA No. 21

#### DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA. GIRO HORARIO



Elaboración: El autor

b). Utilizando el alimentador  $V_3$ , dar tensión al circuito de armadura desde 0 voltios hasta 70 voltios.

c). Si el motor no arranca con una tensión  $V_3$  igual a 5 voltios, apagar y revisar el diagrama de cableado.

d). Tomar los valores que se muestran en la tabla No. 12.

**TABLA No. 12**

**VALORES DE PRUEBA. MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA**

<b>MÁQUINA HAMPDEN DM-300</b>				
<b><math>V_T</math>(V)</b>	<b><math>I_a</math>(A)</b>	<b><math>I_F</math>(A)</b>	<b><math>\omega</math> (rpm)</b>	<b><math>\tau_{carga}</math>(N.m)</b>

**Elaboración: El autor**

**PRECAUCIÓN.** Este motor presenta un arranque bastante suave, debido a que en su conexión incorpora el devanado de campo serie, sin embargo se debe tener cuidado con el devanado de campo ya que desconectarlo con el motor en marcha puede resultar peligroso.

**4.1.4.3 INVERSIÓN DE GIRO POR CAMPO Y ARMADURA.**

a). Realizar el cableado de acuerdo al diagrama indicado en la figura No. 22 para invertir el giro por campo y la figura No. 23 para invertir el giro por armadura.

b). Tomar las medidas que se incluyen en la tabla No. 13 y 14.

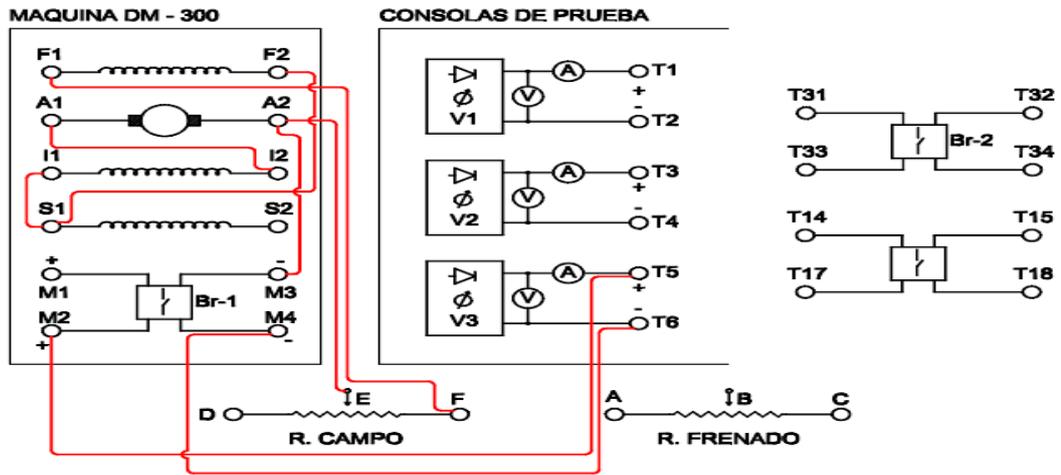
**TABLA No. 13**

**VALORES DE PRUEBA. INVERSIÓN DE GIRO POR CAMPO**

<b>MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA. MÁQUINA HAMPDEN DM-300</b>				
<b><math>V_T</math>(V)</b>	<b><math>I_a</math>(A)</b>	<b><math>I_F</math>(A)</b>	<b><math>\omega</math> (rpm)</b>	<b><math>\tau_{carga}</math>(N.m)</b>

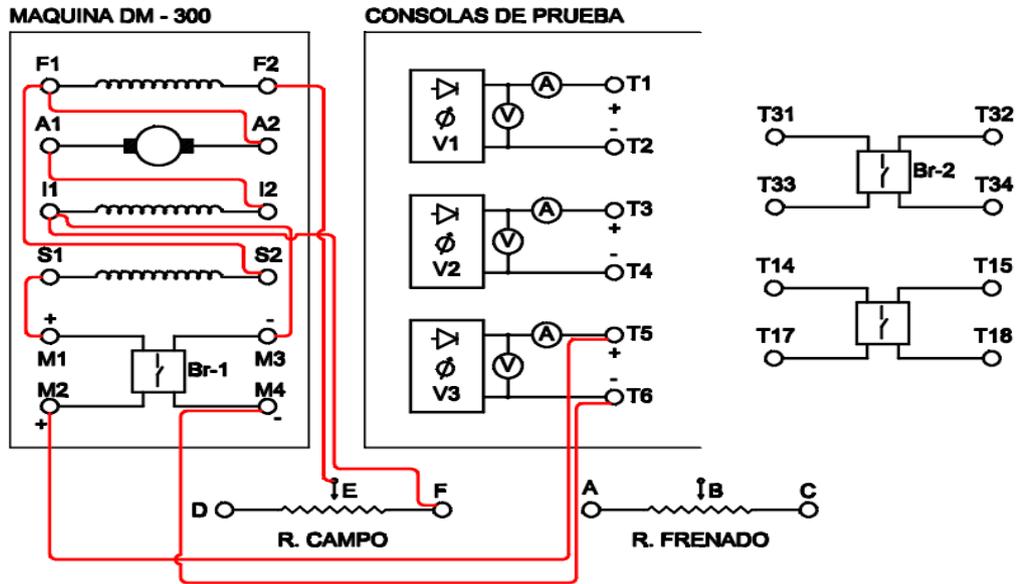
**Elaboración: El autor**

**FIGURA No. 22**  
**DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA.**  
**INVERSION DE GIRO POR CAMPO**



Elaboración: El autor

**FIGURA No. 23**  
**DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA.**  
**INVERSION DE GIRO POR ARMADURA**



Elaboración: El autor

**TABLA No. 14**

**VALORES DE PRUEBA. INVERSIÓN DE GIRO POR ARMADURA**

<b>MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA. MÁQUINA HAMPDEN DM-300.</b>				
<b><math>V_T</math>(V)</b>	<b><math>I_a</math>(A)</b>	<b><math>I_F</math>(A)</b>	<b><math>\omega</math> (rpm)</b>	<b><math>\tau_{carga}</math>(N.m)</b>

**Elaboración: El autor**

**4.1.4.4 FRENADO POR UNA RESISTENCIA DE DESCARGA**

Para desconectar la armadura utilice el elemento Br-3 y para conectar el frenado utilice Br-2, siempre existiendo un retardo entre las dos acciones. Nunca al mismo tiempo.

**PRECAUCIÓN.-** Para frenar el motor en cualquier sentido de giro, desconectar la armadura y conectar la resistencia de frenado, manteniendo la alimentación principal para que en el interior de la máquina se mantenga el campo, que para éste caso se suma el campo serie y paralelo.

**4.1.5 PRUEBA # 5: ARRANQUE E INVERSIÓN DE GIRO Y FRENADO DE UN MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA.**

**4.1.5.1 OBJETIVO.**

Realizar las conexiones adecuadas en la máquina DC- Hampden DM-300, para que funcione como motor compuesto conexión larga, verificando los siguientes aspectos.

- Arranque a tensión reducida
- Inversión de giro por corriente de campo
- Inversión de giro por corriente de armadura
- Frenado por medio de una resistencia de descarga

#### 4.1.5.2 ARRANQUE A TENSIÓN REDUCIDA

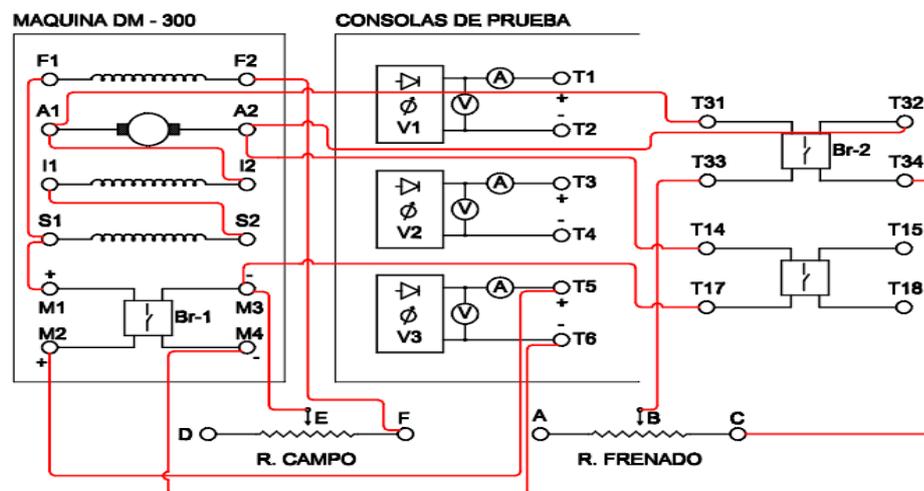
Seguir las siguientes instrucciones:

#### ARRANQUE

- Cablear de acuerdo al diagrama indicado en la figura No. 24.
- Utilizando el alimentador  $V_3$ , dar tensión al circuito de armadura desde 0 voltios hasta 70 voltios.
- Si el motor no arranca con una tensión  $V_3$  igual a 5 voltios, apagar y revisar el diagrama de cableado.
- Tomar los valores que se muestran en la tabla No. 15.

FIGURA No. 24

#### DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA. GIRO HORARIO



Elaboración: El autor

**PRECAUCIÓN.** Este motor presenta un arranque bastante suave, debido a que en su conexión incorpora el devanado de campo serie, sin embargo se debe tener cuidado con el devanado de campo ya que desconectarlo con el motor en marcha puede resultar peligroso.

**TABLA No. 15**

**VALORES DE PRUEBA. MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA**

MÁQUINA HAMPDEN DM-300				
$V_T(V)$	$I_a(A)$	$I_f(A)$	$\omega$ (rpm)	$\tau_{carga}(N.m)$

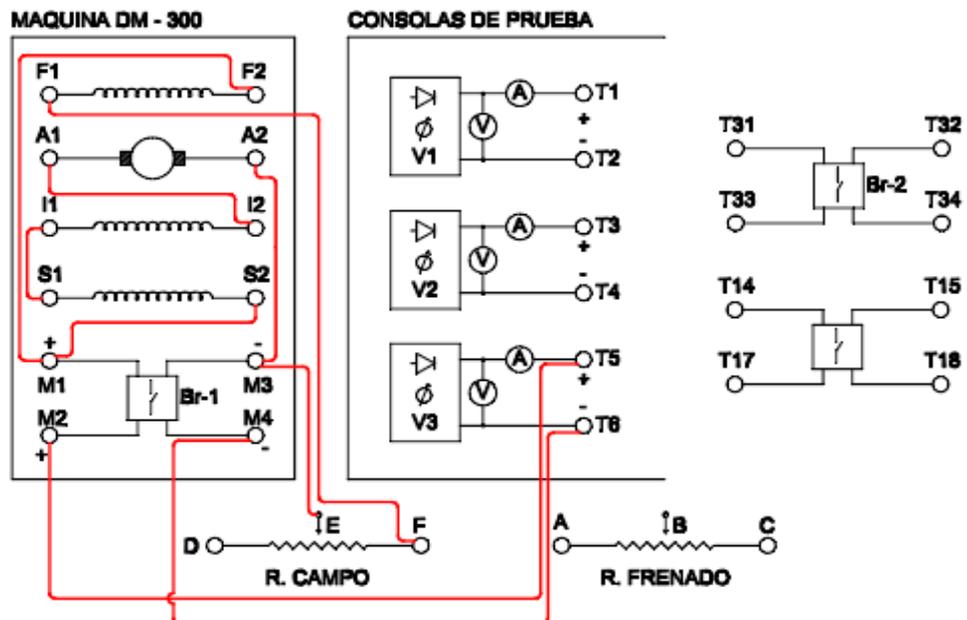
**Elaboración: El autor**

**4.1.5.3 INVERSIÓN DE GIRO POR CAMPO Y ARMADURA.**

- Realizar el cableado de acuerdo al diagrama indicado en la figura No. 25 para invertir el giro por campo y la figura No. 26 para invertir el giro por armadura.
- Tomar las medidas que se incluyen en la tabla No. 16 y 17.

**FIGURA No. 25**

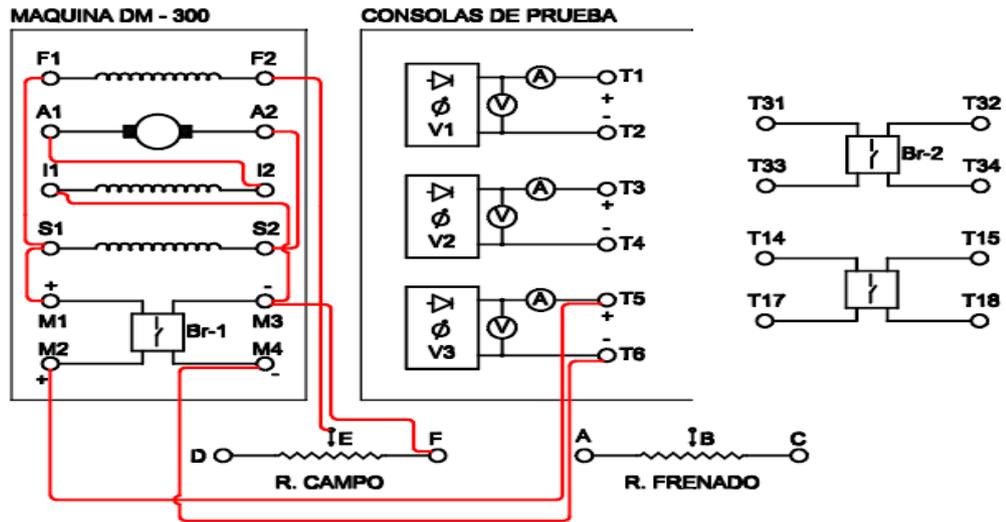
**DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA.  
INVERSIÓN DE GIRO POR CAMPO**



**Elaboración: El autor**

FIGURA No. 26

DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA.  
INVERSION DE GIRO POR ARMADURA



Elaboración: El autor

TABLA No. 16

VALORES DE PRUEBA. INVERSIÓN DE GIRO POR CAMPO

MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA. MÁQUINA HAMPDEN DM-300				
$V_T$ (V)	$I_a$ (A)	$I_F$ (A)	$\omega$ (rpm)	$\tau_{carga}$ (N.m)

Elaboración: El autor

TABLA No. 17

VALORES DE PRUEBA. INVERSIÓN DE GIRO POR ARMADURA

MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA. MÁQUINA HAMPDEN DM-300.				
$V_T$ (V)	$I_a$ (A)	$I_F$ (A)	$\omega$ (rpm)	$\tau_{carga}$ (N.m)

Elaboración: El autor

#### **4.1.5.4 FRENADO POR UNA RESISTENCIA DE DESCARGA**

Desconectar la armadura de la máquina utilizando el elemento Br-3, y conectar la resistencia de frenado utilizando Br-2, pero manteniendo el retardo necesario entre las acciones.

**PRECAUCIÓN.-** La alimentación principal debe mantenerse mientras dura el frenado, esto es necesario para mantener el campo dentro de la máquina, que en éste caso solo se mantiene el campo paralelo, ya que el bobinado serie se desconecta al momento que se interrumpe el circuito de armadura.

#### **4.1.6 PRUEBA # 6. CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTOR INDEPENDIENTE. MÉTODO COMBINADO. VARIACIÓN DE FLUJO Y SUMATORIA DE RESISTENCIA.**

##### **4.1.6.1 OBJETIVO.**

Controlar la velocidad de un motor independiente cuando trabajo bajo las siguientes condiciones:

- a). Potencia en el eje variable: Torque de carga constante a velocidad variable y torque de carga variable a velocidad constante.
- b). Potencia en el eje constante: Torque de carga variable a velocidad variable.

##### **4.1.6.2 POTENCIA EN EL EJE VARIABLE**

###### **4.1.6.2.1 TORQUE CONSTANTE, VELOCIDAD VARIABLE**

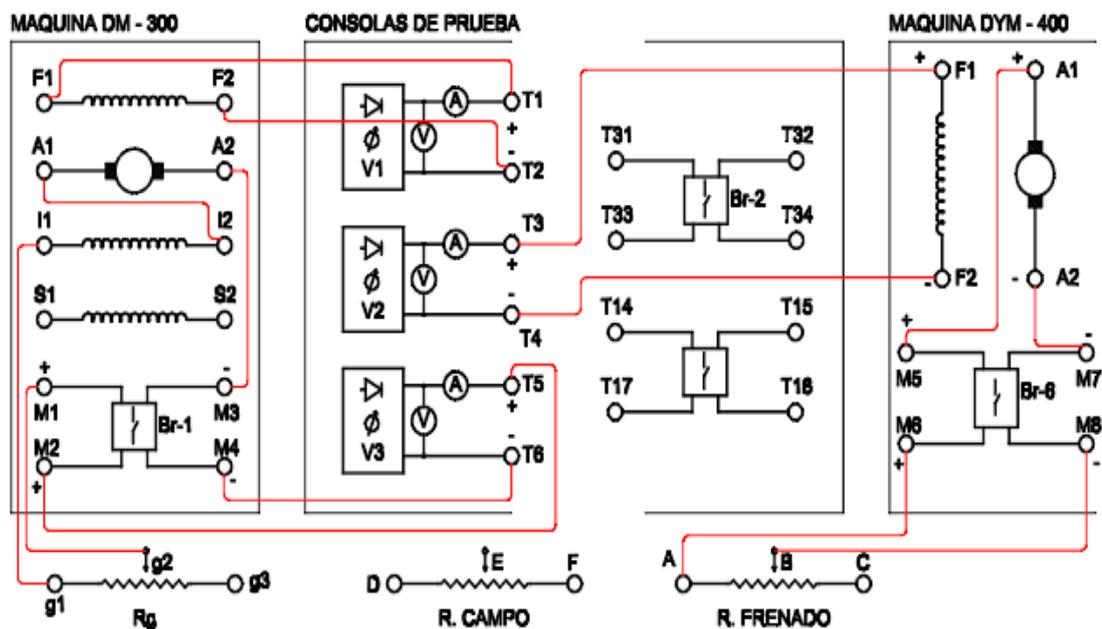
Seguir las siguientes instrucciones:

- a). Cablear de acuerdo al diagrama indicado en la figura No. 27.

- b). Arrancar el motor utilizando el alimentador  $V_3$ , dar tensión al circuito de armadura desde 0 voltios hasta 70 voltios manteniendo la resistencia de regulación ( $R_g$ ) en cero ohmios.
- c). Aplicar una tensión de campo igual a 60 voltios.

FIGURA No. 27

CONTROL DE VELOCIDAD DE UN MOTOR INDEPENDIENTE. MÉTODO COMBINADO.



Elaboración: El autor

- d). Con el motor estabilizado, incrementar el valor de  $R_g$ , el motor debe disminuir su velocidad. Si se incrementa el valor de  $R_g$ , la velocidad disminuye. Este procedimiento se conoce como el método variación de resistencias.
- e). Utilizando el alimentador  $V_2$  a un valor de 70 voltios, conectar el circuito de campo de la máquina DYN-400(dinamómetro).
- f). Mediante la protección Br-6, conectar la resistencia de carga. ( $R_{carga}= 100$  ohmios)
- g). Mediante el dinamómetro regulamos la carga (torque) necesario para la prueba.
- h). Directamente desde  $V_1$ , variamos la corriente de campo del motor. Debe cumplirse que si la corriente de campo se incrementa entonces la velocidad del motor disminuye. Esto se conoce como el método de variación de flujo.

i). Tomar los valores que se incluyen en la tabla No. 18. Regular la  $I_f$  y  $R_g$  de tal modo que se cumpla con la velocidad requerida pero manteniendo constante el torque de carga, la tensión terminal y la corriente de armadura ( $I_a$ ).

**TABLA No. 18**

**VALORES EXPERIMENTALES PARA EL MOTOR INDEPENDIENTE.  
POTENCIA EN EL EJE VARIABLE. TORQUE CONSTANTE Y  
VELOCIDAD VARIABLE**

<b>POTENCIA EN EL EJE VARIABLE: <math>P_{eje} = \tau * \omega</math></b>					
<b><math>\tau_{carga}</math>(N.m)</b>	<b><math>\omega</math> (rpm)</b>	<b><math>V_T</math>(V)</b>	<b><math>I_a</math>(A)</b>	<b><math>I_f</math>(A)</b>	<b><math>R_g</math> (<math>\Omega</math>)</b>
<b>2</b>	<b>1800</b>	<b>100</b>			
<b>2</b>	<b>1600</b>	<b>100</b>			
<b>2</b>	<b>1400</b>	<b>100</b>			
<b>2</b>	<b>1200</b>	<b>100</b>			
<b>2</b>	<b>1000</b>	<b>100</b>			

**Elaboración: El autor**

**PRECAUCIÓN.** Cuidar los valores nominales del motor, esto es 115 Voltios para  $V_T$  y 0,75 amperios para  $I_f$ .

**4.1.6.2.2 TORQUE CONSTANTE, VELOCIDAD CONSTANTE**

Se procede igual que en la sección 4.1.6.2.1. Se regula  $I_f$  y  $R_g$  para mantener la velocidad constante, variando la carga.

Los datos que se deben tomar en esta prueba se muestran en la tabla No. 19. La prueba se debe realizar para un torque de 1 a 3 N.m, con intervalos de 0,5 N.m.

**TABLA No. 19**

**MOTOR INDEPENDIENTE. POTENCIA EN EL EJE VARIABLE. TORQUE VARIABLE Y VELOCIDAD CONSTANTE**

<b>POTENCIA EN EL EJE VARIABLE: <math>P_{eje} = \tau * \omega</math></b>					
<b><math>\tau_{carga}</math>(N.m)</b>	<b><math>\omega</math> (rpm)</b>	<b><math>V_T</math>(V)</b>	<b><math>I_a</math>(A)</b>	<b><math>I_F</math>(A)</b>	<b><math>R_g</math> (<math>\Omega</math>)</b>
<b>1</b>	<b>1800</b>	<b>100</b>			
<b>1,5</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			
<b>-</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			
<b>3</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			

**Elaboración: El autor**

**4.1.6.3 POTENCIA EN EL EJE CONSTANTE**

**4.1.6.3.1 TORQUE DE CARGA VARIABLE, VELOCIDAD VARIABLE.**

Se procede igual que en la sección 4.1.6.2.1. y 4.1.6.2.2. Se debe regular  $I_f$  y  $R_g$  para mantener constante la potencia en el eje del motor, esto lleva a tener especial atención en calibrar los puntos de operación del motor con la regulación del torque y velocidad.

Se deben tomar los valores de las variables que se muestran en la tabla No. 20.

**4.1.7 PRUEBA # 7. CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTOR PARALELO. MÉTODO COMBINADO. VARIACIÓN DE FLUJO Y SUMATORIA DE RESISTENCIA.**

**4.1.7.1 OBJETIVO.**

Controlar la velocidad de un motor paralelo cuando trabaja bajo las siguientes condiciones:

- a). Potencia en el eje variable: Torque de carga constante a velocidad variable y torque de carga variable a velocidad constante.
- b). Potencia en el eje constante: Torque de carga variable a velocidad variable.

**TABLA No. 20**

**VALORES EXPERIMENTALES PARA EL MOTOR INDEPENDIENTE.  
POTENCIA EN EL EJE CONSTANTE. TORQUE VARIABLE Y  
VELOCIDAD VARIABLE.**

$\tau_{\text{carga}}(\text{N.m})$	$\omega$ (rpm)	$\tau^*\omega=K$	$V_T(\text{V})$	$I_a(\text{A})$	$I_F(\text{A})$	$R_g(\Omega)$
<b>1</b>	<b>1800</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			
<b>1,1</b>	<b>1636</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			
<b>1.2</b>	<b>1500</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			
<b>1.3</b>	<b>1385</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			
<b>1.4</b>	<b>1286</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			
<b>1.5</b>	<b>1200</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			

**Elaboración: El autor**

**4.1.7.2 POTENCIA EN EL EJE VARIABLE**

**4.1.7.2.1 TORQUE CONSTANTE, VELOCIDAD VARIABLE**

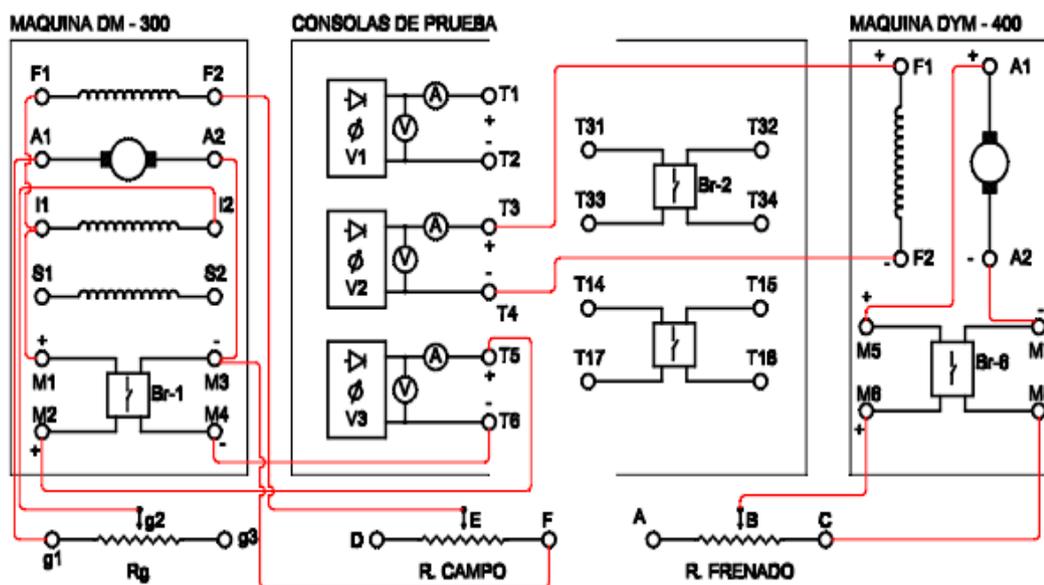
Seguir las siguientes instrucciones:

- a). Cablear de acuerdo al diagrama indicado en la figura No. 28.
- b). Arrancar el motor utilizando el alimentador  $V_3$ , dar tensión al circuito de armadura desde 0 voltios hasta 70 voltios manteniendo la resistencia de regulación ( $R_g$ ) en cero ohmios.
- c). Aplicar una tensión de campo igual a 60 voltios.

