



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica**

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS MANUALES DE  
PRÁCTICAS DE LOS EQUIPOS DE SIMULACIÓN, PARA LOS  
MÓDULOS DE PROTECCIONES Y FLUJOS DE POTENCIA DEL  
LABORATORIO DE SISTEMAS DE POTENCIA**

**Saulo Manuel Martínez Letona**  
Asesorado por el Ing. Gustavo Benigno Orozco

Guatemala, febrero de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS MANUALES DE  
PRÁCTICAS DE LOS EQUIPOS DE SIMULACIÓN, PARA LOS  
MÓDULOS DE PROTECCIONES Y FLUJOS DE POTENCIA DEL  
LABORATORIO DE SISTEMAS DE POTENCIA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**SAULO MANUEL MARTÍNEZ LETONA**  
ASESORADO POR EL ING. GUSTAVO BENIGNO OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



### **NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Milton De León Bran
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

### **TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

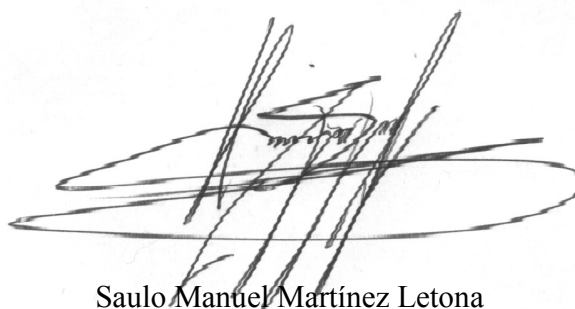
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jorge Luis Pérez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Carlos Fernando Rodas
EXAMINADOR	Ing. Romeo Nefthalí López Orozco
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS MANUALES DE PRÁCTICAS DE LOS EQUIPOS DE SIMULACIÓN, PARA LOS MÓDULOS DE PROTECCIONES Y FLUJOS DE POTENCIA DEL LABORATORIO DE SISTEMAS DE POTENCIA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 10 de noviembre de 2008.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned above the printed name.

Saulo Manuel Martínez Letona

Guatemala, 05 de octubre de 2009

Ingeniero  
Jose Guillermo Bedoya  
Coordinador del Área de Potencia  
Escuela Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
USAC

Estimado Ingeniero Bedoya:

De acuerdo con la designación hecha por la Dirección de Escuela, me permito informarle que he tenido a bien asesorar el Trabajo de Graduación titulado: **DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS MANUALES DE PRÁCTICAS DE LOS EQUIPOS DE SIMULACIÓN PARA LOS MÓDULOS DE PROTECCIONES Y FLUJOS DE POTENCIA DEL LABORATORIO DE SISTEMAS DE POTENCIA**, desarrollado por el estudiante **SAULO MANUEL MARTINEZ LETONA**, carné 2003-13049 y, encontrándolo satisfactorio en su contenido y resultados, me permito dar aprobación al mismo remitiéndole a esa Coordinación para el trámite pertinente, en el entendido que el Autor y este Asesor somos responsables del contenido y conclusiones del Trabajo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,



Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez.

**ASESOR**

ING. GUSTAVO B. OROZCO  
COLEGIADO 1879

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. EIME 50.2009  
Guatemala, 26 de NOVIEMBRE 2009.

Señor Director  
Ing. Mario Renato Escobedo Martinez  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS MANUALES DE  
PRÁCTICAS DE LOS EQUIPOS DE SIMULACIÓN PARA LOS  
MÓDULOS DE PROTECCIONES Y FLUJOS DE POTENCIA DEL  
LABORATORIO DE SISTEMAS DE POTENCIA, del estudiante  
Saulo Manuel Martínez Letona, que cumple con los requisitos  
establecidos para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

Ing. José Guillermo Bedoya Barrios  
Coordinador del Área de Potencia



JGBB/sro

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 79. 2009.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Saulo Manuel Martínez Letona titulado: **DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS MANUALES DE PRÁCTICAS DE LOS EQUIPOS DE SIMULACIÓN PARA LOS MÓDULOS DE PROTECCIONES Y FLUJOS DE POTENCIA DEL LABORATORIO DE SISTEMAS DE POTENCIA**, procede a la autorización del mismo.

  
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez



GUATEMALA, 27 DE NOVIEMBRE 2,009.

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG. 023.2010

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS MANUALES DE PRÁCTICAS DE LOS EQUIPOS DE SIMULACIÓN, PARA LOS MÓDULOS DE PROTECCIONES Y FLUJOS DE POTENCIA DEL LABORATORIO DE SISTEMAS DE POTENCIA**, presentado por el estudiante universitario **Saulo Manuel Martínez Leñona**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, febrero de 2010

/gdech



## **DEDICATORIA A:**

- Dios:** Por darnos la vida, testigo de los sacrificios diarios.
- Mi madre:** Manuela, que con su cariño me ha llevado a donde estoy.
- Mi padre:** Julio Héctor, que con su trabajo me ha llevado a donde estoy.
- Mis abuelos:** A los que partieron, y a los que están, que me apoyaron.
- Mis tías:** Que siempre estuvieron allí alentándome.
- Mis hermanos:** Julio y Andrés, por sus almas guerreras.
- Mis amigos:** Que creyeron y fueron siempre un bastón en las adversidades.
- Mi asesor:** Por su dedicación y entrega a la docencia.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
HIPÓTESIS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII

### 1. ANÁLISIS DE FLUJOS DE POTENCIA EN UN SISTEMA

EN ANILLO.....	1
1.1 Sensibilización y adaptación al equipo <i>SYSTEM SELECTION TRAINER</i> .....	1
1.2 Especificaciones y rangos del Módulo de Flujos de Potencia.....	2
1.2.1 Funciones y limitaciones del Módulo de Flujos de Potencia.....	4
1.3 Operación y acción de cada parte.....	7
1.4 Procedimiento de operación.....	13
1.5 Nomenclatura de los dispositivos del equipo <i>SYSTEM SELECTION TRAINER</i> .....	15
1.5.1 Modelo matemático representativo del Modulo de Flujos de Potencia.....	16
1.6 Prácticas desarrolladas.....	21
1.6.1 Prueba de corriente de entrada.....	21

1.6.2 Prueba del sistema.....	21
1.6.2.1 Prueba de una fuente.....	21
1.6.2.2 Prueba de una fuente, tres líneas y tres cargas.....	22
1.6.2.3 Prueba de dos fuentes y tres cargas en anillo.....	23
1.6.2.4 Prueba de tres fuentes y tres cargas.....	24
1.6.2.5 Prueba de tres fuentes en anillo.....	24
1.6.2.6 Prueba de balanceo en anillo de tres fuentes bajo carga.....	25
1.6.2.7 Prueba de balanceo en anillo de tres fuente en vacío.....	25
1.7 Flujo de potencia según los niveles de tensión.....	27
1.8 Flujo de potencia según la demanda de los centros de carga.....	28
1.9 Caída de tensión.....	29
1.10 Minimización de la caída de tensión según la configuración del Sistema.....	30
1.11 Dirección y distribución de los flujos de potencia.....	31
1.12 Pérdidas en las líneas.....	34
1.13 Anexos.....	35
<b>2. PROTECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE POTENCIA.....</b>	<b>39</b>
2.1 Objetivos de la práctica.....	39
2.2 Marco teórico.....	39
2.3 Especificaciones del módulo de protecciones.....	41
2.3.1 Relevadores electromecánicos.....	41

2.3.1.1 Modelos matemáticos representativos de los relevadores en mención.....	47
2.3.1.2 Relé de sobre-corriente Tipo ICO1D .....	65
2.3.1.2.1 Descripción del relé.....	65
2.3.1.2.2 Prueba y ajustes.....	71
2.3.1.3 Relé de bajo y sobre-corriente Tipo ICQ1D.....	76
2.3.1.3.1 Descripción del relé.....	76
2.3.1.3.2 Prueba y ajustes.....	79
2.3.1.4 Relé de sobre-voltaje Tipo IVO2D.....	84
2.3.1.4.1 Descripción del relé.....	84
2.3.1.4.2 Prueba y ajustes.....	87
2.3.1.5 Relé de bajo voltaje tipo IVU3D.....	91
2.3.1.5.1 Descripción del relé.....	91
2.3.1.5.2 Prueba y ajustes.....	95
2.3.1.6 Relé diferencial tipo IBR2D.....	97
2.3.1.6.1 Descripción del relé.....	97
2.3.1.6.2 Prueba y ajustes.....	101
2.3.1.7 Relé direccional de tierra tipo IDG5D.....	105
2.3.1.7.1 Descripción del relé.....	105
2.3.1.7.2 Prueba y ajustes.....	112
2.3.1.8 Relé de sobre-potencia.....	115
2.3.1.8.1 Descripción del relé.....	115
2.3.1.8.2 Prueba y ajustes.....	120
2.4 Especificaciones del IP-R3.....	123
2.4.1 Unidad de fuente resistiva ( <i>POWER RESISTANCE UNIT</i> ).....	123
2.4.2 Unidad operativa de medición ( <i>METER OPERATING UNIT</i> ).....	124

2.4.3	Unidad transformadora de voltaje de soporte ( <i>WITHSTAND VOLTAGE TRANSFORMER UNIT</i> ).....	124
2.5	Módulos de medición.....	125
2.6	Descripción del panel.....	125
2.6.1	Panel de la unidad operativa de medición.....	125
2.6.2	Panel de la unidad de fuente resistiva.....	127
2.6.3	Panel del contador.....	129
2.6.4	Panel de la unidad transformadora de voltaje de soporte.....	130
2.7	Fuente de poder.....	131
2.8	Procedimientos de prueba de relés del Modulo de protecciones.....	132
2.8.1	Procedimientos de prueba del relé de sobre-corriente.....	132
2.8.2	Procedimientos de prueba del relé de tierra.....	149
2.8.3	Procedimientos de prueba de relés de voltaje.....	155
2.8.3.1	Relé de sobre-voltaje.....	157
2.8.3.2	Relé de bajo voltaje.....	161
2.9	Procedimiento de prueba del voltaje de soporte (Aislamiento).....	164
2.9.1	Preparación de operación.....	164
2.9.2	Prueba de voltaje de soporte (Aislamiento).....	168
2.9.3	Prueba de voltaje de soporte a cables.....	173
2.9.4	Medición de la corriente de fuga.....	176
2.10	Disposición de terminales de relés representativos.....	177
2.10.1	Relé de sobre-voltaje.....	177
2.10.2	Relé de tierra.....	178
2.10.3	Relé de bajo voltaje.....	178
2.11	Anexos.....	179
2.12	Especificaciones del RD.....	182
2.12.1	Unidad bi-elemento de potencia ( <i>BI-ELEMENT POWER UNIT</i> ).....	183
2.13	Procedimientos de prueba de relés del módulo de protecciones.....	183

2.13.1	Procedimientos de prueba del relé de tierra.....	189
2.13.2	Procedimientos de prueba del relé de sobre y bajo voltaje.....	194
2.13.3	Procedimientos de prueba del relé diferencial.....	198
2.13.4	Procedimientos de prueba del relé direccional de tierra.....	205
2.14	Hojas de Fichas de Prueba de los relés en mención .....	214
2.15	Especificaciones del RF-2.....	225
2.15.1	Cambiador de fase monofásico ( <i>SINGLE-PHASE PHASE SHIFTER</i> ).....	226
2.15.1.1	Procedimientos de prueba del relé direccional de tierra.....	227
2.16	Anexos.....	234
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>235</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>239</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>241</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Modelo TBS-154	15
2	Modelo del Diagrama de Estados del Simulador modelo TBS 154	19
3	Relevadores de acción direccional	42
4	Corrientes en relevador de inducción electromagnética	43
5	Relevador de inducción tipo de polos sombreados	45
6	Relevador de inducción tipo tambor	45
7	Relevador de inducción tipo vatímetro	46
8	Esquema del comparador de un relé tipo espira en corto	48
9	Relé de inducción de espira en corto circuito	49
10	Curvas de tiempo frente a corriente para relés tipo disco de inducción	51
11	Curvas características tiempo - corriente de relés inversos	51
12	Curvas de tiempo - corriente de relés de tiempo inverso	53
13	Características del relé de sobre potencia en el diagrama R-X	54
14	Curvas de tiempo - corriente del relé de sobre- potencia	55
15	Relé direccional tipo balanza	57
16	Características voltaje - corriente para " $\Phi$ " constante	58
17	Características en coordenadas polares	59
18	Detección de tensiones de secuencia cero	59
19	Suma de tres corrientes en un solo núcleo magnético	60
20	Utilización de condensadores de acoplamiento	60
21	Diagrama esquemático de un relé diferencial de porcentaje	61
22	Relé diferencial de porcentaje con $Nr/2$	62
23	Característica de operación del relé de porcentaje	63
24	Característica real de operación del relé de porcentaje	64



25	Curvas tiempo-corriente del relé de sobre-corriente tipo ICO1D	70
26	Características de tiempo-corriente del elemento instantáneo	74
27	Conexiones externas del ICO1D, relés usados para corto circuito y tierra, protección de sobre-corriente de un circuito trifásico	75
28	Conexiones internas para el tipo ICO1D-AG1	76
29	Conexiones internas para el tipo ICO1D-AS1	76
30	Conexiones internas para el tipo ICO1D-AT1	76
31	Conexiones internas para el tipo ICO1D-AS2H	76
32	Conexiones internas para el tipo ICO1D-AT2H	76
33	Conexiones internas para el relé de sobre y bajo corriente tipo ICQ1D-SG1	82
34	Conexiones internas para el tipo ICQ1D-ST1	82
35	Características de tiempo de operación	83
36	Conexiones internas para el relé de sobre-voltaje tipo IVO2D	89
37	Características de tiempo-operación	90
38	Características de la frecuencia	90
39	Curva tiempo-operación del relé de bajo voltaje IVU3D y IVU3G	94
40	Conexiones internas para el tipo IVU3D B#1	96
41	Conexiones internas para el tipo IVU3D B#2	96
42	Conexiones internas para el tipo IVU3G	96
43	Conexiones internas para el relé diferencial tipo IBR2D	103
44	Conexiones externas para el tipo IBR2D	103
45	Características proporcionales de $I_g - I_d$	104
46	Conexiones internas para el relé direccional de tierra tipo IDG5D	107
47	Conexiones internas para el tipo IDG5G	107
48	Características voltaje y corriente	108
49	Características de fase del tipo IDG5D	109
50	Características voltaje y corriente del IDG5D en combinación con el transformador de secuencia cero tipo AZR-RSA2	111

51	Características de fase del IDG5D en combinación con el transformador de secuencia cero tipo AZR-RSA2	113
52	Sistema selectivo automático de interrupción para falla a tierra de una línea de distribución	114
53	Conexiones internas para el relé de sobre potencia tipo IWO2D	117
54	Conexiones internas para el tipo IWO2G	117
55	Características de operación del tipo IWO2D	122
56	Conexiones externas del relé tipo IWO	122
57	Panel de la unidad operativa de medición del modelo IP-R3	125
58	Panel de la unidad de fuente resistiva	127
59	Panel contador	129
60	Panel transformador de voltaje de soporte	130
61	Cableado para la prueba del relé de sobre-corriente (1)	136
62	Cableado para la prueba del relé de sobre-corriente (2)	137
63	Cableado para la prueba del relé de sobre-corriente del límite de tiempo de operación.	141
64	Rangos del contador de pulsos	143
65	Cableado para la prueba de inter-bloqueo del relé de sobre-corriente y el corta- circuitos	146
66	Cableado para la prueba de operación del relé de tierra	150
67	Conexión para la prueba de características del límite de tiempo del relé de voltaje	156
68	Prueba de operación para el relé de sobre -voltaje	160
69	Prueba de operación para el relé de bajo voltaje	163
70	Instalación del transformador	164
71	Cableado para la prueba por el IP-R 3	166
72	Cableado para la prueba por el IP-R 5	166
73	Cableado para la prueba total	174
74	Cableado para la prueba divisible (primera prueba)	174

75	Cableado para la prueba divisible (segunda prueba)	175
76	Circuito de medición de la corriente de fuga	176
77	Arreglo de tres y cuatro terminales de relés de sobre- voltaje	177
78	Arreglo de terminales del relé de sobre- voltaje utilizado	177
79	Relé de tierra Hikarishoko	178
80	Arreglo de terminales del relé de bajo voltaje utilizado	178
81	Panel frontal del modelo RD	183
82	Cables asignados	187
83	Diagrama de la conexión del relé de tierra	189
84	Diagrama de la conexión del relé de sobre y bajo voltaje	194
85	Diagrama de la conexión del relé diferencial	198
86	Corriente de carga frente a corriente de operación	202
87	Corriente de operación frente a tiempo de operación	204
88	Diagrama de la conexión del relé direccional de tierra	205
89	Diagrama de la conexión, relé direccional de tierra (adicional)	206
90	Características del voltaje y corriente	210
91	Características de fase	212
92	Características de tiempo-operación	214
93	Descripción del panel del modelo RF-2	226
94	Descripción de los cables	230
95	Diagrama de conexión, prueba del relé direccional de tierra usando el modelo IP-R3 y el modelo RD	231
96	Diagrama de conexión, prueba del relé direccional de tierra usando el modelo IP-R2, 3, 5 y el modelo RD	232
97	Diagrama de conexión, prueba del relé direccional de tierra usando el modelo IP-R2, 3, 5 y el modelo RD	233

## TABLAS

I	Relés estándares de sobre-corriente	65
II	Conexiones internas	66
III	Combinaciones estándar	66
IV	Bobinas estándar del elemento del disco de inducción	67
V	Bobinas estándar del elemento de enclavamiento y señalización	67
VI	Bobinas estándar del elemento instantáneo	68
VII	Relés estándares de sobre y bajo corriente	76
VIII	Bobinas estándar del elemento del disco de inducción	77
IX	Bobinas estándar del elemento de enclavamiento y señalización	77
X	Relés estándares de sobre-voltaje	84
XI	Bobinas estándar del elemento del disco de inducción	84
XII	Bobinas estándar del elemento de enclavamiento y señalización	85
XIII	Clasificaciones estándar del relé de bajo voltaje	91
XIV	Consumo nominal del elemento del disco de inducción	92
XV	Bobinas estándar del elemento de enclavamiento y señalización	92
XVI	Relé estándar diferencial	97
XVII	Bobinas estándar del elemento de enclavamiento y señalización	98
XVIII	Relé estándar direccional de tierra	105
XIX	Bobinas estándar del elemento del disco de inducción	106
XX	Bobinas estándar del elemento de enclavamiento y señalización	106
XXI	Relé estándar de sobre potencia	115
XXII	Clasificaciones estándar	116
XXIII	Máxima resistencia y corriente del modelo IP-R3	123
XXIV	Operación de preparación de prueba del relé de sobre-corriente	133
XXV	Rango de ajuste del contador de pulsos	143
XXVI	Operación de preparación de prueba del voltaje de soporte	165
XXVII	Corriente permisible en resistencias del modelo RD	182



## GLOSARIO

<b>Ajuste del disparo</b>	Valor de la corriente con la cual el disco del relevador comienza a moverse para llevar el contacto móvil al fijo.
<b>Ajuste del tiempo</b>	Tiempo que se tarda en recorrer el disco del relé para cerrar los contactos.
<b><i>Burden</i></b>	Impedancia que se coloca al secundario de un transformador de instrumento, normalizada para definir la precisión del transformador de instrumento.
<b>Bobina</b>	Arrollamiento que forma un devanado, el cual crea un flujo magnético para distintas aplicaciones.
<b>Corriente a tierra</b>	Corriente de corto circuito que se genera de una falla línea a tierra o en el desbalance de las corrientes de fase.
<b>Capacitancia</b>	Parámetro eléctrico que relaciona la carga eléctrica por unidad de diferencia de potencial.

<b>Dirección del flujo de potencia</b>	Se define por la entrega o absorción de potencia eléctrica en un circuito.
<b>Estator</b>	Estructura estacionaria del generador compuestos por devanados que suministran corriente.
<b>Factor de potencia</b>	Coseno del ángulo de fase $\theta$ , entre el voltaje y la corriente.
<b>Flujo de potencia</b>	Potencia eléctrica transmitida que alimenta centros de consumo para valores específicos de voltaje y corriente.
<b>Generador a.c.</b>	Máquina rotativa que convierte la energía mecánica en eléctrica sin rectificar.
<b>Inductancia</b>	Parámetro eléctrico que relaciona los enlaces de flujo magnético por unidad de corriente.
<b>Línea de transmisión</b>	Elemento que transmite la potencia eléctrica.

<b>Nivel básico de aislamiento</b>	Nivel de aislamiento al impulso de los equipos eléctricos.
<b>Potencia activa</b>	Potencia real de un sistema expresada en watt.
<b>Potencia eléctrica</b>	Razón del cambio de energía con respecto al tiempo.
<b>Potencia reactiva</b>	Potencia necesaria para excitar la reactancia de las cargas.
<b>Protección bajo corriente</b>	Protección que opera con corrientes para valores por debajo de la corriente nominal.
<b>Protección diferencial</b>	Protección que detecta fallas que involucran más de una fase en un dispositivo, siguiendo que la corriente de entrada es igual a la corriente de salida, muy utilizada en protección de transformadores y barras.
<b>Protección direccional de tierra</b>	Detecta fallas de línea a tierra en sistemas eléctricos trifásicos aterrizados.
<b>Protección sobre-corriente</b>	Opera con corrientes con valores por arriba de la corriente nominal.



<b>Protección sobre potencia</b>	Similares al relé de distancia, operan en función de la relación proporcional entre el voltaje y la corriente, comparándolos y operan cuando esta relación toma un valor mayor al de referencia.
<b>Protección sobre-voltaje</b>	Se utiliza para operar con voltajes con valores por arriba de lo que se considera aceptable, por transitorios por rayo o por maniobras en el sistema.
<b>Ramales</b>	Líneas que se desprenden de ramales, que a su vez se derivan de líneas principales.
<b>Relación de transformación</b>	Relación que existe entre el voltaje primario y el voltaje secundario.
<b>Relevadores</b>	Detectan en equipos o líneas eléctricas que se encuentran en condiciones anormales y accionan para aislar las áreas con problemas.
<b>Resistencia</b>	Parámetro eléctrico que se opone al paso de la corriente, y es la causa más importante de pérdida de potencia en las líneas de transmisión.

<b>Rotor</b>	Estructura rotativa dentro del estator, donde el devanado se alimenta con corriente d.c.
<b>Sistema de potencia</b>	Conjunto de elementos que forman una red eléctrica.
<b>Tap</b>	Ajuste del nivel de disparo que permite modificar el número de vueltas de la bobina que se utiliza para ajustar el valor de la corriente de disparo.
<b>Transformadores</b>	Máquina estacionaria que enlaza los generadores del sistema de potencia y líneas de transmisión, y entre líneas de diferentes niveles de voltaje.



## RESUMEN

En años recientes, el incremento de la demanda de potencia eléctrica ha incidido en la implementación de nuevas subestaciones que requiere la implementación de equipos cada vez en mayor cantidad y de gran capacidad. Como consecuencia, el Sistema Nacional Interconectado, cada vez es más complejo, aumentando la probabilidad de ocurrencia de falla. Las pruebas de los equipos, tanto en el mercado de relés de protecciones y en el mercado de equipos de supervisión y control de parámetros, de un sistema de potencia que sirven para evitar daños y desastres y administrar un sistema, incluyen una variedad de instrumentos, tales como Probadores de Relés, Probadores de voltaje de soporte, o la combinación de estos Probadores, medidores y otros. Sin embargo, una revisión de las pruebas convencionales, indica que la preparación de circuitos (cableado de interruptores, reguladores de voltaje, medidores de indicación, contador de ciclos, resistencias, etc.) tiene tal grado de complejidad que pocas personas lo puedan realizar. Esto debido a que existe una gran variedad de modelos y métodos de prueba dependiendo del uso y manufactura de los relés de protección y de equipos de supervisión y control de parámetros de un sistema de potencia. Como la frecuencia de pruebas a equipos se incrementa día a día, es conveniente contar con personal capacitado para atender estas pruebas, lo cual se puede conseguir con las herramientas propuestas en este trabajo.

### *Ventajas de estos módulos frente a la nueva tecnología digital*

El funcionamiento de los módulos analógicos que contienen resistores, inductores, capacitores, transistores u otros dispositivos que requieren del cálculo para modelarse, siempre regirán el diseño digital, a menudo denominado "diseño lógico", utilizado en la nueva tecnología de módulos digitales.