- d). Con el motor estabilizado, incrementar el valor de  $R_g$ , el motor debe disminuir su velocidad. Si se incrementa el valor de  $R_g$ , la velocidad disminuye. Este procedimiento se conoce como el método variación de resistencias.
- e). Utilizando el alimentador  $V_2$  a un valor de 70 voltios, conectar el circuito de campo de la máquina DYN-400(dinamómetro).
- f). Mediante la protección Br-6, conectar la resistencia de carga. ( $R_{carga}= 100$  ohmios)
- g). Mediante el dinamómetro regulamos la carga (torque) necesario para la prueba.
- h). Directamente desde  $V_1$ , variamos la corriente de campo del motor. Debe cumplirse que si la corriente de campo se incrementa entonces la velocidad del motor disminuye. Esto se conoce como el método de variación de flujo.
- i). Tomar los valores que se incluyen en la tabla No. 21. Regular la  $I_f$  y  $R_g$  de tal modo que se cumpla con la velocidad requerida pero manteniendo constante el torque de carga, la tensión terminal y la corriente de armadura ( $I_a$ ).

FIGURA No. 28

CONTROL DE VELOCIDAD DE UN MOTOR PARALELO. MÉTODO VARIACIÓN DE FLUJO Y SUMATORIA DE RESISTENCIA.



Elaboración: El autor

**TABLA No. 21**

**VALORES EXPERIMENTALES PARA EL MOTOR PARALELO.  
POTENCIA EN EL EJE VARIABLE. TORQUE CONSTANTE Y  
VELOCIDAD VARIABLE**

<b>POTENCIA EN EL EJE VARIABLE: <math>P_e = \tau \cdot \omega</math></b>					
<b><math>\tau</math>carga(N.m)</b>	<b><math>\omega</math>(rpm)</b>	<b><math>V_T</math>(V)</b>	<b><math>I_a</math>(A)</b>	<b><math>I_F</math>(A)</b>	<b><math>R_g</math>(<math>\Omega</math>)</b>
<b>2</b>	<b>1800</b>	<b>100</b>			
<b>2</b>	<b>1600</b>	<b>100</b>			
<b>2</b>	<b>1400</b>	<b>100</b>			
<b>2</b>	<b>1200</b>	<b>100</b>			
<b>2</b>	<b>1000</b>	<b>100</b>			

**Elaboración: El autor**

**PRECAUCIÓN.** Cuidar los valores nominales del motor, esto es 115 Voltios para  $V_T$  y 0,75 amperios para  $I_F$ .

#### **4.1.7.2.2 TORQUE CONSTANTE, VELOCIDAD CONSTANTE**

Se procede igual que en la sección 4.1.7.2.1. Se regula  $I_F$  y  $R_g$  para mantener la velocidad constante, variando la carga.

Los datos que se deben tomar en esta prueba se muestran en la tabla No. 22.

#### **4.1.7.3 POTENCIA EN EL EJE CONSTANTE**

##### **4.1.7.3.1 TORQUE DE CARGA VARIABLE, VELOCIDAD VARIABLE.**

Se procede igual que en la sección 4.1.7.2.1. y 4.1.7.2.2. Se debe regular  $I_f$  y  $R_g$  para mantener constante la potencia en el eje del motor, esto lleva a tener especial

atención en calibrar los puntos de operación del motor con la regulación del torque y velocidad.

Se deben tomar los valores de las variables que se muestran en la tabla No. 23.

**TABLA No. 22**  
**VALORES EXPERIMENTALES PARA EL MOTOR PARALELO.**  
**POTENCIA EN EL EJE VARIABLE. TORQUE VARIABLE Y VELOCIDAD**  
**CONSTANTE**

<b>POTENCIA EN EL EJE VARIABLE: <math>P_e = \tau \cdot \omega</math></b>					
<b><math>\tau_{carga}</math>(N.m)</b>	<b><math>\omega</math> (rpm)</b>	<b><math>V_T</math>(V)</b>	<b><math>I_a</math>(A)</b>	<b><math>I_F</math>(A)</b>	<b><math>R_g</math> (<math>\Omega</math>)</b>
<b>1</b>	<b>1800</b>	<b>100</b>			
<b>1,5</b>	<b>1800</b>	<b>100</b>			
<b>2</b>	<b>1800</b>	<b>100</b>			
<b>2,5</b>	<b>1800</b>	<b>100</b>			
<b>3</b>	<b>1800</b>	<b>100</b>			

**Elaboración: El autor**

#### **4.1.8 PRUEBA # 8. CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA. MÉTODO COMBINADO. VARIACIÓN DE FLUJO Y SUMATORIA DE RESISTENCIA.**

##### **4.1.8.1 OBJETIVO.**

Controlar la velocidad de un motor compuesto conexión corta cuando trabaja bajo las siguientes condiciones:

- a). Potencia en el eje variable: Torque de carga constante a velocidad variable y torque de carga variable a velocidad constante.
- b). Potencia en el eje constante: Torque de carga variable a velocidad variable.

**TABLA No. 23**  
**VALORES EXPERIMENTALES PARA EL MOTOR PARALELO.**  
**POTENCIA EN EL EJE CONSTANTE. TORQUE VARIABLE Y**  
**VELOCIDAD VARIABLE.**

<b>POTENCIA EN EL EJE CONSTANTE: <math>P_{eje} = \tau^* \omega</math></b>						
<b><math>\tau</math>carga(N.m)</b>	<b><math>\omega</math> (rpm)</b>	<b><math>\tau^* \omega = K</math></b>	<b><math>V_T</math>(V)</b>	<b><math>I_a</math>(A)</b>	<b><math>I_F</math>(A)</b>	<b><math>R_g(\Omega)</math></b>
<b>1</b>	<b>1800</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			
<b>1,1</b>	<b>1636</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			
<b>1.2</b>	<b>1500</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			
<b>1.3</b>	<b>1385</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			
<b>1.4</b>	<b>1286</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			
<b>1.5</b>	<b>1200</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			

**Elaboración: El autor**

#### **4.1.8.2 POTENCIA EN EL EJE VARIABLE**

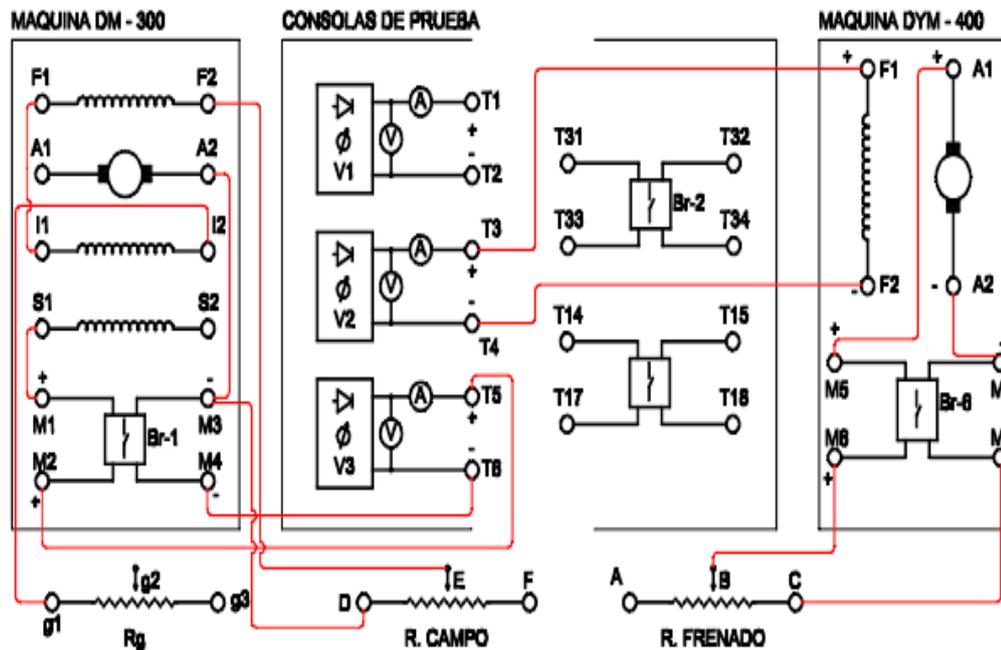
##### **4.1.8.2.1 TORQUE CONSTANTE, VELOCIDAD VARIABLE**

Seguir las siguientes instrucciones:

- a). Cablear de acuerdo al diagrama indicado en la figura No. 29.
- b). Arrancar el motor utilizando el alimentador  $V_3$ , dar tensión al circuito de armadura desde 0 voltios hasta 70 voltios manteniendo la resistencia de regulación ( $R_g$ ) en cero ohmios.
- c). Aplicar una tensión de campo igual a 60 voltios.
- d). Con el motor estabilizado, incrementar el valor de  $R_g$ , el motor debe disminuir su velocidad. Si se incrementa el valor de  $R_g$ , la velocidad disminuye. Este procedimiento se conoce como el método variación de resistencias.

FIGURA No. 29

**CONTROL DE VELOCIDAD DE UN MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA.  
MÉTODO VARIACIÓN DE FLUJO Y SUMATORIA DE RESISTENCIA.**



Elaboración: El autor

- e). Utilizando el alimentador  $V_2$  a un valor de 70 voltios, conectar el circuito de campo de la máquina DYN-400(dinamómetro).
- f). Mediante la protección Br-6, conectar la resistencia de carga. ( $R_{carga} = 100$  ohmios)
- g). Mediante el dinamómetro regulamos la carga (torque) necesario para la prueba.
- h). Directamente desde  $V_1$ , variamos la corriente de campo del motor. Debe cumplirse que si la corriente de campo se incrementa entonces la velocidad del motor disminuye. Esto se conoce como el método de variación de flujo.
- i). Tomar los valores que se incluyen en la tabla No. 24. Regular la  $I_f$  y  $R_g$  de tal modo que se cumpla con la velocidad requerida pero manteniendo constante el torque de carga, la tensión terminal y la corriente de armadura ( $I_a$ ).

**PRECAUCIÓN.** Cuidar los valores nominales del motor, esto es 115 Voltios para  $V_T$  y 0,75 amperios para  $I_F$ .

**TABLA No. 24****MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA. POTENCIA EN EL EJE VARIABLE. TORQUE CONSTANTE Y VELOCIDAD VARIABLE**

<b>POTENCIA EN EL EJE VARIABLE: <math>P_{eje} = \tau * \omega</math></b>					
$\tau_{carga}(N.m)$	$\omega$ (rpm)	$V_T(V)$	$I_a(A)$	$I_F(A)$	$R_g(\Omega)$
2	1800	100			
2	1600	100			
2	-	100			
2	1000	100			

**Elaboración: El autor****4.1.8.2.2 TORQUE CONSTANTE, VELOCIDAD CONSTANTE**

Se procede igual que en la sección 4.1.8.2.1. Se regula  $I_F$  y  $R_g$  para mantener la velocidad constante, variando la carga. Los datos que se deben tomar en esta prueba se muestran en la tabla No. 25.

**TABLA No. 25****VALORES EXPERIMENTALES PARA EL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA. POTENCIA EN EL EJE VARIABLE. TORQUE VARIABLE Y VELOCIDAD CONSTANTE**

<b>POTENCIA EN EL EJE VARIABLE: <math>P_{eje} = \tau * \omega</math></b>					
$\tau_{carga}(N.m)$	$\omega$ (rpm)	$V_T(V)$	$I_a(A)$	$I_F(A)$	$R_g(\Omega)$
1	1800	100			
1,5	1800	100			
-	1800	100			
2,5	1800	100			

**Elaboración: El autor**

### 4.1.8.3 POTENCIA EN EL EJE CONSTANTE

#### 4.1.8.3.1 TORQUE DE CARGA VARIABLE, VELOCIDAD VARIABLE.

Se procede igual que en la sección 4.1.8.2.1. y 4.1.8.2.2. Se debe regular  $I_f$  y  $R_g$  para mantener constante la potencia en el eje del motor, esto lleva a tener especial atención en calibrar los puntos de operación del motor con la regulación del torque y velocidad.

Se deben tomar los valores de las variables que se muestran en la tabla No. 26.

**TABLA No. 26**  
**VALORES EXPERIMENTALES PARA EL MOTOR COMPUESTO**  
**CONEXIÓN CORTA. POTENCIA EN EL EJE CONSTANTE. TORQUE**  
**VARIABLE Y VELOCIDAD VARIABLE.**

<b>POTENCIA EN EL EJE CONSTANTE: <math>P_{eje} = \tau \cdot \omega</math></b>						
<b><math>\tau</math>carga(N.m)</b>	<b><math>\omega</math> (rpm)</b>	<b><math>\tau \cdot \omega = K</math></b>	<b><math>V_T</math>(V)</b>	<b><math>I_a</math>(A)</b>	<b><math>I_f</math>(A)</b>	<b><math>R_g(\Omega)</math></b>
<b>1</b>	<b>1800</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			
<b>1,1</b>	<b>1636</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			
<b>1.2</b>	<b>1500</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			
<b>1.3</b>	<b>1385</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			
<b>1.4</b>	<b>1286</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			
<b>1.5</b>	<b>1200</b>	<b>K</b>	<b>100</b>			

**Elaboración: El autor**

### 4.1.9 PRUEBA # 9: RENDIMIENTO MOTOR INDEPENDIENTE.

#### 4.1.9.1 OBJETIVO.

Determinar las siguientes características de operación de un motor independiente:

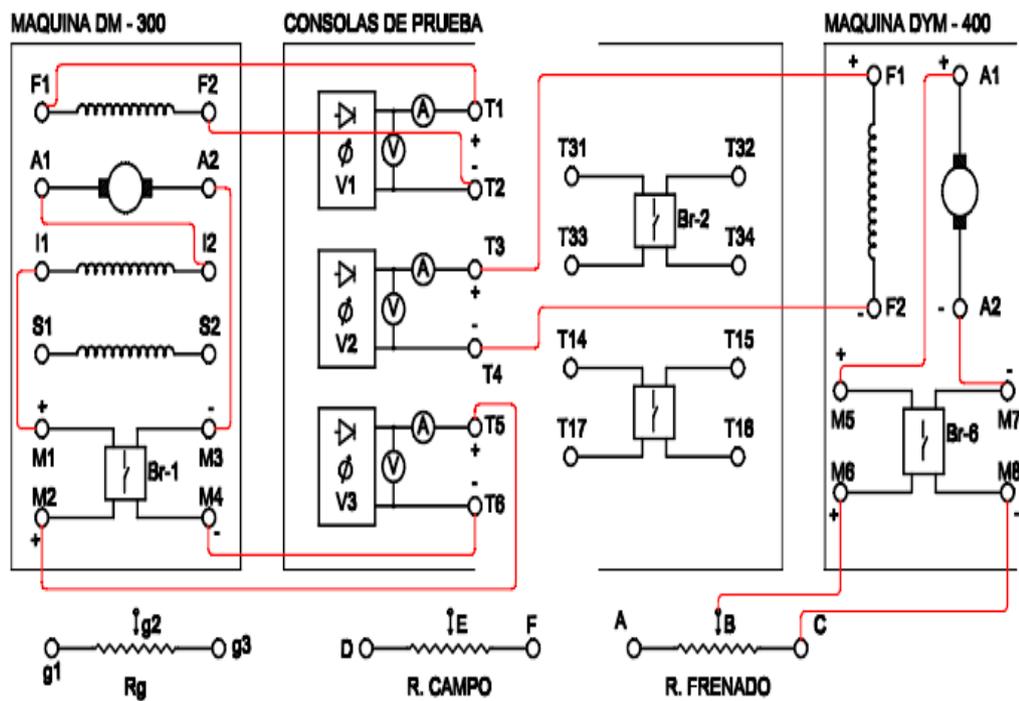
- a). Flujo de potencia.
- b). La relación entre la velocidad y el torque de carga con interpolo y sin interpolos.
- c). La relación entre las pérdidas mecánicas y el torque de carga.
- d). La relación entre el rendimiento y el torque de carga.
- e). Obtención del porcentaje de regulación de velocidad.

#### 4.1.9.2 RENDIMIENTO MOTOR INDEPENDIENTE CON INTERPOLO.

- a). Conectar las máquinas tal como se muestra en la figura No. 30

FIGURA No. 30

#### RENDIMIENTO DE UN MOTOR INDEPENDIENTE CON INTERPOLOS



Elaboración: El autor

- b). Tomar los valores de las variables que se muestran en la tabla No. 27. La lectura se tomara cada 0,25 N.m, manteniendo constante  $V_T$  e  $I_F$ .

**TABLA No. 27****VALORES EXPERIMENTALES PARA EL MOTOR INDEPENDIENTE  
CON INTERPOLOS**

<b>V<sub>T</sub></b> <b>(V)</b>	<b>I<sub>a</sub></b> <b>(A)</b>	<b>I<sub>F</sub></b> <b>(A)</b>	<b>R<sub>a</sub></b> <b>(Ω)</b>	<b>R<sub>i</sub></b> <b>(Ω)</b>	<b>ω</b> <b>(rpm)</b>	<b>T<sub>carga</sub></b> <b>(N.m)</b>	<b>n</b> <b>(%)</b>	<b>R ω</b> <b>(%)</b>	<b>Pérdidas</b> <b>mecánicas</b>
<b>100</b>		<b>0,4</b>				<b>0,75</b>			
<b>100</b>		<b>0,4</b>				<b>1</b>			
<b>100</b>		<b>0,4</b>				<b>1,25</b>			
<b>100</b>		<b>0,4</b>				<b>-</b>			
<b>100</b>		<b>0,4</b>				<b>6,5</b>			

**Elaboración: El autor****4.1.9.3 RENDIMIENTO MOTOR INDEPENDIENTE SIN INTERPOLO.**

Se repite el procedimiento de la sección 4.1.9.2, pero ahora sin interpolo. Los valores de la prueba se registran en la tabla No. 28.

**TABLA No. 28****VALORES EXPERIMENTALES PARA EL MOTOR INDEPENDIENTE SIN  
INTERPOLOS**

<b>V<sub>T</sub></b> <b>(V)</b>	<b>I<sub>a</sub></b> <b>(A)</b>	<b>I<sub>F</sub></b> <b>(A)</b>	<b>R<sub>a</sub></b> <b>(Ω)</b>	<b>R<sub>i</sub></b> <b>(Ω)</b>	<b>ω (rpm)</b>	<b>T<sub>carga</sub></b> <b>(N.m)</b>	<b>n</b> <b>(%)</b>	<b>R ω</b> <b>(%)</b>	<b>Pérdidas</b> <b>mecánicas</b>
<b>100</b>		<b>0,4</b>				<b>0,75</b>			
<b>100</b>		<b>0,4</b>				<b>1</b>			
<b>100</b>		<b>0,4</b>				<b>1,25</b>			
<b>100</b>		<b>0,4</b>				<b>-</b>			
<b>100</b>		<b>0,4</b>				<b>6,5</b>			

**Elaboracion: El autor**

#### 4.1.9.4 CÁLCULO DE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR INDEPENDIENTE CON INTERPOLO.

Con los valores obtenidos experimentalmente se determinan los valores de las variables que se incluyen en la tabla No. 29.

**TABLA No. 29**

#### PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR INDEPENDIENTE CON INTERPOLO

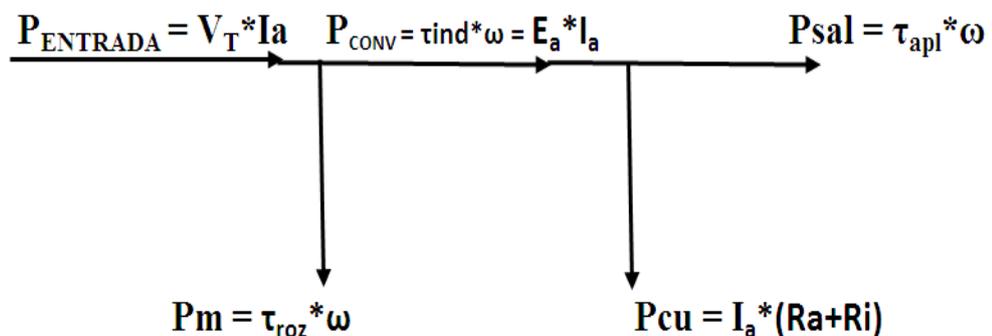
$T_{carga}$ a	$P_{entrada}$ (w)	$P_{cu}$ (w)	$P_{conv}$ (w)	$\tau_{ind}$ (N.m)	$\tau_{roz}$ (N.m)	$P_m$ (w)	$P_{eje}$ (w)	n (%)	$R \omega$ (%)
0,75									
1									
-									
6,5									

Elaboración: El autor

El flujo de potencias que se tabula en la tabla 27, se puede apreciar en la figura No. 31.

**FIGURA No. 31**

#### FLUJO DE POTENCIA MOTOR INDEPENDIENTE CON INTERPOLO



### **Elaboración: El autor**

El porcentaje de rendimiento y el porcentaje de regulación de velocidad se calcula con las siguientes ecuaciones.

$$\%n = \left( \frac{Peje}{Pent} \right) * 100$$

$$\%Rn = \left( \frac{no - nplencarga}{nplencarga} \right) * 100$$

Dónde:

$\omega_o$  = velocidad a vacío

$\omega_{plencarga}$  = velocidad a plena carga

#### **4.1.9.5 CÁLCULO DE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR INDEPENDIENTE SIN INTERPOLO.**

Se repite el procedimiento de la sección 4.1.9.4. Los datos se tabulan en la tabla No. 30.

#### **4.1.9.6 COMPARACIÓN DE LAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR INDEPENDIENTE CON Y SIN INTERPOLO.**

Se deberá realizar una comparación de las características que presenta el motor independiente cuando trabaja con y sin interpolo. Para esto se construirá las gráficas entre las siguientes variables tanto cuando el motor trabaja con interpolo y sin interpolo:

- $\omega$  (rpm) y  $\tau_{carga}$ (N.m)
- $P_m(\omega)$  y  $\tau_{carga}$ (N.m)
- $\%n$  y  $\tau_{carga}$ (N.m)

**TABLA No. 30**

**PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR INDEPENDIENTE  
SIN INTERPOLO**

<b>T<sub>carga</sub></b>	<b>P<sub>entrada</sub></b>	<b>P<sub>cu</sub></b>	<b>P<sub>conv</sub></b>	<b><math>\tau_{ind}</math></b>	<b><math>\tau_{roz}</math></b>	<b>P<sub>m</sub></b>	<b>P<sub>eje</sub></b>	<b>n</b>	<b>R<sub><math>\omega</math></sub></b>
<b>a</b>	<b>a (w)</b>	<b>(w)</b>	<b>(w)</b>	<b>(N.m)</b>	<b>(N.m)</b>	<b>(w)</b>	<b>(w)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
<b>0,75</b>									
<b>1</b>									
<b>-</b>									
<b>6,5</b>									

**Elaboración: El autor**

**4.1.10 PRUEBA # 10: RENDIMIENTO MOTOR PARALELO.**

**4.1.10.1 OBJETIVO.**

Determinar las siguientes características de operación de un motor paralelo:

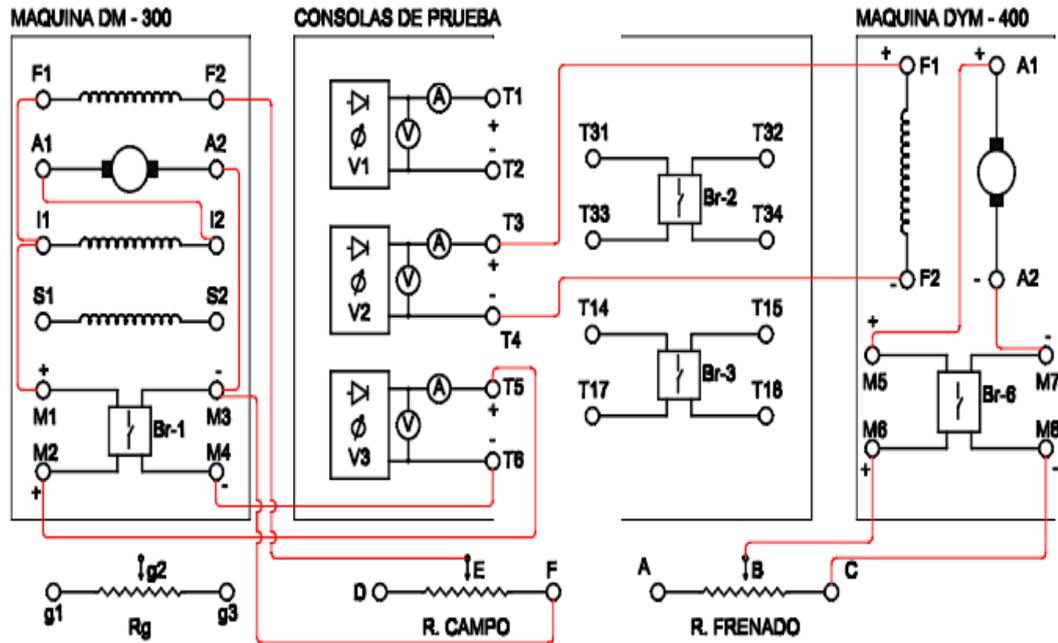
- Flujo de potencia.
- La relación entre la velocidad y el torque de carga con interpolo y sin interpolos.
- La relación entre las pérdidas mecánicas y el torque de carga.
- La relación entre el rendimiento y el torque de carga.
- Obtención del porcentaje de regulación de velocidad.

**4.1.10.2 RENDIMIENTO MOTOR PARALELO CON INTERPOLO.**

- Conectar las máquinas tal como se muestra en la figura No. 32
- Tomar los valores de las variables que se muestran en la tabla No. 31. La lectura se tomara cada 0,25 N.m, manteniendo constante  $V_T$  e  $I_F$ .

FIGURA No. 32

RENDIMIENTO DE UN MOTOR PARALELO CON INTERPOLOS



Elaboración: El autor

TABLA No. 31

VALORES EXPERIMENTALES PARA EL MOTOR PARALELO CON INTERPOLOS

$V_T$ (V)	$I_a$ (A)	$I_F$ (A)	$R_a$ ( $\Omega$ )	$R_i$ ( $\Omega$ )	$\omega$ (rpm)	Tcarga (N.m)	n (%)	$R \omega$ (%)	Pérdidas mecánicas
100		0,4				0,75			
100		0,4				1			
100		0,4				1,25			
100		0,4				-			
100		0,4				6,5			

Elaboración: El autor

#### 4.1.10.3 RENDIMIENTO MOTOR PARALELO SIN INTERPOLO.

Se repite el procedimiento de la sección 4.1.10.2, pero ahora sin interpolo. Los valores de la prueba se registran en la tabla No. 32.

**TABLA No. 32**

#### **VALORES EXPERIMENTALES PARA EL MOTOR PARALELO SIN INTERPOLOS**

<b>V<sub>T</sub></b> <b>(V)</b>	<b>I<sub>a</sub></b> <b>(A)</b>	<b>I<sub>F</sub></b> <b>(A)</b>	<b>R<sub>a</sub></b> <b>(Ω)</b>	<b>R<sub>i</sub></b> <b>(Ω)</b>	<b>ω</b> <b>(rpm)</b>	<b>T<sub>carga</sub></b> <b>(N.m)</b>	<b>n</b> <b>(%)</b>	<b>R ω</b> <b>(%)</b>	<b>Pérdidas</b> <b>mecánicas</b>
<b>100</b>		<b>0,4</b>				<b>0,75</b>			
<b>100</b>		<b>0,4</b>				<b>1</b>			
<b>100</b>		<b>0,4</b>				<b>1,25</b>			
<b>100</b>		<b>0,4</b>				<b>-</b>			
<b>100</b>		<b>0,4</b>				<b>6,5</b>			

**Elaboración: El autor**

#### 4.1.10.4 CÁLCULO DE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR PARALELO CON INTERPOLO.

Con los valores obtenidos experimentalmente se determinan los valores de las variables que se incluyen en la tabla No. 33.

El flujo de potencias que se tabula en la tabla 33, se puede apreciar en la figura No. 33.

**TABLA No. 33**

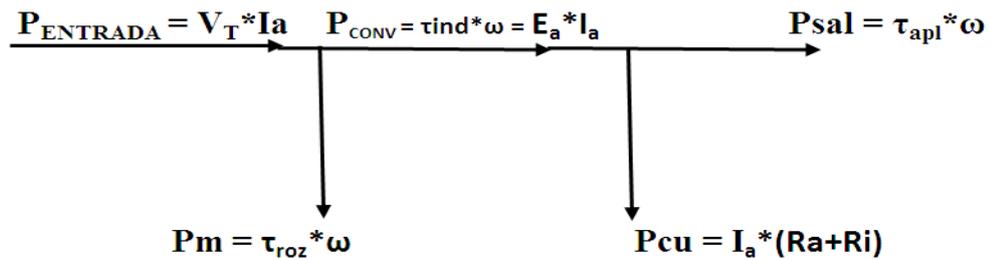
**PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR PARALELO CON INTERPOLO**

<b>T<sub>carg</sub> a</b>	<b>P<sub>entrad</sub> a (w)</b>	<b>P<sub>cu</sub> (w)</b>	<b>P<sub>conv</sub> (w)</b>	<b>τ<sub>ind</sub> (N.m)</b>	<b>τ<sub>roz</sub> (N.m)</b>	<b>P<sub>m</sub> (w)</b>	<b>P<sub>eje</sub> (w)</b>	<b>n (%)</b>	<b>R ω (%)</b>
<b>0,75</b>									
<b>1</b>									
<b>-</b>									
<b>6,5</b>									

**Elaboración: El autor**

**FIGURA No. 33**

**FLUJO DE POTENCIA DEL MOTOR PARALELO**



**Elaboración: El autor**

El porcentaje de rendimiento y el porcentaje de regulación de velocidad se calcula con las siguientes ecuaciones.

$$\%n = \left( \frac{P_{eje}}{P_{ent}} \right) * 100$$

$$\%Rn = \left( \frac{n_0 - n_{\text{plenacarga}}}{n_{\text{plenacarga}}} \right) * 100$$

Dónde:

$\omega_0$  = velocidad a vacío

$\omega_{\text{plenacarga}}$  = velocidad a plena carga

#### 4.1.10.5 CÁLCULO DE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR PARALELO SIN INTERPOLO.

Se repite el procedimiento de la sección 4.1.10.4. Los datos se tabulan en la tabla No. 34.

#### 4.1.10.6 COMPARACIÓN DE LAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR PARALELO CON Y SIN INTERPOLO.

Se deberá realizar una comparación de las características que presenta el motor independiente cuando trabaja con y sin interpolo. Para esto se construirá las gráficas entre las siguientes variables tanto cuando el motor trabaja con interpolo y sin interpolo:

- $\omega$  (rpm) y  $\tau_{\text{carga}}$  (N.m)
- $P_m(\omega)$  y  $\tau_{\text{carga}}$  (N.m)
- $\%n$  y  $\tau_{\text{carga}}$  (N.m)

**TABLA No. 34**

#### PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR PARALELO SIN INTERPOLO

<b>T<sub>carga</sub></b> <b>a</b>	<b>P<sub>entrada</sub></b> <b>a (w)</b>	<b>P<sub>cu</sub></b> <b>(w)</b>	<b>P<sub>conv</sub></b> <b>(w)</b>	<b><math>\tau_{\text{ind}}</math></b> <b>(N.m)</b>	<b><math>\tau_{\text{roz}}</math></b> <b>(N.m)</b>	<b>P<sub>m</sub></b> <b>(w)</b>	<b>P<sub>eje</sub></b> <b>(w)</b>	<b>n</b> <b>(%)</b>	<b>R <math>\omega</math></b> <b>(%)</b>
<b>0,75</b>									
<b>1</b>									

-									
6,5									

**Elaboración: El autor**

#### **4.1.11 PRUEBA # 11: RENDIMIENTO MOTOR SERIE.**

##### **4.1.11.1 OBJETIVO.**

Determinar las siguientes características de operación de un motor serie:

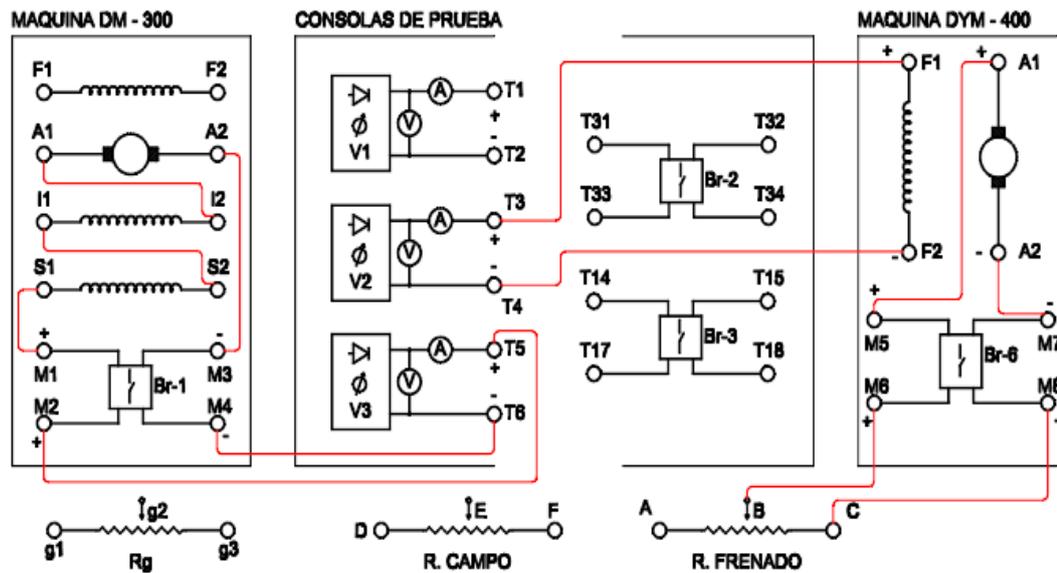
- a). Flujo de potencia.
- b). La relación entre la velocidad y el torque de carga. Con interpolo y sin interpolos.
- c). La relación entre las pérdidas mecánicas y el torque de carga.
- d). La relación entre el rendimiento y el torque de carga.
- e). Obtención del porcentaje de regulación de velocidad.

##### **4.1.11.2 RENDIMIENTO MOTOR SERIE CON INTERPOLO.**

- a). Conectar las máquinas tal como se muestra en la figura No. 34.

**FIGURA No. 34.**

**RENDIMIENTO DE UN MOTOR SERIE CON INTERPOLOS**



Elaboración: El autor

b). Tomar los valores de las variables que se muestran en la tabla No. 35. La lectura se tomara cada 0,25 N.m, manteniendo constante  $V_T$  e  $I_F$ .

TABLA No. 35

VALORES EXPERIMENTALES PARA EL MOTOR SERIE CON INTERPOLOS

$V_T$ (V)	$I_a$ (A)	$I_F$ (A)	$R_a$ ( $\Omega$ )	$R_i$ ( $\Omega$ )	$\omega$ (rpm)	Tcarga (N.m)	n (%)	$R \omega$ (%)	Pérdidas mecánicas
100		0,4				0,75			
100		0,4				1			
100		0,4				-			
100		0,4				6,5			

Elaboración: El autor

4.1.11.3 RENDIMIENTO MOTOR SERIE SIN INTERPOLO.

Se repite el procedimiento de la sección 4.1.11.2, pero ahora sin interpolo. Los valores de la prueba se registran en la tabla No. 36.

**TABLA No. 36**

**VALORES PARA EL MOTOR SERIE SIN INTERPOLOS**

<b>V<sub>T</sub></b> (V)	<b>I<sub>a</sub></b> (A)	<b>I<sub>F</sub></b> (A)	<b>R<sub>a</sub></b> (Ω)	<b>R<sub>i</sub></b> (Ω)	<b>ω</b> (rpm)	<b>T<sub>carga</sub></b> (N.m)	<b>n</b> (%)	<b>R ω</b> (%)	<b>Pérdidas mecánicas</b>
100		0,4				0,75			
100		0,4				1			
100		0,4				-			
100		0,4				6,5			

Elaboración: El autor

**4.1.11.4 CÁLCULO DE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR SERIE CON INTERPOLO.**

Con los valores obtenidos experimentalmente se determinan los valores de las variables que se incluyen en la tabla No. 37.

**TABLA No. 37**

**PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR SERIE CON INTERPOLO**

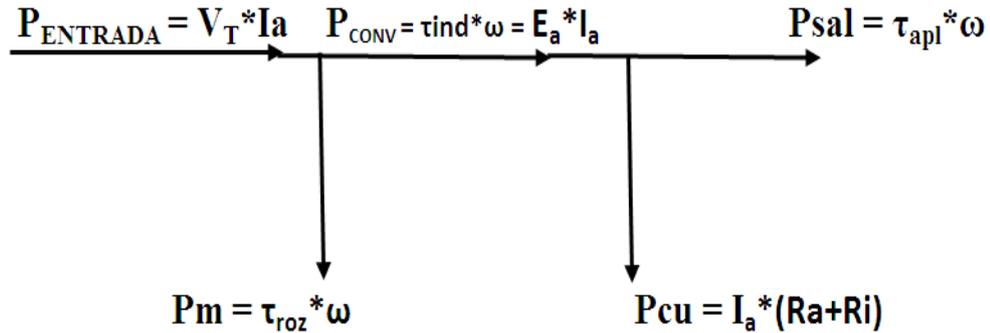
<b>T<sub>carga</sub></b> <b>a</b>	<b>P<sub>entrad</sub></b> <b>a (w)</b>	<b>P<sub>cu</sub></b> <b>(w)</b>	<b>P<sub>conv</sub></b> <b>(w)</b>	<b>τ<sub>ind</sub></b> <b>(N.m)</b>	<b>τ<sub>roz</sub></b> <b>(N.m)</b>	<b>P<sub>m(w)</sub></b>	<b>P<sub>eje(w)</sub></b>	<b>% n</b>	<b>% R ω</b>
0,75									
1									
-									
6,5									

**Elaboración: El autor**

El flujo de potencias que se tabula en la tabla 37, se puede apreciar en la figura No. 35.

**FIGURA No. 35**

**FLUJO DE POTENCIA DEL MOTOR SERIE**



**Elaboración: El autor**

El porcentaje de rendimiento y el porcentaje de regulación de velocidad se calcula con las siguientes ecuaciones.

$$\%n = \left( \frac{P_{eje}}{P_{ent}} \right) * 100$$

$$\%Rn = \left( \frac{n_o - n_{plenacarga}}{n_{plenacarga}} \right) * 100$$

Dónde:

$\omega_o$  = velocidad a vacío

$\omega_{plenacarga}$  = velocidad a plena carga

**4.1.11.5 CÁLCULO DE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR SERIE SIN INTERPOLO.**

Se repite el procedimiento de la sección 4.1.11.4. Los datos se tabulan en la tabla No. 38.

**TABLA No. 38**

**PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR SERIE SIN INTERPOLO**

<b>T<sub>carga</sub></b>	<b>P<sub>entrada</sub></b>	<b>P<sub>cu</sub></b>	<b>P<sub>conv</sub></b>	<b>τ<sub>ind</sub></b>	<b>τ<sub>roz</sub></b>	<b>P<sub>m</sub></b>	<b>P<sub>eje</sub></b>	<b>n</b>	<b>R ω</b>
<b>a</b>	<b>a (w)</b>	<b>(w)</b>	<b>(w)</b>	<b>(N.m)</b>	<b>(N.m)</b>	<b>(w)</b>	<b>(w)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
<b>0,75</b>									
<b>1</b>									
<b>-</b>									
<b>6,5</b>									

**Elaboración: El autor**

**4.1.11.6 COMPARACIÓN DE LAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR SERIE CON Y SIN INTERPOLO.**

Se deberá realizar una comparación de las características que presenta el motor independiente cuando trabaja con y sin interpolo. Para esto se construirá las gráficas entre las siguientes variables tanto cuando el motor trabaja con interpolo y sin interpolo:

- **ω (rpm) y τ<sub>carga</sub>(N.m)**
- **P<sub>m</sub>(w) y τ<sub>carga</sub>(N.m)**
- **%n y τ<sub>carga</sub>(N.m)**

**4.1.12 PRUEBA # 12: RENDIMIENTO MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA.**

**4.1.12.1 OBJETIVO.**

Determinar las siguientes características de operación de un motor compuesto conexión corta:

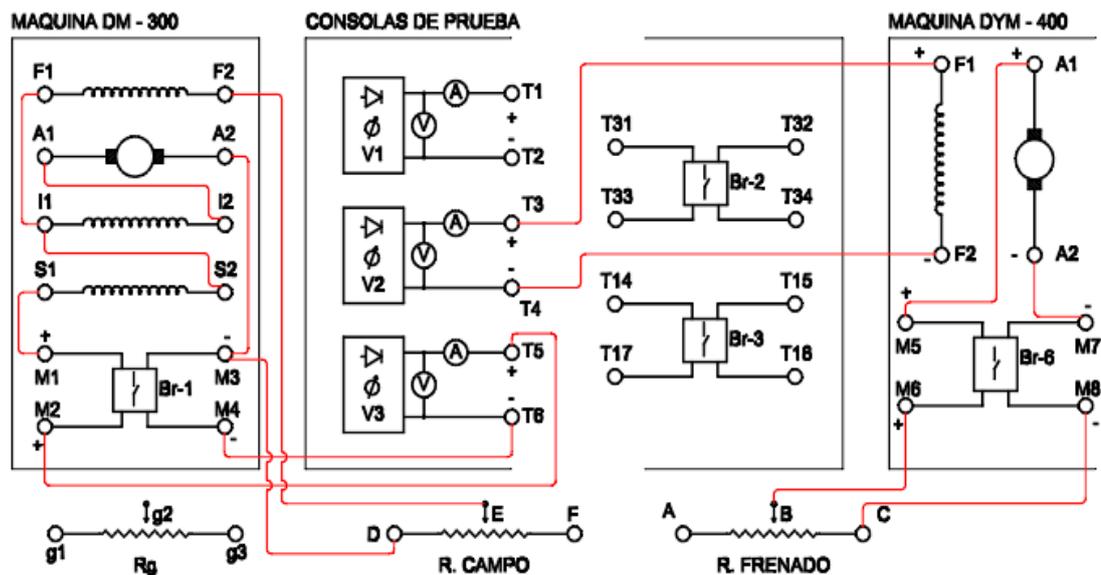
- Flujo de potencia.
- La relación entre la velocidad y el torque de carga. Con interpolo y sin interpoles.
- La relación entre las pérdidas mecánicas y el torque de carga.
- La relación entre el rendimiento y el torque de carga.
- Obtención del porcentaje de regulación de velocidad.

#### 4.1.12.2 RENDIMIENTO MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA.

- Conectar las máquinas tal como se muestra en la figura No. 36.

FIGURA No. 36

#### RENDIMIENTO DE UN MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA. CON INTERPOLOS



Elaboración: El autor.

b). Tomar los valores de las variables que se muestran en la tabla No. 39. La lectura se tomara cada 0,25 N.m, manteniendo constante  $V_T$  e  $I_F$ .

**TABLA No. 39**

**VALORES EXPERIMENTALES PARA EL MOTOR COMPUESTO  
CONEXIÓN CORTA. CON INTERPOLOS**

$V_T$ (V)	$I_a$ (A)	$I_F$ (A)	$R_a$ ( $\Omega$ )	$R_i$ ( $\Omega$ )	$\omega$ (rpm)	Tcarga (N.m)	n (%)	R $\omega$ (%)	Pérdidas mecánicas
100		0,4				0,75			
100		0,4				1			
100		0,4				1,25			
100		0,4				-			
100		0,4				6,5			

**Elaboración: El autor.**

**4.1.12.3 RENDIMIENTO MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA.  
SIN INTERPOLO.**

Se repite el procedimiento de la sección 4.1.12.2, pero ahora sin interpolo. Los valores de la prueba se registran en la tabla No. 40.

**TABLA No. 40**

**VALORES EXPERIMENTALES PARA EL MOTOR COMPUESTO  
CONEXIÓN CORTA. SIN INTERPOLOS**

$V_T$ (V)	$I_a$ (A)	$I_F$ (A)	$R_a$ ( $\Omega$ )	$R_i$ ( $\Omega$ )	$\omega$ (rpm)	Tcarga (N.m)	n (%)	R $\omega$ (%)	Pérdidas mecánicas
100		0,4				0,75			
100		0,4				1			
100		0,4				-			

100		0,4				6,5			
-----	--	-----	--	--	--	-----	--	--	--

Elaboración: El autor.

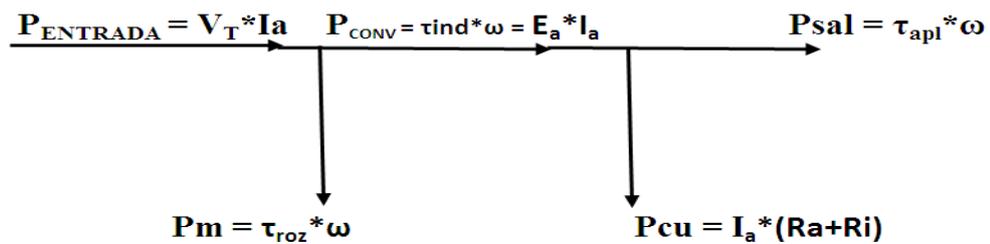
#### 4.1.12.4 CÁLCULO DE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA. CON INTERPOLO.

Con los valores obtenidos experimentalmente se determinan los valores de las variables que se incluyen en la tabla No. 41.

El flujo de potencias que se tabula en la tabla 41, se puede apreciar en la figura No. 37.

FIGURA No. 37

#### FLUJO DE POTENCIA DEL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA.



Elaboración: El autor

TABLA No. 41

#### PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA. CON INTERPOLO

T <sub>carg</sub> a	P <sub>entrad</sub> a (w)	P <sub>cu</sub> (w)	P <sub>conv</sub> (w)	τ <sub>ind</sub> (N.m)	τ <sub>roz</sub> (N.m)	P <sub>m</sub> (w)	P <sub>eje</sub> (w)	n (%)	R ω (%)
------------------------	------------------------------	------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	-----------------------	-------------------------	----------	------------

<b>0,75</b>									
<b>1</b>									
<b>-</b>									
<b>6,5</b>									

Elaboración: El autor

El porcentaje de rendimiento y el porcentaje de regulación de velocidad se calcula con las siguientes ecuaciones.

$$\%n = \left( \frac{Peje}{Pent} \right) * 100$$

$$\%Rn = \left( \frac{no - nplencarga}{nplencarga} \right) * 100$$

Dónde:

$\omega_o$  = velocidad a vacío

$\omega_{plencarga}$  = velocidad a plena carga

#### **4.1.12.5 CÁLCULO DE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA.SIN INTERPOLO.**

Se repite el procedimiento de la sección 4.1.12.4. Los datos se tabulan en la tabla No. 42.

**TABLA No. 42**  
**PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR COMPUESTO**  
**CONEXIÓN CORTA. SIN INTERPOLO**

<b>T<sub>carga</sub></b>	<b>P<sub>entrada</sub></b>	<b>P<sub>cu</sub></b>	<b>P<sub>conv</sub></b>	<b><math>\tau_{ind}</math></b>	<b><math>\tau_{roz}</math></b>	<b>P<sub>m</sub></b>	<b>P<sub>eje</sub></b>	<b>n</b>	<b>R <math>\omega</math></b>
<b>a</b>	<b>a (w)</b>	<b>(w)</b>	<b>(w)</b>	<b>(N.m)</b>	<b>(N.m)</b>	<b>(w)</b>	<b>(w)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
<b>0,75</b>									
<b>1</b>									

-									
6,5									

**Elaboración: El autor**

#### **4.1.12.6 COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA CON Y SIN INTERPOLO.**

Se deberá realizar una comparación de las características que presenta el motor independiente cuando trabaja con y sin interpolo. Para esto se construirá las gráficas entre las siguientes variables tanto cuando el motor trabaja con interpolo y sin interpolo:

- $\omega$  (rpm) y  $\tau_{\text{carga}}$  (N.m)
- $P_m(\omega)$  y  $\tau_{\text{carga}}$  (N.m)
- %n y  $\tau_{\text{carga}}$  (N.m)

#### **4.1.13 PRUEBA # 13: RENDIMIENTO MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA.**

##### **4.1.13.1 OBJETIVO.**

Determinar las siguientes características de operación de un motor compuesto conexión larga:

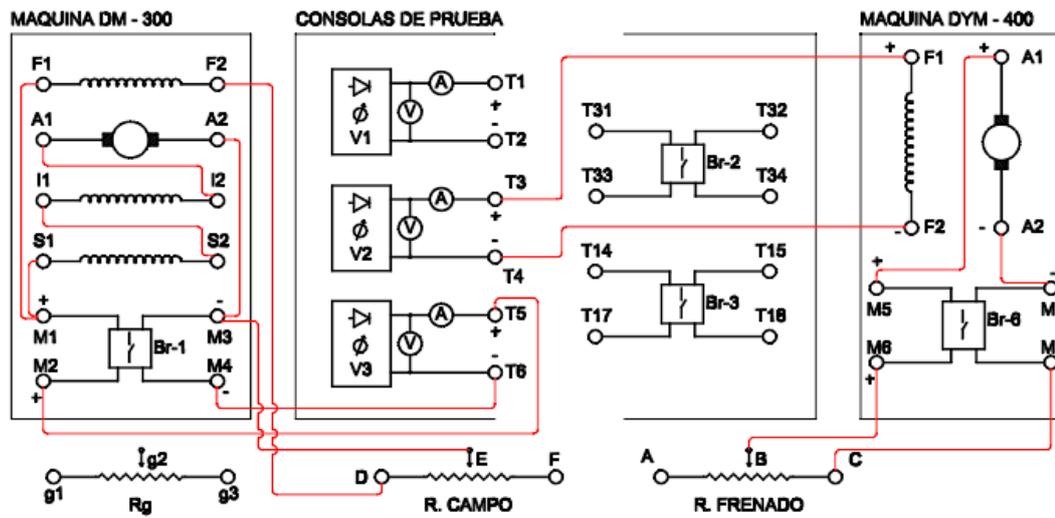
- a). Flujo de potencia.
- b). La relación entre la velocidad y el torque de carga. Con interpolo y sin interpolos.
- c). La relación entre las pérdidas mecánicas y el torque de carga.
- d). La relación entre el rendimiento y el torque de carga.
- e). Obtención del porcentaje de regulación de velocidad.