El modulo de flujos de potencia totalmente análogo tiene un comportamiento real por medio de una base fisico-matemática en ventaja a los módulos digitales de simulación de flujos de potencia, que necesitan una reconversión de las señales análogas del comportamiento del sistema de potencia o entradas de valores numéricos y codificarlos en lenguajes computacionales, estos lenguajes le permiten especificar o modelar tanto la estructura como la función de un circuito digital. Estas herramientas de programación se utilizan para verificar el comportamiento del módulo digital y tener un aproximado (menos exacto) del comportamiento del modelo de los circuitos que componen el módulo analógico.

En el caso de los relés electromecánicos pueden en conjunto coordinarse individualmente y ser independientes unos de otros, como ejemplo en la protección de respaldo, en ventaja de los relés digitales en los cuales se obtiene una reducción en los equipos requeridos para proveer protecciones de respaldo, pero se tiene el riesgo de que una falla en un elemento común del relé, por ejemplo, la fuente de alimentación, resulte en una pérdida simultánea de la protección principal y de la de respaldo.

Los relés electromecánicos funcionan con principios físicos de bobinas e imanes que causa la operación de un contacto, de ahí las características de estos, en ventaja a los relés digitales cuyo diseño está basado en el uso de elementos electrónicos y computacionales recreando las bobinas e imanes para simular la característica del relé, para lo cual los relés electromecánicos siempre van a ser la base físico-eléctrica de funcionamiento y operación de los nuevos relés digitales y estáticos. Otra ventaja es que los relés electromecánicos tienen más confiabilidad que los digitales, ya que tienen una secuencia de conmutación más lenta pero más segura al contrario de los digitales que tienen menos latencia de tiempos y verificación de disparo (doble lazo cerrado) en desventaja de los electromecánicos que no necesitan confirmación de activación.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Desarrollar e Implementar los manuales de prácticas para que sean una herramienta útil para el entrenamiento y mejora continua del Personal del Instituto Nacional de Electrificación, así como estudiantes de Universidades con carreras afines y terceros que tengan experiencia en el ámbito privado y quieran complementar conceptos básicos de Protecciones y Flujos de Potencia.

### **Específicos**

1. Que la Institución mejore ciertos aspectos técnicos del Personal así como una administración más eficiente del Personal al estar capacitados, y a la vez que las Universidades mejoren ciertos aspectos académicos de sus estudiantes al solidificar sus conceptos en la práctica.
2. Que exista un proceso de aprendizaje continuo en el Personal para mejorar algunos vacíos dentro de la misma, en Protecciones y Sala de Control, para la actualización de conceptos relacionados al ramo.

## **HIPÓTESIS**

Con el desarrollo e implementación de los Manuales de prácticas de los Equipos de Simulación para los Módulos de Protecciones y Flujos de Potencia del Laboratorio de Sistemas de Potencia, se logrará una mejor concepción teórica y práctica de los estudiantes del área de Sistemas de Potencia y terceros que se relacionan día a día al área, y lograr el reforzamiento continuo en conceptos y aplicaciones en distintas áreas de la electricidad para personal en distintos niveles de aptitudes y experiencia



## INTRODUCCIÓN

. Este trabajo de graduación consiste en implementar manuales que incluyan los contenidos temáticos de las materias: Análisis y Protección de sistemas de potencia, así como las prácticas correspondientes, utilizando los equipos de simulación de los Módulos de Protecciones y Flujos de Potencia del Laboratorio de Sistemas de Potencia, del Centro de Capacitación y Formación Técnica del Instituto Nacional de Electrificación.

El Equipo *SYSTEM SELECTION TRAINER* (Módulo de Flujos de Potencia del Centro de capacitación y formación técnica) descrito en el Capítulo 1 (Análisis de flujos de potencia en un sistema en anillo) es un simulador de sistema de potencia a pequeña escala, el cual produce flujos de potencia, caídas de tensión en las líneas, pérdidas en las líneas, dependiendo de los cambios de la configuración del sistema de potencia, y la demanda de potencia de generación.

Los Equipos de Prueba de Relés (Módulo de Protecciones del Centro de capacitación y formación técnica) descritos en el Capítulo 2 (Protección de los sistemas de potencia) son el equipo modelo IP-R3 que es capaz de realizar pruebas tales como: Pruebas de Relés de bajo y sobre-corriente: para cuando aparecen corrientes mayores o menores a la corriente nominal o corrientes de corto circuito, estos operarán (señal de disparo). Pruebas de Relés de tierra: para cuando hay desbalance del sistema ocasionado por fallas entre fases o falla a tierra se generan corrientes de secuencia cero, que si no son limitadas dañan el equipo que esté aterrizado. Pruebas de Relés de bajo y sobre-voltaje: para cuando aparecen picos de voltaje (como Tsunamis) en estados transitorios del sistema; caídas y subidas de voltaje por efecto de la carga conectada que afectan la frecuencia eléctrica del sistema , estos operarán (señal de disparo).



Pruebas de voltaje de ruptura en cables aislados: este equipo mide el máximo voltaje de ruptura de aislamiento que pueda resistir un cable aislado (por medio de una onda normalizada) antes que exceda su NBI (Nivel Básico al Impulso).

También está el equipo modelo RD *BI-ELEMENT POWER UNIT* capaz de realizar pruebas tales como: Pruebas de Relés de tierra: para cuando existe una falla a tierra se generan corrientes de secuencia cero, que si se excede a la corriente de secuencia cero de diseño (sirve de polarización), este operara (señal de disparo). Pruebas de Relés de bajo y sobre- voltaje: descritos anteriormente. Pruebas de Relés diferenciales: estos observan que la corriente de entrada a los equipos sean igual a la corriente de salida de los mismos, si son desiguales y no se abren dichos equipos es la propia muerte de ellos. Disparan si en los generadores se presentan fallas a tierra en el devanado del estator y en los transformadores cuando existe operación errónea en la corriente de excitación del mismo, incluyendo altas armónicas. Pruebas de Relé direccional de tierra: para cuando existe una falla a tierra se generan corrientes de secuencia cero, que des- balancean los voltajes entre fases del sistema, y generan voltajes de secuencia cero (que sirve de polarización), y éste operará (señal de disparo).

También está el equipo *SINGLE PHASE SHIFTER* capaz de realizar la Prueba de Relé direccional de tierra, capaz de medir el ángulo de desfase entre voltajes de secuencia cero que polarizan la bobina del Relé, para cuando hay falla  $1\emptyset$  a tierra que generan las corrientes de secuencia cero.

# 1. ANÁLISIS DE FLUJOS DE POTENCIA EN UN SISTEMA EN ANILLO

## 1.1 Sensibilización y adaptación al equipo *SYSTEM SELECTION TRAINER*

Este es un sistema de simulación a pequeña escala el cual produce flujos de potencia tales que es posible establecer: caída de voltaje en líneas, pérdidas en la línea, etc.; dependiendo de los cambios en el sistema de potencia en la configuración y en las fuentes de poder y la demanda.

Las prácticas de entrenamiento son las siguientes:

- Flujo de potencia según los niveles de tensión
- Flujo de potencia según la demanda de los centros de carga
- Cálculo de caída de tensión
- Minimización de la caída de tensión según la configuración del sistema
- Dirección y distribución de los flujos de potencia
- Cálculo de pérdidas en las líneas

El equipo no utiliza un sistema trifásico AC, utiliza DC, así que la caída del voltaje y flujo de potencia puede ser fácilmente reproducido.

Este sistema puede ser dividido entre los siguientes tres bloques:

- a) Bloque G: Generadores (fuentes de poder).
- b) Bloque L: Líneas (líneas de transmisión y distribución de potencia)
- c) Bloque U: Consumidores (Cargas).

Los tres bloques anteriores consisten en tres fuentes de poder, tres líneas y tres cargas. En adición existe una fuente de poder común a estos bloques.

## **1.2 Especificaciones y rangos del módulo de flujos de potencia**

Se refiere a las especificaciones del equipo que se incluye dentro del manual de este capítulo.

- 1) *Fuente de poder*: Monofásico, 2 hilos, 120V, 60Hz
- 2) *Línea de simulación*: 100V DC
- 3) *Generadores*: Voltaje regulado de 0 a 120V, usando un regulador de voltaje, que luego es convertido a voltaje DC por un rectificador de silicio que alimenta a cada carga. Salida: 0 a 120V DC, 0.5 A Máx.

Como la impedancia interna de un generador cuando es visto desde los otros bloques se vuelve infinita debido al uso de los diodos, esto no es un flujo de corriente entrando a este generador de las otras fuentes de poder. Si una diferencia de potencial es generada entre este generador, y cualquiera de los demás generadores, cada generador a un bajo voltaje no funcionara, por lo tanto no habrá flujo de corriente.

4) *Cargas:* Cada carga es localizada al final de cada bloque de consumo. Esta es seleccionada con una mínima resistencia de  $1k\Omega$  para una máxima corriente del 100% a  $10k\Omega$  para una mínima corriente del 10% en pasos de 10% de una escala del 10% por un interruptor selector de corriente. Resistencia al 0% en la escala se vuelve infinita, por consiguiente no hay carga.

5) *Líneas:* Cada línea existente entre cada bloque tiene un resistor variable de  $100\Omega$  como este es un circuito de simulación DC, la Inductancia y capacitancia es omitida, y es variable continua de 0 a  $100\Omega$ .

6) *Voltímetros:* 120 V DC, clase 2.5

Para generadores- mensura voltaje generado.

Para líneas-mensura voltaje de bloque en el punto de conexión.

Para consumidores-mensura voltaje a través de la carga.

7) *Amperímetros:*

Para generadores - 37.5 mA DC, clase 2.5, función available X10

Mensura la corriente en la salida del generador

Para líneas - + 37.5 mA DC, clase 2.5, función available X10

Mensura el flujo de potencia de corriente en la línea

Para consumidores- 120 mA DC, clase 2.5

Mensura la corriente de carga

8) *Interruptores de Circuitos:* Instalados en los puntos de conexión de cada bloque para configurar varias corrientes.

Estos no tienen la función de desconexión automática de la línea cuando ocurren fallas. Capacidad de contacto: 100V DC, 0.5 A

9) *Fuente de Poder Controlada*: 24 V DC, 1 A. Este voltaje es generado por un regulador interruptivo localizado en este sistema para el uso de interruptores de circuitos y lámparas.

### **1.2.1 Funciones y limitaciones del módulo de flujos de potencia**

a) Análisis en estado estable

*Fortalezas del simulador:*

- Variaciones de carga pequeñas consisten en fluctuaciones aleatorias superpuestas a una tendencia de la demanda.

*Debilidades del simulador:*

- No medir variaciones de voltaje, causadas por la naturaleza de la frecuencia.
- No poder visualizar los fenómenos fluctuantes de las magnitudes eléctricas por el f. p. dependiendo de la naturaleza de las cargas conectadas ya que solo maneja carga puramente resistiva.

b) Análisis en estado transitorio

*Fortalezas del simulador:*

- Ninguna.

*Debilidades del simulador:*

- No simular perturbaciones varias, fallas a líneas de transmisión ocasionados por cualquier hecho, ni la incorporación de nuevas líneas.
- Sin amplia desconexión en cascada, por acción de las protecciones.

c) Análisis de estabilidad:

*Fortalezas del simulador:*

- Poder realizar variaciones de cargas grandes y bruscas.

*Debilidades del simulador:*

- Salida de generadores debido a pérdida de sincronismo o problemas de funcionamiento.

En resumen el simulador puede o no puede hacer lo siguiente:

PUEDE

Simular flujos activos. Inyecciones de potencia en las barras (generación y consumo).

Simular magnitudes de voltajes en las barras.

Simular la magnitud de la corriente en las líneas.

Pronósticos de generación y consumo en las barras.

NO PUEDE

Simular flujos reactivos.

Simular voltajes dependiendo de la característica de la frecuencia (No existe frecuencia en DC).

Simular la naturaleza de las cargas, ni variar o medir la separación angular entre las magnitudes eléctricas, debido a que los consumidores son puramente resistivos, donde se analizará más adelante.

Discernir por medio de controles de lazo cerrado, cuando el sistema pueda estar en una transición a un estado más inestable.

Además se agrega que el Simulador por ser de naturaleza DC, elementos a tierra se desprecian, no se pueden simular relevadores instantáneos de sobre-corriente, ni de sobre-corriente a neutro (50/51 N) respectivamente. A la vez, el equipo no muestrea valores considerados excesivos a los valores de referencia, por lo tanto no existen disparos automáticos de elementos de la Red.

Únicamente se pueden simular disparos manuales con retroalimentación visual del operador que esté a cargo de la simulación y basado en su experiencia, abrir los interruptores (52) cuando crea necesario, para valores arriba o debajo de magnitudes eléctricas de referencia en el equipo simulador que muestren los siguientes relevadores simulados con retroalimentación visual por parte del operador.

- Relevador de bajo voltaje (27)
- Relevador de sobre-corriente (50/51F)
- Relevador de bajo corriente (37)

No se puede simular “ni con retroalimentación visual” el relevador de frecuencia (81), relevador diferencial (87), relevador direccional de tierra (67), relevador de sobre-voltaje (59), relevador de sobre potencia (32) y del relevador de distancia (21).

### **1.3 Operación y acción de cada parte**

(Para los símbolos de la parte. Observe el esquema de salida en la Figura 1)

“*Power*” (NF B1)

Interruptor de potencia, este interruptor es usado para protección de sobre corriente. 250 V / 5A



### *“Power” (PL1)*

Lámpara de potencia, esta lámpara enciende, si se aplica voltaje de la fuente de poder al sistema con (NFB1) posicionado en ON. Esta lámpara no enciende si no se le aplica voltaje al sistema incluso con (NFB1) posicionado en ON; en este caso, revise el panel de distribución de potencia.

### *Lámparas de generación (PL2 a 4)*

Cada lámpara enciende cuando el respectivo generador está siendo operado.

### *Fusibles (F1 a 3)*

Cada fusible protege el respectivo generador de sobre-corriente. Es completamente protegido, cuando no puede protegerse por el interruptor de potencia debido al cambio súbito excesivo de la corriente 250V /0.5 A

### *“VG” Reguladores de voltaje (SD1 a 3)*

El voltaje generado puede ser regulado de 0 a 120V por el regulador de voltaje. Para el regulador de voltaje, gradualmente se gira la perilla mientras se observa el voltímetro hasta que el voltímetro indique el voltaje requerido. La salida de voltaje se vuelve 0V con la perilla puesta en la posición “MIN”. Así, el generador se detiene cuando la lámpara del generador se apague en su operación.

### *Voltímetros del generador (M1 a 3)*

Cada voltímetro indica el voltaje generado por el respectivo generador 0 A, 120V.

*“ZL” Ajustadores de impedancia de línea (RV1 a 3)*

Cada ajustador usa un resistor variable con  $100\Omega$  la escala es graduada en ohms. Para el cálculo, valores en ohm indicada en la escala puede ser usada porque cada valor indicado en la escala sintonizada es aproximadamente proporcionada al valor de resistencia.

*Amperímetros del generador (M10 A 12)*

Cada amperímetro indica la corriente de salida del generador. De 0 a 27.5mA.

*Selectores de rango del amperímetro (S4 a 6)*

Cada selector selecciona un factor multiplicador del respectivo amperímetro del generador. Si se pone en X1, el valor indicado en el amperímetro se vuelve en la corriente en ese tiempo, y si se pone en X10, el valor indicado por 10 se vuelve en la corriente en ese tiempo. Anterior al ajuste, ponga el selector en X10 para prevenir que el Amperímetro este en sobre escala. Cuando sea dificultoso leer el valor en la escala debido a la reflexión de la aguja en 1/10, ponga el selector en X1 para multiplicar la deflexión de la aguja para una lectura fácil.

*“CBG1-3” Lámparas de interruptores de circuitos (PL8-10)*

Cada interruptor de circuitos es para el bloque generador respectivo. Cada lámpara enciende en rojo con el respectivo interruptor de circuitos cerrado.

*Interruptores pulsadores para interruptores de circuitos (PB1 a 3)*

Cada interruptor cierra o abre el respectivo CBG descrito anteriormente; Así como ejecuta operaciones alternadas; El CBG (Interruptor de circuitos del Generador) por sus siglas en Inglés; es cerrado si el interruptor es presionado y es abierto si el interruptor es nuevamente presionado. Esto es juzgado con el estado de encendido de la lámpara del Interruptor de circuitos CB, por sus siglas en inglés; en caso que el CBG esté abierto o cerrado en el estado inicial solo cuando la potencia se aplique.

*Voltímetros en los puntos de intersección (M4 a 6)*

Cada voltímetro mensura voltaje en el punto de conexión de cada bloque, 120V DC; puede revisarse el voltaje de distribución dependiendo el estatus de ZL en el medio del circuito y el estatus del circuito ramal.

*“CBL11 a 32” Lámparas del interruptor de circuitos (PB4 a 9)*

Cada interruptor de circuitos es respectivo para el bloque de línea. Cada lámpara enciende en rojo con el respectivo interruptor de circuitos cerrado.

*Interruptores pulsadores para interruptores de circuitos (PB4 a 9)*

Cada interruptor cierra o abre el respectivo CBL descrito anteriormente. Esta operación es la misma que en el inciso 1.3.11).

### *Amperímetros de línea (M13 A 15)*

Cada amperímetro mensura la corriente de línea, distribución y flujo de potencia de corriente.  $\pm 25\text{mA DC}$  este es un amperímetro con 0 en el centro de la escala como se muestra en la placa, la corriente fluye en sentido de las agujas del reloj si la aguja se deflacta en la dirección +, y si el flujo es en contra de la agujas del reloj la aguja se deflacte en la dirección - .

### *Selectores de rango del amperímetro (S7 a 9)*

Cada selector selecciona el factor multiplicador del respectivo amperímetro de línea. Esta operación es la misma que en el inciso 1.3.9).

### *“ZL” Ajustadores de impedancia de línea (RV4 a 6)*

Cada ajustador usa un resistor variable de  $100\Omega$ . Esta operación es la misma que en el inciso 1.3.7).

### *“CBV1 a 3” Lámparas del interruptor de circuitos (PL17 a 1 9)*

Cada interruptor de circuitos es para el bloque consumidor respectivo. Cada lámpara enciende en rojo con el respectivo Interruptor de circuitos cerrado.

### *Interruptores pulsadores para interruptores de circuitos (PB10-12)*

Cada interruptor cierra o abre el respectivo CBU (Interruptor de Circuitos del Consumidor) por sus siglas en inglés, descrito anteriormente. Esta operación es la misma que en el inciso 1.3.2).

*Amperímetros de la carga (M16 a 18)*

Cada amperímetro mensura el corriente que fluye al seno de la línea del consumidor respectivamente. 120mA DC.

*“ZL” Ajustadores de impedancia de línea (RV7 a 9)*

Cada ajustador usa un resistor variable de  $100\Omega$ . Esta operación es la misma que en el inciso 7).

*Voltímetros a través de las cargas (M7 a 9)*

Cada voltímetro mensura el voltaje a través de la respectiva carga, y al final del respectivo consumidor. La cantidad de caída de tensión de una línea de la salida de un generador a la entrada de la carga corresponde a la caída de tensión. La corriente de carga es determinada por este voltaje.

*“IU” Ajustadores de la corriente de consumo (S1 a 3)*

Cada ajustador es un interruptor el cual ajusta y posiciona el flujo de corriente a través del respectivo consumidor o carga. Esta escala es uniforme y es corriente-graduada. Es escala completa graduada al 100% en pasos uniformes del 10% como esta corriente varía desde el voltaje a través de las fluctuaciones de carga, la escala se pone al 100% para la máxima corriente. Valores de Resistencia y Valores de Impedancia necesarios para el cálculo son los siguientes:

100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	%
1.00	1.11	1.25	1.43	1.67	2.00	2.50	3.33	5.00	10.0	$\infty$	K $\Omega$

### *Lámparas de consumidores (PL5 a 7)*

Cada lámpara enciende cuando la respectiva carga es conectada o sea cuando las condiciones del flujo de corriente del consumidor IU sean satisfechas.

### *Tablero de terminales de potencia (TB1)*

No es posible verlo desde afuera. Está localizado en la parte de abajo central, atrás adentro de la carcasa, llegando a él removiéndolo la tapadera lateral. Los cables externos monofásico 120V y el cable de tierra conectado a la terminal de tierra están abajo en el piso.

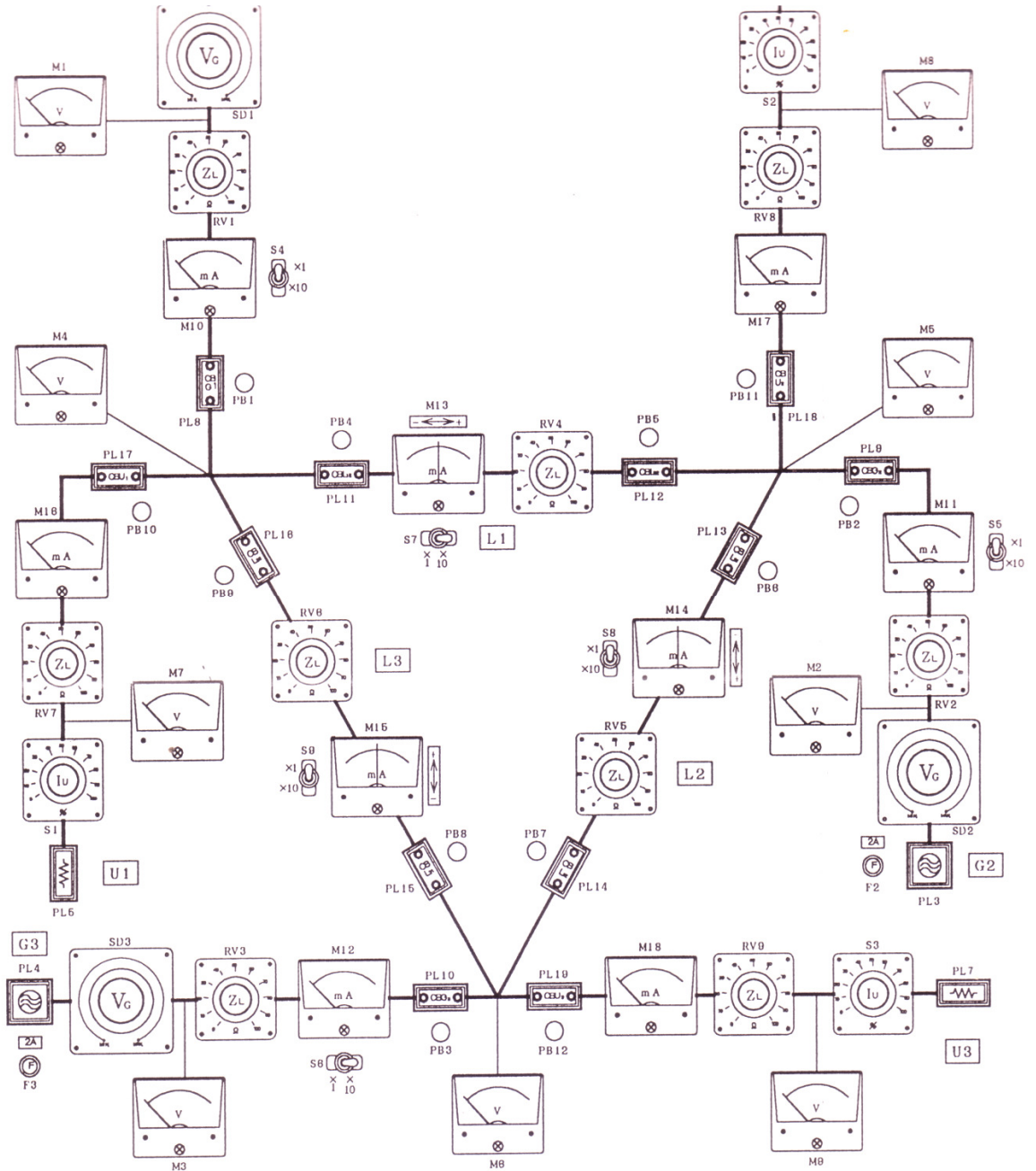
## **1.4 Procedimiento de operación**

<b>Pasos de Operación</b>	<b>Acción e Indicación</b>	<b>Observaciones</b>
a. Plan de Prueba de circuito b. Plan de circuito constante c. Plan de voltaje del generador		Preparación de planificación de datos Cálculo de circuitos
d. Interruptor de Potencia puesto en <i>ON</i>	La lámpara <i>POWER</i> enciende	Se asume que la fuente de poder en el panel de distribución está encendido
e. Corriente de carga puesta por la perilla IU	La lámpara de carga enciende	
f. Ajuste del bloque consumidor con ZL constante en la línea		
g. Ajuste del bloque de línea con ZL constante		
h. Ajuste del bloque de generador con ZL constante		

i. Ajuste de voltaje de generador	La lámpara de generador enciende. Indicación en el voltímetro del generador	Como el voltaje es generado en el ajuste de la perilla posicionado desde la posición MIN, este voltaje generado enciende la lámpara, por lo tanto gire la perilla suavemente mientras observa el voltímetro. Produzca el voltaje generado con la simulación de multi fuentes de poder
j. Activando el bloque generador por CB	La lámpara CB enciende  Indicación en el punto de intersección en el voltímetro	De acuerdo al plan del circuito  Voltaje sin carga
k. Activando el bloque de línea por CB	La lámpara CB enciende	De acuerdo al plan del circuito
l. Activando el bloque consumidor por CB	La lámpara CB enciende  Indicación del consumidor en el voltímetro Indicación en cada amperímetro	De acuerdo al plan del circuito  Cada voltímetro indica el voltaje en cada punto bajo carga. La flecha indica en la plaqueta indica la dirección de la corriente como indica la aguja en la línea de medición del amperímetro con el 0 en el centro.
m. Ponga el selector en x1 si la indicación del amperímetro es menos que 1/10	Multiplicación de la indicación del amperímetro	
n. Tabule la indicación en cada medidor		
o. Interrumpa todos los CB del bloque generador	Todos los amperímetros indican 0	Hasta aquí la prueba ha sido terminada. Cuando conduzca la prueba otra vez, repita desde el inciso e. Cuando la prueba esté terminada.
p. Interruptor de Potencia puesto en OFF	La lámpara POWER se apaga	
q. Compare con los resultados calculados		