#### 4.1.13.2 RENDIMIENTO MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA.

a). Conectar las máquinas tal como se muestra en la figura No. 38

FIGURA No. 38

#### RENDIMIENTO DE UN MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA. CON INTERPOLOS



Elaboración: El autor

b). Tomar los valores de las variables que se muestran en la tabla No. 43. La lectura se tomara cada 0,25 N.m, manteniendo constante  $V_T$  e  $I_F$ .

TABLA No. 43

#### VALORES EXPERIMENTALES PARA EL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA. CON INTERPOLOS

$V_T$ (V)	$I_a$ (A)	$I_F$ (A)	$R_a$ ( $\Omega$ )	$R_i$ ( $\Omega$ )	$\omega$ (rpm)	$T_{carga}$ (N.m)	$n$ (%)	$R \omega$ (%)	Pérdidas mecánicas
100		0,4				0,75			
100		0,4				1			
100		0,4				-			
100		0,4				6,5			

Elaboración: El autor

#### 4.1.13.3 RENDIMIENTO MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA. SIN INTERPOLO.

Se repite el procedimiento de la sección 4.1.13.2, pero ahora sin interpolar. Los valores de la prueba se registran en la tabla No. 44.

**TABLA No. 44**

#### EL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA. SIN INTERPOLOS

$V_T$ (V)	$I_a$ (A)	$I_F$ (A)	$R_a$ ( $\Omega$ )	$R_i$ ( $\Omega$ )	$\omega$ (rpm)	$T_{carga}$ (N.m)	$n$ (%)	$R \omega$ (%)	Pérdidas mecánicas
100		0,4				0,75			
100		0,4				1			
100		0,4				-			
100		0,4				6,5			

Elaboración: El autor

#### 4.1.13.4 CÁLCULO DE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA. CON INTERPOLO.

Con los valores obtenidos experimentalmente se determinan los valores de las variables que se incluyen en la tabla No. 45.

**TABLA No. 45**

#### PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA. CON INTERPOLO

$T_{carga}$ a	$P_{entrada}$ a (w)	$P_{cu}$ (w)	$P_{conv}$ (w)	$\tau_{ind}$ (N.m)	$\tau_{roz}$ (N.m)	$P_m$ (w)	$P_{eje}$ (w)	$n$ (%)	$R \omega$ (%)
0,75									

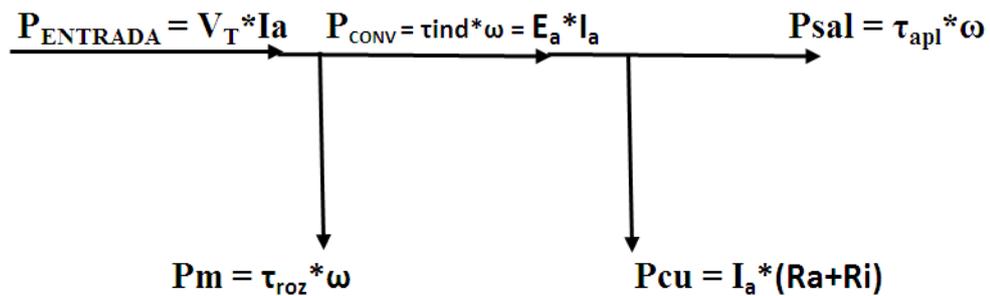
1									
-									
6,5									

Elaboración: El autor

El flujo de potencias que se tabula en la tabla 45, se puede apreciar en la figura No. 39.

FIGURA No. 39

**FLUJO DE POTENCIA DEL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA.**



Elaboración: El autor

El porcentaje de rendimiento y el porcentaje de regulación de velocidad se calcula con las siguientes ecuaciones.

$$\%n = \left( \frac{Peje}{Pent} \right) * 100$$

$$\%Rn = \left( \frac{n_0 - n_{plenacarga}}{n_{plenacarga}} \right) * 100$$

Dónde:

$\omega_0$  = velocidad a vacío

$\omega_{plenacarga}$  = velocidad a plena carga

#### 4.1.13.5 CÁLCULO DE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA.SIN INTERPOLO.

Se repite el procedimiento de la sección 4.1.13.4. Los datos se tabulan en la tabla No. 46.

**TABLA No. 46**

#### PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA. SIN INTERPOLO

<b>T<sub>carga</sub></b>	<b>P<sub>entrada</sub></b>	<b>P<sub>cu</sub></b>	<b>P<sub>conv</sub></b>	<b>τ<sub>ind</sub></b>	<b>τ<sub>roz</sub></b>	<b>P<sub>m</sub></b>	<b>P<sub>eje</sub></b>	<b>n</b>	<b>R ω</b>
a	a (w)	(w)	(w)	(N.m)	(N.m)	(w)	(w)	(%)	(%)
<b>0,75</b>									
<b>1</b>									
<b>-</b>									
<b>6,5</b>									

**Elaboración: El autor**

#### 4.1.13.6 COMPARACIÓN DE LAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA CON Y SIN INTERPOLO.

Se deberá realizar una comparación de las características que presenta el motor independiente cuando trabaja con y sin interpole. Para esto se construirán las gráficas entre las siguientes variables tanto cuando el motor trabaja con interpole y sin interpole:

- **ω (rpm) y τ<sub>carga</sub>(N.m)**
- **P<sub>m</sub>(w) y τ<sub>carga</sub>(N.m)**
- **%n y τ<sub>carga</sub>(N.m)**

#### **4.1.14 PRUEBA # 14: COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE MOTORES DC.**

##### **4.1.14.1 OBJETIVO.**

Establecer la comparación entre las características de operación de los motores DC cuando éstos trabajan con interpolos y cuando lo hacen sin interpolos.

##### **4.1.14.2 COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO.**

Con los valores obtenidos en las pruebas 9, 10, 11, 12 y 13 completar la tabla No. 47 y 48.

##### **4.1.14.3 COMPARACIÓN DE LAS PÉRDIDAS MECÁNICAS.**

Con los valores obtenidos en las pruebas 9, 10, 11, 12 y 13 completar la tabla No. 49 y 50 para comparar las pérdidas mecánicas cuando el motor trabaja con interpolo y sin interpolo.

**TABLA No. 47**

**COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL MOTOR DC CON INTERPOLOS**

<b>T<sub>carga</sub> (N.m)</b>	<b>MOTOR INDEPENDIENTE</b>	<b>MOTOR SERIE</b>	<b>MOTOR PARALELO</b>	<b>MOTOR C.C.C</b>	<b>MOTOR C.C.L</b>
<b>0,75</b>					
<b>1</b>					
<b>-</b>					
<b>6,5</b>					

**Elaboración: El autor**

**TABLA No. 48**

**COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL MOTOR DC SIN  
INTERPOLOS**

<b>T<sub>carga</sub></b> <b>(N.m)</b>	<b>MOTOR INDEPENDIENTE</b>	<b>MOTOR SERIE</b>	<b>MOTOR PARALELO</b>	<b>MOTOR C.C.C</b>	<b>MOTOR C.C.L</b>
<b>0,75</b>					
<b>1</b>					
<b>-</b>					
<b>6,5</b>					

**Elaboración: El autor**

**TABLA No. 49**

**PÉRDIDAS MECÁNICAS DEL MOTOR DC CON INTERPOLOS**

<b>T<sub>carga</sub></b> <b>(N.m)</b>	<b>MOTOR INDEPENDIENTE</b>	<b>MOTOR SERIE</b>	<b>MOTOR PARALELO</b>	<b>MOTOR C.C.C</b>	<b>MOTOR C.C.L</b>
<b>0,75</b>					
<b>1</b>					
<b>-</b>					
<b>6</b>					

**Elaboración: El auto**

**TABLA No. 50**

**COMPARACIÓN DE LAS PÉRDIDAS MECÁNICAS DEL MOTOR DC SIN  
INTERPOLOS**

<b>T<sub>carga</sub></b> <b>(N.m)</b>	<b>MOTOR INDEPENDIENTE</b>	<b>MOTOR SERIE</b>	<b>MOTOR PARALELO</b>	<b>MOTOR C.C.C</b>	<b>MOTOR C.C.L</b>
<b>0,75</b>					
<b>1</b>					
<b>1,25</b>					
<b>-</b>					
<b>6,5</b>					

**Elaboración: El autor**

#### 4.1.14.4 COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD.

Con los valores obtenidos en las pruebas 9, 10, 11, 12 y 13 completar la tabla No. 51 y 52 para comparar las pérdidas mecánicas cuando el motor trabaja con interpolo y sin interpolo.

**TABLA No. 51**

#### COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD DEL MOTOR DC CON INTERPOLOS

<b>T<sub>carga</sub> (N.m)</b>	<b>MOTOR INDEPENDIENTE</b>	<b>MOTOR SERIE</b>	<b>MOTOR PARALELO</b>	<b>MOTOR C.C.C</b>	<b>MOTOR C.C.L</b>
<b>0,75</b>					
<b>1</b>					
<b>1,25</b>					
<b>-</b>					
<b>6,5</b>					

**Elaboración: El autor**

**TABLA No. 52**

#### COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD DEL MOTOR DC SIN INTERPOLOS

<b>T<sub>carga</sub> (N.m)</b>	<b>MOTOR INDEPENDIENTE</b>	<b>MOTOR SERIE</b>	<b>MOTOR PARALELO</b>	<b>MOTOR C.C.C</b>	<b>MOTOR C.C.L</b>
<b>0,75</b>					
<b>1</b>					
<b>1,25</b>					
<b>-</b>					
<b>6,5</b>					

**Elaboración: El autor**

## 4.2 GUIA DE PRACTICAS PARA PRUEBAS DE GENERADORES DC

### 4.2.1 PRUEBA # 15: CURVA DE SATURACIÓN MAGNÉTICA DE LA MÁQUINA DC HAMPDEN DM-300.

#### 4.2.1.1 OBJETIVO.

Obtener las características magnéticas de la máquina DC Hampden DM-300, para las siguientes velocidades:

- 1500 rpm
- 1800 rpm

#### 4.2.1.2 PROCEDIMIENTO.

- a). Cablear de acuerdo el diagrama de la figura 40.
- b). Utilizar la máquina DYN-400 como motor primario (motor de excitación independiente).
- c). Utilizar la máquina DM-300 como generador de excitación independiente.
- d). Regular mediante el motor primario la velocidad de la prueba.
- e). Empezando en 0,02 amperios, variar la corriente de campo del generador hasta 0,6 amperios, que es la corriente nominal del campo. En cada punto medir la tensión terminal.
- f). Completar la tabla No. 53 y 54 que se incluye a continuación.

**TABLA No. 53**

### **SATURACIÓN MAGNÉTICA DE LA MÁQUINA DC HAMPDEN DM-300. A** **1500 RPM**

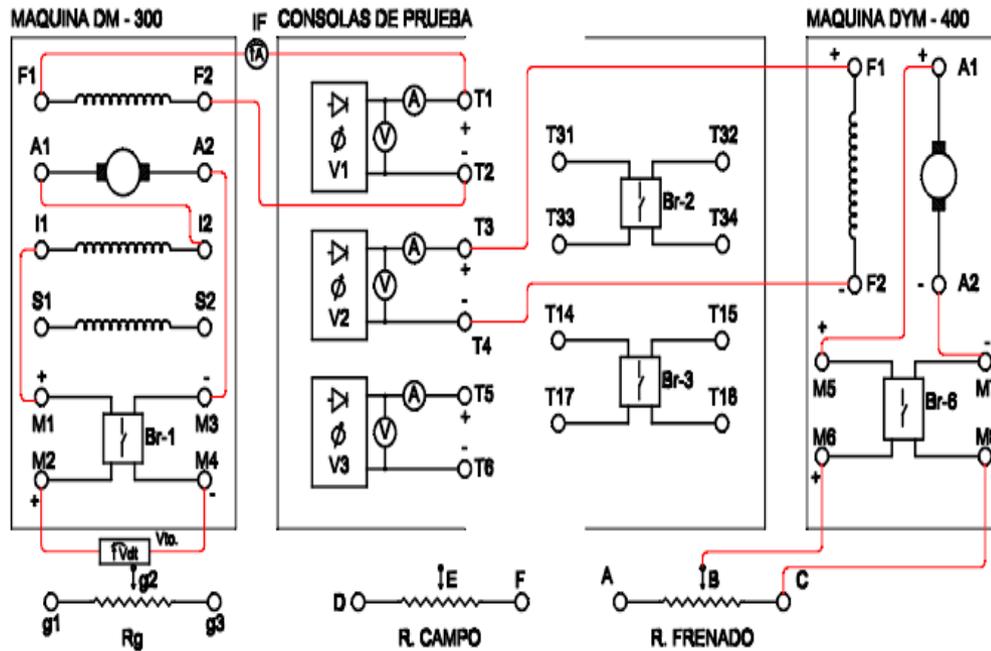
$\omega$ (rpm)	$I_F$ (A)	$V_T$ (V)	$f_{em}(V)=k*\omega*\Theta= V_T(V)$
1400	0		
1400	0,01		
1400	0,02		
1400	-		

1400	0,6		
------	-----	--	--

Elaboración: El autor

FIGURA No. 40

DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA OBTENER LA CURVA DE SATURACIÓN MAGNÉTICA DE LA MÁQUINA HAMPDEN DM -300.



Elaboración: El autor

TABLA No. 54

SATURACIÓN MAGNÉTICA DE LA MÁQUINA DC HAMPDEN DM-300. A 1800 RPM

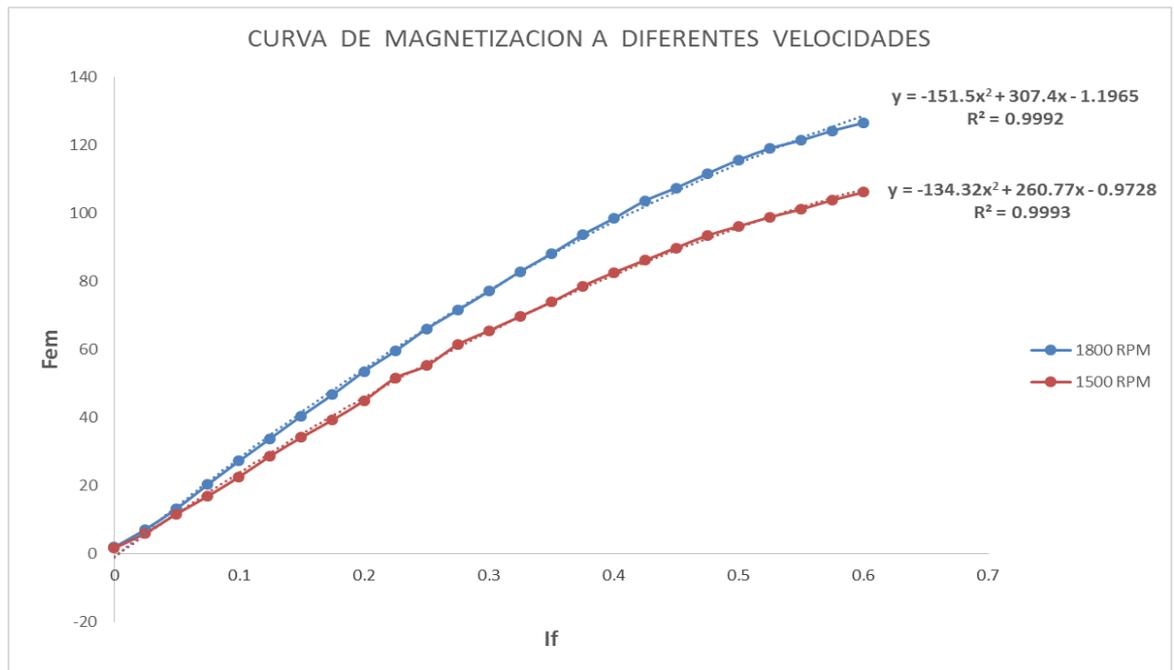
$\omega$ (rpm)	$I_F$ (A)	$V_T$ (V)	$f_{en}(V) = k \cdot \omega \cdot \Theta = V_T$ (V)
1800	0		
1800	0,01		
1800	-		
1800	0,6		

Elaboración: El autor

#### 4.2.1.3 GRAFICACIÓN DE LAS CURVAS DE SATURACIÓN MAGNÉTICA

Con la información de las tablas 53 y 54 realizar las gráficas que se muestran en el dibujo No. 41.

**FIGURA No. 41**  
**GRAFICA DE LAS CURVAS DE SATURACIÓN MAGNÉTICA A DIFERENTES VELOCIDADES**



Elaboración: El autor

#### **4.2.2 PRUEBA # 16: GENERADOR DE EXCITACIÓN INDEPENDIENTE.**

##### **4.2.2.1 OBJETIVO.**

Obtener siguientes características de operación de un generador DC, trabajando como independiente.

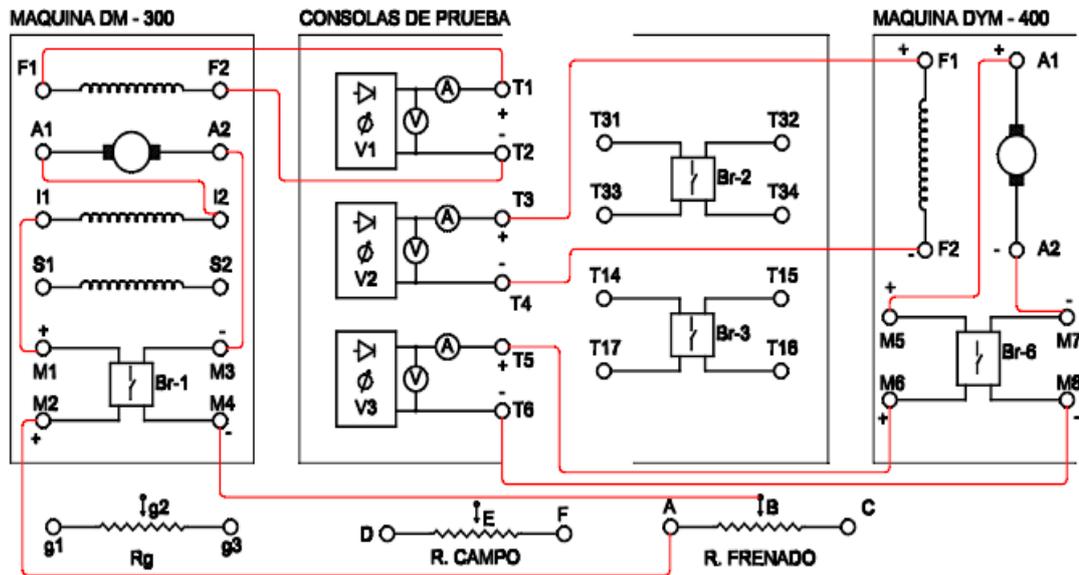
- Pendiente de operación
- Rendimiento
- Porcentaje de regulación de tensión

##### **4.2.2.2 PROCEDIMIENTO.**

a). Cablear de acuerdo el diagrama de la figura 42.

**FIGURA No. 42**

**ESQUEMA DE CONEXIÓN PARA EL GENERADOR INDEPENDIENTE**



**Elaboración: El autor**

- b). Utilizar la máquina DYN-400 como motor primario (motor de excitación independiente). Regular la velocidad hasta obtener 1800 revoluciones por minuto y mantener constante este valor durante toda la prueba.
- c). Conectar en los terminales del generador una carga ( $R_{carga} = 120 \Omega / 4 \text{ Kw}$ ) con la cual regulamos la corriente de armadura del generador.
- d). Regulando la corriente de armadura desde cero hasta 6 amperios, con intervalos de medio (0,5) amperios, completar la tabla No. 55.

**TABLA No. 55**

**PRUEBA DEL GENERADOR INDEPENDIENTE CON CARGA**

$R_a(\Omega)$	$R_i(\Omega)$	$\tau_{carga}$ (N.m)	$\omega$ (rpm)	$I_F(A)$	$V_T(V)$	$I_a(A)$
			<b>1800</b>	<b>0,6</b>		<b>0</b>
			<b>1800</b>	<b>0,6</b>		<b>0,5</b>

			1800	0,6		1
			1800	0,6		-
			1800	0,6		6

**Elaboración: El autor**

Con los datos obtenidos y registrados en la tabla 55, elaborar la tabla 56.

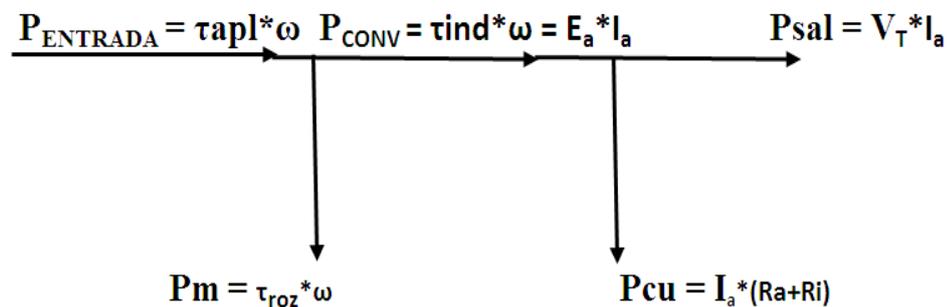
#### 4.2.2.3 RENDIMIENTO.

Para determinar el rendimiento se debe aplicar el correspondiente flujo de potencias, tal como se muestra en la figura 43 y las respectivas ecuaciones.

$$\%n = \left( \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} \right) * 100 = \left( \frac{V_T * I_a}{V_T * I_a + P_m + P_{cu}} \right) * 100$$

**FIGURA No. 43**

#### FLUJO DE POTENCIA PARA EL GENERADOR INDEPENDIENTE



**Elaboración: El autor**

**TABLA No. 56**

#### CARACTERISTICAS DE OPERACIÓN DEL GENERADOR INDEPENDIENTE

<b>I<sub>a</sub>(A)</b>	<b>I<sub>F</sub>(A)</b>	<b>P<sub>ent</sub>(w)</b>	<b>P<sub>cu</sub>(w)</b>	<b>P<sub>m</sub>(w)</b> )	<b>P<sub>sal</sub>(w)</b>	<b>E<sub>a</sub>(V)</b>	<b>P<sub>a</sub>(w)</b>	<b>% n</b>	<b>% RV<sub>T</sub></b>
0	<b>0,4</b>								
0,5	0,4								
1	0,4								
-	0,4								
6	0,4								

**Elaboración: El autor**

#### **4.2.2.4 PENDIENTE DE OPERACIÓN.**

Al mantener constante la corriente de campo y la velocidad, la fuerza electromotriz inducida en el generador ( $E_A = k \cdot \omega \cdot \Theta$ ), teóricamente es constante, aunque el flujo no se mantendrá constante por el efecto desmagnetizante de la reacción de armadura, ya que la máquina DM-300 no dispone de devanado de compensación. Por lo expuesto la tensión terminal caerá aún más en los terminales de la máquina, según la siguiente ecuación.

$$V_T = E_A - R * I_a$$

Teóricamente la tensión de armadura ( $E_A$ ) se mantiene constante por que la velocidad ( $\omega = 1800 \text{ rpm}$ ) y la corriente de campo ( $I_f = 0,6 \text{ A}$ ) se mantienen constante.

La reacción de armadura provocara una disminución del flujo magnético lo cual provocara la disminución de la tensión de armadura ( $E_A$ ) y de la tensión terminal  $V_T$ .

Como conclusión se tiene que la tensión terminal del generador disminuye por dos razones:

- Por efecto de la carga
- Por el efecto desmagnetizante de la reacción de armadura cuando la máquina es sin compensación.

Mientras crezca la magnitud de las resistencias internas de la máquina y la corriente sea mayor, entonces se provocará un descenso en la tensión de armadura y en la tensión terminal.