## 1.5 Nomenclatura de los dispositivos del equipo de simulación de flujos de potencia

Figura 1. Modelo TBS-154





### 1.5.1 Modelo matemático representativo del módulo de flujos de potencia

Para obtener el flujo DC se realizan las siguientes hipótesis:

- No se consideran la potencia reactiva, ni los flujos reactivos.
- Se desprecian las conexiones a tierra o “shunt”.
- Las magnitudes de los voltajes en las barras son conocidas (se consideran iguales a 1 pu).
- La reactancia serie  $x_{ij}$  y la resistencia serie  $r_{ij}$  son tales que  $r_{ij} \gg x_{ij}$  con lo cual se desprecia la reactancia serie.
- Los desfases angulares de las tensiones en los extremos de las líneas son casi nulos que  $\theta_{ij} \approx 0$ , entonces es posible realizar la siguiente aproximación:

$$\sin \theta_{ij} = \theta_i - \theta_j = \theta_{ij}$$

$$\cos \theta_{ij} = 1$$

Donde:

$x_{ij}$  = es la reactancia del elemento entre la barra  $i$  y la barra  $j$ ,

$r_{ij}$  = es la resistencia del elemento entre la barra  $i$  y la barra  $j$ ,

$\theta_i - \theta_j$  = corresponde al diferencia angular entre las barras del sistema

La ecuación que representa la potencia activa en análisis de corriente alterna a un nodo que se le inyecta potencia en un sistema de potencia es:

$$P_i = V_i^2 G_{ii} + V_i \sum_{j \in \Omega_i} V_j (G_{ij} \cos \theta_{ij} - B_{ij} \sin \theta_{ij})$$

Expresión que al aplicar las hipótesis recién señaladas se reduce a:

Cuando  $x_{ij} \gg r_{ij}$

$$P_i = -V_i \sum_{j \in \Omega_i} V_j B_{ij} \theta_{ij}$$

Cuando  $r_{ij} \gg x_{ij}$

$$P_i = V_i^2 G_{ii} + V_i \sum_{j \in \Omega_i} V_j G_{ij}$$

Esta ecuación final cuando  $r_{ij} \gg x_{ij}$  es el modelaje aproximado DC que rige al simulador de la potencia inyectada en cada barra o nodo.

Donde:

$$G_{ij} = \frac{1}{r_{ij}}, \quad G_{ii} = \sum_{j \in \Omega_i} \frac{1}{r_{ij}}$$

Entonces:

$$P_i = V_i^2 \sum_{j \in \Omega_i} \frac{1}{r_{ij}} + V_i \sum_{j \in \Omega_i} \frac{V_j}{r_{ij}} \quad i = 2, 3$$

y si  $V_i = V_j = 1 \text{ pu.}$

$$P_i = \sum_{j \in \Omega_i} \frac{1}{r_{ij}} + \sum_{j \in \Omega_i} \frac{1}{r_{ij}} \quad i = 2, 3$$

La ecuación que representa la potencia activa en análisis de corriente alterna que fluye de un nodo  $i$  a un nodo  $j$  en un sistema de potencia es:

$$P_{ij} = V_i V_j (G_{ij} \cos \theta_{ij} - B_{ij} \sin \theta_{ij}) - G_{ij} V_i^2$$

El flujo de potencia se obtiene al aplicar las hipótesis simplificadoras a la ecuación anterior.

Cuando  $V_i = V_j = 1 \text{ pu}$ .

$$P_{ij} = 0$$

Esto nos demuestra que si en los extremos de la línea se mantienen los mismos potenciales, es porque no existe caída de tensión en la línea, por ende no hay impedancia en la línea, y es el equivalente a decir que la carga o el generador están conectados directamente a terminales.

Cuando  $V_i \neq V_j$

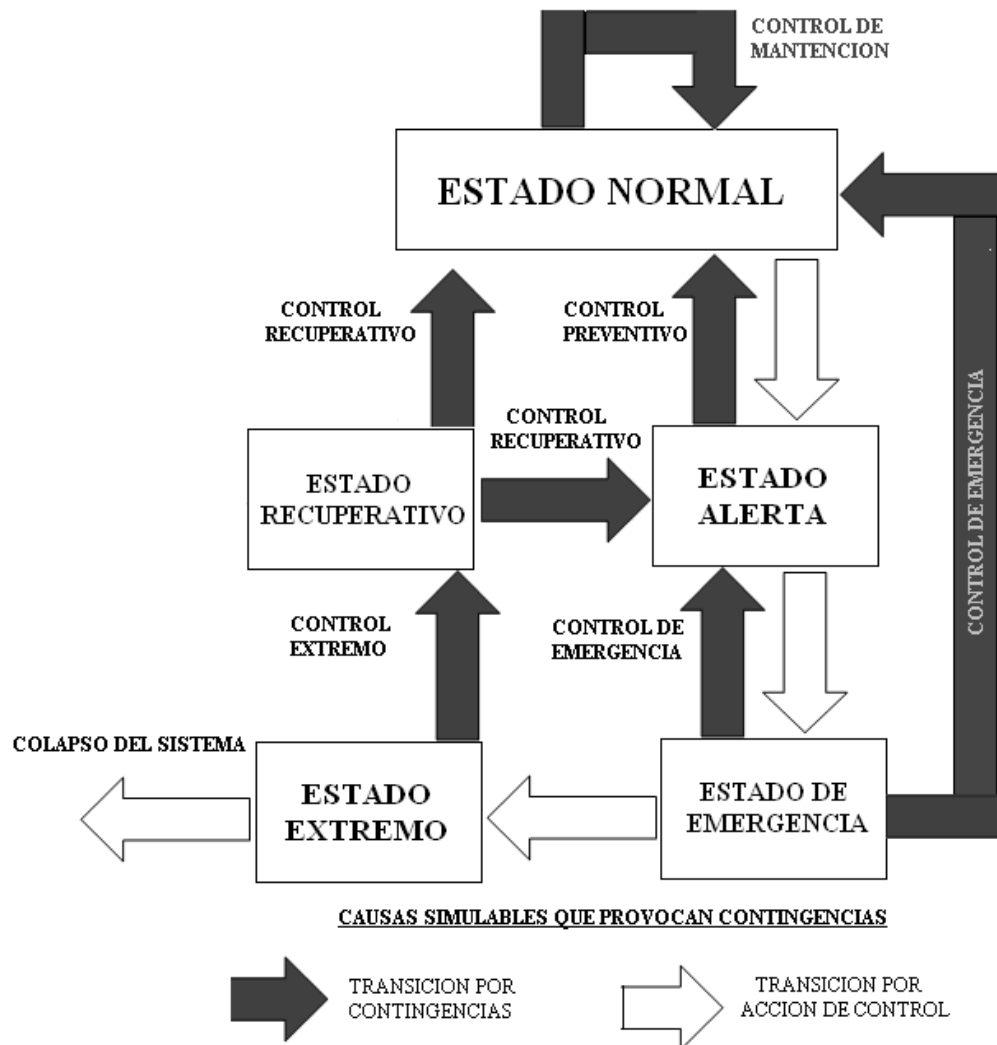
$$P_{ij} = G_{ij} V_i V_j - G_{ij} V_i^2$$

$$P_{ij} = \frac{V_i}{r_{ij}} (V_j - V_i) \quad i = 2, 3$$

Esto nos demuestra que existirá un flujo de potencia dada la diferencia de potencial entre nodos, existe caída de tensión, y es el equivalente a decir que la carga o el generador están alejados entre sí.

Esta ecuación final cuando  $r_{ij} \gg x_{ij}$  es el modelaje aproximado DC que rige al simulador de la potencia activa que fluye de un nodo  $i$  a un nodo  $j$  en un sistema de potencia. El diagrama de estados del simulador se rige como:

**Figura 2. Modelo del diagrama de estados del simulador modelo TBS-154**



*Estado Normal (EN)*: Incluye voltaje adecuado en el suministro, sin equipos con sobre carga donde no se vislumbra una inminente transición hacia otro estado.

*Estado alerta (EA)*: Existe unas contingencias particulares que puede hacer que el sistema evolucione hacia el estado de emergencia, donde se aplican medidas preventivas para volver a un estado normal.

*Estado emergencia (Eem)*: El sistema se mantiene intacto, en donde no se sostiene ninguna restricción de desigualdad, donde se aplican medidas de emergencia a un estado menos inestable.

*Estado extremo (Eex)*: Si las contingencias son severas como para aislar el sistema, entonces se peligrará la continuidad del servicio, donde el objetivo es detener el colapso del sistema y evolucionar hacia un estado recuperativo.

*Estado recuperativo (ER)*: Puede darse de un estado extremo o de un colapso total, donde el objetivo es resincronizar el sistema y maximizar el suministro de carga.

*Causas simulables que pueden provocar contingencias:*

EN ➡ EA

Reducción de la reserva de potencia, pérdida de la capacidad de transferencia, y aumento no previsible de la demanda.

EA → Eem

Pérdida temporal de equipos importantes.

Eem → Eex

Pérdida de conexiones vitales que provocan separación del sistema en islas que son incapaces de generar para responder a su consumo.

## 1.6 Prácticas desarrolladas

### 1.6.1 Prueba de corriente de entrada

<b>Condiciones de la prueba</b>	Fuente de poder monofásica 120V, 60 Hz 3-fuentes DC 100V , ZL=100 Ω 3-cargas laterales ZL=100 Ω, 100% de la carga 3-lineas ZL=100 Ω
Corriente de entrada:	1.2 A

### 1.6.2 Prueba del sistema, Fuente de poder Monofásico 120V, 60 Hz

#### 1.6.2.1 Prueba de 1-fuente

<b>Condiciones de la prueba</b>	Fuente G1	ajustada a 100V, ZL=100 Ω
	Carga U1	IU=100%, ZL=100 Ω
	Línea L1	ZL=100 Ω
	Carga U2	IU=100%, ZL=100 Ω

Voltaje G1:	100V
Corriente de carga U1:	80mA
Voltaje línea L1:	84V
Voltaje de línea L2:	84V
Corriente de carga U2:	79mA

Corriente de carga:	155mA
Voltaje de carga	77V
Corriente de Línea:	+80mA
Voltaje de carga:	78V

Condiciones de la prueba			
		Fuente G1	Ajustado a 100V, ZL=100Ω
		Carga U1	IU=100%, ZL=100Ω
		Carga U2	IU=100%, ZL=100Ω
		Carga U3	IU=100%, ZL=100Ω
		Línea L1	ZL=100Ω
		Línea L2	ZL=100Ω
Voltaje G1:	100V	Corriente de carga	193mA
Corriente de carga U1:	75mA	Voltaje de carga	74V
Voltaje de Línea L1:	80V	Corriente de Línea	+120mA
Corriente de carga U2:	63mA	Voltaje de carga	62V
Voltaje de Línea L3:	63V		
Corriente de Carga U3:	58mA	Voltaje de carga	57V

Condiciones de la prueba			
		Fuente G1	Ajustado a 100V, ZL=100Ω
		Carga U1	IU=100%, ZL=100Ω
		Carga U2	IU=100%, ZL=100Ω
		Carga U3	IU=100%, Z1=100Ω
		Línea L1	ZL=0Ω
		Línea L2	ZL=0Ω

Voltaje G1:	100V	Corriente de carga:	215mA
Corriente de carga U1:	74mA	Voltaje de carga:	72V
Voltaje de Línea L1:	78V	corriente de Línea:	+143mA
Corriente de carga U2:	72mA	Voltaje de carga:	71V
Voltaje de Línea L2:	79V	corriente de Línea:	+72mA
Voltaje de Línea L3 :	79V		
Corriente de carga U3:	72mA	Voltaje de carga:	71V

#### 1.6.2.2. Prueba 1-fuente, Línea L1/L2/L3, Carga U1/U2/U3

Condiciones de la prueba			
		Voltaje G1	Ajustado a 100V, ZL=100Ω
		Carga U1/U2/U3	IU=100%, ZL=100Ω
		Línea L1/L2/L3	ZL=100Ω

Voltaje G1:	100V	Corriente de carga:	205mA
Voltaje de Línea L1:	79V	Corriente de Línea:	+65mA
Voltaje de Línea L2:	73V	Corriente de Línea:	0mA
Voltaje de Línea L2:	73V	Corriente de Línea:	-68mA
Corriente de carga U1:	74mA	Voltaje de carga:	73V
Corriente de carga U2:	67mA	Voltaje de carga:	67V
Corriente de carga U3:	67mA	Voltaje de carga:	67V

<b>Condiciones de la prueba</b>	Fuente G2 Ajustado a 100V, ZL=100Ω Carga U1/U2/U3 IU=100%, ZL=100Ω Línea L1/L2/L3 ZL=100Ω
---------------------------------	---

Voltaje G2:	100V
Voltaje de Línea L1:	71V
Voltaje de Línea L2:	79V
Voltaje de Línea L3:	72V
Corriente de carga U1:	67mA
Corriente de carga U2:	72mA
Corriente de carga U3:	66mA

Corriente de Carga:	205mA
Corriente de Línea:	-65mA
Corriente de Línea:	+65mA
Corriente de Línea:	0mA
Voltaje de Carga:	66V
Voltaje de Carga:	71V
Voltaje de Carga:	65V

<b>Condiciones de la prueba</b>	Fuente G3 Ajustado a 100V, ZL=100Ω Carga U1/U2/U3/ IU=100%, ZL =100Ω Línea L1/L2/L3 ZL=100Ω
---------------------------------	---

Voltaje G3:	100V
Voltaje de Línea L1:	71V
Voltaje de Línea L2:	73V
Voltaje de Línea L3:	80V
Corriente de carga U1:	67mA
Corriente de carga U2:	67mA
Corriente de carga U3:	73mA

Corriente de Carga:	205mA
Corriente de Línea:	0mA
Corriente de Línea:	-65mA
Corriente de Línea:	+66mA
Voltaje de Carga:	66V
Voltaje de Carga:	66V
Voltaje de Carga:	72V

### 1.6.2.3 Prueba 2-fuentes, 3 Cargas en Anillo

<b>Condiciones de la prueba</b>	G Ajustado a 100V, ZL=100Ω L1/L2/L3 ZL=100Ω Carga U1/U2/U3 = 100%, ZL =100Ω
---------------------------------	---

#### Fuentes G1, G2

Voltaje G1:	100V
Fuente G2:	100V
Voltaje de Línea L1:	76V
Voltaje de Línea L2:	88V
Voltaje de Línea L3:	84V
Corriente de carga U1:	82mA
Corriente de carga U2:	81mA
Corriente de carga U3:	78mA

Corriente de Carga:	120mA
Corriente de Carga:	120mA
Corriente de Línea:	+2mA
Corriente de Línea:	+38mA
Corriente de Línea:	-40mA
Voltaje de Carga:	80V
Voltaje de Carga:	80V
Voltaje de Carga:	74V

#### Fuentes G2, G3

Voltaje G2:	100V
Voltaje G3:	100V
Voltaje de Línea L1:	76V
Voltaje de Línea L2:	88V

Corriente de Carga:	117mA
Corriente de Carga:	120mA
Corriente de Línea:	-38mA
Corriente de Línea:	-1mA



Voltaje de Línea L3	87V
Corriente de carga U1:	77mA
Corriente de carga U2:	80mA
Corriente de carga U3:	80mA

Corriente de Línea:	+38mA
Voltaje de Carga:	82V
Voltaje de Carga:	80V
Voltaje de Carga:	79V

Fuentes G1, G3

Voltaje G1:	100V
Voltaje G3:	100V
Voltaje de Línea L1:	87V
Voltaje de Línea L2:	85V
Voltaje de Línea L3:	89V
Corriente de carga U1:	82mA
Corriente de carga U2:	78mA
Corriente de carga U3:	81mA

Corriente de Carga:	120mA
Corriente de Carga:	118mA
Corriente de Línea:	+38mA
Corriente de Línea:	-38mA
Corriente de Línea:	-1mA
Voltaje de Carga:	80V
Voltaje de Carga:	77V
Voltaje de Carga:	80V

**1.6.2.4 Prueba 3-fuentes, 3 Cargas**

<b>Condiciones de la prueba</b>	Fuente G1/G2/G3 =100V, ZL=100Ω Carga U1/U2/U3 IU=100%,ZL=0Ω
---------------------------------	--

Carga ZL=0Ω

Voltaje G1:	100V
Voltaje G2:	100V
Voltaje G3:	100V
Voltaje de Línea L1:	100V
Voltaje de Línea L2:	99V
Voltaje de Línea L3:	100V
Corriente de carga U1:	102mA
Corriente de Línea U2:	100mA
Corriente de carga U3:	100mA

Corriente de Carga:	100mA
Corriente de Carga:	100mA
Corriente de Carga:	100mA
Voltaje de Carga:	100V
Voltaje de Carga:	99V
Voltaje de Carga:	99V

Carga ZL=100Ω

Voltaje G1:	100V
Voltaje G2:	100V
Voltaje G3:	100V
Voltaje de Línea L1:	91V
Voltaje de Línea L2:	91V
Voltaje de Línea L3:	91V
Corriente de carga U1:	82mA
Corriente de carga U2:	83mA
Corriente de carga U3:	83mA

Corriente de Carga:	82mA
Corriente de Carga:	83mA
Corriente de Carga:	83mA
Voltaje de Carga:	83V
Voltaje de Carga:	83V
Voltaje de Carga:	83V

**1.6.2.5 Prueba en anillo 3-fuentes**

<b>Condiciones de la prueba</b>	Fuente G1/G2/G3 =100V, ZL=100Ω L1/L2/L3 Carga ZL=100Ω Carga U1/U2/U3 IU=100%, ZL=100Ω
---------------------------------	---

G ZL=100Ω

Voltaje G1:	100V
Voltaje G2:	100V
Voltaje G3:	100V
Voltaje de Línea L1:	91V
Voltaje de Línea L2:	92V
Voltaje de Línea L3:	92V
Corriente de carga U1:	85mA
Corriente de carga U2:	84mA
Corriente de carga U3:	83mA

Corriente de Carga:	86mA
Corriente de Carga:	80mA
Corriente de Carga:	84mA
Corriente de Línea:	-3.0mA
Corriente de Línea:	-1.5mA
Corriente de Línea:	-1.5mA
Voltaje de Carga:	83V
Voltaje de Carga:	83V
Voltaje de Carga:	83V

G ZL= 0Ω

Voltaje G1:	98V
Voltaje G2:	99V
Voltaje G3:	98V
Voltaje de Línea L1:	98V
Voltaje de Línea L2:	98V
Voltaje de Línea L3:	99V
Corriente de carga U1:	91mA
Corriente de carga U2:	90mA
Corriente de carga U3:	90mA

Corriente de Carga:	95mA
Corriente de Carga:	90mA
Corriente de Carga:	90mA
Corriente de Línea:	-5.0mA
Corriente de Línea:	-2.3mA
Corriente de Línea:	-2.0mA
Voltaje de Carga:	89V
Voltaje de Carga:	89V
Voltaje de Carga:	89V

**1.2.6.6. Prueba de balanceo en anillo 3-fuentes**

<b>Condiciones de la prueba</b>	Fuente G1/G2/G3 =100V, ZL= 0Ω L1/L2/L3 Carga ZL= 0Ω Carga U1/U2/U3 IU=100%, ZL=100Ω
---------------------------------	---

Voltaje G1:	98V
Voltaje G2:	99V
Voltaje G3:	98V
Voltaje de Línea L1:	97V
Voltaje de Línea L2:	98V
Voltaje de Línea L3:	98V
Corriente de carga U1:	91mA
Corriente de carga U2:	91mA
Corriente de carga U3:	90mA

Corriente de Carga:	152mA
Corriente de Carga:	55mA
Corriente de Carga:	93mA
Corriente de Línea:	+34.0mA
Corriente de Línea:	-32mA
Corriente de Línea:	-3mA
Voltaje de Carga:	91V
Voltaje de Carga:	89V
Voltaje de Carga:	89V

**1.6.2.7 Prueba de balanceo en anillo 3 Fuentes**

<b>Condiciones de la prueba</b>	Fuente G1/G2/G3 =100V, ZL=0Ω Línea L1/L2/L3 ZL=0Ω
---------------------------------	--

Voltaje G1:	100V
Voltaje G2:	100V
Voltaje G3:	100V
Voltaje de Línea L1:	100V

Corriente de Carga:	3.7mA
Corriente de Carga:	-1.0mA
Corriente de Carga:	-1.0mA
Corriente de Línea:	1.5mA

Voltaje de Línea L2:	100V
Voltaje de Línea L3:	100V

Corriente de Línea:	0mA
Corriente de Línea:	2.0mA

**Prueba de calibración de medidores**

**a. Voltímetro**

<b>Voltaje a medir (V)</b>
120
100
80
60
120
100
80
60
120
100
80
60

<b>Indicador del Medidor Estándar (V)</b>		
<b>G1 (M1)</b>	<b>G2 (M2)</b>	<b>G3 (M3)</b>
120	119	119.7
100	99.1	99.5
79.9	79.7	79.8
59.9	59.6	59.8
<b>L1 (M4)</b>	<b>L2(M5)</b>	<b>L3(M6)</b>
119.3	119.7	120.2
100.0	99.5	99.0
80.4	78.9	79.9
60.4	58.7	59.8
<b>U1 (M7)</b>	<b>U2 (M8)</b>	<b>U3 (M9)</b>
120.4	118.8	120.5
99.7	98.6	99.9
79.2	78.6	79.5
59.2	58.7	59.5

**b. Amperímetro**

<b>Corriente a medir ( mA )</b>
10X1
20
30
37.5
10X10
20
30
37.5
+5X1
10
15
20
25

<b>Indicador del Medidor Estándar (mA)</b>		
<b>G1 (M10)</b>	<b>G2 (M11)</b>	<b>G3 (M12)</b>
10.2	10.14	9.91
20.13	20.2	19.94
30.2	30.08	30.03
37.68	37.68	37.48
102.7	101	99
201.8	200.8	200
302.9	303.6	300.4
378.5	381.6	375.4
<b>L1 (M13)</b>	<b>L2(M14)</b>	<b>L3(M15)</b>
+5.05	+5.15	+5.20
10.05	10.20	10.30
15.10	15.30	15.40
20.10	20.30	20.60
25.00	25.25	25.40

-5X1
10
15
20
25
+5X10
10
15
20
25
-5X10
10
15
20
25
120
100
80
60
40

-5.05	-5.15	-5.30
10.05	10.45	10.40
15.05	15.35	15.40
20.05	20.35	20.40
24.9	25.25	25.30
+51	+49.9	+ 50.3
101.3	99.7	101.9
152.2	149.7	150.9
202.6	199	200.2
251.3	246.2	245.5
-51.7	-53.4	-46.9
101.4	103.0	99.2
151.5	151.2	147.3
201.4	199.2	196.2
249.5	245.3	243.9
<b>U1 (M16)</b>	<b>U2 (M14)</b>	<b>U3(M18)</b>
119.1	121.0	120.0
99.1	99.8	99.0
79.0	80.0	79.8
58.9	59.4	59.8
39.0	39.5	40.0