La relación entre los voltios de tensión terminal que pierde la máquina por cada amperio de la corriente de armadura será la pendiente de operación  $m$  que obtenemos geoméricamente de la relación entre  $V_T$  e  $I_a$ .

$$m = \frac{\text{voltios}}{A}$$

#### 4.2.2.5 PORCENTAJE DE REGULACIÓN.

El porcentaje de regulación de tensión terminal del generador significa la relación entre la tensión terminal en vacío ( $V_T$ ) con la tensión terminal ( $V_T$ ) a máxima carga. Matemáticamente se puede expresar como:

$$\%RVT = \left( \frac{VT_0 - VT_{\text{máximacarga}}}{VT_{\text{máximacarga}}} \right) * 100$$

Utilizando las tablas No. 54 y 55 se deben graficar las siguientes características:

- a) Rendimiento (% $\eta$  vs  $I_a$ )
- b) Pendiente de operación ( $V_T$  vs  $I_a$ )
- c) Pérdidas mecánicas ( $P_m$  vs  $I_a$ )

### **4.2.3 PRUEBA # 17: GENERADOR PARALELO**

#### **4.2.3.1 OBJETIVO.**

Obtener siguientes características de operación de un generador DC paralelo:

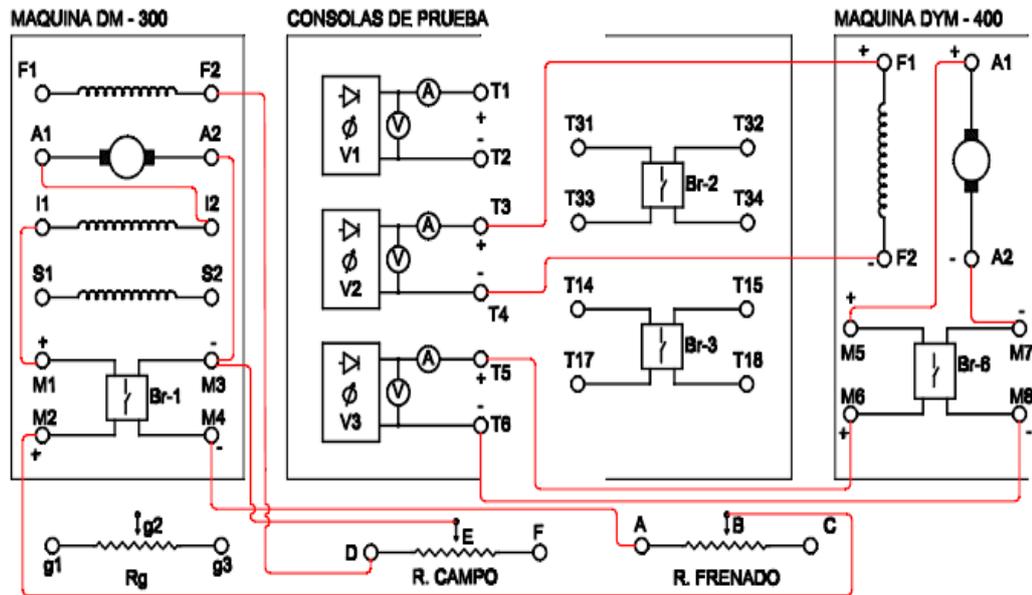
- Pendiente de operación
- Rendimiento
- Porcentaje de regulación de tensión

#### **4.2.3.2 PROCEDIMIENTO.**

- a). Cablear de acuerdo el diagrama de la figura 44.
- b). Utilizar la máquina DYN-400 como motor primario (motor de excitación independiente). Regular la velocidad hasta obtener 1800 revoluciones por minuto y mantener constante este valor durante toda la prueba.
- c). Conectar en los terminales del generador una carga ( $R_{carga} = 120 \Omega / 4 \text{ Kw}$ ) con la cual regulamos la corriente de armadura del generador.
- d). Regulando la corriente de armadura desde cero hasta 6 amperios, con intervalos de medio (0,5) amperios, completar la tabla No. 57.

#### **FIGURA No. 44**

#### **ESQUEMA DE CONEXIÓN PARA EL GENERADOR PARALELO**



Elaboración: El autor

TABLA No. 57

**PRUEBA DEL GENERADOR PARALELO CON CARGA**

$R_a(\Omega)$	$R_i(\Omega)$	$\tau_{carga}$ (N.m)	$\omega$ (rpm)	$I_F(A)$	$V_T(V)$	$I_a(A)$
			1800	0,6		0
			1800	0,6		0,5
			1800	0,6		1
			1800	0,6		1,5
			1800	0,6		-
			1800	0,6		6

Elaboración: El autor

Con los datos obtenidos y registrados en la tabla 58.

TABLA No. 58

**CARACTERISTICAS DE OPERACIÓN DEL GENERADOR PARALELO**

<b>I<sub>a</sub>(A)</b>	<b>I<sub>F</sub> (A)</b>	<b>P<sub>ent</sub> (w)</b>	<b>P<sub>cu</sub> (w)</b>	<b>P<sub>m</sub>(w )</b>	<b>P<sub>sal</sub> (w)</b>	<b>E<sub>a</sub>(V)</b>	<b>P<sub>a</sub>(w)</b>	<b>% n</b>	<b>% RV<sub>T</sub></b>
0	<b>0,4</b>								
0,5	0,4								
1	0,4								
-	0,4								
6	0,4								

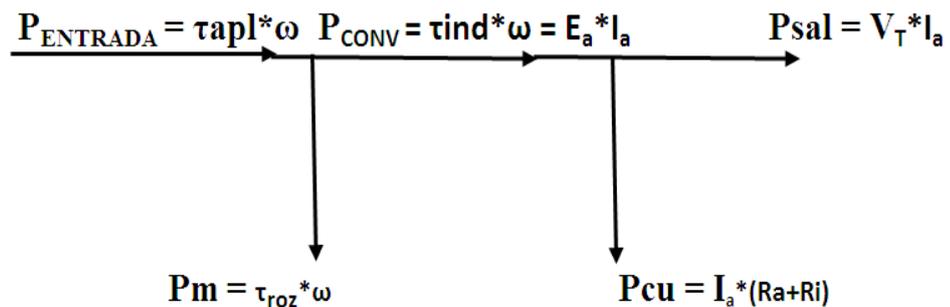
**Elaboración: El autor**

#### 4.2.3.3 RENDIMIENTO.

Para determinar el rendimiento se debe aplicar el correspondiente flujo de potencias, tal como se muestra en la figura 45 y las respectivas ecuaciones.

**FIGURA No. 45**

#### FLUJO DE POTENCIA PARA EL GENERADOR PARALELO



**Elaboración: El autor**

$$\%n = \left( \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} \right) * 100 = \left( \frac{VT * Ia}{VT * Ia + Pm + Pcu} \right) * 100$$

#### 4.2.3.4 PENDIENTE DE OPERACIÓN.

Al mantener constante la corriente de campo y la velocidad, la fuerza electromotriz inducida en el generador ( $E_A = k \cdot \omega \cdot \Theta$ ), teóricamente es constante, aunque el flujo no se mantendrá constante por el efecto desmagnetizante de la reacción de armadura, ya que la máquina DM-300 no dispone de devanado de compensación. Por lo expuesto la tensión terminal caerá aún más en los terminales de la máquina, según la siguiente ecuación.

$$V_T = E_A - R \cdot I_a$$

Teóricamente la tensión de armadura ( $E_A$ ) se mantiene constante por que la velocidad ( $n = 1800 \text{ rpm}$ ) y la corriente de campo ( $I_f = 0,6 \text{ A}$ ) se mantienen constante.

La reacción de armadura provocara una disminución del flujo magnético lo cual provocara la disminución de la tensión de armadura ( $E_A$ ) y de la tensión terminal  $V_T$ . Como conclusión se tiene que la tensión terminal del generador disminuye por dos razones:

- Por efecto de la carga
- Por el efecto desmagnetizante de la reacción de armadura cuando la máquina es sin compensación.

Mientras crezca la magnitud de las resistencias internas de la máquina y la corriente sea mayor, entonces se provocara un descenso en la tensión de armadura y en la tensión terminal.

La relación entre los voltios de tensión terminal que pierde la máquina por cada amperio de la corriente de armadura será la pendiente de operación  $m$  que obtenemos geoméricamente de la relación entre  $V_T$  e  $I_a$ .

$$m = \frac{\text{voltios}}{A}$$

#### **4.2.3.5 PORCENTAJE DE REGULACIÓN.**

El porcentaje de regulación de tensión terminal del generador significa la relación entre la tensión terminal en vacío ( $V_T$ ) con la tensión terminal ( $V_T$ ) a máxima carga. Matemáticamente se puede expresar como:

$$\%RVT = \left( \frac{V_{T0} - V_{T\text{máximacarga}}}{V_{T\text{máximacarga}}} \right) * 100$$

Utilizando las tablas No. 57 y 58 se deben graficar las siguientes características:

- d) Rendimiento (%n vs Ia)
- e) Pendiente de operación ( $V_T$  vs Ia)
- f) Pérdidas mecánicas ( $P_m$  vs Ia)

#### **4.2.4 PRUEBA # 18: GENERADOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA**

##### **4.2.4.1 OBJETIVO.**

Obtener siguientes características de operación de un generador DC compuesto conexión corta:

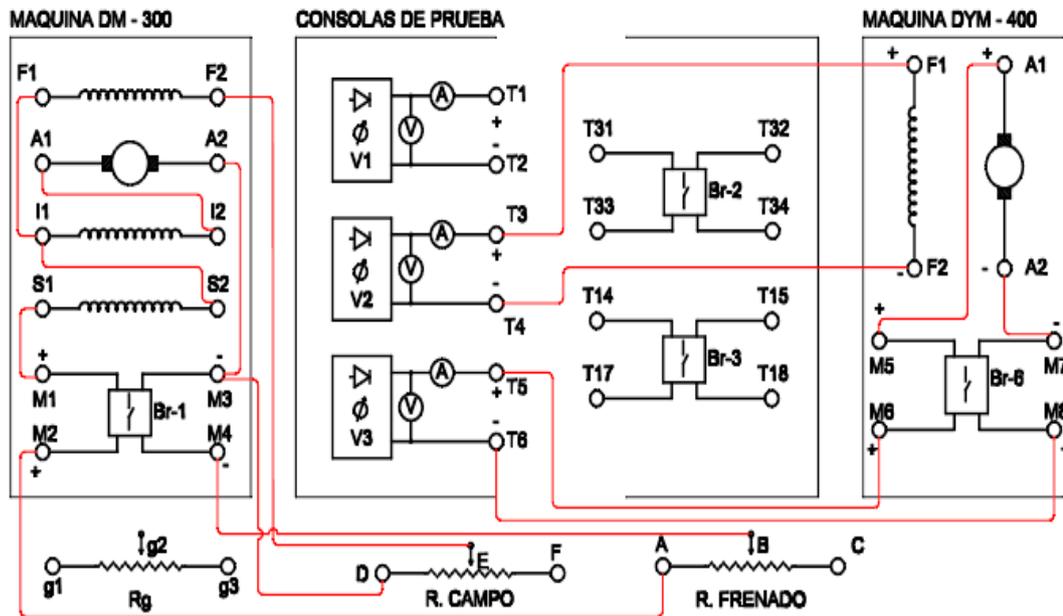
- Pendiente de operación
- Rendimiento
- Porcentaje de regulación de tensión

##### **4.2.4.2 PROCEDIMIENTO.**

- a). Cablear de acuerdo el diagrama de la figura 46.

**FIGURA No. 46**

## ESQUEMA DE CONEXIÓN PARA EL GENERADOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA



**Elaboración: El autor**

- b). Utilizar la máquina DYN-400 como motor primario (motor de excitación independiente). Regular la velocidad hasta obtener 1800 revoluciones por minuto y mantener constante este valor durante toda la prueba.
- c). Conectar en los terminales del generador una carga ( $R_{carga} = 120 \Omega / 4 \text{ Kw}$ ) con la cual regulamos la corriente de armadura del generador.
- d). Regulando la corriente de armadura desde cero hasta 6 amperios, con intervalos de medio (0,5) amperios completar la tabla No. 59.

**TABLA No. 59**

### PRUEBA DEL GENERADOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA CON CARGA

$R_a(\Omega)$	$R_i(\Omega)$	$T_{carga} \text{ (N.m)}$	$\omega \text{ (rpm)}$	$I_F \text{ (A)}$	$V_T \text{ (V)}$	$I_a \text{ (A)}$

			<b>1800</b>	<b>0,6</b>		<b>0</b>
			<b>1800</b>	<b>0,6</b>		<b>0,5</b>
			<b>1800</b>	<b>0,6</b>		<b>1</b>
			<b>1800</b>	<b>0,6</b>		<b>-</b>
			<b>1800</b>	<b>0,6</b>		<b>6</b>

**Elaboración: El autor**

Con los datos obtenidos y registrados en la tabla 59, elaborar la tabla 60.

**TABLA No. 60**

**CARACTERISTICAS DE OPERACIÓN DEL GENERADOR COMPUESTO  
CONEXIÓN CORTA**

<b>Ia(A)</b>	<b>IF (A)</b>	<b>Pent (w)</b>	<b>P<sub>cu</sub> (w)</b>	<b>P<sub>m</sub>(w )</b>	<b>P<sub>sal</sub> (w)</b>	<b>E<sub>a</sub>(V)</b>	<b>P<sub>a</sub>(w)</b>	<b>% n</b>	<b>% RV<sub>T</sub></b>
0	<b>0,4</b>								
0,5	0,4								
1	0,4								
-	0,4								
6	0,4								

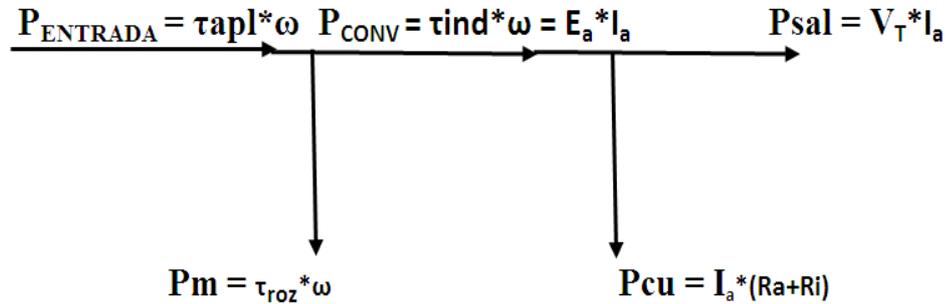
**Elaboración: El autor**

**4.2.4.3 RENDIMIENTO.**

Para determinar el rendimiento se debe aplicar el correspondiente flujo de potencias, tal como se muestra en la figura 47 y las respectivas ecuaciones.

FIGURA No. 47

FLUJO DE POTENCIA PARA EL GENERADOR COMPUESTO  
CONEXIÓN CORTA



Elaboración: El autor

$$\%n = \left( \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} \right) * 100 = \left( \frac{V_T * I_a}{V_T * I_a + P_m + P_{cu}} \right) * 100$$

#### 4.2.4.4 PENDIENTE DE OPERACIÓN.

Al mantener constante la corriente de campo y la velocidad, la fuerza electromotriz inducida en el generador ( $E_A = k * \omega * \Theta$ ), teóricamente es constante, aunque el flujo no se mantendrá constante por el efecto desmagnetizante de la reacción de armadura, ya que la máquina DM-300 no dispone de devanado de compensación. Por lo expuesto la tensión terminal caerá aún más en los terminales de la máquina, según la siguiente ecuación.

$$V_T = E_A - R * I_a$$

Teóricamente la tensión de armadura ( $E_A$ ) se mantiene constante por que la velocidad ( $n = 1800 \text{ rpm}$ ) y la corriente de campo ( $I_f = 0,6 \text{ A}$ ) se mantienen constante.

La reacción de armadura provocara una disminución del flujo magnético lo cual provocara la disminución de la tensión de armadura ( $E_A$ ) y de la tensión terminal

$V_T$ . Como conclusión se tiene que la tensión terminal del generador disminuye por dos razones:

- Por efecto de la carga
- Por el efecto desmagnetizante de la reacción de armadura cuando la máquina es sin compensación.

Mientras crezca la magnitud de las resistencias internas de la máquina y la corriente sea mayor, entonces se provocará un descenso en la tensión de armadura y en la tensión terminal.

La relación entre los voltios de tensión terminal que pierde la máquina por cada amperio de la corriente de armadura será la pendiente de operación  $m$  que obtenemos geoméricamente de la relación entre  $V_T$  e  $I_a$ .

$$m = \frac{\text{voltios}}{A}$$

#### 4.2.4.5 PORCENTAJE DE REGULACIÓN.

El porcentaje de regulación de tensión terminal del generador significa la relación entre la tensión terminal en vacío ( $V_T$ ) con la tensión terminal ( $V_T$ ) a máxima carga. Matemáticamente se puede expresar como:

$$\%RVT = \left( \frac{VT_0 - VT_{\text{máximacarga}}}{VT_{\text{máximacarga}}} \right) * 100$$

Utilizando las tablas No. 58 y 59 se deben graficar las siguientes características:

- g) Rendimiento (% $\eta$  vs  $I_a$ )
- h) Pendiente de operación ( $V_T$  vs  $I_a$ )

- i) Pérdidas mecánicas ( $P_m$  vs  $I_a$ )

#### **4.2.5 PRUEBA # 19: GENERADOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA**

##### **4.2.5.1 OBJETIVO.**

Obtener siguientes características de operación de un generador DC compuesto conexión larga.

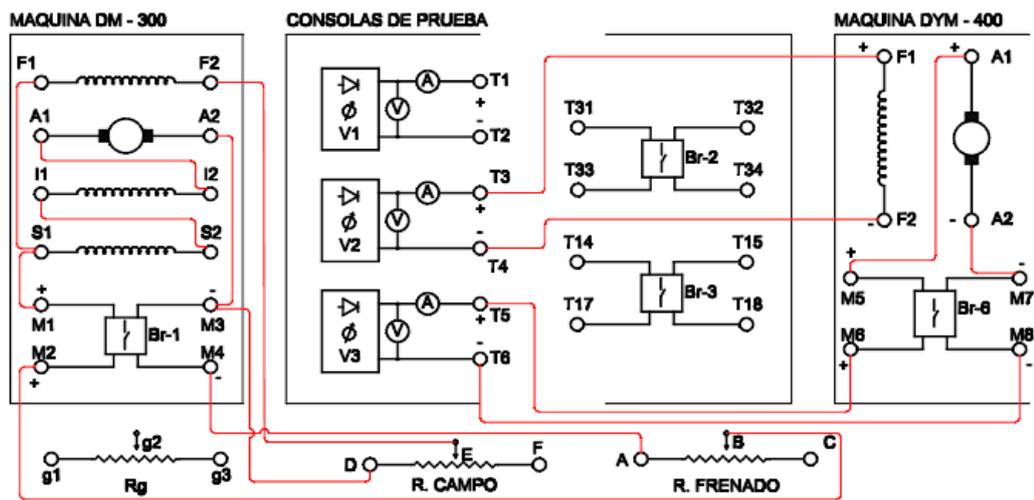
- Pendiente de operación
- Rendimiento
- Porcentaje de regulación de tensión

##### **4.2.5.2 PROCEDIMIENTO.**

- a). Cablear de acuerdo el diagrama de la figura 48.
- b). Utilizar la máquina DYN-400 como motor primario (motor de excitación independiente). Regular la velocidad hasta obtener 1800 revoluciones por minuto y mantener constante este valor durante toda la prueba.
- c). Conectar en los terminales del generador una carga ( $R_{carga} = 120 \Omega / 4 \text{ Kw}$ ) con la cual regulamos la corriente de armadura del generador.
- d). Regulando la corriente de armadura desde cero hasta 6 amperios, con intervalos de medio (0,5) amperios, completar la tabla No. 61.
- e). Con los datos obtenidos y registrados en la tabla 62.

#### **FIGURA No. 48**

#### **ESQUEMA DE CONEXIÓN PARA EL GENERADOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA**



Elaboración: El autor

TABLA No. 61

**PRUEBA DEL GENERADOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA  
CON CARGA**

$R_a(\Omega)$	$R_i(\Omega)$	Tcarga (N.m)	$\omega$ (rpm)	$I_F$ (A)	$V_T$ (V)	$I_a$ (A)
			1800	0,6		0
			1800	0,6		0,5
			1800	0,6		1
			1800	0,6		-
			1800	0,6		6

Elaboración: El autor

**4.2.5.3 RENDIMIENTO.**

Para determinar el rendimiento se debe aplicar el correspondiente flujo de potencias, tal como se muestra en la figura 49 y las respectivas ecuaciones.

TABLA No. 62

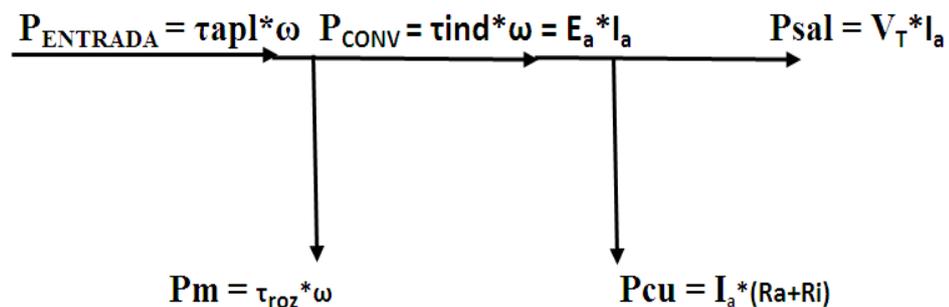
**CARACTERISTICAS DE OPERACIÓN DEL GENERADOR COMPUESTO  
CONEXIÓN LARGA**

<b>I<sub>a</sub>(A)</b>	<b>I<sub>F</sub> (A)</b>	<b>P<sub>ent</sub> (w)</b>	<b>P<sub>cu</sub> (w)</b>	<b>P<sub>m</sub>(w )</b>	<b>P<sub>sal</sub> (w)</b>	<b>E<sub>a</sub>(V)</b>	<b>P<sub>a</sub>(w)</b>	<b>% n</b>	<b>% RV<sub>T</sub></b>
0	0,4								
0,5	0,4								
-	0,4								
6	0,4								

Elaboración: El auto

FIGURA No. 49

**FLUJO DE POTENCIA PARA EL GENERADOR COMPUESTO  
CONEXIÓN LARGA**



Elaboración: El autor

$$\%n = \left( \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} \right) * 100 = \left( \frac{V_T * I_a}{V_T * I_a + P_m + P_{cu}} \right) * 100$$

**4.2.5.4 PENDIENTE DE OPERACIÓN.**

Al mantener constante la corriente de campo y la velocidad, la fuerza electromotriz inducida en el generador ( $E_A = k * \omega * \Theta$ ), teóricamente es constante, aunque el flujo no se mantendrá constante por el efecto desmagnetizante de la reacción de armadura, ya que la máquina DM-300 no dispone de devanado de compensación. Por lo expuesto la tensión terminal caerá aún más en los terminales de la máquina, según la siguiente ecuación.

$$V_T = E_A - R * I_a$$

Teóricamente la tensión de armadura ( $E_A$ ) se mantiene constante por que la velocidad ( $n = 1800$  rpm) y la corriente de campo ( $I_f = 0,6$  A) se mantienen constante.

La reacción de armadura provocara una disminución del flujo magnético lo cual provocara la disminución de la tensión de armadura ( $E_A$ ) y de la tensión terminal  $V_T$ . Como conclusión se tiene que la tensión terminal del generador disminuye por dos razones:

- Por efecto de la carga
- Por el efecto desmagnetizante de la reacción de armadura cuando la máquina es sin compensación.

Mientras crezca la magnitud de las resistencia internas de la máquina y la corriente sea mayor, entonces se provocara un descenso en la tensión de armadura y en la tensión terminal.

La relación entre los voltios de tensión terminal que pierde la máquina por cada amperio de la corriente de armadura será la pendiente de operación  $m$  que obtenemos geoméricamente de la relación entre  $V_T$  e  $I_a$ .

$$m = \frac{\text{voltios}}{A}$$

#### **4.2.5.5 PORCENTAJE DE REGULACIÓN.**

El porcentaje de regulación de tensión terminal del generador significa la relación entre la tensión terminal en vacío ( $V_T$ ) con la tensión terminal ( $V_T$ ) a máxima carga. Matemáticamente se puede expresar como:

$$\%RVT = \left( \frac{V_{T0} - V_{T\text{máximacarga}}}{V_{T\text{máximacarga}}} \right) * 100$$

Utilizando las tablas No. 60 y 61 se deben graficar las siguientes características:

- j) Rendimiento (% $\eta$  vs  $I_a$ )
- k) Pendiente de operación ( $V_T$  vs  $I_a$ )
- l) Pérdidas mecánicas ( $P_m$  vs  $I_a$ )

### **4.3 GUIA DE PRÁCTICAS PARA PRUEBAS DE APLICACIONES DE POTENCIA EN SISTEMAS DC.**

#### **4.3.1 PRUEBA # 20: GENERADORES DC, CONECTADOS EN SERIE CON TOMA CENTRAL CONECTADA A TIERRA.**

##### **4.3.1.1 OBJETIVO.**

Observar el comportamiento de dos generadores independientes conectados en serie, con toma central conectado a tierra, para determinar la potencia entregada a la carga por cada generador y verificar la importancia de la conexión a tierra.

##### **4.3.1.2 PROCEDIMIENTO.**

- a). Cablear de acuerdo el diagrama del anexo No. 4.
- b). Utilizar el alimentador V1, para el campo del generador 1.
- c). Utilizar el alimentador V2, para el campo motor primario 1.
- d). Utilizar el alimentador V3, para el circuito de armadura del motor primario 1.
- e). Utilizar el alimentador V4, para el campo del generador 2.