### 1.7 Flujo de potencia según los niveles de tensión

Para calcular la magnitud del flujo de potencia o también llamado flujo de carga, simplemente el elemento que maneja esta variable es por definición la línea de transmisión al nivel de tensión de trabajo de dicha línea, variando dicha tensión se varía inversamente proporcional la corriente de línea para poder mantener constante el flujo de potencia; por consiguiente se calcula de la siguiente manera:

$$P = VL * IL$$

Donde:  $VL$  = Voltaje de línea

$IL$  = Corriente de línea

## 1.8 Flujo de potencia según la demanda de los centros de carga

Para calcular la magnitud del flujo de potencia, simplemente se puede variar proporcionalmente la demanda promedio de la carga instalada, por definición es el elemento que maneja la corriente de carga, variando dicha corriente se varía inversamente proporcional el voltaje de carga, para poder mantener constante el flujo de potencia; por consiguiente se calcula de la siguiente manera:

$$P = VU * IU$$

Donde:  $VU$ = Voltaje de la Carga

$IU$ = Corriente de la Carga

Nota:

Para poder convertir magnitudes pequeñas simuladas proporcionales a valores teóricos reales de un sistema de potencia, puede utilizarse una regla de tres simple de la siguiente manera:

$$V_{teor. (ac)} = \frac{V_{op. (ac)} * V_{leido (dc)}}{V_{fijado (dc)}}$$

Ejemplo 1.8.1:

Para un sistema de potencia real el voltaje de operación es de 230,000Vac, ¿Cuál será el voltaje teórico si en el simulador se fija VG a 100Vdc en G1 y la lectura en el mismo es de 99Vdc en M1?

$$V_{teor. (ac)} = \frac{(230,000)(99)}{(100)} = 227,700Vac$$

*En valores por unidad*

Voltaje base = 230,000 V

$V_{pu} = 1.0$  pu

$$V_{pu}(ac) = \frac{V_{teor.}(ac)}{V_{base}} = \frac{227,700Vac}{230,000} = 0.99 \text{ pu}$$

Ejemplo 1.8.2:

Teniendo en cuenta que la relación directa es de 230,000/100 para las condiciones del ejemplo anterior ¿Cómo se relacionan las variables teóricas de corriente y potencia de sistema de potencia real de las variables leídas en el simulador?

$$I_{teor.}(ac) = (2,300)I_{leida}(dc)$$

$$P_{teor.}(ac) = (2,300)^2 * P_{calc.}(dc)$$

## **1.9 Caída de tensión**

Se considera caída de tensión al voltaje entre dos puntos de un elemento que tenga impedancia y que se componga dentro de una red, para el análisis las únicas cargas conectadas a la fuente o barraje infinito son líneas (de baja impedancia) y consumidores (de alta impedancia), para lo cual se concentrará en las líneas de transmisión el cual su caída de tensión le resta voltaje aplicado a las terminales de los consumidores, haciendo que el sistema no sea eficiente; las tres maneras más importantes del incremento de la caída de tensión en una línea son las siguientes:

- a) Incremento de la carga de los consumidores
- b) Reducción del voltaje de la fuente o barraje infinito

c) Incremento de la distancia de la línea (aumenta la relación  $\Omega/\text{km}$ )

$$V_{\text{caída de tensión}} = V_{\text{pt. (mayor potencial)}} - V_{\text{pt. (menor potencial)}}$$

Ejemplo 1.9.1:

Teniendo en cuenta la Prueba del inciso 1.6.3., en la condición de operación de G1 y G2. Calcule la caída de tensión entre G1 y U1.

$$V_{\text{caída de tensión}} = VG1 - VU1 = 100 - 80 = 20 \text{ V}$$

En conclusión la caída de tensión es de un 20% del voltaje nominal el cual es demasiado alto, considerando que en la vida real esto sería desastroso, debiendo actuar las protecciones requeridas ó de un mejor diseño y control del sistema.

### **1.10 Minimización de la caída de tensión según la configuración del sistema**

La minimización de la caída de tensión en los puntos nodales ó en terminales de las cargas, se puede hacer de las siguientes maneras:

- a) Reducción por pasos de la carga (abrir circuitos), en sobrecarga del sistema.
- b) Incrementar la generación, es decir incrementar el voltaje generado para compensación.
- c) Decremento de la impedancia de la línea, se realiza por medio de estudios de planificación.

- d) Aunque no existan transformadores en este simulador, es posible compensar con incrementar el voltaje por medio de pasos del Tap del primario.
- e) Aunque no existan capacitores ó motores síncronos en este simulador, es posible compensar el voltaje por medio de la compensación de la potencia reactiva por estos elementos.

Ejemplo 1.10.1:

Teniendo en cuenta la prueba del inciso 1.6.4, en la condición de operación en el que actúan las tres cargas y las tres fuentes. Calcule la caída de tensión entre G2 Y L2, G2 y U2 para  $Z_L=0\Omega$  en la carga U2 y  $Z_L=100\Omega$  respectivamente ( $Z_L$  simula la distancia entre terminales de la carga y en nodo de línea de transmisión como si fuera una línea de distribución) y compare como se minimiza la caída de tensión.

$$Z_L=0\Omega, \quad V_{caida\ de\ tensión} = V_{G2} - V_{L2} = 100 - 99 = 1\ V$$

$$V_{caida\ de\ tensión} = V_{G2} - V_{U2} = 100 - 99 = 1\ V$$

$$Z_L=100\Omega,$$

$$V_{caida\ de\ tensión} = V_{G2} - V_{L2} = 100 - 91 = 9\ V$$

$$V_{caida\ de\ tensión} = V_{G2} - V_{U2} = 100 - 83 = 17\ V$$

### 1.11 Dirección y distribución de los flujos de potencia

En un sistema en anillo se puede permitir con gran libertad la dirección y distribución de los flujos de potencia, ya que la dirección está ligada a como se configure el punto de conexión entre las fuentes y las cargas.



La distribución está ligada a como se controle o se cambie la configuración del sistema para dejar circuitos abiertos para mantenimiento y llevar flujo de potencia a las cargas sin afectar el suministro, o también la distribución se liga a como se controle la configuración del sistema para mantener estable algunos parámetros de la red.

A continuación se nombrarán algunas ventajas de la dirección y distribución de los flujos de potencia en un sistema en anillo:

- Continuidad del servicio
- Mejor confiabilidad de la red que de un sistema radial
- Minimización de la caída de tensión en los nodos de la red
- Estabilización de parámetros de voltaje y corriente en las líneas de interconexión

Ejemplo 1.11.1:

Tome en cuenta que pasaría en un sistema en anillo si se pierde una fuente ya sea por mantenimiento o por falla, verifique los datos de la prueba 1.6.5, con  $G \ ZL=100\Omega$  y compare los datos de la prueba 1.6.3., al abrir  $G2$  por medio de  $PB2$  quedando únicamente  $G2$  y  $G3$ .

**PB2 CERRADO**

<b>Prueba en anillo 3-fuentes</b>	Fuente $G1/G2/G3 = 100V$ , $ZL=100\Omega$ $L1/L2/L3$ Carga $ZL=100\Omega$ Carga $U1/U2/U3 \ IU=100\%$ , $ZL=100\Omega$
-----------------------------------	--

$G \ ZL=100\Omega$

Voltaje $G1$ :	100V
Voltaje $G2$ :	100V
Voltaje $G3$ :	100V

Corriente de Carga:	86mA
Corriente de Carga:	80mA
Corriente de Carga:	84mA

Voltaje de Línea L1:	91V
Voltaje de Línea L2:	92V
Voltaje de Línea L3:	92V
Corriente de carga U1	85mA
Corriente de carga U2	84mA
Corriente de carga U3	83mA

Corriente de Línea:	-3.0mA
Corriente de Línea:	-1.5mA
Corriente de Línea:	-1.5mA
Voltaje de Carga:	83V
Voltaje de Carga:	83V
Voltaje de Carga:	83V

### PB2 ABIERTO

#### Prueba 2-fuentes, 3 Cargas en Anillo

G Ajustado a 100V, ZL=100Ω  
L1/L2/L3 ZL=100Ω  
Carga U1/U2/U3 = 100%, ZL =100Ω

#### Fuentes G1, G3

Voltaje G1	100V
Voltaje G3	100V
Voltaje de Línea L1:	87V
Voltaje de Línea L2:	85V
Voltaje de Línea L3	89V
Corriente de carga U1	82mA
Corriente de carga U2	78mA
Corriente de carga U3	81mA

Corriente de Carga:	120mA
Corriente de Carga:	118mA
Corriente de Línea:	+38mA
Corriente de Línea:	-38mA
Corriente de Línea:	-1mA
Voltaje de Carga:	80V
Voltaje de Carga:	77V
Voltaje de Carga:	80V

En conclusión al perderse una fuente, se mantiene la continuidad del servicio, aunque los parámetros del sistema se afecten; si G2 no existiera y se interconectara al sistema radial volviéndolo en anillo, se mejorarían los siguientes aspectos:

- Reduciría la caída de tensión en las líneas de interconexión
- Reduciría las pérdidas en las líneas de interconexión
- Esto se logra al estabilizar y equilibrar la corriente que pasa por las mismas
- Se mantendría un voltaje más estable y equilibrado en las cargas

## 1.12 Pérdidas en las líneas

Las líneas de transmisión actúan como una carga conectada en serie con los consumidores, consumiendo tanto potencia como generando una caída de tensión, esto se conoce como pérdidas por efecto Joule por ende para disminuir estas pérdidas es necesario recurrir a lo siguiente.

- Cálculo de la impedancia mínima de la línea, se realiza por medio de estudios de diseño de la línea y planificación del sistema.
- Reduciendo la corriente en las líneas. Esto se hace por medio del aumento de la tensión de operación del sistema ó de la configuración del sistema, el cual ha quedado claro que en configuración en anillo es la mejor.

Las pérdidas en las líneas se calculan de la siguiente manera; está es la más importante, ya que existen otras pérdidas asociadas a las líneas, como el efecto corona y efecto piel que no son estudio de análisis para este equipo simulador, y se denota así:

$$P = I^2 * ZL$$

Ejemplo 1.12.1:

Tome en cuenta la prueba del inciso 1.6.5., con impedancia de línea de la fuente (tómese como línea de distribución)  $ZL=100\Omega$  y  $ZL=0\Omega$  respectivamente para G3, y calcule las pérdidas teóricas con el error permisible.

Amperímetro M12,  $e = \pm 1\text{mA}$

G3,  $Z_L=100\Omega$

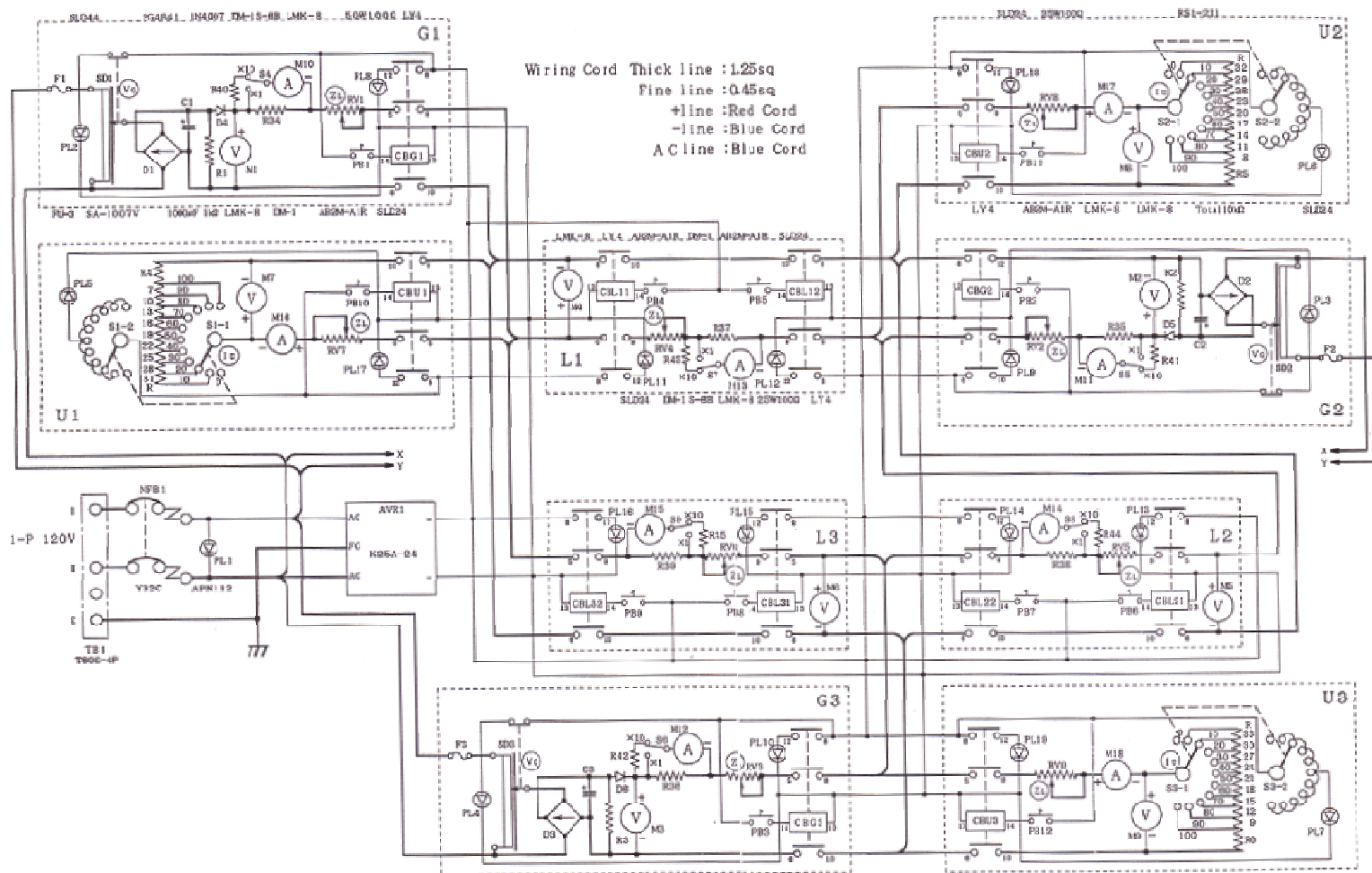
$$P = (0.084)^2 * 100 = 0.7056 \pm 0.0001 W$$

G3,  $Z_L=0\Omega$

$$P = (0)^2 * 100 = 0 \pm 0.0001 W$$

### **1.13 Anexos**

Diagrama eléctrico interno del equipo de simulación de flujos de potencia



*Lista de partes del SYSTEM SELECTION TRAINER TBS-154*

MARCA					NOMBRE	USO	RANGO	MODELO
UNID.	COM	G	U	L				
AVR	1				Regulador interruptivo	Fuente de poder de 24V	24V DC 1.1A	K25A-24
C		1-3			Capacitor electrolítico	Filtro	250V 1000µF	
CB		1-3	1-3	11-	Relé de potencia	Interruptor simulado	24V DC Excitación	LY-4N-D2
D		1-3 4-6			Rectificador de silicio Diodo	Puente rectificador 1 fase Inverso para protección por voltaje	400V 10A Puente 1-P 1000V 1A	2G4B41 1N4007
F		1-3			Fusible	Circuito de la fuente de poder	125V 2A	FU-3
M		1-3 10-	7-9 13- 16-	4-6	Voltímetro DC  Amperímetro DC " "	Mide voltaje del circuito  Mide corriente del generador Mide corriente de línea Mide corriente de la carga	120V DC 2.5% 60mV DC 37.5mA ±60mV DC 37.5mA 120mA "	LMK-8 " " " "
NFB	1				Interruptor de circuitos	Interruptor y protección	460V 5A	Y32C
PB		1-3	10-	4-9	Interruptor pulsador	CB ON/OFF	30V DC 2A 1P-1T	AB2M-A1R
PL	1	2-4 5-7 8-			Lámpara con adaptador Display LED " "	Display Fuente de poder Display del generador Display del consumidor Display del CB	120V AC 24V DC " "	APN1126DNR SLD441DH2BW SLD441DH2BA SLD241DH2BR
R		1-3			Resistor devanado de	Resistor de descarga	60W 1kΩ	PWH200Gx2

			4-6	alambre esmaltado	Resistor de carga	"	RWH60G
			7-9	"	"	5W 110Ω	RWH5G
			10-	"	"	" 140Ω	"
			13-	"	"	" 180Ω	"
			16-	"	"	" 240Ω	"
			19-	"	"	" 330Ω	"
			22-	"	"	" 500Ω	"
			25-	"	"	" 800Ω	"
			28-	"	"	" 1.67kΩ	"
			31-	"	"	" 2.5kΩ	"
		34-		Paralelo	Expansión de rango de corriente	375mA 600mV 1.6Ω	DM-1
			37-	"	"	250mA " 2.4Ω	"
		40-		Multiplicador	Expansión de rango de voltaje	540mV	"
			43-	"	"	"	"
RV		1-3		Resistor devanado variable	Impedancia de línea	50W 100Ω	RPF50A
			7-9	4-6	"	"	"
S		1-3		Interruptor de rotación	Ajuste de corriente de carga	250V 1A 2P-11C	RS1-211
		4-6		7-9	Interruptor de polos	Selección de rango del amperímetro	S-6B
SD		1-3			Transformador deslizante	Ajuste del voltaje	SA-1007V
TB	1				Bornera	Conexión de la potencia	T60S-4P

## **2. PROTECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE POTENCIA**

### **2.1 Objetivo de la práctica**

Las prácticas descritas en los siguientes manuales sirven para poder hacer las pruebas y ajustes necesarios de los de equipos de protección que son utilizados para prevenir fallas; tales como sobre-corriente, sobretensiones, línea monofásica a tierra y fallas internas por arqueo en los equipos más utilizados en subestaciones y plantas generadoras

### **2.2 Marco teórico**

La finalidad principal de un sistema de protección es proporcionar, en forma rápida, el aislamiento de un área de falla en el sistema y, de este modo, poder mantener en funcionamiento la mayor parte del sistema de energía restante. Dentro de este contexto existen seis requerimientos básicos para la aplicación de un sistema de protección:

- a) Fiabilidad.- Seguridad de que la protección se llevará a cabo correctamente, tiene dos componentes: confianza y seguridad.
- b) Selectividad.- Continuidad máxima del servicio con mínima desconexión del sistema.
- c) Inmunidad a interferencias externas.



- d) Rapidez de operación.- Duración mínima de una falla, así como un menor daño en los equipos del sistema.
- e) Simplicidad.- Menor equipo de protección y circuitos asociados para lograr los objetivos de protección.
- f) Economía.- Mayor protección a menor costo total.

El término “protección” no implica que el equipo de protección pueda prevenir fallas o deficiencia de los equipos. Los relés de protección sólo se ponen en funcionamiento después que haya ocurrido una condición insostenible. Sin embargo, su función es minimizar los daños a equipos fallados, reducir el tiempo y costo de interrupción así como el de reparación y problemas afines que pudieran ocurrir.

La protección del sistema y de los equipos es muy importante, equipos tales como generadores, transformadores, líneas, motores etc., en vista que una falla en ella puede dejar sin suministro un área entera. Además de poner en riesgo la estabilidad del sistema de potencia, por lo que una falla está considerada estadísticamente como una situación bastante improbable.

Esta protección del sistema debe tener como característica principal la estabilidad y rapidez por tener potencias de cortocircuito, la posibilidad de alcanzar valores de decenas de MVA, incluso para fallas monofásicas. En estas condiciones, las posibilidades de actuaciones incorrectas por el fenómeno de saturación de los transformadores de medida aumentan considerablemente.

## 2.3 Especificaciones del módulo de protecciones

Se refiere a las especificaciones de los equipos que se incluyen dentro de cada uno de los manuales dentro de este capítulo.

### 2.3.1 Relevadores electromecánicos

Los relevadores se pueden clasificar en:

*Relevadores de acción rápida:*

Actúan por efectos de fuerzas electromagnéticas que operan sobre un émbolo o una armadura móvil; en este caso la fuerza se ejerce sobre una parte móvil construida con material ferromagnético y trata siempre de reducir el entre hierro y por tanto la reluctancia. La fuerza que se desarrolla en el elemento móvil es proporcional al cuadrado del flujo en el entrehierro, la fuerza neta aparece como:

$$F = K_I I^2 - K_r$$

Donde:

$F$  = Fuerza neta

$K_r$  = Constante del resorte (Fuerza de restricción).

$K_I$  = Constante que depende de las características del relé (Conversión de la fuerza)

$I$  = Magnitud eficaz de la corriente en la bobina actuante.

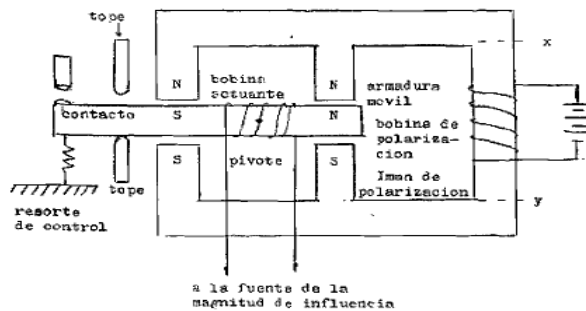
Cuando el relevador está en el límite de la puesta de trabajo, la fuerza neta es cero, entonces la característica de funcionamiento es:

$$K_I I^2 = K_r, \quad I = \sqrt{\frac{K_r}{K_I}}$$

- Relevadores de acción direccional:

Funciona cuando la armadura móvil magnetizada por la corriente, que fluye en la bobina fluctuante alrededor de la armadura, y con tal polaridad como para cerrar contactos, y a la vez un cambio de polaridad de la magnitud de influencia invertirá las polaridades magnéticas de los extremos de la armadura que ocasionará la apertura de los contactos, se observa en la sección  $x$  y  $y$  una bobina polarizadora, el cual puede ser un imán permanente.

**Figura 3. Relevadores de acción direccional**



Entonces la fuerza que hace mover la armadura, despreciando el efecto de la saturación será la siguiente:

$$F = K_I I_p I_a - K_r$$

Donde:

$I_p$  = Corriente de la bobina polarizadora

$K_r$  = Constante del resorte (Fuerza de restricción).

$K_I$  = Constante que depende de las características del relé (Conversión de la fuerza)

$I_a$  = Corriente de la bobina de armadura

Cuando el relevador está en el límite de funcionamiento, se deduce:

$$I_p I_a = \frac{K_r}{K_I} = cte.$$

Este relevador se denomina direccional precisamente por la capacidad que tiene de distinguir entre direcciones opuestas de la corriente de la bobina actuante o entre polaridades opuestas. Con imán permanente de polarización o con bobina polarizadora activada por una corriente constante, la característica de funcionamiento es:

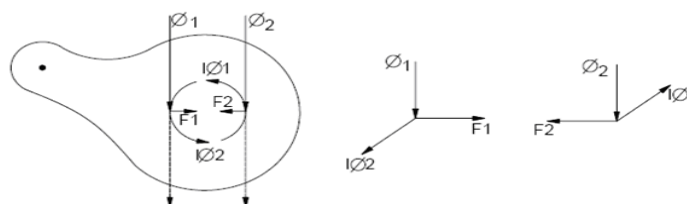
$$I_a = \frac{K_r}{K_l} I_p$$

Se exige para  $I_a$  un valor para la puesta en trabajo, así como una polaridad correcta.

- Relevador de Inducción Electromagnética:

Utilizan el principio del motor de inducción de fase auxiliar para desarrollar el par. La fuerza actuante se desarrolla en un elemento móvil que puede ser un disco (o cualquier otra forma de rotor de material buen conductor de corriente), mediante la interacción de los flujos electromagnéticos. Cada flujo induce tensión alrededor de él mismo en el rotor y estas hacen circular corrientes parásitas que tratan de oponerse al campo que las produce.

**Figura 4. Relevador de inducción electromagnética**



En la figura 4 las corrientes fluyen en el rotor por la influencia de las dos tensiones. La corriente producida por el flujo interacciona con el otro flujo y viceversa, para producir las fuerzas actuantes sobre el rotor. Si:

$$\phi_1 = \phi_1 \sin(\omega t)$$

$$\phi_2 = \phi_2 \sin(\omega t + \theta)$$

$$V_{\phi_1} = \frac{d\phi_1}{dt}, \quad i_{\phi_1} \propto V_{\phi_1}$$

Donde:

$V_{\phi_1}$  = Fuerza electromotriz inducida en el material conductor.

$i_{\phi_1}$  = Corriente parásita inducida (Eddy).