- f). Utilizar el alimentador V5, para el campo motor primario 2.
- g). Utilizar el alimentador V6, para el circuito de armadura del motor primario 2.
- h). Utilizar las tres resistencias de carga, R1, R2 y R3.
- i) Regular corriente de campo y velocidad de cada motor para obtener una tensión terminal de 80 voltios en cada uno.
- k). Tomar los valores que se incluyen en la tabla No. 63.
- l). Repetir la primera prueba pero ahora con valores de resistencias diferentes. R1 en 60  $\Omega$ , R2 en 80  $\Omega$  y R3 en 120  $\Omega$ .
- k). Tomar los valores que se incluyen en la tabla No. 64.

**TABLA No. 63**

**GENERADORES CONECTADOS EN SERIE. R1=R2**

<b>V<sub>TG1</sub>(V)</b>	<b>V<sub>TG2</sub>(V)</b>	<b>V<sub>LI1</sub>(V)</b>	<b>V<sub>LI2</sub>(V)</b>	<b>V<sub>LIL2</sub>(V)</b>	<b>R1(<math>\Omega</math>)</b>	<b>R2(<math>\Omega</math>)</b>	<b>R3(<math>\Omega</math>)</b>
<b>80</b>	<b>80</b>	<b>73</b>	<b>77,6</b>	<b>150,5</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>

**Elaboración: El autor**

**TABLA No. 63**

**GENERADORES CONECTADOS EN SERIE. R1=R2**

**CONTINUACIÓN**

<b><math>\omega_{G1}</math></b>	<b><math>\tau_{apl G1}</math></b>	<b>I<sub>FG1</sub></b>	<b>I<sub>Lg1</sub></b>	<b><math>\omega_{G2}</math></b>	<b><math>\tau_{apl G2}</math></b>	<b>I<sub>FG2</sub></b>	<b>I<sub>Lg2</sub></b>	<b>I<sub>T</sub></b>
<b>(rpm)</b>	<b>(N.m)</b>	<b>(A)</b>	<b>(A)</b>	<b>(rpm)</b>	<b>(N.m)</b>	<b>(A)</b>	<b>(A)</b>	<b>(A)</b>
<b>1747</b>	<b>1,95</b>	<b>0,33</b>	<b>2,8</b>	<b>1762</b>	<b>2,3</b>	<b>0,3</b>	<b>2,8</b>	<b>0</b>

**Elaboración: El autor**

**TABLA No. 64**

### GENERADORES CONECTADOS EN SERIE. $R1 \neq R2$

$V_{TG1}(V)$	$V_{TG2}(V)$	$V_{L1t1}(V)$	$V_{L1t2}(V)$	$V_{L1L2}(V)$	$R1(\Omega)$	$R2(\Omega)$	$R3(\Omega)$
					<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>

**Elaboración: El autor**

**TABLA No. 64**

### GENERADORES CONECTADOS EN SERIE. $R1 \neq R2$

#### CONTINUACIÓN

$\omega_{G1}$	$\tau_{apl G1}$	$I_{FG1}$	$I_{Lg1}$	$\omega_{G2}$	$\tau_{apl G2}$	$I_{FG2}$	$I_{Lg2}$	$I_T$
(rpm)	(N.m)	(A)	(A)	(rpm)	(N.m)	(A)	(A)	(A)

**Elaboración: El autor**

#### 4.3.1.3 PRECAUCIÓN.

Es muy importante tener presentes las siguientes recomendaciones de seguridad.

- Los interruptores SW1, SW2 y SW3 deben permanecer abiertos (OFF)
- La toma central de los dos generadores debe conectarse a tierra por medio de un amperímetro de precisión.
- Regular la resistencia R1 en **80  $\Omega$** , R2 en **80  $\Omega$**  y R3 en **120  $\Omega$** .
- Las barras principales las identificamos como L1, tierra y L2.
- Cuando se realicen las pruebas tanto con carga balanceada ( **$R1=R$** ), la conexión a tierra debe estar conectada de manera segura. Una falla en esta conexión provocaría corrientes de desequilibrio hacia el interior de los generadores, las mismas que podrían dañar las máquinas.

## **4.3.2 PRUEBA # 21: SISTEMA DE POTENCIA DC. GENERADORES DC CONECTADOS EN PARALELO.**

### **4.3.2.1 OBJETIVO**

Observar el comportamiento de dos generadores independientes conectados en paralelo.

### **4.3.2.2 PROCEDIMIENTO**

- a). Cablear de acuerdo al diagrama que se incluye en el anexo No. 4.
- b). Utilizar los alimentadores V1, V2 y V3 para la unidad generadora uno (Motor primario y generador independiente).
- c). Utilizar los alimentadores V4, V5 y V6 para la unidad generadora dos.
- d). Al inicio de la prueba la carga debe ser regulada originalmente en 120 ohmios.
- e). Mediante los interruptores SW-2 y SW-3 conectar los generadores a las barras principales. La carga se controla con SW-3. Aún permanece desconectada.
- f). Si la conexión es correcta la corriente de línea debe ser cero.
- g). Muy lentamente acelere el generador 1. Se observará que el generador que ha sido acelerado entrega corriente al otro generador, es decir, que éste último empieza a motorizarse, lo cual representa un peligro. Tan pronto se observe esto se debe bajar la velocidad del generador 1 o acelerar el generador dos hasta que las corrientes se igualen nuevamente a cero (no entregan ni consumen potencia).
- h). Ahora incremente lentamente la corriente de campo del generador dos y observe que éste empieza a entregar corriente al generador 1, es decir, éste último se motoriza. Tan pronto suceda esto suba la corriente de campo del generador uno hasta que nuevamente las corrientes de línea de cada generador se igualen a cero.
- i). Originalmente ambos generadores entraran a las barras con igual tensión terminal igual a 80 voltios (a vacío), lo cual significa que en el sistema tenemos la carga. La corriente de carga será de 1 amperio y se debe verificar que cada generador entregue la mitad, es decir, 0,5 amperios.

#### 4.3.2.3 CONTROL Y DISTRIBUCIÓN DE CARGA

De acuerdo el literal i de la sección 4.3.2.2, tenemos que cada generador entrega el 50 % de la demanda de carga. Entonces, el control de la potencia que entrega cada generador a la carga lo hacemos mediante la regulación de la velocidad del motor primario (a mayor velocidad la potencia es mayor y por lo tanto puede entregar más corriente a la carga), pero siempre cuidando de no motorizar el otro generador.

Para el presente caso, distribuimos la corriente de la siguiente forma:

- $I_{\text{carga}} = 1 \text{ A}$
- $I_{\text{LG1}} = 0,7 \text{ A}$
- $I_{\text{LG2}} = 0,3 \text{ A}$

Por esta razón decimos que el generador uno entrega el 70 por ciento y el generador dos entrega el 30 por ciento.

Si aumentamos la carga a 5 amperios y deseamos repartir la carga entre dos generadores, mediante el control de velocidad de cada motor primario logramos que cada generador entregue 2,5 amperios. Sin embargo, en el instante que suceda esto la tensión de las barras del sistema ya no es 80 voltios.

Si el objetivo es mantener la tensión del sistema, en éste caso 80 voltios, entonces debemos actuar sobre los campos de los generadores al mismo tiempo para recuperar la tensión terminal. Si no actuamos así sucederá que uno de los generadores podría entregar más carga lo que significa que los generadores ya no se reparten la carga por igual.

Para acoplar los generadores en paralelo utilizar el siguiente procedimiento.

a). Conectar los dos generadores a las barras, cuando el sistema está sin carga, es decir a vacío.  $V_{\text{TG1}} \text{ (V)}$  y  $V_{\text{TG2}} \text{ (V)}$  ambos a 80 voltios.

b). Completar las tablas No. 65 y 66 variando la carga desde 0 hasta 10 amperios en pasos de 0,5 amperios.

**TABLA No. 65**

**VALORES DE LOS GENERADORES A VACIO**

<b>V<sub>TOG1</sub>(V)</b>	<b><math>\omega_{OG1}</math> (rpm)</b>	<b>I<sub>FG1</sub> (A)</b>	<b>V<sub>TOG2</sub>(V)</b>	<b><math>\omega_{OG2}</math> (rpm)</b>	<b>I<sub>FG2</sub> (A)</b>

**Elaboración: El autor**

**4.3.2.4 CONTROL Y DISTRIBUCIÓN DE CARGA**

Considerando que el generador uno está conectado al sistema, que éste tiene una tensión en barras de 80 voltios y una carga de 5 amperios. En este momento el generador dos entrara al sistema.

Si el generador dos se conecta al sistema con una tensión igual a 80 voltios, al instante de entrar a las barras no entrega ni consume potencia porque la tensión a vacío es igual a la tensión de las barras. Si entra con una tensión superior a 80 voltios significa que automáticamente empezará a entregar carga, pero si entra con una tensión inferior a 80 voltios instantáneamente consumirá potencia ya que en éste último caso se comporta como motor

El comportamiento de los dos generadores se lo puede expresar según el gráfico No. 50, y siguiendo el procedimiento descrito en esta sección, se debe completar la tabla No. 67.

**TABLA No. 66**

**CONTROL Y DISTRIBUCIÓN DE CARGA BALANCEADA**

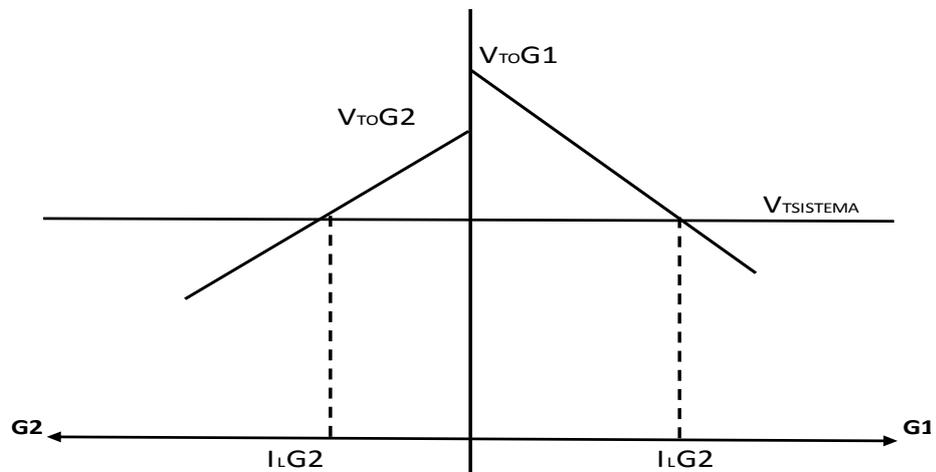
$V_{TG01}(V) = 80 V / V_{TG02}(V) = 80 V. G_1 = 50\% / G_2 = 50\%$							
$V_{TG1}$ (V)	$\omega_{G1}$ (rpm)	$\omega_{G2}$ (rpm)	$I_{FG1}$ (A)	$I_{FG2}$ (A)	$I_{Lg1}$ (A)	$I_{Lg2}$ (A)	$I_{CARGA}$ (A)
80							0
80							1
80							2
80							3
80							4
80							5
80							6
80							7
80							8
80							9
80							10

**Elaboración: El autor**

De la gráfica se deduce que la corriente de carga es la suma de las corrientes de cada generador. Utilizando los valores obtenidos en las tablas 66 y 67 completar las tablas 68 y 69.

**FIGURA No. 50**

**DISTRIBUCIÓN DE CARGA DE GENERADORES EN PARALELO**



**Elaboración: El autor**

**TABLA No. 67**

**CONTROL Y DISTRIBUCIÓN CON CARGAS DIFERENTES**

$V_{TG01}(V) = 80 V / V_{TG02}(V) = 80 V. G_1 = 50\% / G_2 = 50\%$							
$V_{TG1}$ (V)	$\omega_{G1}$ (rpm)	$\omega_{G2}$ (rpm)	$I_{FG1}$ (A)	$I_{FG2}$ (A)	$I_{Lg1}$ (A)	$I_{Lg2}$ (A)	$I_{CARGA}$ (A)
80							0
80							1
80							2
80							3
80							4
80							5
80							6
80							7
80							8
80							9
80							10

**Elaboración: El autor.**

**TABLA No. 68**

**DISTRIBUCIÓN BALANCEADA DE CARGAS**

$I_{CARGA}$ (A)	$V_{TSISTEMA}$ (V)	$V_{TOG1}$ (V)	$\omega_{OG1}$ (rpm)	$I_{FG1}$ (A)	$V_{TOG2}(V)$	$\omega_{OG2}$ (rpm)	$I_{FG2}$ (A)
0	80						
1	80						
2	80						
3	80						
4	80						
5	80						
6	80						
7	80						
8	80						
9	80						
10	80						

**Elaboración: El autor.**

Con los valores obtenidos en las tablas 68 y 69 realizar una gráfica para cada tabla. Ver gráfica 51 y 52.

**TABLA No. 69**

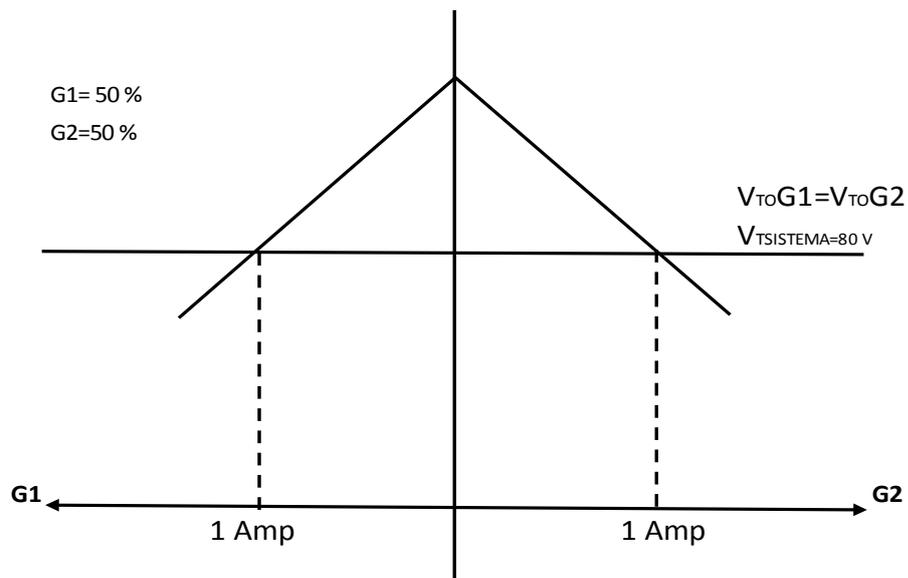
**DISTRIBUCIÓN DESBALANCEADA DE CARGAS**

<b>I<sub>L</sub>CARGA (A)</b>	<b>V<sub>TSISTEMA</sub> (V)</b>	<b>V<sub>TOG1</sub> (V)</b>	<b>ω<sub>OG1</sub> (rpm)</b>	<b>I<sub>FG1</sub> (A)</b>	<b>V<sub>TOG2</sub>(V)</b>	<b>ω<sub>OG2</sub> (rpm)</b>	<b>I<sub>FG2</sub> (A)</b>
2	80						
3	80						
4	80						
5	80						
6	80						
7	80						
8	80						

Elaboración: El autor.

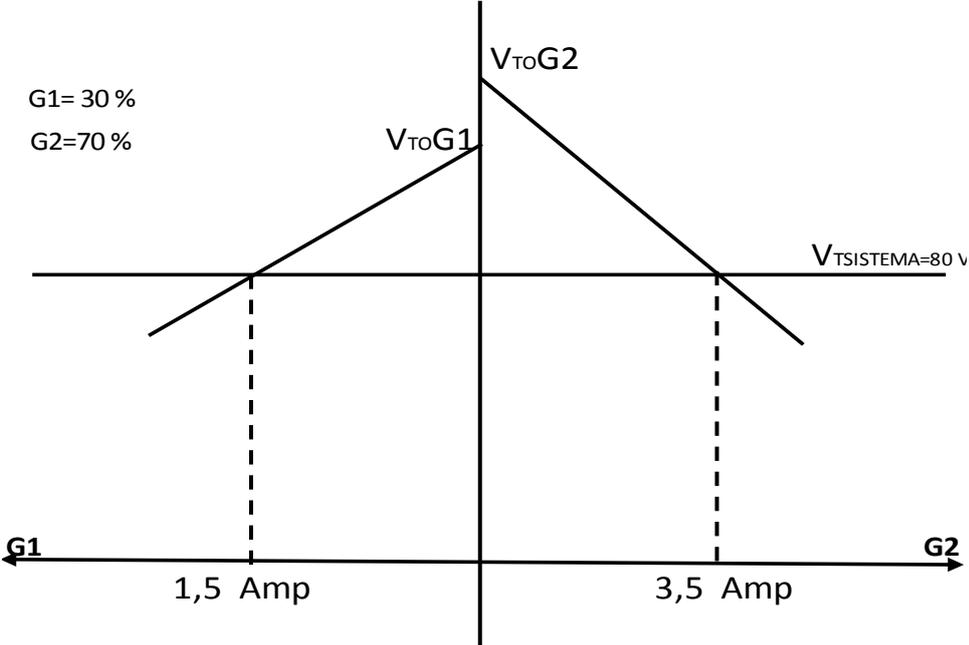
**GRÁFICA No. 51**

**DISTRIBUCIÓN DE CARGA BALANCEADA**



Elaboración: El autor.

**GRÁFICA No. 52**  
**DISTRIBUCIÓN DE CARGA DESBALANCEADA**



**Elaboración: El autor.**

## CAPITULO V

### MANUAL DE OPERACIONES

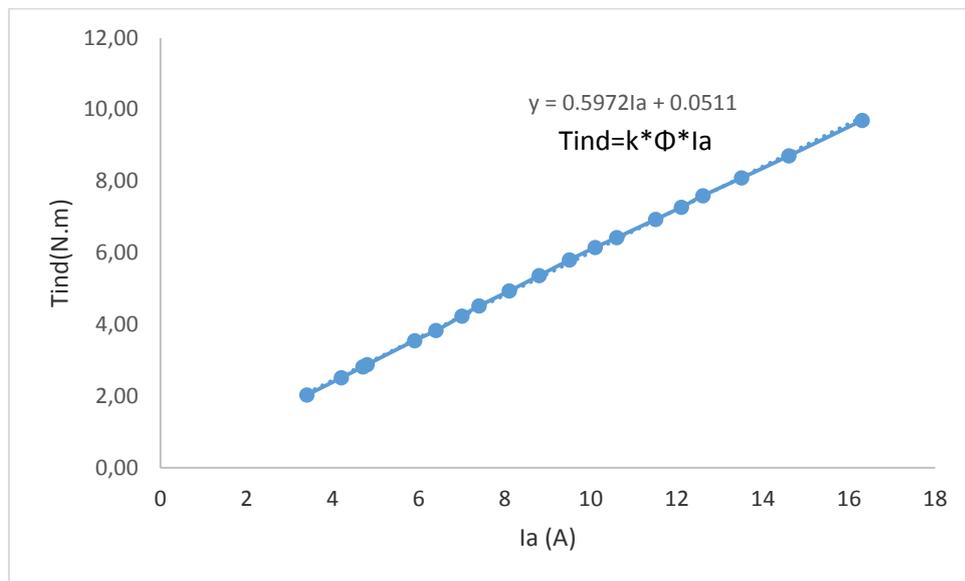
Los valores tomados durante las pruebas para cada uno de los tipos de motores mencionados en el capítulo cuatro, se incluyen en el anexo No. 6. Con los datos obtenidos durante las prácticas, se realiza el análisis y se elaboran las gráficas que se incluyen en las siguientes secciones.