Además,

$$I_{\phi_1} \propto \left( \frac{d\phi_1}{dt} \right) \propto \phi_1 \cos(\omega t)$$

$$I_{\phi_2} \propto \left( \frac{d\phi_2}{dt} \right) \propto \phi_2 \cos(\omega t + \theta)$$

Como las fuerzas están en oposición

$$F = (F_2 - F_1) \propto (\phi_2 I_{\phi_1} - \phi_1 I_{\phi_2})$$

Sustituyendo los valores de flujos en esta ecuación tenemos

$$F \propto \phi_1 \phi_2 \sin \theta$$

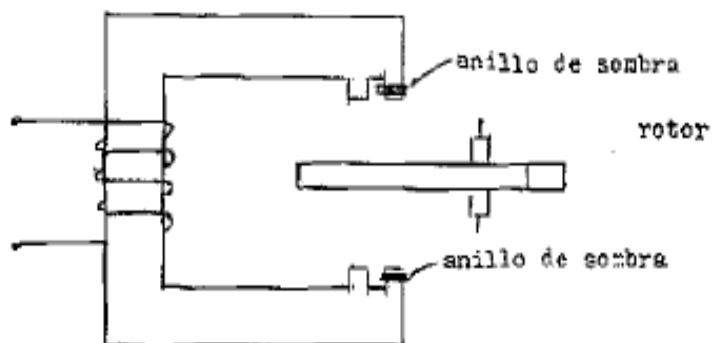
Con dos flujos desfasados se produce la fuerza neta, y esta será máxima si el desfaseamiento es de 90 grados.

En los relevadores de inducción de acuerdo con su estructura de funcionamiento, hay una clasificación como sigue: de polo sombreado, tipo Vatímetro, tipo Tambor y de anillo sencillo.

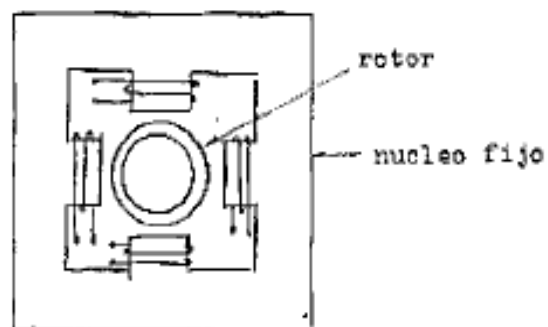
En el relevador de polos sombreados el flujo principal se divide en dos flujos desfasados. El relevador tipo Vatímetro contiene dos bobinas separadas, cada una de ellas produce un flujo que creará la fuerza neta para mover el rotor tipo disco, además los relevadores tipo Tambor y el de anillo de inducción sencillo, son parecidos a los motores de inducción, solo que aquí el hierro del rotor está estacionario y el tambor que es un cilindro hueco que gira, la misma operación se desarrolla si la parte que gira es uno o dos anillos.

En las siguientes figuras se muestra en forma los tipos de estructuras de los relevadores de inducción:

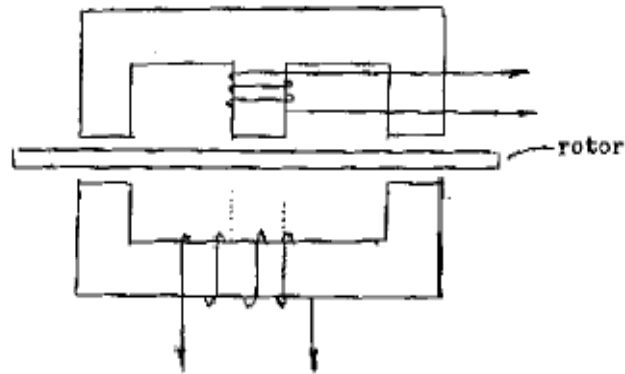
**Figura 5. Relevador de inducción tipo de polos sombreados**



**Figura 6. Relevador de inducción tipo tambor**



**Figura 7. Relevador de inducción tipo Vatímetro**



- Relevadores de inducción de una sola magnitud:

El relevador tipo de polos sombreados es un ejemplo de estos, también los otros relevadores pueden utilizarse con una sola magnitud de influencia, conectando a sus circuitos actuantes en serie o paralelo, el desfaseamiento entre los flujos está en función a la relación X/R que será distinta para cada circuito.

Si se desprecia el efecto de la saturación, el par de estos relevadores si son de corriente es:

$$\tau = K_I I^2 - K_r$$

Si el relevador es de voltaje

$$\tau = K_V V^2 - K_r$$

En estos relevadores el par es controlado por un contacto en serie con uno de los circuitos si estos están en paralelo o en serie con una parte del circuito si estos están en serie.

### 2.3.1.1 Modelos matemáticos representativos de los relevadores en mención

*Relevadores de tiempo inverso de sobre-corriente, bajo corriente, sobre-voltaje y bajo voltaje*

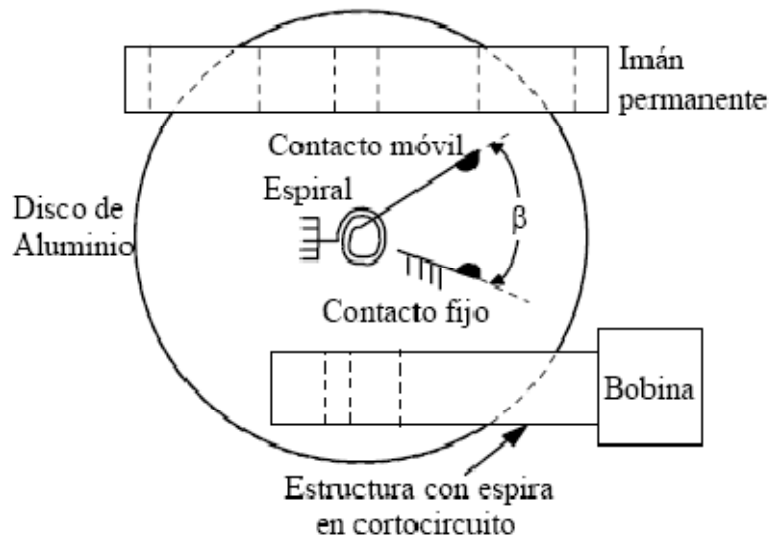
Estos relevadores de inducción tienen su característica de tiempo como curvas de tiempo inverso donde los múltiplos de corriente en la bobina del relevador es inversamente proporcional al tiempo de respuesta, y se obtienen en relevadores cuyo rotor es en un disco y estructura de polo sombreado o del tipo Vatímetro. El funcionamiento de alta velocidad se obtiene con las estructuras de tambor de inducción o de anillo de inducción.

El tiempo de operación y la corriente están relacionados por una ecuación que define la curva de operación característica del relevador.

Para obtener la ecuación de tiempo versus corriente, se considerará la Figura 8 que muestra la disposición del disco móvil y los diferentes elementos que contribuyen al torque del relé. Por otra parte, en la Figura 9 se muestra el esquema de la estructura magnética con la bobina principal y la espira en cortocircuito, así como el diagrama fasorial que muestra los flujos que producen el torque de operación o torque motriz.



Figura 8. Esquema del comparador de un relé tipo espira en cortocircuito



El torque de operación o motriz es de la forma:

$$\tau_m = K\phi_1\phi_2 \sin \alpha$$

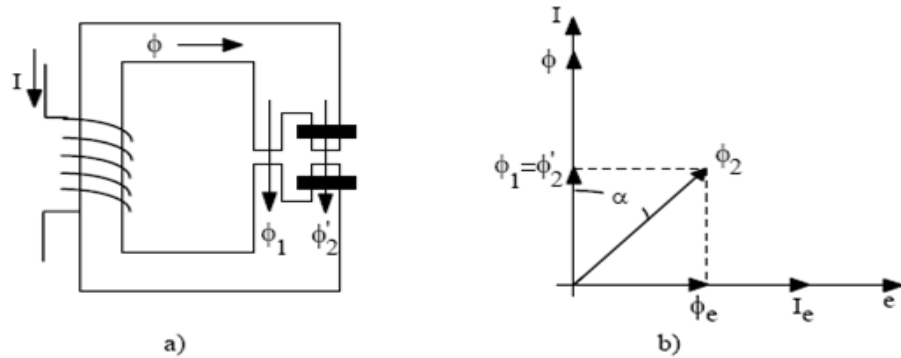
Donde  $\phi_1$  y  $\phi_2$  (valores máximos de los flujos), dependen del número de espiras  $N$  y de la corriente  $I$ . Además, tal como se muestra en la Figura 9, el ángulo de desfase  $\alpha$  entre los flujos es constante y por lo tanto se puede escribir:

$$\tau_m = K(NI)^2 = KN^2I^2 = aI^2$$

Donde  $a = KN^2$  es constante para un número determinado de espiras de la bobina. El imán permanente proporciona un torque de restricción  $\tau_i$  que se supone proporcional a la velocidad  $\omega$  del disco, a través de una constante  $b$ , que considera la densidad de flujo  $B$  del imán, que es constante.

$$\tau_i = b \omega$$

**Figura 9. Relé de inducción de espira en cortocircuito: a) Estructura magnética; b) Diagrama fasorial.**



El resorte antagónico suministra un torque de retención  $\tau_r$  que se puede suponer constante, o sea:

$$\tau_r = c$$

Luego, el Torque que opera sobre el disco, es:

$$\tau = \tau_m - \tau_i - \tau_r = J \frac{d\omega}{dt}$$

Donde  $J$  es el momento de inercia de las partes móviles. La solución de la ecuación diferencial anterior es de la forma:

$$\omega(t) = \frac{aI^2 - c}{b} \left[ 1 - e^{-\frac{b}{J}t} \right]$$

Si, como ocurre normalmente  $J$  es pequeño comparado con  $b$  (por diseño), se puede despreciar el segundo término del paréntesis de la ecuación anterior (el transitorio es muy rápido), por lo que se puede escribir:

$$\omega(t) = \frac{aI^2 - c}{b} = \frac{d\beta}{dt} = cte.$$

Cuya solución, suponiendo que en  $t = 0, \beta = 0$  es:

$$\beta(t) = \frac{aI^2 - c}{b} t$$

Considerando que  $c/b$  es muy pequeño, queda claro que:

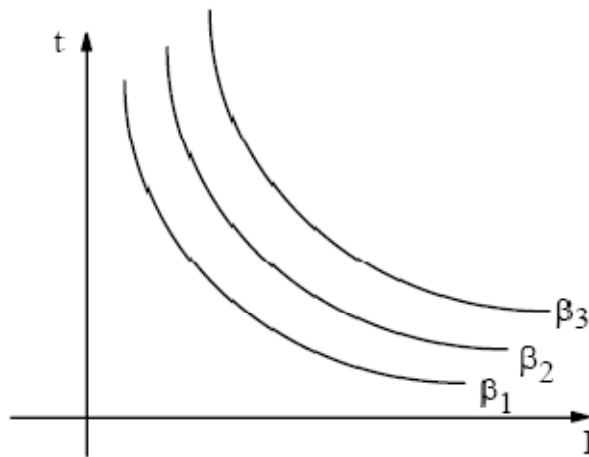
$$t = \frac{b\beta/a}{I^2}$$

Como el ángulo  $\beta$  de operación es un parámetro que se varía con el Dial (tiempo del disco), entonces para cada Dial se tiene:

$$t = \frac{K_1}{I^2}$$

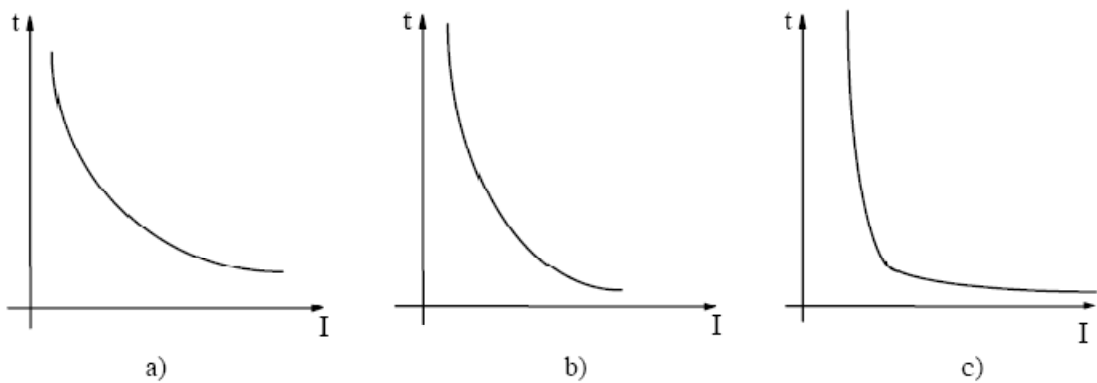
Con  $K_1 = b\beta/a$  y donde “ $a$ ” incluye a  $N$  y “ $b$ ” incluye a  $B$ , que es la densidad de flujo producida por el imán permanente. La expresión anterior corresponde a la de una hipérbola equilátera, que sólo tiene significado en el primer cuadrante, ya que corresponde a la disposición constructiva en que el torque del elemento móvil tiende a cerrar los contactos. Si se considera el ángulo  $\beta$  como parámetro, se obtiene una familia de curvas como la que se muestra en la Figura 10, donde  $\beta_1 < \beta_2 < \beta_3$ .

**Figura 10. Curvas de tiempo frente a corriente para relés tipo disco de inducción**



Cambiando algunos de los parámetros del elemento, se pueden obtener las diferentes curvas características que se muestran en la Figura 11, las que se denominan: Inversa, Muy inversa y Extremadamente inversa.

**Figura 11. Curvas características tiempo-corriente de relés inversos: a) Inverso; b) muy inverso; c) extremadamente inverso**



Las curvas se pueden graficar utilizando un modelo matemático exacto, basado en la ecuación anterior del Dial y fundamentado en normas internacionales, se escribe:

$$t = \frac{K_1}{\left(\frac{I_p}{I_a}\right)^n - 1}$$

Donde:  $I_p$  = Corriente de paso (operación)

$I_a$  = Corriente de ajuste

$n, K_1$  = Constantes de diseño

$t$  = Tiempo de operación (segundos)

El exponente  $n$ , define el tipo de característica, normal inverso, muy o extremadamente inverso.

Estas características quedan definidas en forma aproximada por las siguientes expresiones:

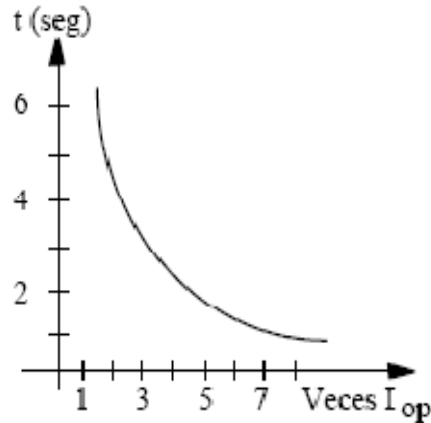
$$\text{Tiempo inverso, } t = K_1/I$$

$$\text{Tiempo muy inverso, } t = K_1/I^2$$

$$\text{Tiempo extremadamente inverso, } t = K_1/I^3$$

Lo anterior es en la realidad una aproximación, ya que las curvas tienen mucha influencia de elementos tales como: el resorte de reposición, la inercia de las partes móviles, imanes permanentes de freno, etc., de manera que en la práctica se obtienen curvas como las indicadas en la Figura 12.

**Figura 12. Curvas de tiempo - corriente de relés de tiempo inverso**



*Relés de sobre potencia*

Estas protecciones están formadas por relés similares a los de sobre-corriente, con la diferencia que, además de actuar el elemento tipo espira en cortocircuito alimentado por la corriente de falla, sobre el disco actúa también otro elemento similar alimentado por voltaje, cuyo torque es negativo respecto al anterior. Por lo tanto, el torque de operación  $\tau_o$  vale:

$$\tau_o = K_i I^2 - K_v V^2$$

En condiciones de operación mínima (corriente recogida) y despreciando el torque de retención proporcionado por el resorte espiral, se tiene que  $\tau_o$  es cero y por lo tanto:

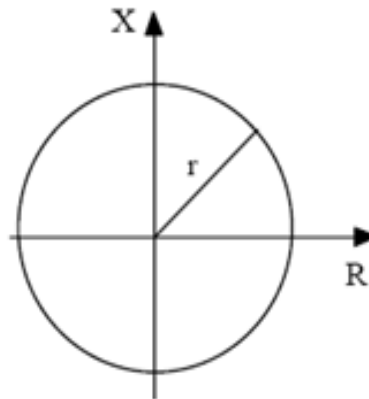
$$\frac{V^2}{I^2} = \frac{K_i}{K_v} = Z^2 = R^2 + X^2$$

La ecuación anterior corresponde a un círculo de radio  $r = \sqrt{\frac{K_i}{K_v}}$  en el diagrama R-X, en la Figura 13. Es decir que en condiciones de *pickup* (corriente recogida), el relevador tiene una característica llamada de Impedancia.

Por consiguiente, la condición de operación es como sigue:

$$VI \sin \theta \geq \frac{K_i}{K_v}$$

**Figura 13. Característica del relé de sobre potencia en el diagrama R-X**

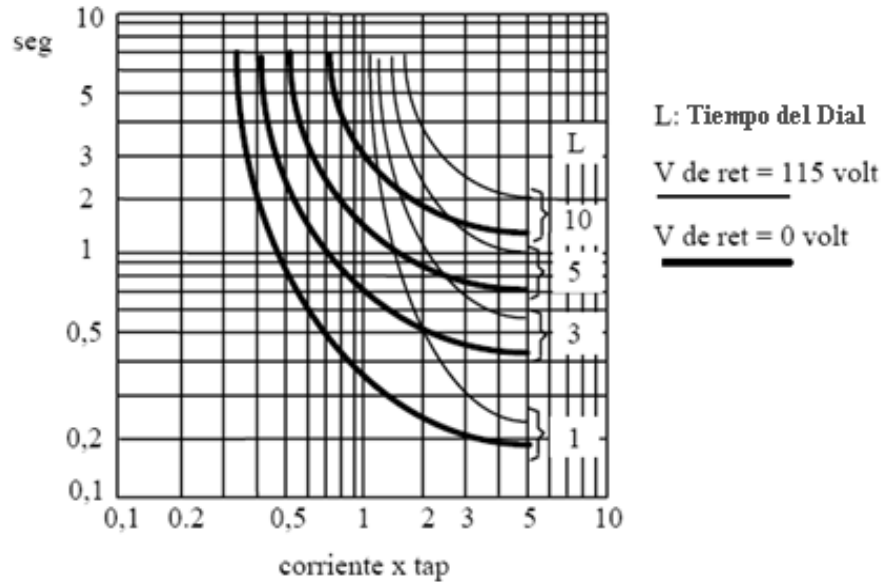


Si se hace  $K_i I^2 \geq K_v V^2$ , es decir para una condición de operación superior a la de *pickup* y si además se considera  $K_v V^2$  constante, resulta una característica similar a los relevadores de corriente de tiempo inverso, cuyo tiempo de operación vale:

$$t = \frac{K_1}{(NI)^2}$$

Donde  $\frac{1}{N^2}$  es el factor de forma producido por la retención del voltaje de las bobinas de potencial.

**Figura 14. Curvas de tiempo- corriente del relé de sobre potencia**



En la Figura 14 se muestran las curvas de tiempo-corriente en múltiplos de tap para diferentes tiempos del disco (Dial) y considerando voltajes de retención igual a cero y 115 volts, en escala log-log. Con 115 volts de retención, las curvas del relé son más inversas que las de los relés de sobre-corriente extremadamente inversos. Sin retención, la forma de la curva se aproxima a la de un relé de inducción del tipo muy inverso y su *pickup* es cerca del 25% que en la condición anterior con 115 volts.

#### *Relé direccional de tierra*

Para deducir la ecuación característica, se considerará el relé tipo balanza de la Figura 15. En este relé cada núcleo se encuentra sometido al torque resultante del efecto del flujo de dos bobinas: una de voltaje y otra de corriente. El flujo producido en la bobina de corriente es proporcional a la corriente “I” y el flujo producido en la bobina de potencial será proporcional al voltaje “V”, siempre que se desprecie la saturación.



Las dos bobinas de voltaje tienen igual número de vueltas y se encuentran enrolladas en el mismo sentido. Las bobinas de corriente tienen igual número de vueltas pero están enrolladas en sentido contrario tal como puede verse en la Figura 15 inciso a), de manera que el torque de operación  $\tau_o$  será:

$$\tau_o = k\phi_A^2$$

Y el torque de restricción  $\tau_r$  es:

$$\tau_r = k\phi_B^2 + K_R$$

Donde  $\phi_A$  y  $\phi_B$  son los flujos producidos en los respectivos núcleos,  $K_R$  es el torque asociado al resorte y la constante de proporcionalidad  $k$  es la misma para ambos torques, por tratarse de bobinas iguales.

De acuerdo con la Figura 15 inciso b), se puede escribir:

$$\phi_A^2 = \phi_i^2 + \phi_v^2 + 2\phi_i\phi_v \cos(\varphi - \theta) = k^1[I^2 + V^2 + 2VI \cos(\varphi - \theta)]$$

$$\phi_B^2 = \phi_i^2 + \phi_v^2 - 2\phi_i\phi_v \cos(\varphi - \theta) = k^1[I^2 + V^2 - 2VI \cos(\varphi - \theta)]$$

El relé operará cuando  $\tau_o \geq \tau_r$ , es decir:

$$k\phi_A^2 \geq k\phi_B^2 + K_R$$

Reemplazando valores dados por las ecuaciones de la identidad trigonométrica, y ordenando se tiene:

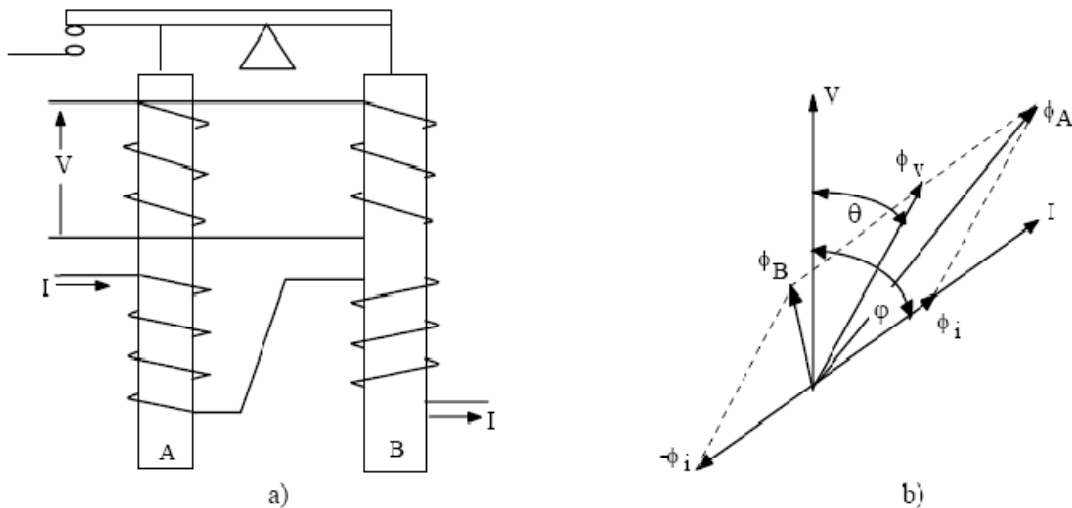
$$4kk^1V\cos(\varphi - \theta) \geq K_R$$

Finalmente se puede escribir:

$$V\cos(\varphi - \theta) \geq K_1$$

Donde  $K_1 = \frac{K_R}{4kk^1}$  y  $\theta$  es el ángulo entre el flujo  $\phi_v$  y el voltaje V. Cuando  $\varphi = \theta$ , el torque es máximo, por lo que al ángulo  $\theta$  se le denomina “ángulo de torque máximo”

**Figura 15. Relé direccional tipo balanza, a) Esquema; b) Diagrama fasorial**

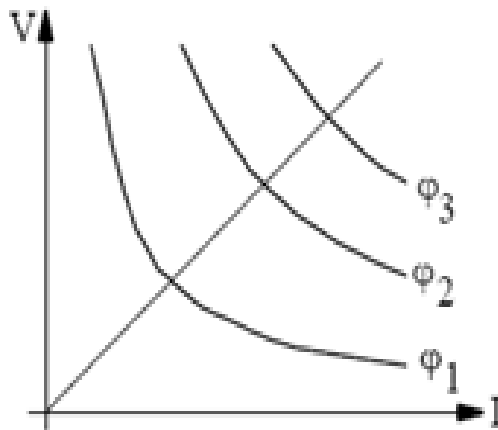


En este caso, el ángulo de torque máximo depende de las características de la bobina de voltaje, ya que representa el ángulo de su impedancia. La ecuación final es válida, independiente de que el relé sea de tipo electromagnético, de inducción o de estado sólido.

Es factible alterar el torque de operación variando el ángulo de torque máximo, lo que se consigue en la práctica, a través de dispositivos desfasadores adecuados.

Así como para los relés de sobre-corriente, sus características se representan en forma de curvas tiempo-corriente, en el caso de los relés direccionales, sus curvas representativas están basadas en la ecuación final. En ellas, tanto  $V$  como  $I$  y  $\phi$  pueden considerarse como variables o parámetros, dando origen a las siguientes curvas características:

**Figura 16. Características voltaje-corriente para “ $\phi$ ” constante**

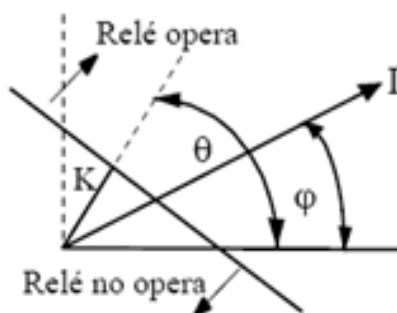


Esta característica responde a la ecuación siguiente; es decir, el producto  $VI$  es constante, lo que corresponde a una hipérbola, tal como se muestra en la Figura 16, donde  $\phi_3 > \phi_2 > \phi_1$

$$VI \geq \frac{K_1}{\cos(\varphi - \theta)}$$

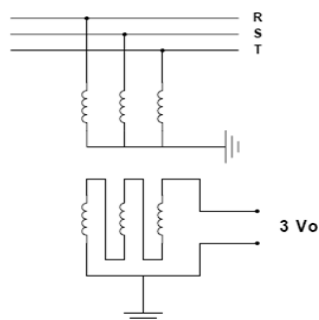
La característica más útil es la que representa la ecuación final es en coordenadas polares como se muestra en la Figura 17.

**Figura 17. Características en coordenadas polares**



Los relés direccionales residuales, conocidos como “relés direccionales de tierra”, pueden polarizarse por voltaje residual (polarización de voltaje de secuencia cero) o por corriente residual (polarización de corriente de secuencia cero). La Figura 18 muestra el caso de un relé de tierra (residual), en que se dispone de tres transformadores de potencial auxiliares conectados en estrella tierra-delta abierta para la polarización por voltaje y la corriente se obtiene de la salida de los tres transformadores de corriente. Para poder efectuar la detección de las tensiones homopolares (secuencia cero) simplemente hay que reproducir la ecuación matemática en un circuito eléctrico, tal como se muestra a continuación:

**Figura 18. Detección de tensiones de secuencia cero**

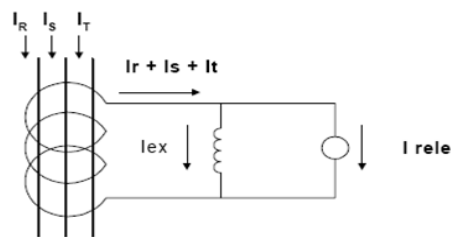


$$V_0 = (V_R + V_S + V_T)/3$$

De igual manera, para la detección de la corriente homopolar (secuencia cero) hay que reproducir la ecuación matemática en un circuito eléctrico.

Sin embargo debido a que la corriente homopolar es muy pequeña en comparación de la corriente del alimentador y si la detección de la corriente se efectúa a través de la suma de tres transformadores de corriente, es posible que el resultado del filtro homopolar sea una corriente debido a la diferencia de corrientes de excitación que daría como resultado operaciones incorrectas. Para solucionar este problema debemos efectuar la suma de las tres corrientes dentro de un solo núcleo magnético, lo cual da como resultado una corriente en el secundario del transformador siempre y cuando exista corriente homopolar (secuencia cero) en el sistema primario. Ver Figura 19.

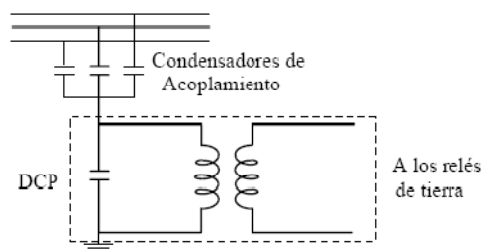
**Figura 19. Suma de tres corrientes en un solo núcleo magnético**



$$I_{rele} = (I_R + I_S + I_T) - I_{ex}$$

Cuando en un punto de un sistema sólo se requiere polarizar por voltaje un relé residual y por lo tanto, las necesidades de burden son pequeñas, se suele usar tres condensadores de acoplamiento y un dispositivo de potencial conectados en la forma indicada en la Figura 20. De esta manera, el voltaje aplicado a los relés residuales es proporcional al voltaje de secuencia cero.

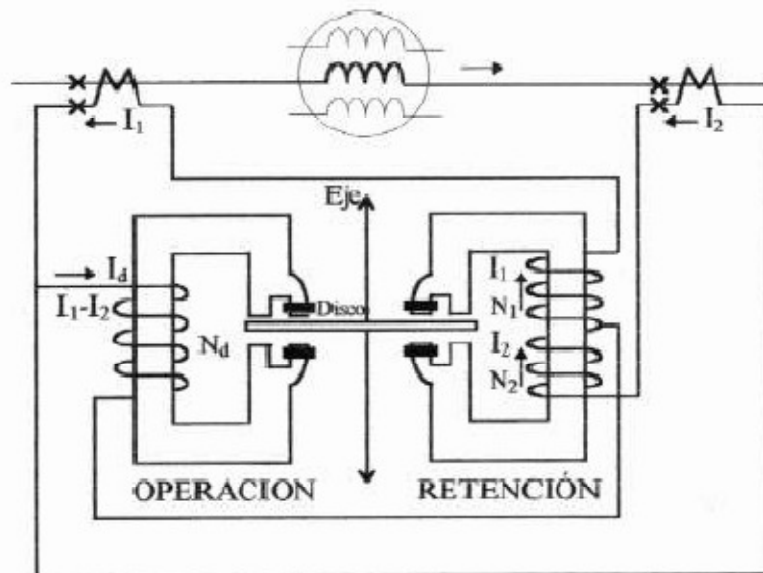
**Figura 20. Utilización de condensadores de acoplamiento**



### Relé diferencial

El elemento de medida de este tipo de relé es semejante al de un relé de sobrecorriente tipo disco de inducción con espiras en cortocircuito, con la diferencia que el comparador está compuesto de dos unidades: una de operación y otra de retención, tal como se muestra en la Figura 21.

**Figura 21. Diagrama esquemático de un relé diferencial de porcentaje**



Para la Figura 21 se puede escribir:

$$\tau_o = K(N_d I_d)^2 = K N_d^2 (I_1 - I_2)^2$$

$$\tau_r = K(N_1 I_1 - N_2 I_2)^2$$

Para que el relé opere, es necesario que el torque de operación  $\tau_o$  sea mayor que el de retención  $\tau_r$ , es decir:

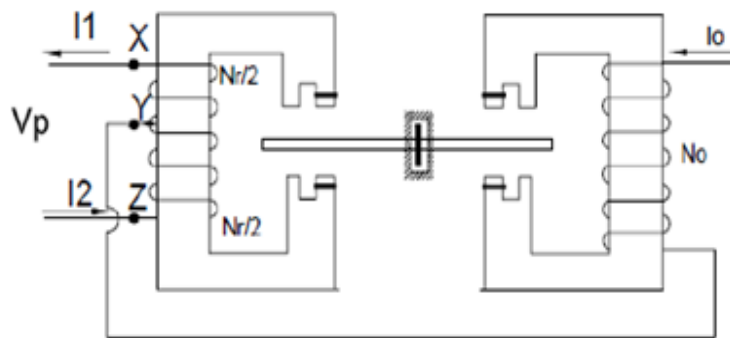
$$KN_d^2(I_1 - I_2)^2 > K(N_1I_1 + N_2I_2)^2$$

O bien:

$$\frac{I_1 - I_2}{I_2} > \frac{N_1I_1}{N_dI_2} + \frac{N_2}{N_d}$$

Cuando la bobina de retención es de dos devanados con el mismo número de espiras el relé diferencial de porcentaje es como se muestra en la siguiente Figura 22.

**Figura 22. Relé diferencial de porcentaje con  $N_r/2$**



Para que opere el relé con el ejemplo de la Figura 22, se simplifica:

$$N_0(I_1 - I_2) > \frac{N_r}{2}I_1 + \frac{N_r}{2}I_2$$

$$N_r \left( \frac{I_1 - I_2}{2} \right) < N_0(I_1 - I_2)$$

$$\frac{I_1 - I_2}{\frac{I_1 + I_2}{2}} > \frac{N_r}{N_0} = K_1$$

Sustituyendo

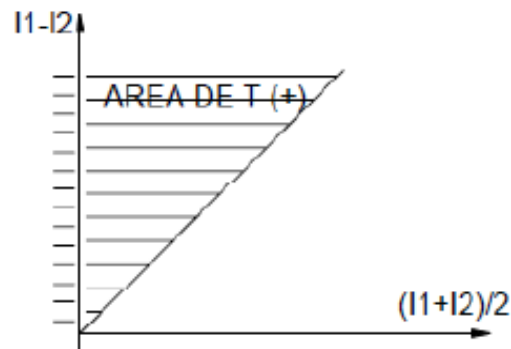
$$I_0 = I_1 - I_2, \text{ e } I_r = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

Entonces

$$\frac{I_0}{I_r} > \frac{N_r}{N_o}$$

Esto muestra que la característica tiene una pendiente determinada por la razón  $\frac{N_r}{N_o}$ , la cual, generalmente se expresa como porcentaje, como se muestra en la Figura 23.

**Figura 23. Característica de operación del relé de porcentaje**



En condiciones muy cercanas a la operación, con  $I_1 > I_2$  pero considerando que  $I_1 \approx I_2$  se tiene que:

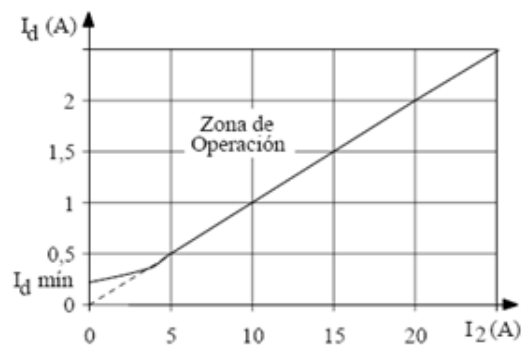
$$s = \frac{I_1 - I_2}{2} = \frac{N_r}{N_o} \quad \text{ó} \quad s = \frac{I_1 - I_2}{2} = \frac{N_1 + N_2}{N_d}$$

Donde “s” es el por ciento de sensibilidad cuando se multiplica por 100. La Figura 24 muestra un relé para 10 %, donde la línea representa el límite de operación, por lo que el relé operara cuando el punto de trabajo se encuentre sobre ella.



En la zona de  $I_2$  pequeñas, la línea se curva y se desprende de la recta que pasa por el origen debido a la acción del resorte de restricción, al existir un torque mínimo capaz de vencer su acción.

**Figura 24. Característica real de operación del relé diferencial de porcentaje**



Variando la relación entre  $(N1+N2)$  y  $Nd$  ó  $Nr$  y  $N0$  se puede cambiar la pendiente de relé. Los porcentajes recomendados dependen del tipo de máquina. Se acostumbra a usar 10 y 25 % para máquinas rotatorias y 15, 25, 40 y 50 % para transformadores de poder. Los relés diferenciales se construyen con tap en las unidades de retención, de modo que aunque las corrientes que se comparan no son iguales, el relé (que compara torques), opere con el mismo porcentaje o pendiente.

### *Resumen*

En cuanto al tiempo, cuando se requieren características de tiempo inverso, se recomienda el uso de relevadores de disco, así mismo si se de alta velocidad se trata, se utilizan los relevadores de tambor o anillo, si se busca acción retardada, se logra asociando otro relevador con uno direccional. Finalmente, en relación con todo lo expuesto del modelaje matemático de los relevadores electromecánicos en cuanto a las características y funcionamiento se presenta la ecuación universal del par que será:

$$\tau = K_1 I_2 + K_2 V_2 + K_3 VI \cos(\varphi - \theta) + K_4$$

Manejando los signos de constantes, haciendo ceros otros o en ocasiones añadiendo términos similares, de algún modo esta ecuación representa la ecuación universal del par, a través de las que se pueden expresar las características de funcionamiento de todos los tipos de relevadores electromecánicos de protección.

### 2.3.1.2 Relé de sobre-corriente tipo ICO1D

#### 2.3.1.2.1 Descripción del relé

Como el elemento principal, el relé tipo ICO1D tiene un disco de inducción del tipo elemento de sobre-corriente con características de tiempo inverso. El relé tipo ICO1G es similar al tipo ICO1D siendo su diferencia que el ICO1G sus elementos internos y conexiones están fijos a la carcasa y el ICO1D sus elementos internos y conexiones son extraíbles y reutilizables. Similares a los otros grupos de relés del tipo ICO, son usados para protección de sobre-corriente de circuitos AC monofásicos y polifásicos. Aplicando a varios circuitos, y el relé tipo ICO1D puede en su interior ser provisto con un elemento de sobre-corriente instantánea, elemento de enclavamiento y señalización, etc.

*Especificaciones:*

**Tabla I. Relés estándares de sobre-corriente**

<b>Tipo</b>	<b>Forma</b>	<b>Elemento del disco de inducción</b>	<b>Elemento de enclavamiento y señalización</b>	<b>Elemento Instantáneo</b>	<b>Contactos del circuito</b>
ICO1D	AG1	Uno	No	No	Uno
	AT1	Uno	Si	No	Uno
	AT2H	Uno	Si	Si	Uno

**Tabla II. Conexiones internas**

<b>Tipo</b>	<b>Forma</b>	<b>Conexiones Internas</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Carcasa</b>
ICO1D	AG1	Fig.28	5.5	D-1A
	AT1	Fig.30		
	AS2H	Fig.31		
	AT2H	Fig.32		

Las combinaciones estándar de los elementos anteriores están dadas en la siguiente tabla. Debe notarse que el elemento instantáneo y el elemento de enclavamiento y señalización puedan no estar incluidos en relés particulares, dependiendo de su forma y tipo.

**Tabla III. Combinaciones estándar**

<b>Elemento Instantáneo</b>	<b>Elemento del disco de inducción</b>	<b>Elemento de enclavamiento y señalización</b>	<b>Frecuencia Nominal</b>
4 - 16A	40 /160A ó 20 /80A ó 10 /40A	0.2A ó 1A	50 Hz ó 60Hz
1.5 - 6A	20 /80A ó 10 /40A ó 4 /16A ó 1 /4A		
2 - 8A			
0.5 - 2A			
6 - 24A	40 /160A ó 20 /80A ó 10 /40A		

Bobinas estándar para elementos de disco de inducción están dadas en la siguiente tabla.

**Tabla IV. Bobinas estándar del elemento del disco de inducción**

Corriente de la Bobina (A)	Corriente Nominal (A)	Tap de la Bobina	Frecuencia (Hz)	VA a la Corriente Nominal
4 - 16	5	4-5-6-8-10-12-16 A	50	8.0
			60	8.8
1.5 - 6	2	1.5-2-2.5-3-4-5-6 A	50	8.4
			60	9.4
0.5 - 2	1	0.5-0.6-0.8-1-1.2-1.5-2 A	50	18.6
			60	21.1
6 - 24	8	6-8-10-12-16-20-24 A	50	8.0
			60	8.8
2 - 8	5	2-2.5-3-4-5-6-8 A	50	17.8
			60	19.0

Bobinas estándar para elementos de enclavamiento y señalización tipo UE3 están dadas en la siguiente tabla.

**Tabla V. Bobinas estándar del elemento de enclavamiento y señalización**

Corriente de la Bobina (A)	Resistencia DC ( $\Omega$ )	Máx. Corriente de Disparo (A)	Capacidad Corriente Continua (A)	Corriente de Operación de la "Bandera" (A)
0.2	7.5	5	0.2	0.2
1	0.44	20	1	1

Bobinas estándar para elementos instantáneos están dadas en la siguiente tabla.

**Tabla VI. Bobinas estándar del elemento instantáneo**

<b>Corriente de la Bobina (A)</b>	<b>Corriente Nominal (A)</b>	<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>VA a la Corriente Nominal</b>
1 - 4	1	50	3.0
		60	3.5
4 - 16	5	50	4.0
		60	5.0
10 - 40	5	50	0.80
		60	0.83
20 - 80	5	50	0.21
		60	0.21
40 - 160	5	50	0.050
		60	0.052
5 - 20	5	50	
		60	

*Contactos:*

Para el elemento del disco de inducción, la capacidad del circuito de cierre del contacto es de 250V DC máx. 20 A, pero la capacidad de la corriente de transporte es limitada por la clasificación del elemento de enclavamiento y señalización.

Para el elemento instantáneo, la capacidad del circuito de cierre es de 30 A, y la capacidad de corriente de transporte es de 4 A. La capacidad de interrupción de ambos contactos bajo una carga no inductiva es de 0.125 A a 250V DC y 0.25 A a 125V DC.

*Construcción y operación:*

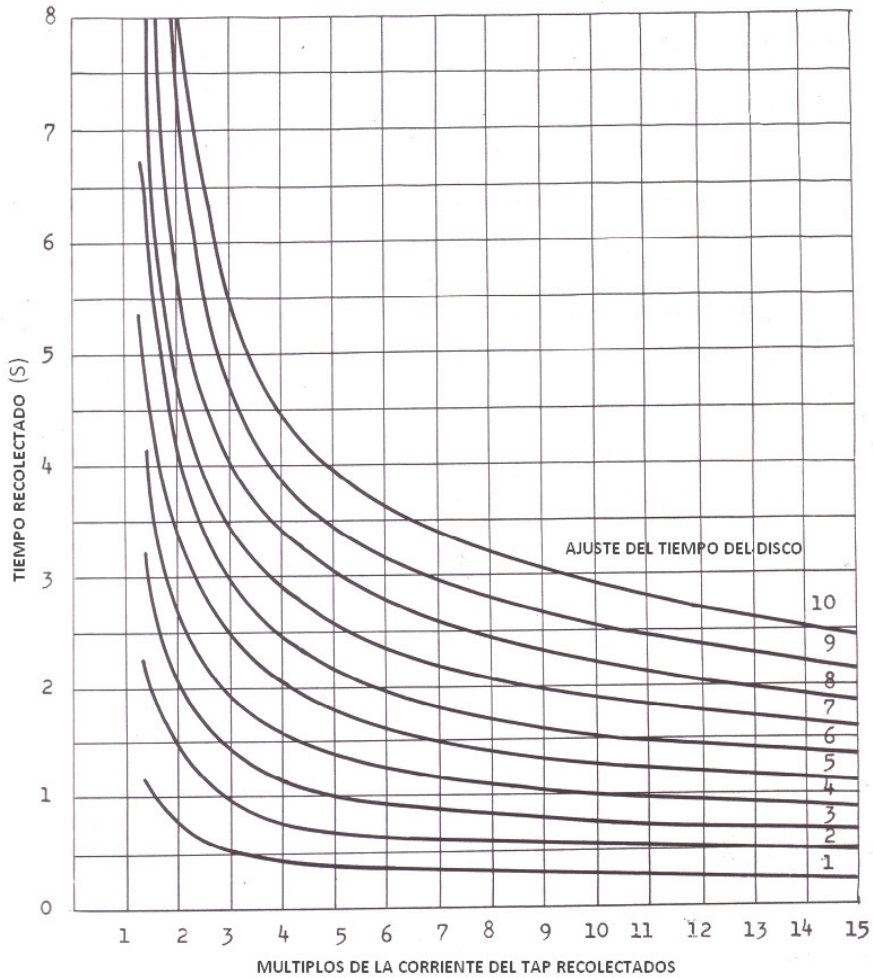
- Elemento del disco de inducción (Elemento Principal):

Esta construcción es del tipo de disco de inducción. Un electro-magneto en forma de U del tipo polo sombreado, con una corriente de bobina que produce un torque de operación y un magneto permanente, aplicando un torque de retardo que provee el correcto tiempo de retraso.

Las características tiempo-corriente de este elemento son mostrados en la Fig. 25. El elemento del disco de inducción es el elemento principal en el relé tipo ICO1D, aplicando las características de tiempo inverso del relé, activando una alarma y disparando los interruptores de circuitos (disyuntores) para corrientes de sobrecarga lo cual causa que cierre sus contactos.

Para las clasificaciones de los elementos del disco de inducción, referidos al punto anterior, son las especificaciones anteriormente mencionadas.

**Fig.25 Curvas tiempo-corriente del relé de sobre-corriente tipo ICO1D**



- Elemento de enclavamiento y señalización:

Es un elemento de enclavamiento y señalización del tipo UE3, en el frente superior izquierdo del relé. Dos bobinas estándar de 0.2 A y de 1 A son incorporadas, y el valor óptimo puede ser seleccionado debido a las consideraciones de resistencia, la corriente de disparo del interruptor de circuitos y el circuito de disparo.

Cuando la corriente supera la corriente de operación de enclavamiento que fluye a través del circuito de contacto, la placa del enclave se expulsa y los contactos del elemento principal son cortocircuitados para protección. La placa del enclave es reajustado (*RESET*) manualmente presionando el botón localizado en la parte inferior izquierda de la cubierta. Para las clasificaciones de los elementos instantáneos, referidos al punto anterior, son las clasificaciones anteriormente mencionadas.

#### **2.3.1.2.2 Pruebas y ajustes**

Cuando se prueba el relé de sobre-corriente, la forma de onda de la corriente debe ser tan buena como sea posible, o casi de forma senoidal en la frecuencia nominal.

- Elemento del disco de inducción:

*Corriente de ajuste:*

Para cambiar el valor de corriente de operación del relé, cambie la posición del conector del Tap en el bloque del Tap en la parte superior del relé. Atornille el conector del Tap firmemente dentro del Tap marcado con la corriente deseada (debajo en el cual el elemento no opera). Cuando cambie la corriente de ajuste, remueva el relé conectando el conector ó tornillo del Tap libre dentro del Tap deseado, antes de remover el conector antiguo. Este procedimiento permite cambiar taps sin abrir el circuito secundario del transformador de corriente.

Este elemento es ajustado en un factor que tenga la corriente de arranque con un margen de  $\pm 5\%$  del valor de corriente del Tap, para todas las posiciones del tiempo del disco.



Girando el resorte o muelle se ajusta los polos (anillo), para la corriente de arranque para cualquier posición del tiempo del disco que puede ser llevado dentro  $\pm 5\%$  del Tap del ajuste empleado; si por alguna razón este ajuste tiene algún disturbio. Este ajuste de polos (anillo) puede ser cambiado girando con un destornillador en la muesca alrededor del borde. La corriente mínima de operación puede ser ajustada girando el mismo resorte o muelle, ajustando los polos (anillo), en este caso podría dificultarse hacer que la corriente arranque suceda a propósito en todas las posiciones del tiempo del disco.

#### *Ajuste del tiempo:*

El tiempo de ajuste es ejecutado por el tiempo del disco.

El ajuste del tiempo del disco determina la magnitud del tiempo del elemento que requiere para cerrar sus contactos cuando la corriente alcanza valores predeterminados; en el ajuste de cero del tiempo del disco, los contactos están justamente cerrados, si se desea hacer un cambio adicional en el tiempo de operación, mueva el magneto de amortiguación consigo con su anaquel de soporte, o mueva la pieza de hierro cortocircuitada en el magneto girando el tornillo de ajuste.

#### *Ajuste de los contactos:*

Los contactos deben tener aproximadamente 0.8mm de contacto deslizante. Esto se hace girando el tornillo en la escobilla de contacto. Los contactos deben estar cerrados cuando el tiempo del disco esta ajustado en cero. Si esto es incorrecto; correcciones pueden ser hechas, cambiando la posición del brazo ligado al eje el cual está localizado debajo del disco (tiempo de disco).

En este caso, afloje el tornillo de apretar del brazo del eje, gire el brazo a la posición requerida, y luego arréglole firmemente al eje apretando el tornillo.

- Elemento de enclavamiento y señalización:

El conector del Tap esta atornillado dentro del bloque del Tap correspondiente a la magnitud de la corriente de disparo. Para cambiar este ajuste del Tap, tome el conector del Tap disponible del contacto estacionario a su mano izquierda. Luego remueva el conector del Tap original. De esta manera el ajuste de relación de contactos no causará un disturbio.