#### 5.1 PRUEBAS DE MOTORES DC.

##### 5.1.1 MOTOR INDEPENDIENTE.

FIGURA No. 53

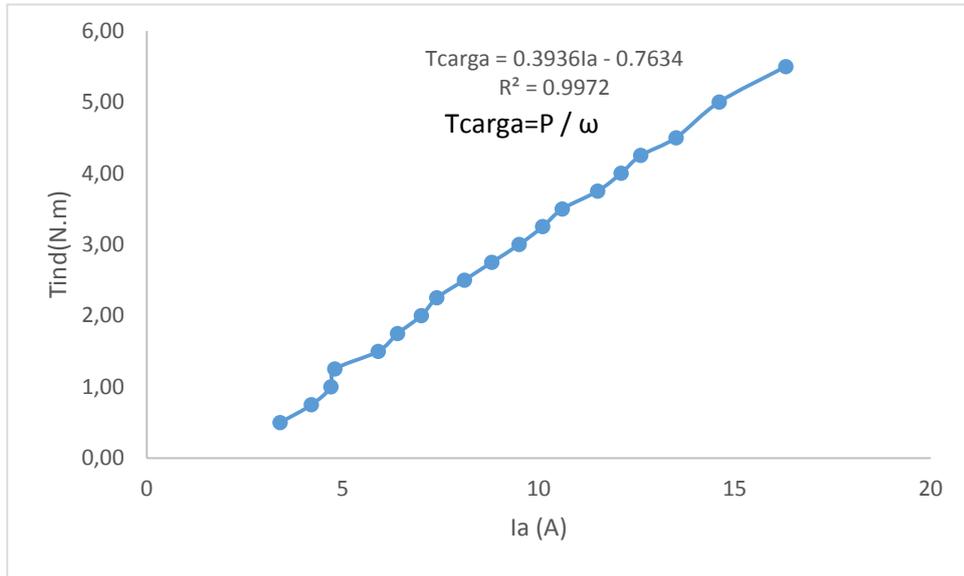
#### TORQUE INDUCIDO-CORRIENTE DE ARMADURA DEL MOTOR INDEPENDIENTE



Elaboración: El autor

**FIGURA No. 54**

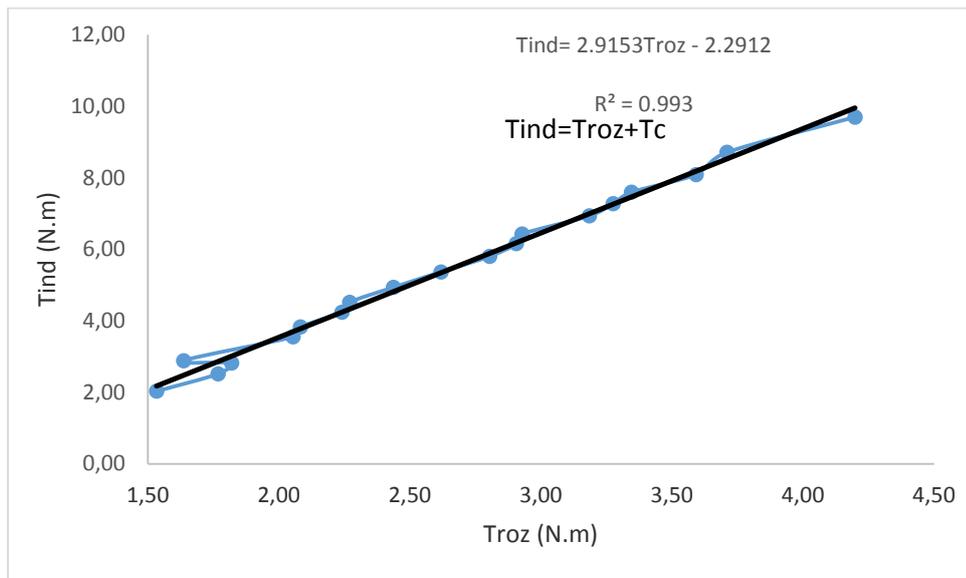
**TORQUE CARGA-CORRIENTE DE ARMADURA DEL MOTOR  
INDEPENDIENTE**



Elaboración: El autor

**FIGURA No. 55**

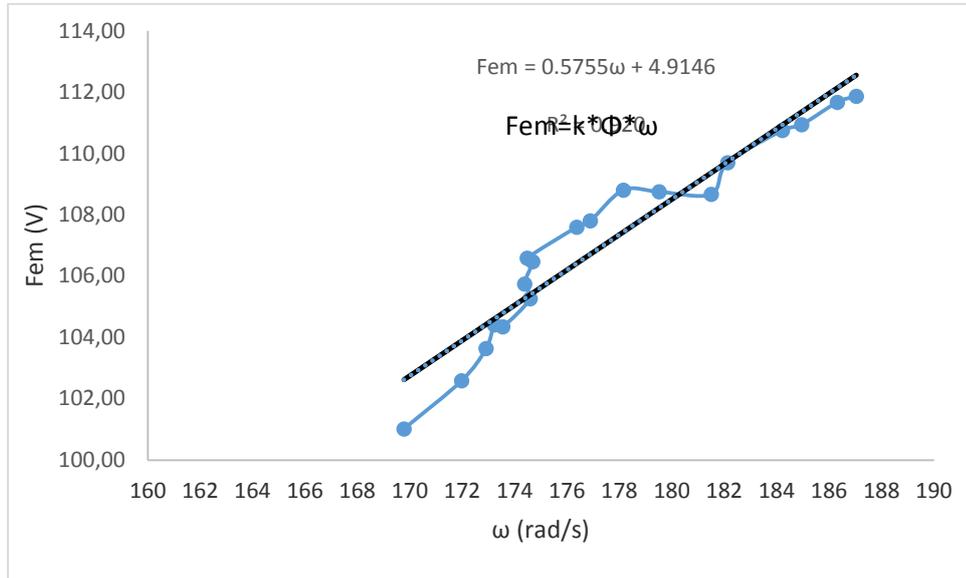
**TORQUE INDUCIDO-TORQUE DE ROZAMIENTO DEL MOTOR  
INDEPENDIENTE**



Elaboración: El autor

**FIGURA No. 56**

**Fem-VELOCIDAD DEL MOTOR INDEPENDIENTE**

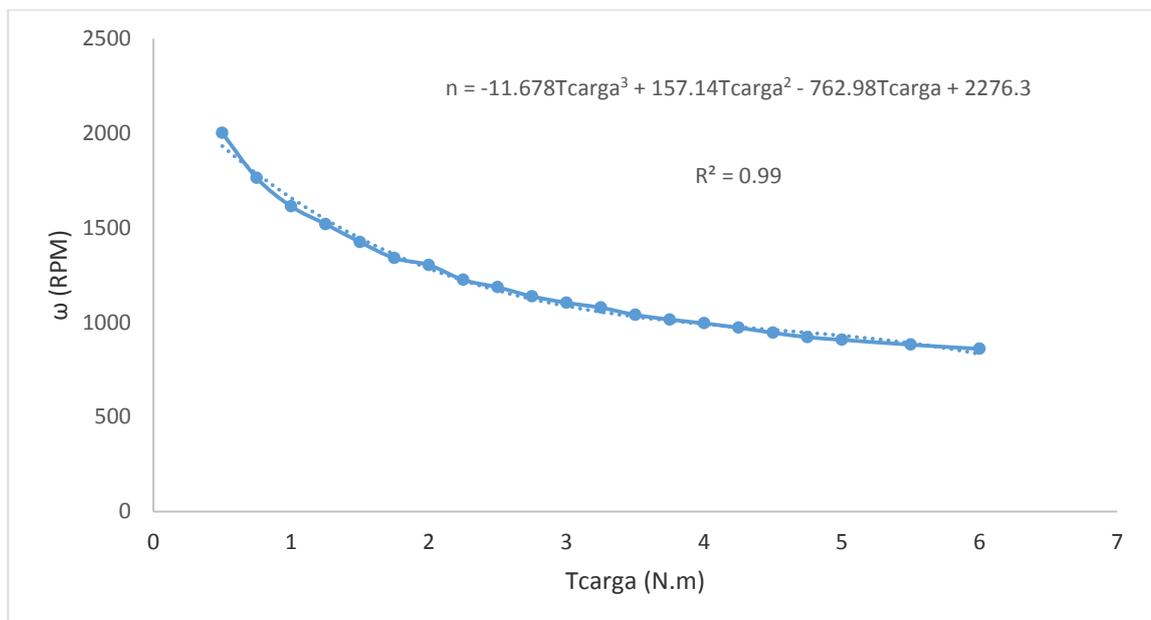


Elaboración: El autor

**5.1.2 MOTOR SERIE.**

**FIGURA No. 57**

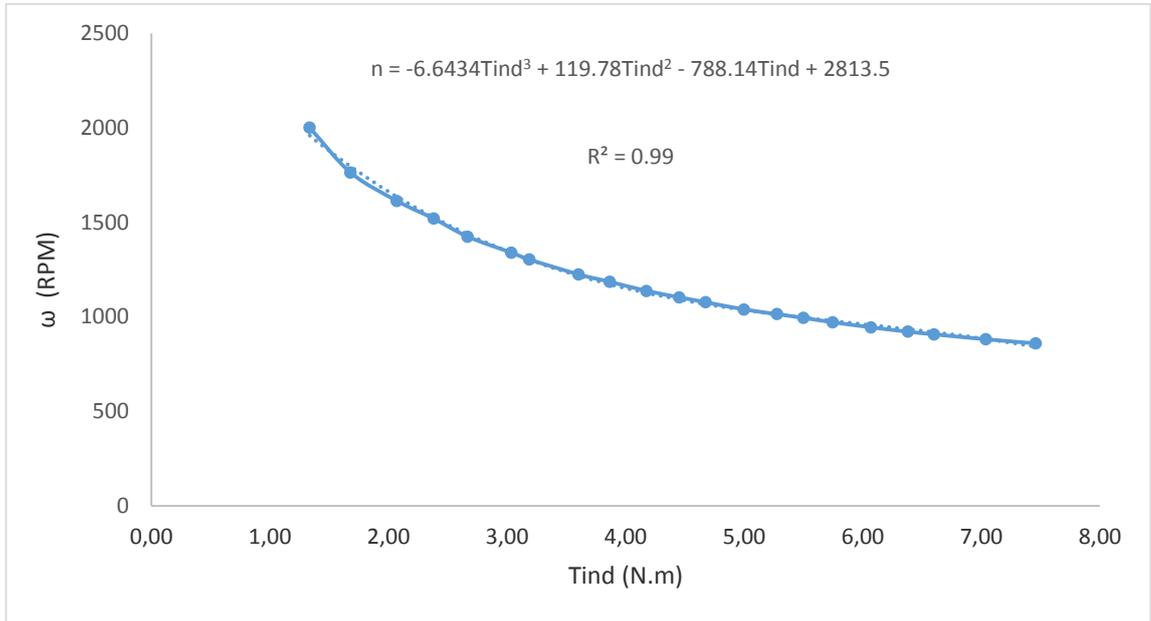
**VELOCIDAD – TORQUE DE CARGA DEL MOTOR SERIE**