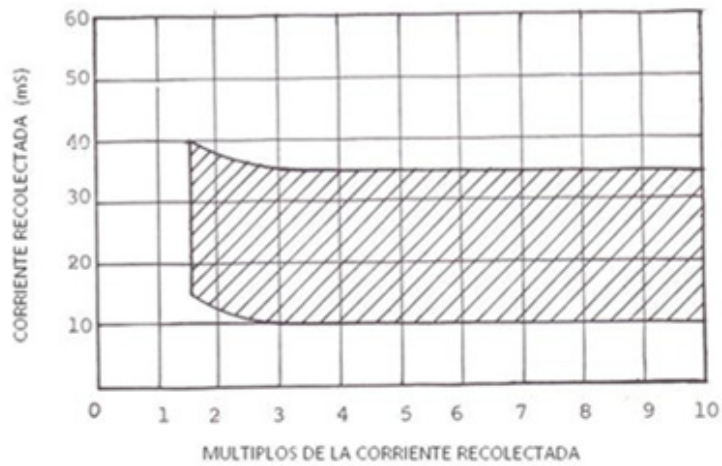
Si por la misma razón, las posiciones de los contactos tienen un disturbio, ajuste de tal manera que los contactos a su izquierda y mano derecha, cierren por cerca del mismo tiempo. Para hacer este ajuste, mueva el contacto estacionario apoyado arriba ó abajo. El contacto deslizante en ese momento debe ser acerca de 1mm.

- Elemento instantáneo:

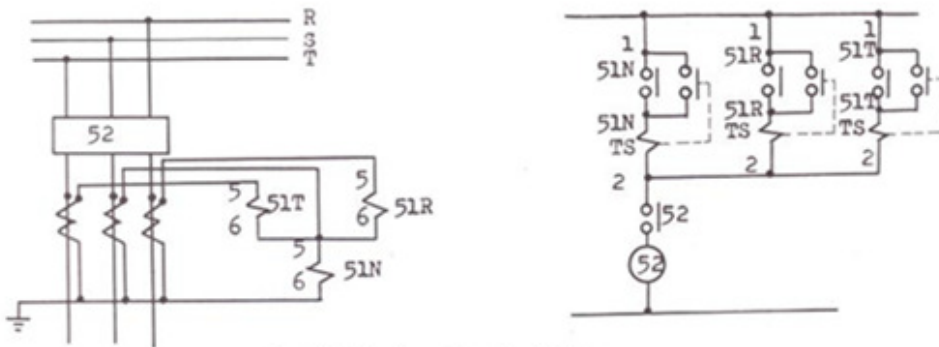
Para ajustar el valor de corriente de operación del elemento instantáneo, primero afloje la contratuerca en la parte superior del elemento y levante o baje la pieza del polo girando la cabeza hexagonal. Seleccione la posición así que la cabeza hexagonal este al nivel de la calibración deseada en la escala y luego apriételo en posición.

El ajuste del contacto es hecho de la misma manera como el elemento de enclavamiento y señalización. El contacto deslizante alrededor de 1mm es el apropiado.

**Figura 26. Características de Tiempo-corriente del elemento instantaneo**



**Figura 27. Conexiones externas del ICOID, usados para corto circuito, tierra, protección de sobre corriente de un circuito trifásico**



- 51 - Relés de sobrecorriente tipo ICOID
- 52 - Disyuntor (Interrupor de circuitos)
- TS - Elemento de enclavamiento y señalización

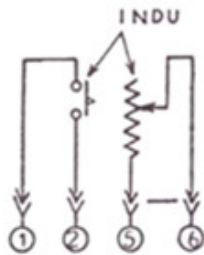


Figura 28. Conexiones internas para el tipo  
ICO1D - AG1

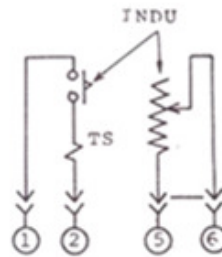


Figura 29. Conexiones internas para el tipo  
ICO1D - AS1

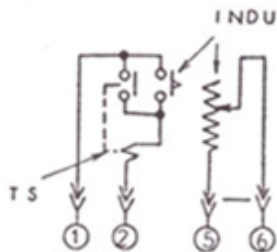


Figura 30. Conexiones internas para el tipo  
ICO1D - AT1

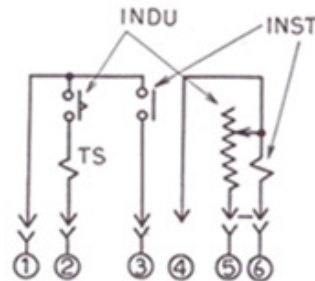


Figura 31. Conexiones internas para el tipo  
ICO1D - AS2H

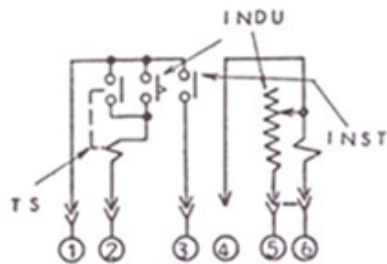


Figura 32. Conexiones internas para el tipo  
ICO1D - AT2H

INDU: Elemento del disco de Inducción

INST: Elemento Instantaneo

TS: Elemento de enclavamiento y señalización

### 2.3.1.3 Relé de sobre y bajo corriente tipo ICQ1D

#### 2.3.1.3.1 Descripción del relé

El relé tipo ICQ1D tiene un tipo de disco de inducción y un elemento de bajo y sobre-corriente teniendo las características de tiempo-inverso. El relé tipo ICQ1G es similar al tipo ICQ1D siendo su diferencia que el ICQ1G sus elementos internos y conexiones están fijos a la carcasa y el ICQ1D sus elementos internos y conexiones son extraíbles y reutilizables; y son usados para la protección de bajo y sobre-corriente monofásica o polifásica de circuitos AC. Aplicando a varios circuitos, el relé puede estar internamente provisto de una unidad de enclavamiento y señalización.

*Especificaciones:*

**Tabla VII. Relés estándares de sobre y bajo corriente**

<b>Tipo</b>	<b>Forma</b>	<b>Elemento del disco de inducción</b>	<b>Elemento de enclavamiento y señalización</b>	<b>Contactos del circuito</b>	<b>Conexiones Internas</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Carcasa</b>
ICQ1D	SG1	1	No	2	Fig.33	5.5	D-1A
	ST1	1	Si	2	Fig.34	5.5	

La forma del relé SG1 tiene un doble de contactos proyectados, y la forma del ST1 tiene un doble de contactos proyectados y la unidad de enclavamiento y señalización el cual puentea los contactos principales. Las conexiones internas son mostradas en la Fig. 33 y 34.

**Tabla VIII. Bobinas estándar del elemento del disco de inducción**

<b>Corriente Nominal (A)</b>	<b>Tap de la Bobina</b>	<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>VA al Valor de Operación</b>	<b>VA a la Corriente Nominal</b>
1.2	0.2-0.23-0.25-0.28-0.32-0.37-0.4	50	0.90	
		60	1.05	
2.4	0.4-0.46-0.5-0.56-0.64-0.74-0.8	50	0.90	
		60	1.05	
6	1-1.15-1.25-1.4-1.6-1.85-2	50	0.90	
		60	1.05	
8	2-2.3-2.5-2.8-3.2-3.7-4	50	0.90	
		60	1.05	
12	4-4.6-5-5.6-6.4-7.4-8	50	0.90	
		60	1.05	

**Tabla IX. Bobinas estándar del elemento de enclavamiento y señalización**

<b>Corriente de la Bobina (A)</b>	<b>Resistencia DC (<math>\Omega</math>)</b>	<b>Máx. Corriente de Disparo (A)</b>	<b>Capacidad Corriente Continua (A)</b>	<b>Corriente de Operación de la "Bandera" (A)</b>
bobina 0.2/1 tap 0.2A	7.5	5	0.8	0.2
bobina 0.4/2 tap 0.4A	1.8	8	1.2	0.4
bobina 0.2/1 tap 1A	0.44	20	3	1
bobina 0.4/2 tap 2A	0.12	30	4	2

Para el elemento del disco de inducción, la capacidad de cierre de los contactos es de 30 A a 250 V Max DC, pero la capacidad de corriente transportada es limitada por la unidad de enclave y señal (Por su clasificación). La capacidad de apertura (interrupción) es de 0.125 A a 250V DC y de 0.25 A a 125 V DC para una carga no inductiva.

*Construcción y operación:*

- Elemento del disco de inducción (Elemento Principal):

Este es una construcción del tipo disco de inducción. Un electro magneto en forma de “U” del tipo anillo (polos sombreados) con una bobina de corriente que produce un torque de operación y un magneto permanente alimenta el torque de contención para dar el tiempo de retraso correcto.

Cuando la corriente de un circuito AC se vuelve sobre el valor del Tap del elemento del disco de inducción, el contacto a mano izquierda inferior entre las terminales 1) y 2) (llamado contacto “a” de aquí en adelante) está cerrado y cuando la corriente se vuelve bajo el 80% del valor del Tap, el contacto a mano derecha superior entre las terminales 3) y 4) (llamado contacto “b” de aquí en adelante) está cerrado para dar el sonido de una alarma o el disparo de disyuntores (Interruptores de circuitos).

La corriente de cierre del contacto “b” puede ser ajustada al 50-95% del valor del Tap, aunque el valor estándar sea 80%. El relé esta ajustado en fábrica para cerrar el contacto “b” al 80% del valor del Tap a menos que de otra manera sea requerido cuando se ordene. Las características de tiempo de corriente-operación de este elemento son mostradas en la Fig. 35. El tiempo de cierre del contacto “a” en la figura corresponde al tiempo de cierre del contacto izquierdo cuando la corriente se incrementa repentinamente de cero al valor de la curva.

El tiempo de cierre del contacto “b” corresponde al tiempo de cerrar el contacto derecho cuando la corriente es reducida repentinamente al valor igual a mayor a la corriente requerida para cerrar el contacto izquierdo valuada en la curva.

Cada número en la curva muestra el porcentaje de lo anterior mencionado de la corriente para cerrar el contacto “b” del valor del Tap. Refiérase a la tabla XVIII acerca de las clasificaciones del elemento del disco de inducción.

- Unidad de enclavamiento y señalización:

El relé con la forma ST1 tiene dos unidades de enclave y señal de tipo E-3 en el frente del relé. Dos bobinas estándar 0.2/1 A y 0.4/2 A son avalables. La selección de la bobina y el ajustador de taps usados en la unidad de enclavamiento pueden ser determinados por la corriente del hilado de la bobina de disparo y la resistencia del circuito de disparo. Cuando la corriente fluye en el circuito de contacto sobre el valor de recolección de la señalización, la señalización aparece en una “bandera” naranja para ver si los contactos están conectados en paralelo con los contactos principales del relé.

#### **2.3.1.3.2 Pruebas y Ajustes**

Cuando ajuste el relé, tenga cuidado que la forma de onda de la corriente aplicada sea lo más cercana a una onda senoidal a la frecuencia nominal como sea posible.

- Elemento del disco de inducción:

*Ajuste de la corriente:*

Para cambiar el valor de la corriente de operación del relé, cambie la posición del conector del Tap en el bloque del Tap en la parte superior del relé. El contacto “a” está cerrado a la corriente anterior a este valor del Tap.



Atornille firmemente el conector del Tap dentro del Tap marcado con la corriente deseada. Cuando cambie el ajuste de la corriente, remueva el conector de conexión del relé ó atornille el conector del Tap disponible dentro del Tap deseado antes de remover el conector viejo. El valor de corriente estándar para cerrar el contacto “b” es de 80% del valor de Tap, pero esto puede ser ajustado al 50-95% cambiando la posición del contacto movable a mano superior derecha después de aflojar los tornillos de abrazadera situados en el lugar.

La corriente mínima de operación del contacto “a” puede ser ajustada girando el anillo de ajuste por resorte. Este anillo de ajuste puede ser girado insertando un destornillador en las muescas alrededor del borde. Cada uno de estos ajustes afecta a otros, por consiguiente ajustes simultáneos para el cierre de contactos izquierdo y derecho deben hacerse para obtener la separación del contacto deseado.

#### *Ajuste del tiempo:*

El relé es ajustado en fábrica para dar las características de tiempo mostradas en la Fig. 35. El tiempo puede ser cambiado levemente cambiando el magneto de amortiguación consigo soportado en su estante ó moviendo la pieza de hierro de cortocircuitada en el magneto girando el tornillo de ajuste.

#### *Ajuste de los contactos:*

Los contactos deben tener aproximadamente 0.8 mm de deslizamiento. Esto se hace girando el tornillo en el contacto de roce. El contacto “b” puede ser ajustado cambiando la posición del contacto movable superior después de aflojar los tornillos de abrazadera situados al brazo del estante o soporte.

Después de ajustar, arregle (posicione) el brazo firmemente al estante o soporte apretando el tornillo.

- Unidad de enclavamiento y señalización:

El conector del Tap es atornillado en el Tap adecuado correspondiente a la magnitud de la corriente de disparo. Para cambiar este ajuste del Tap, tome el conector del Tap disponible del contacto estacionario a su mano izquierda.

Luego remueva el conector del Tap original. De esta manera, el ajuste de las relaciones del contacto no será perturbado.

Y por la misma razón, las posiciones de los contactos son perturbadas, ajuste de tal manera que los contactos a su mano derecha e izquierda cierren acerca en el mismo tiempo.

Para hacer este ajuste, mueva el contacto estacionario apoyado arriba o abajo. El contacto deslizante en este tiempo debe ser acerca de 1mm.

Figura 33. Conexiones internas para el relé de sobre y bajo corriente tipo ICQ1D-SG1

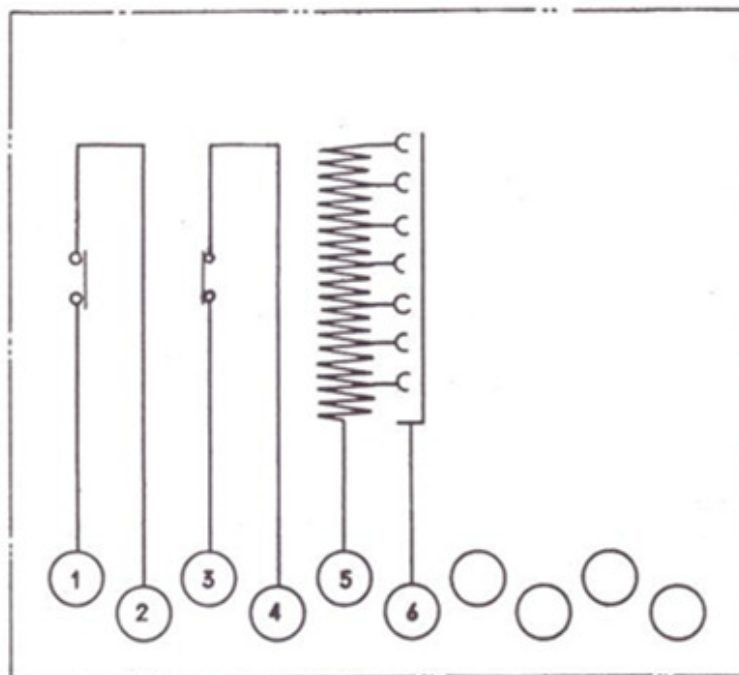


Figura 34. Conexiones internas para el tipo ICQ1D-ST1

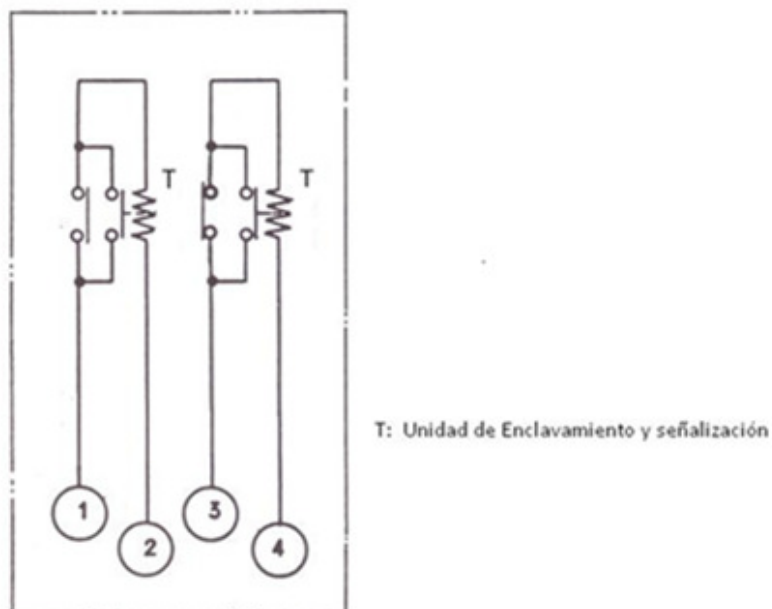
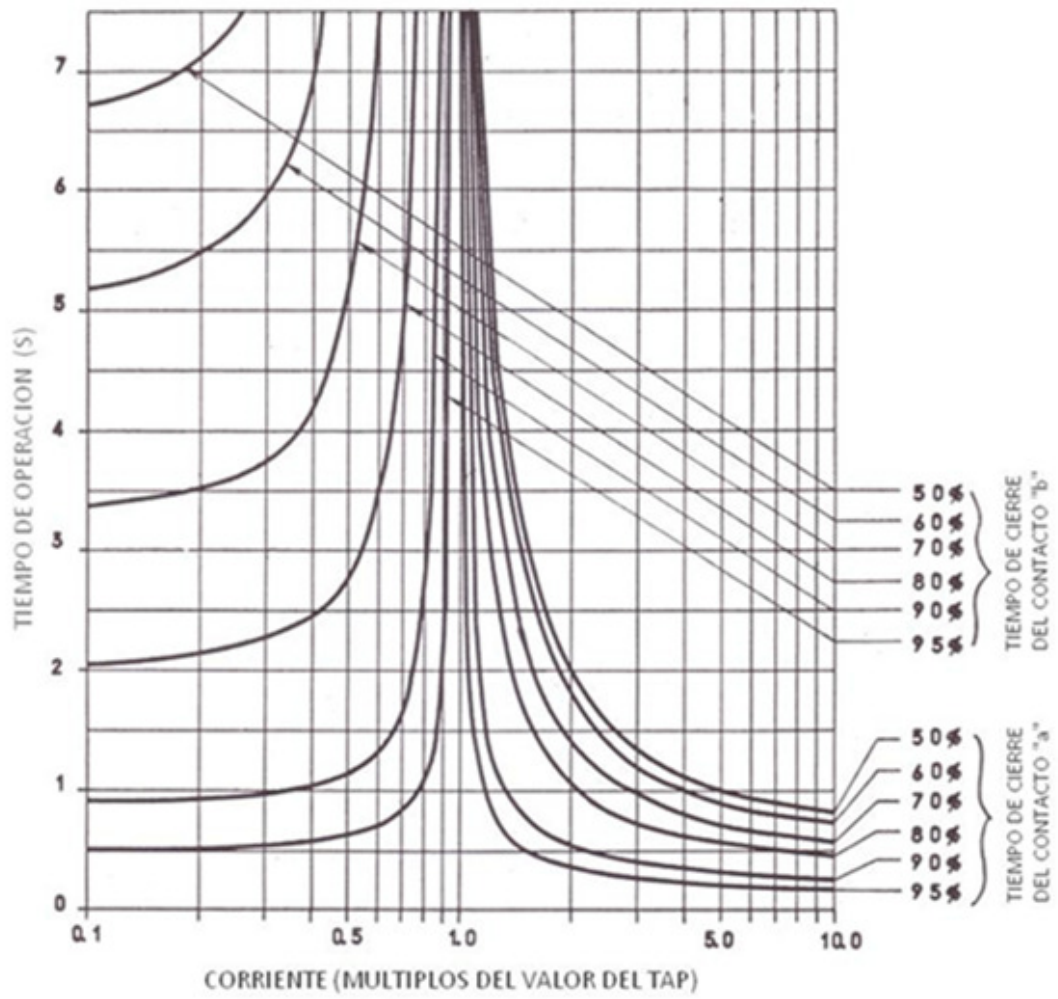


Figura 35. Características de tiempo de operación



### 2.3.1.4 Relé de sobre-voltaje tipo IVO2D

#### 2.3.1.4.1 Descripción del relé

El relé tipo IVO2D es un relé de disco de inducción que contiene un medidor watt-hora tipo electro magneto. El relé tipo IVO2G es similar al tipo IVO2D siendo su diferencia que el IVO2G sus elementos internos y conexiones están fijados a la carcasa y el IVO2D sus elementos internos y conexiones son extraíbles y reutilizables; y son usados para la protección de sobre-voltaje. El relé es así diseñado para que tenga características de frecuencia plana.

*Especificaciones:*

**Tabla X. Relés estándares de sobre-voltaje**

Tipo	Forma	Voltaje Nominal (V)	Frecuencia (Hz)	Elemento de enclavamiento y señalización	Peso (kg)	Carcasa
IVO2D	BG1	110 ó 120	50 ó 60	Ninguno	6.5	D-1A
	BT1			Tipo E-3		

**Tabla XI. Bobinas estándar del elemento del disco de inducción**

Voltaje Nominal (V)	Frecuencia Nominal (Hz)	Escala de Ajuste (V)	Consumo de Potencia Nominal (VA)
110	50 ó 60	120-130-140-150	7.2
120		240-260-280-300	

**Tabla XII. Bobinas estándar del elemento de enclavamiento y señalización**

<b>Corriente de la Bobina (A)</b>	<b>Resistencia DC (<math>\Omega</math>)</b>	<b>Máx. Corriente de Disparo (A)</b>	<b>Capacidad Corriente Continua (A)</b>	<b>Corriente de Operación de la "Bandera" (A)</b>
0.2	7.5	5	0.8	0.2
1	0.44	20	3	1

Para el elemento del disco de inducción, la capacidad de cierre de los contactos es de 30 A a 250Vmax DC, pero la capacidad de corriente transportada es limitada por la unidad de enclave y señal (por su clasificación). La capacidad de apertura es de 0.125 A a 250V DC y de 0.25 A a 125V DC para una carga no inductiva.

*Construcción y operación:*

El diagrama de las conexiones internas del tipo IV02D es mostrado en la Fig. 36.

- Elemento del disco de inducción:

Este es una construcción del tipo disco de inducción, teniendo su electro-magneto tipo medidor watt-hora. Dos tipos de bobina de potencial son montados alrededor del electro- magneto. La bobina superior es directamente conectada a las terminales del relé 5) y 6), y produce el flujo retrasado al voltaje aplicado a las terminales del relé.

Las dos bobinas inferiores conectadas a cada una en serie son conectadas a las terminales del relé 5) y 6) directo a las resistencias, y produce el flujo retrasado al voltaje aplicado pero en dirección al flujo de la bobina superior. Ambos flujos producen el torque de operación proporcional al cuadrado del voltaje aplicado. La expresión de condición de operación del relé es dada como sigue:

$$K_1 V^2 - K_0 \geq 0$$

Por consiguiente: 
$$V \geq \sqrt{\frac{K_0}{K_1}} = \text{Constante}$$

Donde K1: Constante que contiene la diferencia de fase entre el flujo de la bobina superior y inferior.

KO: Torque de restricción del resorte de control.

Ambas expresiones muestra que la operación se hace cuando el voltaje aplicado se vuelve sobre el valor constante  $\sqrt{\frac{K_0}{K_1}}$ .

Este valor recolectado puede ser cambiado por el resistor variable VR conectado en serie con las bobinas inferiores. El resistor variable está localizada a mano superior derecha del relé, y tiene una escala de ajuste dada en la tabla 2.

El relé tipo IVO2D tiene un tiempo de operación corto determinado por el magneto permanente.

- Elemento de enclavamiento y señalización:

Hay un elemento de enclave y señal del tipo E-3 montado a mano superior izquierda del relé. Dos bobinas estándar de 0.2A y 1A son mostradas en la tabla XII. La mejor bobina conveniente de las dos puede ser seleccionada por la corriente de disparo y la resistencia del circuito de disparo del disyuntor. Este elemento tiene su bobina en serie y sus cuando estos contactos cierran, el elemento de enclavamiento actúa, apareciendo a la vista una “bandera” de señal cuando repunta y mantiene expuesto hasta que es liberado presionado un botón en la esquina inferior izquierda de la cubierta.

*Aplicación:*

El relé es usado para detectar condiciones de sobre-voltaje especialmente en el caso donde la frecuencia del sistema puede cambiar radicalmente del valor nominal.