Elaboración: El autor

**FIGURA No. 58**

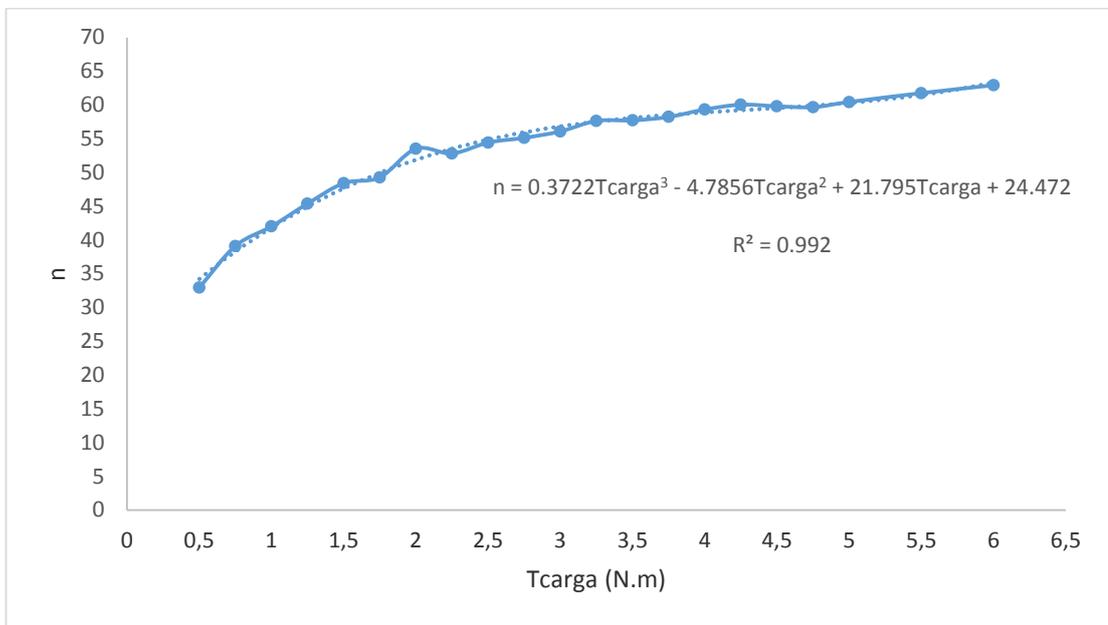
**VELOCIDAD – TORQUE INDUCIDO DEL MOTOR SERIE**



Elaboración: El autor

**FIGURA No. 59**

**RENDIMIENTO – TORQUE DE CARGA DEL MOTOR SERIE**

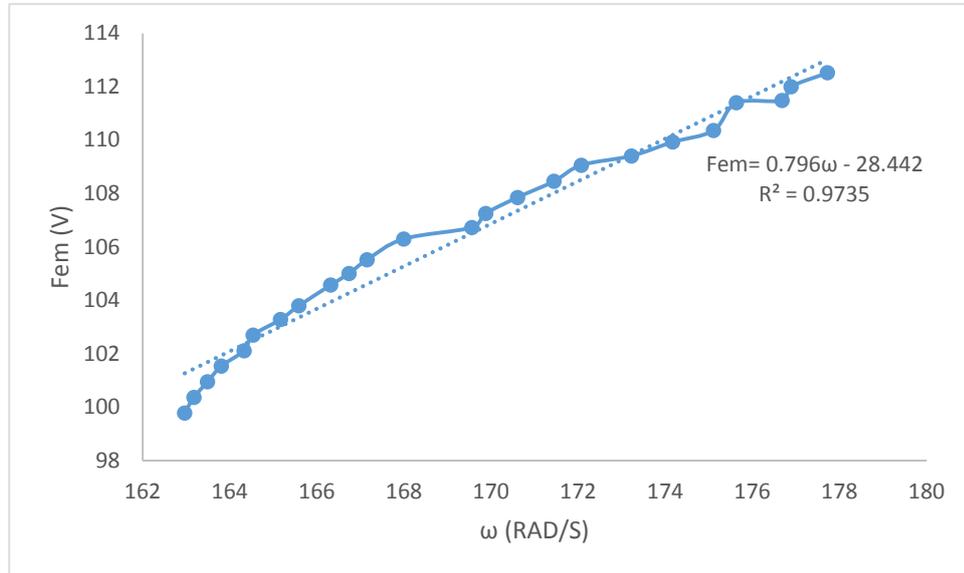


Elaboración: El autor

### 5.1.3 MOTOR PARALELO.

FIGURA No. 60

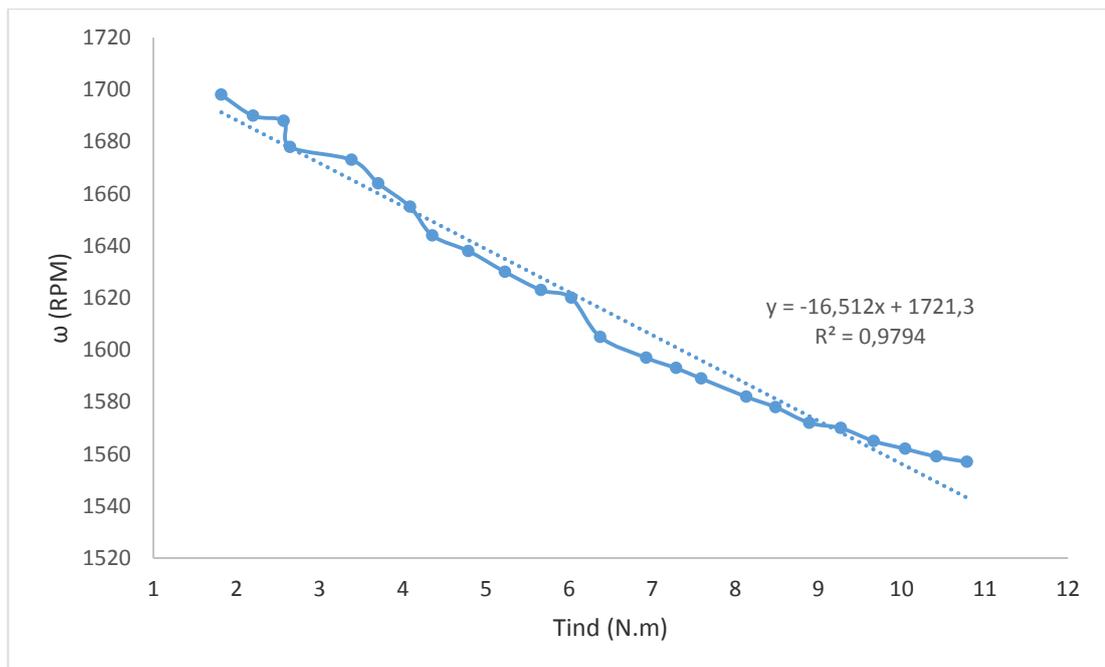
#### Fem – VELOCIDAD DEL MOTOR PARALELO



Elaboración: El autor

FIGURA No. 61

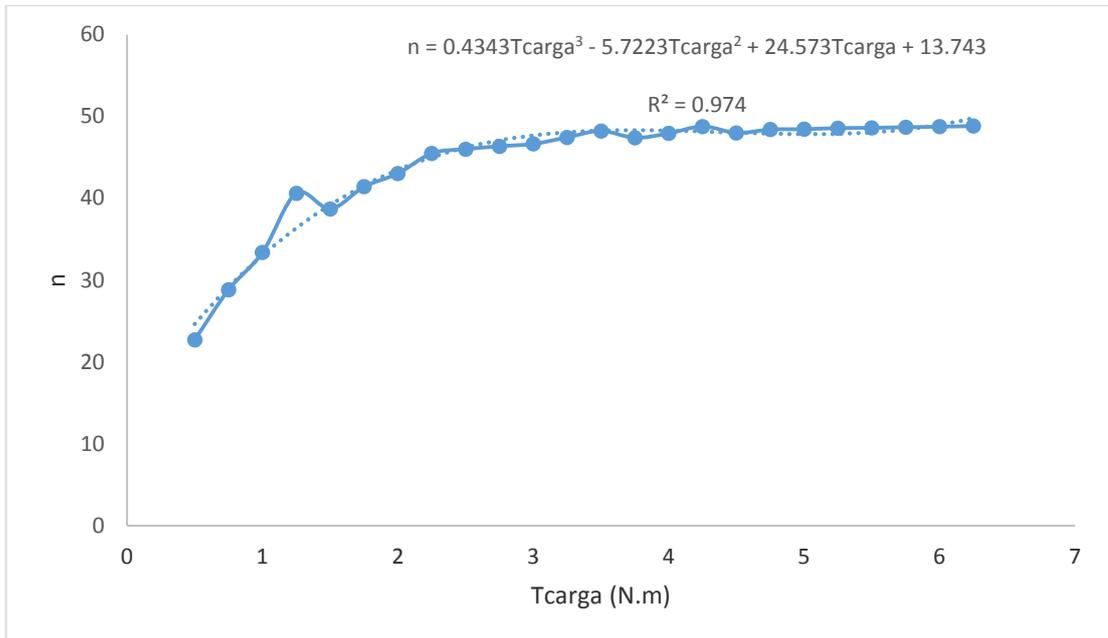
#### VELOCIDAD – TORQUE INDUCIDO DEL MOTOR PARALELO



Elaboración: El autor

**FIGURA No. 62**

**RENDIMIENTO – TORQUE DE CARGA DEL MOTOR PARALELO**

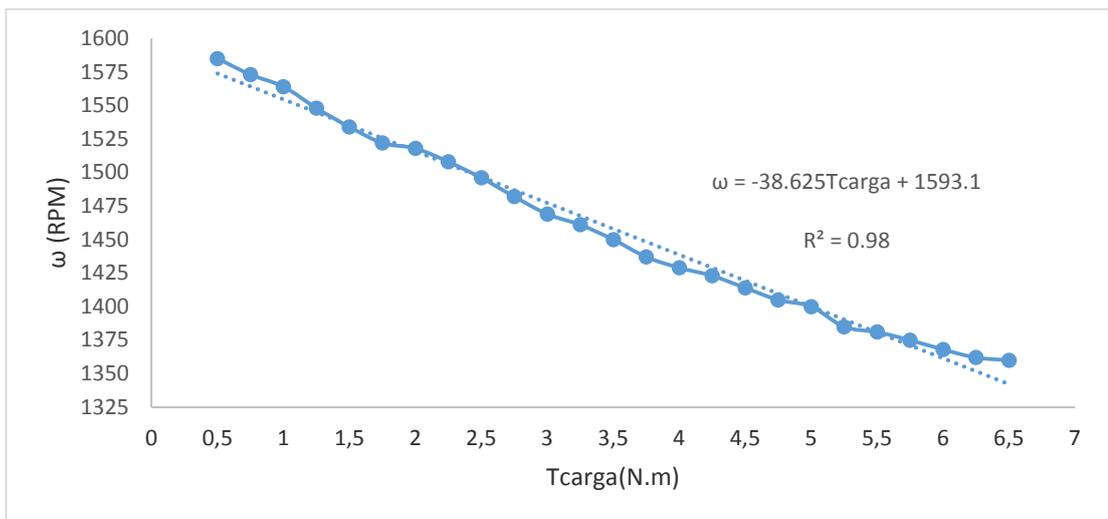


Elaboración: El autor

**5.1.4 MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN CORTA.**

**FIGURA No. 63**

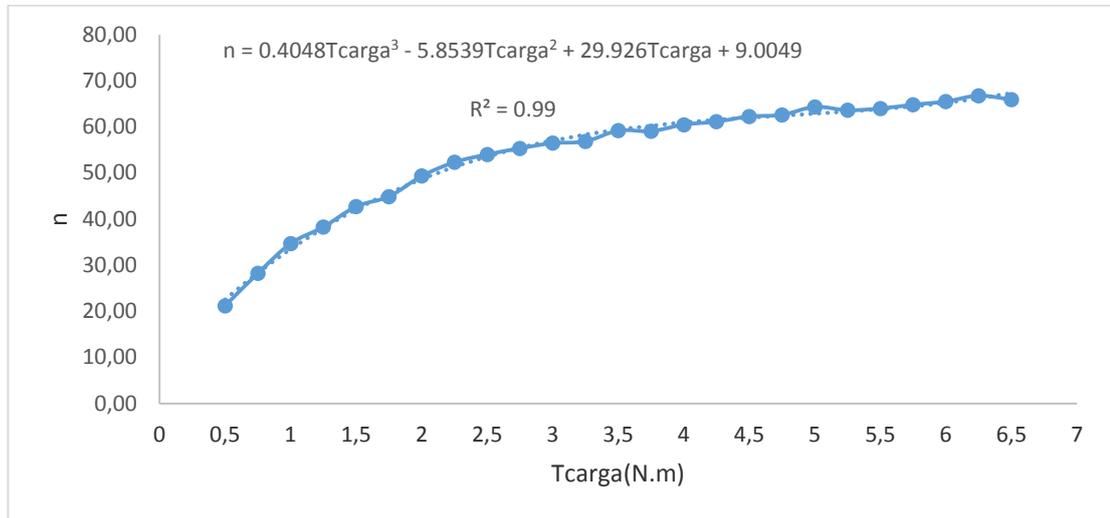
**VELOCIDAD- TORQUE DE CARGA DEL MOTOR COMPUESTA CONEXIÓN CORTA**



Elaboración: El autor

**FIGURA No. 64**

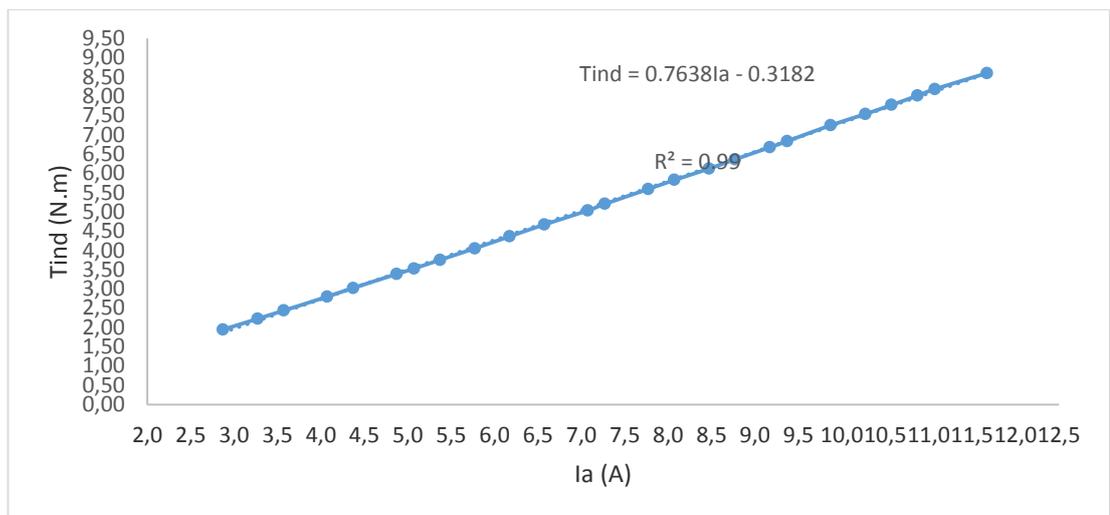
**RENDIMIENTO – TORQUE DE CARGA DEL MOTOR COMPUESTA  
CONEXIÓN CORTA**



Elaboración: El autor

**FIGURA No. 65**

**TORQUE INDUCIDO – CORRIENTE DE ARMADURA DEL MOTOR  
COMPUESTA CONEXIÓN CORTA**

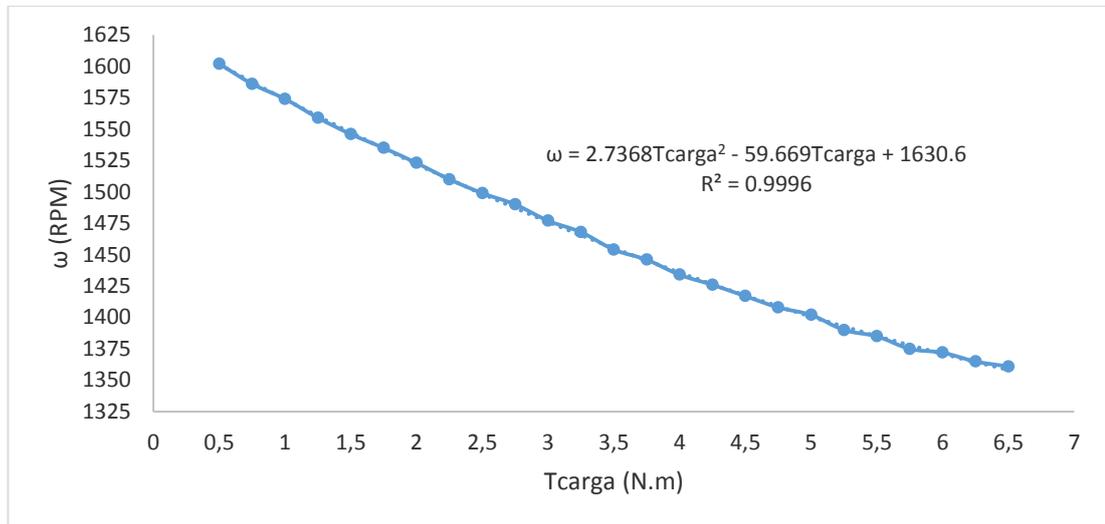


Elaboración: El autor

### 5.1.5 MOTOR COMPUESTO CONEXIÓN LARGA.

FIGURA No. 66

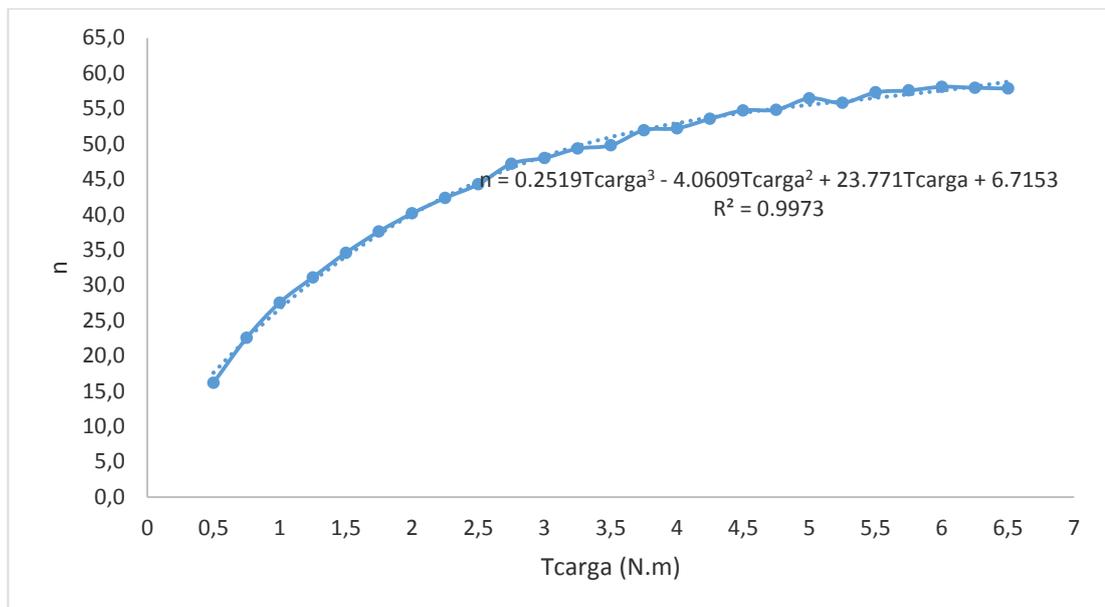
#### VELOCIDAD – TORQUE DE CARGA DEL MOTOR COMPUESTA CONEXIÓN LARGA



Elaboración: El autor

FIGURA No. 67

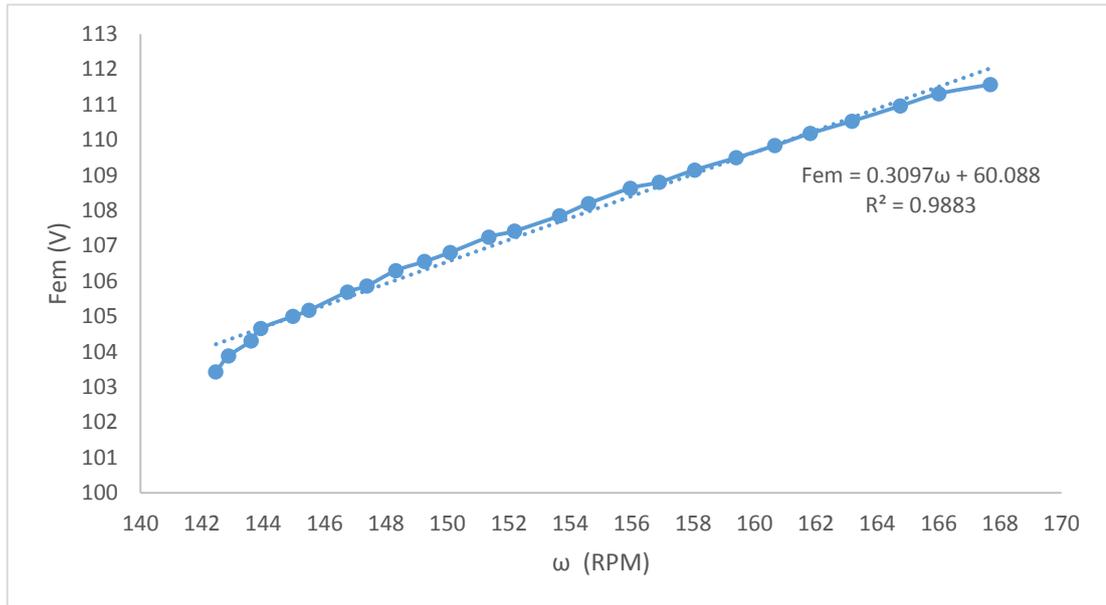
#### RENDIMIENTO – TORQUE DE CARGA DEL MOTOR COMPUESTA CONEXIÓN LARGA



Elaboración: El autor

**FIGURA No. 68**

**VELOCIDAD – Fem DEL MOTOR COMPUESTA CONEXIÓN LARGA**



Elaboración: El autor

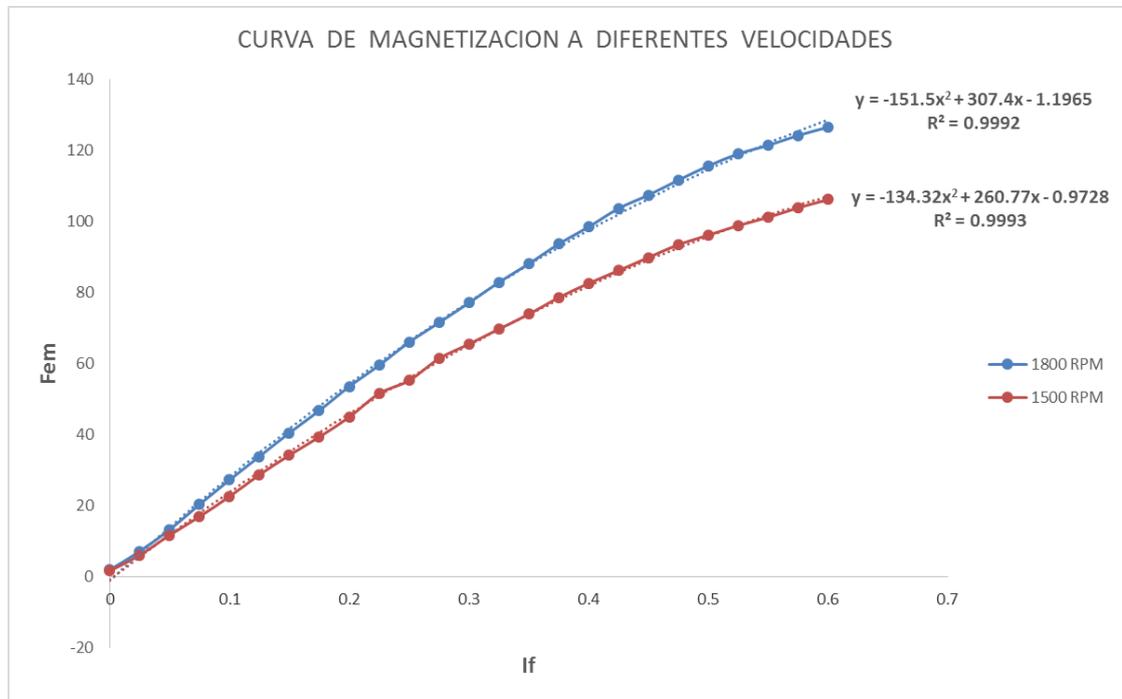
**5.2 GUIA DE PRÁCTICAS PARA PRUEBAS DE GENERADORES DC**

**5.2.1 CURVA DE SATURACIÓN MAGNÉTICA DE LA MÁQUINA DC HAMPDEN DM-300.**

Siguiendo las instrucciones de la sección 4.2.1 se completan la tabla 54 y 55 en las cuales se tabulan los datos tomados cuando se realizan las pruebas en el generador a 1500 y 1800 rpm. Las tablas llenas se muestran en el anexo No. 6. Con los datos tomados se realiza la gráfica No. 69.

## GRAFICO No. 69

### CURVA DE SATURACIÓN MAGNÉTICA DEL GENERADOR CONEXIÓN INDEPENDIENTE



Elaboración: El autor.

### 5.3 PRUEBAS DE APLICACIONES EN SISTEMAS DE POTENCIA DC.

#### 5.3.1 GENERADORES DC, CONECTADOS EN SERIE CON TOMA CENTRAL CONECTADA A TIERRA.

Cuando se conectan dos generadores en serie, con la correspondiente conexión a tierra en el punto común, si las cargas son iguales (equilibradas), entonces no existirá corriente de fuga o drenaje por la conexión a tierra.

Sin embargo, cuando las cargas de cada generador no son iguales (son desequilibradas), la corriente que circula por cada generador no son iguales y se producirá una corriente de desequilibrio. Si la resistencia de la conexión a tierra es inferior a la resistencia de las armaduras de los generadores, entonces esta corriente de desequilibrio se drenará a tierra. Caso contrario, es decir, cuando la

toma de tierra tiene una resistencia superior a la circuito equivalente de los generadores, entonces la corriente de desequilibrio recirculara por los generadores pudiendo inclusive llegar a dañarlos.

Por lo expuesto es importante que para realizar la práctica de generadores conectados en serie se verifique la resistencia de la toma de tierra. En la actualidad, al realizar las mediciones de la resistencia a tierra efectuadas a las tomas de tierra existentes en el laboratorio de motores y generadores el resultado obtenido del instrumento de medición utilizado (pinza de medición de tierra marca Fluke) fue que estas tomas a tierra estaban abiertas lo que se podría interpretar como una resistencia alta.

La medición de la resistencia a tierra en la toma de tierra existente en el laboratorio de alta tensión indica que la resistencia a tierra en dicho punto es de 2,5 ohmios.

Los resultados obtenidos en la medición de las resistencias a tierras de las tomas disponibles hace que no se pueda realizar la prueba de generadores en serie, ya que para realizar dicha práctica se necesita una toma de puesta a tierra con una resistencia inferior a 0,8 ohmios.

**TABLA No. 71**

**GENERADORES CONECTADOS EN SERIE. R1=R2**

<b>V<sub>TG1</sub>(V)</b>	<b>V<sub>TG2</sub>(V)</b>	<b>V<sub>L1I1</sub>(V)</b>	<b>V<sub>L1I2</sub>(V)</b>	<b>V<sub>L1L2</sub>(V)</b>	<b>R1(Ω)</b>	<b>R2(Ω)</b>	<b>R3(Ω)</b>
<b>80</b>	<b>80</b>	<b>73</b>	<b>77,6</b>	<b>150,5</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>

**Elaboración: El autor**

**TABLA No. 71**

**GENERADORES CONECTADOS EN SERIE. R1=R2. CONTINUACIÓN**

$\omega_{G1}$	$\tau_{apl G1}$	$I_{FG1}$	$I_{Lg1}$	$\omega_{G2}$	$\tau_{apl G2}$	$I_{FG2}$	$I_{Lg2}$	$I_T$
(rpm)	(N.m)	(A)	(A)	(rpm)	(N.m)	(A)	(A)	(A)
1747	1,95	0,33	2,8	1762	2,3	0,3	2,8	0

**Elaboración: El autor**

**TABLA No. 72**

**GENERADORES CONECTADOS EN SERIE. R1≠R2**

$V_{TG1}(V)$	$V_{TG2}(V)$	$V_{L11}(V)$	$V_{L12}(V)$	$V_{L1L2}(V)$	$R1(\Omega)$	$R2(\Omega)$	$R3(\Omega)$
					80	80	80

**Elaboración: El autor**

**TABLA No. 72**

**GENERADORES CONECTADOS EN SERIE. R1≠R2. CONTINUACIÓN**

$\omega_{G1}$	$\tau_{apl G1}$	$I_{FG1}$	$I_{Lg1}$	$\omega_{G2}$	$\tau_{apl G2}$	$I_{FG2}$	$I_{Lg2}$	$I_T$
(rpm)	(N.m)	(A)	(A)	(rpm)	(N.m)	(A)	(A)	(A)
						80	80	80

**Elaboración: El autor**

**5.3.2 GENERADORES DC CONECTADOS EN PARALELO.**

**5.3.2.1 CONTROL Y DISTRIBUCIÓN DE CARGA**

De la gráfica se deduce que:

$$I_{carga} = I_{LG1} + I_{LG2}$$

Utilizando los valores obtenidos en las tablas 67 y 68 completar las tablas 69 y 70.

**TABLA No. 73**

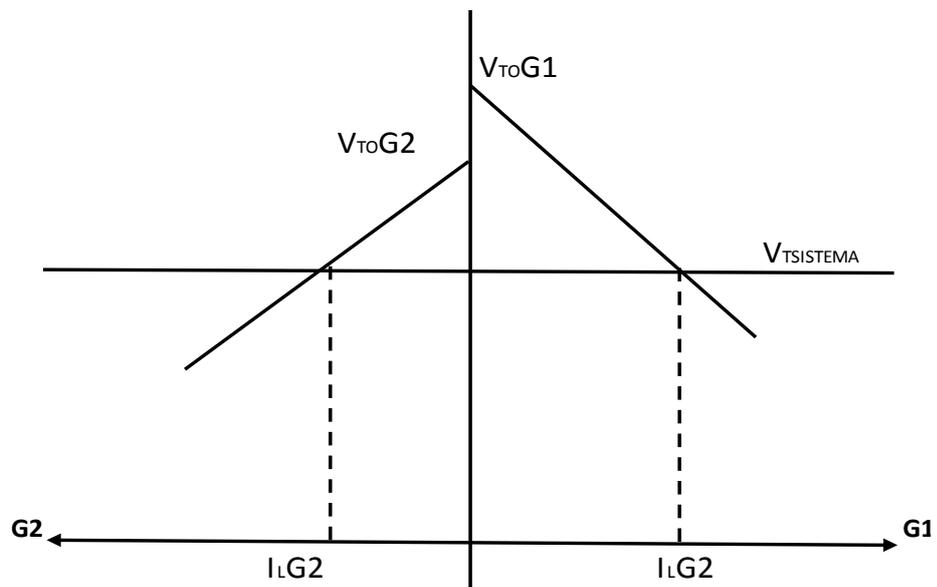
**VALORES DE LOS GENERADORES A VACIO**

$V_{TOG1}(V)$	$\omega_{OG1}$ (rpm)	$I_{FG1}$ (A)	$V_{TOG2}(V)$	$\omega_{OG2}$ (rpm)	$I_{FG2}$ (A)
80	1804	0,32	79,2	1800	0,31

Elaboración: El autor

**FIGURA No. 70**

**DISTRIBUCIÓN DE CARGA DE GENERADORES EN PARALELO**



Elaboración: El autor

**TABLA No. 74**

**CONTROL Y DISTRIBUCIÓN DE CARGA BALANCEADA**

<b><math>V_{TG01}(V) = 80 V / V_{TG02}(V) = 80 V. G_1 = 50\% / G_2 = 50\%</math></b>							
<b><math>V_{TG1}</math></b> <b>(V)</b>	<b><math>\omega_{G1}</math></b> <b>(rpm)</b>	<b><math>\omega_{G2}</math></b> <b>(rpm)</b>	<b><math>I_{FG1}</math></b> <b>(A)</b>	<b><math>I_{FG2}</math></b> <b>(A)</b>	<b><math>I_{Lg1}</math></b> <b>(A)</b>	<b><math>I_{Lg2}</math></b> <b>(A)</b>	<b><math>I_{CARGA}</math></b> <b>(A)</b>
80	1800	1800	0.32	0.3	0	0	0
80	1816	1816	0.32	0.29	0.5	0.5	1
80	1780	1838	0.33	0.3	1	1	2
80	1770	1828	0.33	0.3	1.5	1.5	3
80	1758	1818	0.33	0.3	2	2	4
80	1735	1810	0.35	0.31	2.5	2.5	5
80	1729	1795	0.36	0.315	3	3	6
80	1710	1794	0.39	0.32	3.5	3.5	7
80	1696	1780	0.4	0.33	4	4	8
80	1682	1770	0.405	0.35	4.5	4.5	9
80	1662	1761	0.42	0.35	5	5	10

Elaboración: El autor

**TABLA No. 75**

**CONTROL Y DISTRIBUCIÓN CON CARGAS DIFERENTES**

<b><math>V_{TG1}</math></b> <b>(V)</b>	<b><math>I_{CARGA}</math></b> <b>(A)</b>	<b><math>I_{Lg1}</math></b> <b>(A)</b>	<b><math>I_{Lg2}</math></b> <b>(A)</b>	<b><math>\omega_{G1}</math></b> <b>(rpm)</b>	<b><math>I_{FG1}</math></b> <b>(A)</b>	<b><math>V_{TG02}</math></b> <b>(V)</b>	<b><math>\omega_{G2}</math></b> <b>(rpm)</b>	<b><math>I_{FG2}</math></b> <b>(A)</b>
80	2	2	0			80		
80	2	0.6	1.4	1703	0.34	80	1980	0.26
80	3	0.9	2.1	2152	0.28	80	2148	0.24
80	4	1.2	2.8	1905	0.3	80	2480	0.21
80	5	1.5	3.5	1224	0.5	80	1983	0.3
80	6	1.8	4.2	1210	0.5	80	1970	0.3
80	7	2.1	4.9	1310	0.49	80	1818	0.32
80	8	2.4	5.6	1494	0.4	80	1928	0.31

Elaboración: El autor.

**TABLA No. 76**

**DISTRIBUCIÓN BALANCEADA DE CARGAS**

<b>V<sub>TSISTEMA</sub></b> <b>(V)</b>	<b>I<sub>L CARGA</sub></b> <b>(A)</b>	<b>V<sub>TOG1</sub></b> <b>(V)</b>	<b>ω<sub>OG1</sub></b> <b>(rpm)</b>	<b>I<sub>FG1</sub></b> <b>(A)</b>	<b>V<sub>TOG2</sub></b> <b>(V)</b>	<b>ω<sub>OG2</sub></b> <b>(rpm)</b>	<b>I<sub>FG2</sub></b> <b>(A)</b>
80	0	80	1800	0.32	80	1800	0.3
80	1	80	1816	0.32	80	1816	0.29
80	2	80	1780	0.33	80	1838	0.3
80	3	80	1770	0.33	80	1828	0.3
80	4	80	1758	0.33	80	1818	0.3
80	5	80	1735	0.35	80	1810	0.31
80	6	80	1729	0.36	80	1795	0.315
80	7	80	1710	0.39	80	1794	0.32
80	8	80	1696	0.4	80	1780	0.33
80	9	80	1682	0.405	80	1770	0.35
80	10	80	1662	0.42	80	1761	0.35

Elaboración: El autor.

**TABLA No. 77**

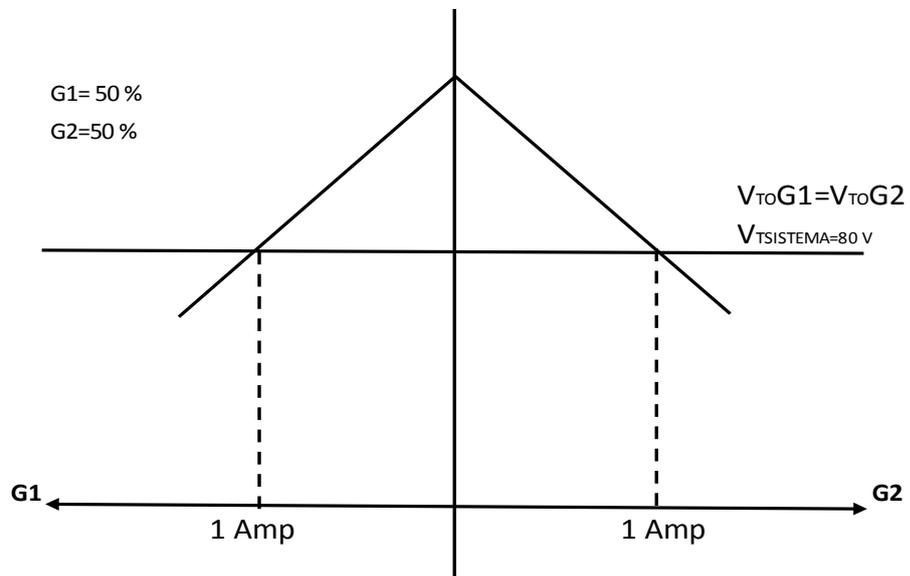
**DISTRIBUCIÓN DESBALANCEADA DE CARGAS**

<b>I<sub>L CARGA</sub></b> <b>(A)</b>	<b>V<sub>TSISTEMA</sub></b> <b>(V)</b>	<b>V<sub>TOG1</sub></b> <b>(V)</b>	<b>ω<sub>OG1</sub></b> <b>(rpm)</b>	<b>I<sub>FG1</sub></b> <b>(A)</b>	<b>V<sub>TOG2(V)</sub></b>	<b>ω<sub>OG2</sub></b> <b>(rpm)</b>	<b>I<sub>FG2</sub></b> <b>(A)</b>
2	80	80	1703	0.34	80	1980	0.26
3	80	80	2152	0.28	80	2148	0.24
4	80	80	1905	0.3	80	2480	0.21
5	80	80	1224	0.5	80	1983	0.3
6	80	80	1210	0.5	80	1970	0.3
7	80	80	1310	0.49	80	1818	0.32
8	80	80	1494	0.4	80	1928	0.31

Elaboración: El autor.

### GRÁFICA No. 71

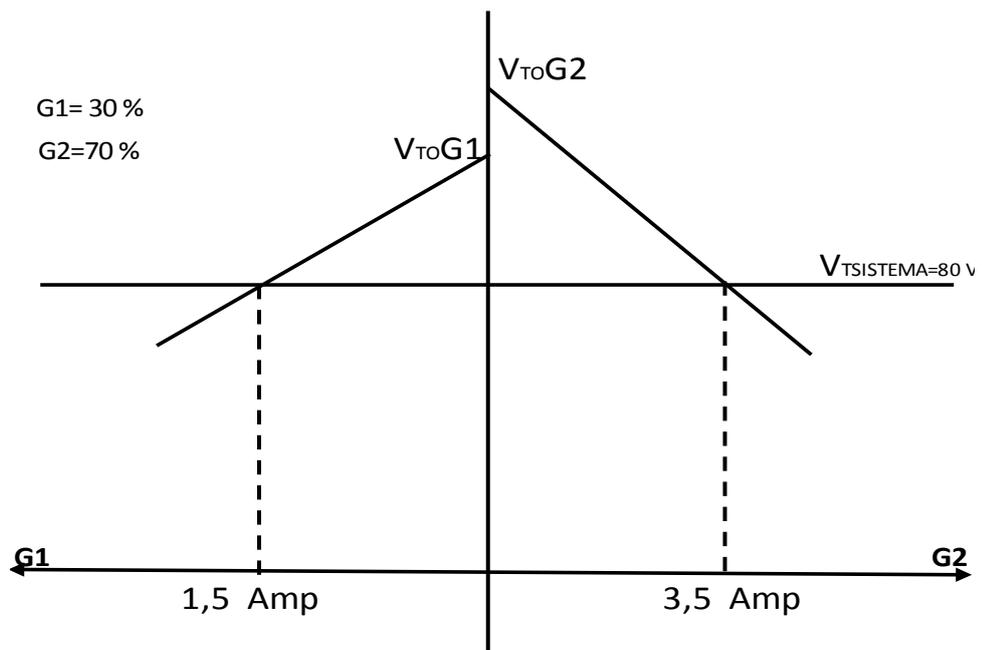
#### DISTRIBUCIÓN DE CARGA BALANCEADA



Elaboración: El autor.

### GRÁFICA No. 72

#### DISTRIBUCIÓN DE CARGA DESBALANCEADA



Elaboración: El autor.

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 CONCLUSIONES**

Las máquinas eléctricas constituyen en la actualidad una parte fundamental e imprescindible en todo proceso productivo que requiera la transmisión de potencia y la conversión de energía eléctrica en mecánica con la finalidad de poner en marcha una infinidad de sistemas eléctricos y mecánicos.

Por lo expuesto, el estudio de las máquinas eléctricas, entre ellas las máquinas de corriente continua es parte fundamental en la formación académica de un profesional de la ingeniería eléctrica.

Luego de haber tomado la materia correspondiente a máquinas eléctricas, surgió la idea de aplicar los conocimientos adquiridos para construir un banco de pruebas que permita facilitar la realización de las prácticas, así como incrementar el número de las mismas.

Mediante el desarrollo del presente trabajo teórico y principalmente del apreciable trabajo practico que se ha instalado en los laboratorios de motores y generadores de la UPS sede Guayaquil, se ha podido demostrar que mediante la aplicación de conocimientos básicos sobre:

- Maquinas eléctricas
- Instrumentación
- Metalmecánica
- Electricidad básica

es posible lograr la ejecución de todas las pruebas sobre máquinas DC de una forma sencilla, segura, didáctica y en un entorno amigable.

Aunque en el campo comercial los sistemas que se han construido e instalado en el laboratorio sean más sofisticados y costosos, sin embargo con las herramientas empleadas para construir el actual proyecto de tesis queda demostrado que la factibilidad de construir sistemas complejos de automatización y monitoreo no está limitado por algún monopolio tecnológico, sino que depende más bien del esfuerzo que se esté dispuesto a realizar.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

Con la finalidad de alargar el tiempo de vida útil del sistema implementado, evitar daños a equipos (cargas) y cuidar la integridad de las personas que utilizan los equipos, es recomendable:

- El manejo del sistema debería ser destinado a una persona, quien previo adiestramiento correspondiente, sería la encargada del funcionamiento de los equipos instalados.
- Las prácticas que realicen los estudiantes deberán estar siempre a cargo del profesor de la materia.
- Se debería brindar al sistema el correspondiente mantenimiento periódico y programado.
- Es recomendable proporcionar a los motores y generadores un exhaustivo mantenimiento. Actualmente, el rendimiento eléctrico y mecánico de las maquinas mencionados no sería el adecuado.
- Con la finalidad de precautelar los equipos es recomendable no sobrecargar el sistema.
- Antes de realizar una práctica cerciorarse del buen estado de la consola y sus elementos.
- Se debería proveer al laboratorio de motores y generadores de una toma de tierra con una resistencia inferior a 0,8 ohmios. Esto con la finalidad de poder realizar la prueba de generadores en serie con conexión a tierra.

## BIBLIOGRAFÍA

BAUMEISTER, Theodore, y otros, Manual del ingeniero mecánico, 2<sup>da</sup> edición, Editorial McGraw-Hill, Colombia, 1982.

CONUEP, Enrique, Evaluación de Investigación Científica, 1999

DAUB, Willian, y SEESE, Willian, Química, 7ma edición, Editorial Pearson Educación, México, 1996.

HEWITT, Paul, Conceptos de Física, 1ra edición, Editorial Limusa, México, 1997.

IZQUIERDO, Enrique, Investigación Científica, 2001

KEITHLEY, Erwin, y SCHREINER, Philip, Manual Para Elaboración De Tesis, 1980.

MERIZALDE, Humberto, Estudio De Factibilidad Para Producir Lana De Vidrio, 2000.

MERIZALDE, Humberto, Diseño De Contactores Eléctricos En El Ecuador Y Estudio De Factibilidad De Su Incursión En El Mercado, 2010.

SANCHO, Marco, Esquemas eléctricos, Editorial Heraldo de Aragón, 1979.

SERWAY, Raymond, FÍSICA, 2da edición, Editorial McGRAW-HILL, México 1994

YOUNG, Hugh y Freedman, Roger, Física Universitaria con Física Moderna, 12da edición, Editorial Pearson Educación, México, 2009.

### FUENTES ELECTRÓNICA

[www.google.com](http://www.google.com)

[www.yahoo.com](http://www.yahoo.com)

[www.wikipedia-com](http://www.wikipedia-com)