#### **2.3.1.4.2 Pruebas y ajustes**

*Elemento del disco de inducción:*

Cuando el voltaje es suministrado a las terminales del relé 5) y 6), el relé es ajustado para cerrar los contactos al voltaje del valor de ajuste. Si se desea cambiar este voltaje recolectado por alguna razón, el relé puede ser usado más fácilmente moviendo la escala del disco. Para cambiar la resistencia R2, puede usarse sin mover la escala, pero en este caso el reajuste del resorte puede ser requerido.



Las características de frecuencia del valor de operación son mostradas en la fig. 38. La característica tiempo voltaje-operación de este elemento es mostrado en la fig. 37.

El relé es así ajustado para que el contacto sea cerrado en 0. 15 s para un 150% del voltaje del valor de ajuste.

El tiempo puede ser cambiado levemente moviendo el magneto de amortiguación consigo soportado en el estante ó moviendo la pieza de hierro de corto-circuitada en el magneto girando el tornillo de ajuste.

#### *Ajuste de los contactos:*

Los contactos deben tener aproximadamente 0.8mm de deslizamiento. Este ajuste es hecho girando el tornillo de ajuste del contacto. Los contactos deben de cerrarse cuando el disco de tiempo semi-fijo está en la posición de cero. Si este no es el caso pueda ajustarse aflojando el brazo del eje por debajo del disco de tiempo y rotando como sea requerido y luego reafirmelo apretando el tornillo. El disco de tiempo semi-fijo debe de ajustarse a  $\frac{1}{2}$  (50%) de su posición.

#### - Unidad de enclavamiento y señalización:

La unidad de enclave y señal tiene dos contactos, estos contactos son ajustados para cerrar al mismo tiempo por el tornillo posesionado al contacto estacionario, el contacto de deslizamiento debe ser acerca de 1mm (el apropiado).

Figura 36. Conexiones internas para el relé de sobre voltaje tipo IVO2D

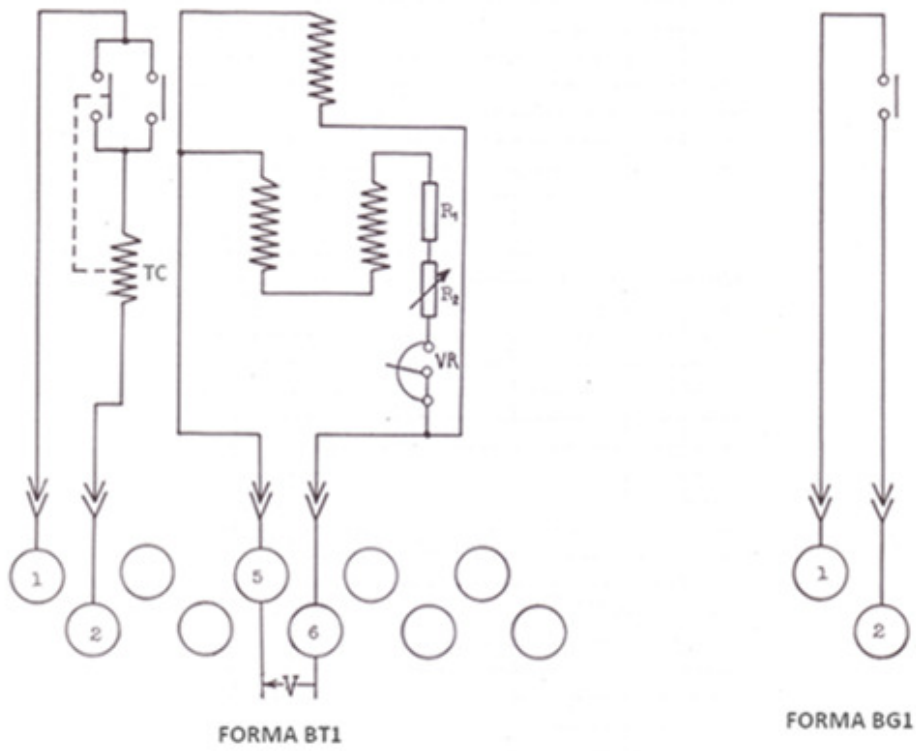


Figura 37. Características de tiempo-operación

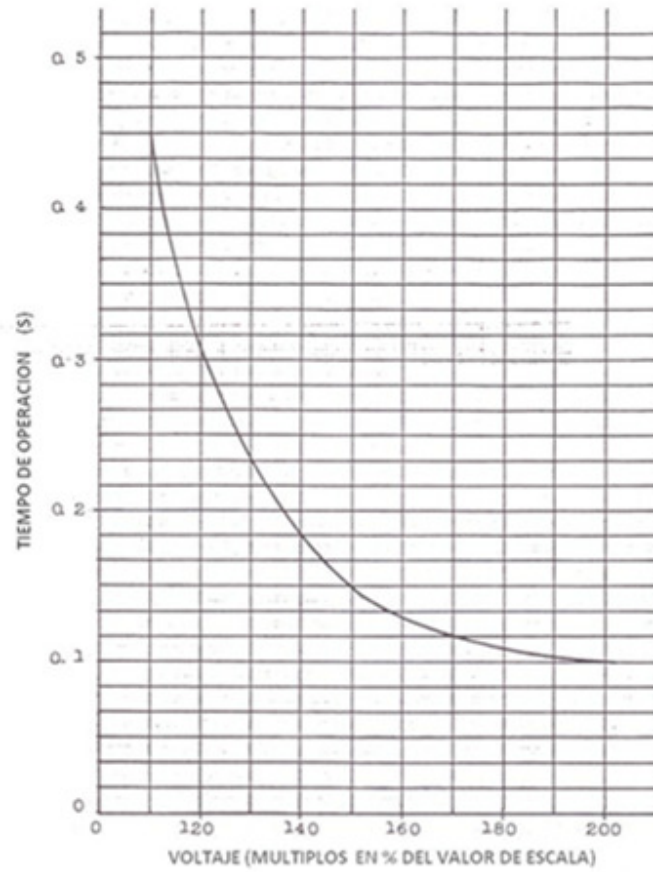
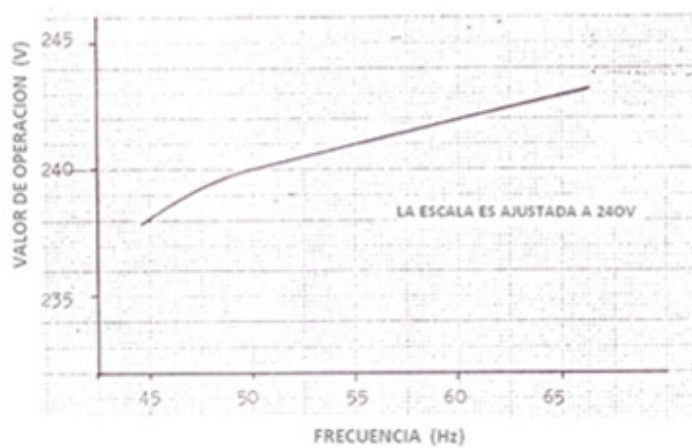


Figura 38. Características de la frecuencia



### 2.3.1.5 Relé de bajo voltaje tipo IVU3D

#### 2.3.1.5.1 Descripción del relé

Estos relés, son relés de disco de inducción que tienen un electro-magneto en forma de U, y cierran un circuito de alarma o el circuito de disparo del Interruptor de circuitos (Disyuntor), cuando el voltaje de un circuito AC cae por debajo de un valor predeterminado. El relé tipo IVU3G es similar al tipo IVU3D siendo su diferencia que el IVU3G sus elementos internos y conexiones están fijos a la carcasa y el IVU3D sus elementos internos y conexiones son extraíbles y reutilizables.

*Especificaciones:*

**Tabla XIII. Clasificaciones estándar del relé de bajo voltaje**

Tipo	Forma	Voltaje Nominal (V)	Frecuencia (Hz)	Elemento de enclavamiento	Rango de Ajuste	Peso (kg)	Carcasa
IVU3D	BG1	110	50 ó 60	Ninguno	55-61-67-74-82-91-100-110	5.5	D-2B
		220			110-122-134-148-164-182-200-220		
	BT1	110		Tipo E-3, 0.2 ó 1A	55-61-67-74-82-91-100-110		
		220			110-122-134-148-164-182-200-220		
	BG2	110		Ninguno	55-61-67-74-82-91-100-110	5.5	D-1A
		220			110-122-134-148-164-182-200-220		
	BT2	110		Tipo E-3, 0.2 ó 1A	55-61-67-74-82-91-100-110		
		220			110-122-134-148-164-182-200-220		
IVU3G	BG1	110	50 ó 60	Ninguno	55-61-67-74-82-91-100-110	5	G-1A
		220			110-122-134-148-164-182-200-220		
	BT1	110		Tipo E-3, 0.2 ó 1A	55-61-67-74-82-91-100-110		
		220			110-122-134-148-164-182-200-220		

El consumo de potencia nominal del elemento de disco de inducción es mostrado en la tabla XIV.

**Tabla XIV. Consumo nominal del elemento del disco de inducción**

Voltaje Nominal (V)	Frecuencia Nominal (Hz)	Consumo de Potencia Nominal (VA)
110	50	15.3
	60	12.8
220	50	15.3
	60	12.8

**Tabla XV. Bobinas estándar del elemento de enclavamiento y señalización**

Corriente de la Bobina (A)	Resistencia DC ( $\Omega$ )	Máx. Corriente de Disparo (A)	Capacidad Corriente Continua (A)	Corriente de Operación de la "Bandera" (A)
0.2	7.5	5	0.8	0.2
1	0.44	20	3	1

La capacidad de contacto del elemento del disco de inducción cuando el circuito de contacto es de 250V DC o menos de 30 A, excepto el caso de ser limitada por la corriente nominal del enclave y señal tipo E-3. La capacidad de interrupción es de 250V DC, 0.125A ó 125V DC, 0.25 A sin carga no inductiva.

*Construcción y operación:*

- Elemento del disco de inducción:

Las conexiones internas de los tipos IVU3D-BG1 y BT1, IVU3D-BG2 y BT2, y IVU3G son mostradas en las figuras 40, 41 y 42 respectivamente.

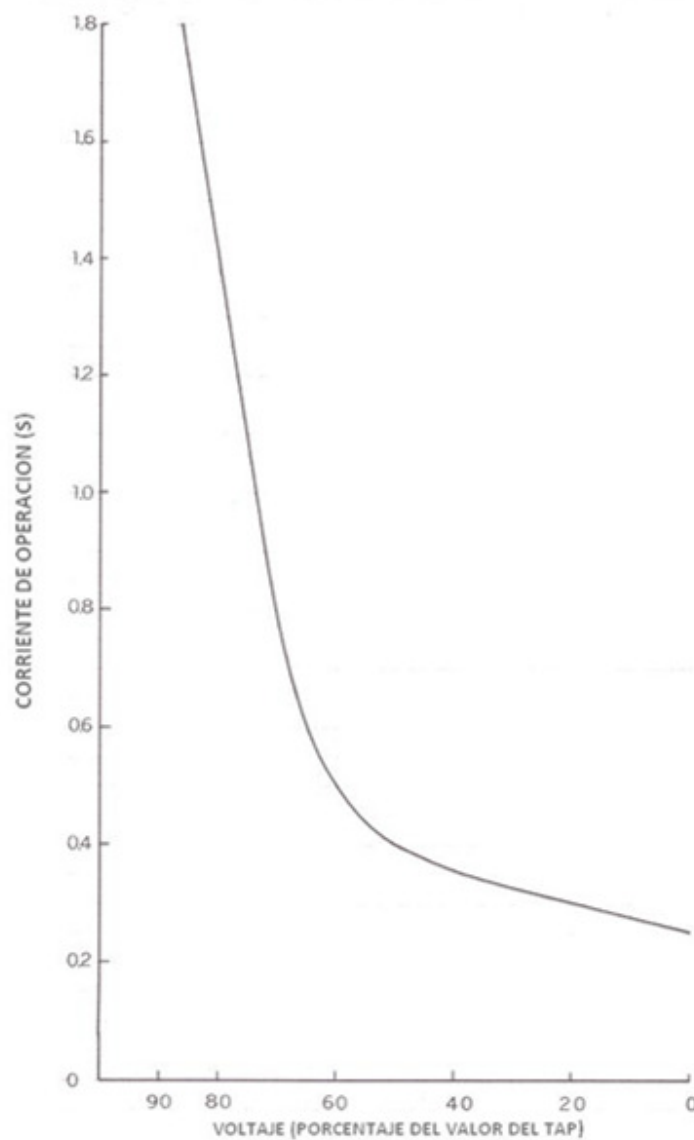
El electro-magneto en forma de U con polo sombreado y que tiene una bobina de voltaje que genera el torque supresor en la dirección de apertura de los contactos; y el resorte produce el torque en la dirección de cierre de los contactos. El magneto permanente montado en el frente da las características tiempo-voltaje. Los taps muestran los valores de operación de relé, y 8 taps de rango del 50% del voltaje nominal hasta el máximo voltaje nominal es provisto. El voltaje adecuado puede ser seleccionado atornillando en el conector del Tap. (Los valores del Tap son mostrados en la tabla XIII.) La curva de tiempo operación-voltaje del IVU3D y IVU3G es mostrado den la Fig. 39. La curva de tiempo de operación muestra el tiempo de cierre de los contactos al 25% del disco de tiempo cuando el voltaje ha caído del valor nominal del valor representado en porcentaje del voltaje de ajuste. (El disco de tiempo está arreglado y no puede ser cambiado).

En el IVU3D-BG1, los conectores del relé están provistos en la parte superior e inferior, y si cualquiera es insertado, el voltaje es aplicado a la bobina y los contactos son aperturados. En la otra mano, como el circuito de contacto no se realiza a menos que los conectores de la parte superior e inferior sean insertados, no hay una posibilidad de un erróneo cierre de los contactos en la operación del conector.

En el IVU3D-BG2, el conector de conexión del relé es uno, y el IVU3G no tiene conector de conexión y es directamente conectado a la línea de potencia externa. Por lo tanto en la aplicación del voltaje, tenga cuidado en los contactos del circuito que estén energizados, después de confirmar que los contactos estén abiertos cuando la entrada es aplicado al circuito de la bobina. La forma de los relés BT1 y BT2 tiene sus contactos de enclave y señal tipo E-3 montados en la parte superior izquierda. Las bobinas de 0.2A y 1A son estándares, y el valor óptimo puede ser seleccionado, considerando la corriente de disparo del Interruptor de circuitos (Disyuntor) y la resistencia del circuito de disparo, cuando la corriente excede la corriente de operación del enclave y señal.

El plato del enclave y señal puede ser reajustado (*RESET*) manualmente presionando el botón de *RESET* en la parte inferior izquierda del relé.

**Figura 39. Curva tiempo-operación del relé de bajo voltaje IVU3D y IVU3G**



### **2.3.1.5.2 Prueba y ajustes**

En la realización de los ajustes de la prueba, el voltaje de prueba debe ser tan cercana a la frecuencia nominal y a la forma senoidal lo más posible.

#### *Ajuste de voltaje:*

Para cambiar el voltaje de operación del relé, cambie la posición del conector del Tap en el bloque del Tap en la parte superior del relé. Apriete el tornillo del conector del Tap en la posición requerida.

El ajuste de fábrica está hecho para que el relé opere cuando el voltaje aplicado cae por debajo de valor del Tap. Si el valor de operación se requiere para ser cambiado, puede ser cambiado rotando el anillo de ajuste del resorte aplicando un destornillador en su muesca.

#### *Ajuste del tiempo:*

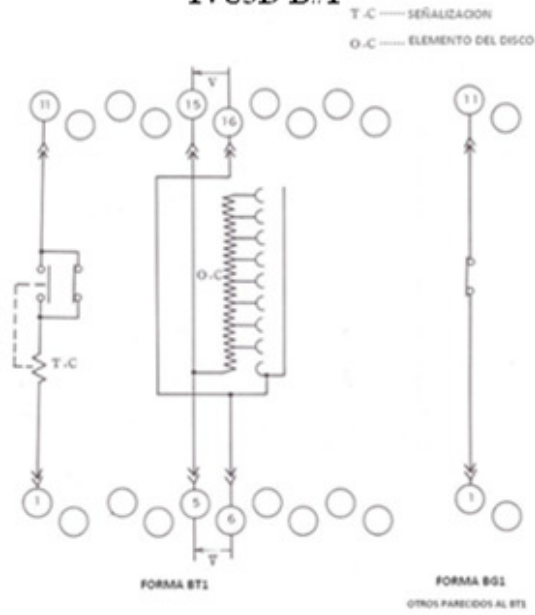
El ajuste de fábrica está hecho para que el relé tenga las características de tiempo-operación como se muestra en la Fig. 39. Estas características pueden ser cambiadas en alguna extensión en el frente o la parte de atrás del magneto de corte, montado en el frente.

#### *Ajuste de los contactos:*

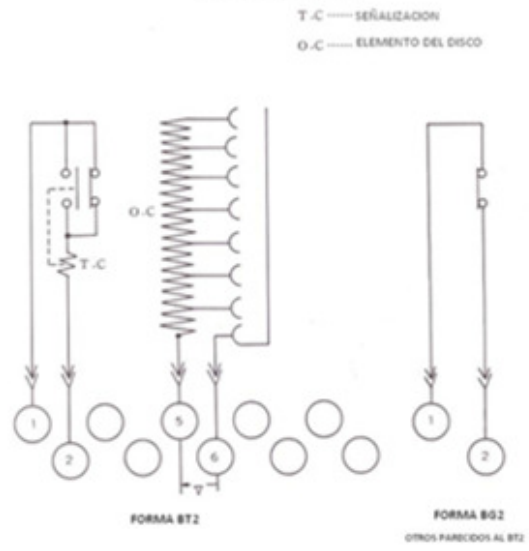
Cuando ajuste los contactos, ajústelos girando el tornillo de ajuste del contacto para que el contacto de deslizamiento sea de 0.8mm.



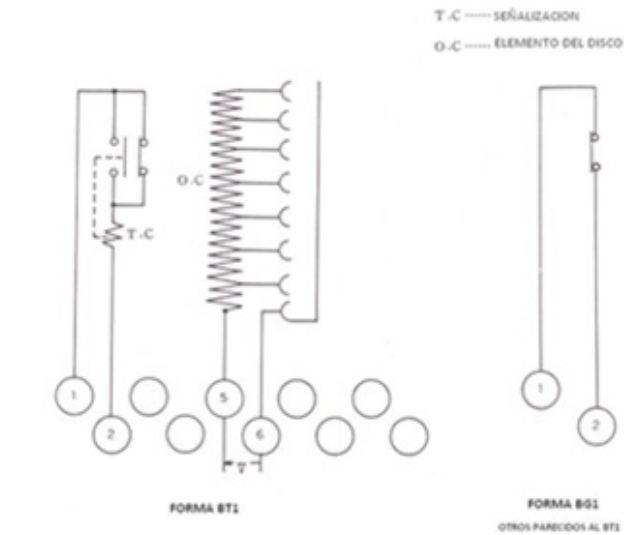
**Figura 40. Conexiones internas para el tipo IVU3D B#1**



**Figura 41. Conexiones internas para el tipo IVU3D B#2**



**Figura 42. Conexiones internas para el tipo IVU3G**



### 2.3.1.6 Relé diferencial tipo IBR2D

#### 2.3.1.6.1 Descripción del relé

El relé tipo IBR2D es un relé del tipo disco de inducción que tiene dos electro-magnetos en forma de U. El relé tipo IBR2G es similar al tipo IBR2D siendo su diferencia que el IBR2G sus elementos internos y conexiones están fijos a la carcasa y el IBR2D sus elementos internos y conexiones son extraíbles y reutilizables. Este relé diferencial de operación instantánea es utilizado para la protección de falla a tierra del embobinado del estator de la resistencia de tierra del neutral del sistema de un generador. Esto no hace mal funcionamiento con la corriente circulante en el generador ó con la corriente de falla a tierra externa, pero ciertamente opera con una falla interna leve.

*Especificaciones:*

**Tabla XVI. Relé estándar diferencial**

Tipo	Forma	Clasificación		Relación (%)	"Bandera"	Contacto	Peso (kg)	Carcasa
		Frecuencia (Hz)	Corriente (A)					
IBR1D	BT1	50 ó 60	5	100 - 500 variable continua	Tipo UE3	Uno	6	D-1A

La clasificación de la bobina y el valor nominal del consumo en VA del elemento del disco de inducción son como sigue:

Frecuencia nominal.....50/60 HZ

Corriente Nominal.....5 A

Consumo de Potencia al valor nominal:

Circuito diferencial.....65 VA (50 HZ)

Circuito Neutral..... 8.5 VA (50 HZ)

La clasificación de la bobina estándar de la señalización “bandera” tipo UE3, es mostrado en la tabla XVII. La capacidad del contacto al tiempo de cierre del contacto del elemento del disco de inducción es de 20 A por debajo de 250 V DC, excepto cuando se controla la corriente nominal de la “bandera” tipo UE3. La capacidad interruptiva es de 250V DC/0.125A y de 125 V DC/0.25A a una carga no inductiva.

**Tabla XVII. Bobinas estándar del elemento de enclavamiento y señalización**

Corriente de la Bobina (A)	Resistencia DC ( $\Omega$ )	Máx. Corriente de Disparo (A)	Capacidad Corriente Continua (A)	Corriente de Operación de la "Bandera" (A)
0.2	7.5	5	0.2	0.2
1	0.44	20	1	1

*Construcción y operación:*

- Elemento del disco de inducción:

El relé tipo IBR2D tiene dos electro-magnetos (Izquierdo y derecho) en forma de U el cual están provistos con la primera y segunda bobina con una relación de 3 a 1. Como se ha visto el diagrama de conexión indicado en la Fig. 43, la primera bobina y la segunda bobina del electro-magneto izquierdo son utilizados como una suma, mientras aquellos del electro-magneto derecho son utilizados como una diferencia.

Y la primera bobina y la segunda bobina son conectadas a las terminales del relé 5), 6) y 7) 8), respectivamente. El electro-magneto izquierdo está provisto con una bobina de polos sombreados, y está conectado con la resistencia  $R$  en el frente superior derecho.

La fuerza de operación producida en el disco por el electro-magneto izquierdo es controlada por esta resistencia. El anillo sombreado instalado en el electro-magneto derecho produce la potencia contraria (Fuerza de restricción) en el disco.

Por consiguiente, si la corriente diferencial del generador  $I_d$  está dada en las terminales del relé 5) 6) y la corriente del neutral  $I_g$  es aplicada a las terminales 7) 8) como se indica en la conexión externa de la Fig. 44, la fórmula de operación del relé será como sigue:

$$K_1(I_g + 3I_d)^2 - (I_g - 3I_d)^2 \geq K_0$$

Donde,  $K_1$ : Constante el cual es menor a 1 y varía por la resistencia  $R$ .  
 $K_0$ : Constante del anillo de restricción.

Durante el tiempo de operación normal,  $I_d = I_g = 0$ , y la potencia de restricción es producida por la fuerza de restricción del anillo  $K_0$  y la no operación es hecha, mientras dura el tiempo de falla externa,  $I_d = 0$ , y la potencia de restricción es producida por  $I_g$  y la no operación es hecha; durante el tiempo de falla interna,  $I_g = 3I_d$ , así que no hay potencia de restricción producida, y la potencia de operación dada por  $K_1(I_g + 3I_d)^2$  solamente es producida, y ciertamente los contactos se cierran.

La escala de la resistencia  $R$  es en % de pendiente dada por  $\frac{3I_d - I_g}{I_g} * 100$  cuando  $I_d$  ó  $I_g$  es suficientemente grande y  $3I_d > I_g$ , y por  $\frac{I_g - 3I_d}{3I_d} * 100$  cuando  $I_g > 3I_d$ , y la característica de relación de  $I_g - I_d$  es mostrada en la Fig. 45.

- Señalización (bandera):

El relé forma BT1 está provisto de su parte superior izquierdo con el indicador estándar de Toshiba tipo UE-3 teniendo un contacto. Dos tipos de bobinas, de 0.2 A y 1 A son adoptados como estándar, y es diseñado tal que el valor óptimo puede ser seleccionado en consideración de la corriente de disparo del disyuntor (Interrupción de circuitos) y de la resistencia del circuito de disparo. La bandera con contacto tiene una bobina el cual está conectado en serie con los contactos principales y su contacto el cual está conectado en paralelo con los contactos principales. Cuando la corriente excede la corriente de operación de la señal (bandera) que fluye en el circuito de los contactos, la bandera indica si hay corto-circuitos y protege los contactos del elemento principal. La “bandera” es manualmente reajustada “*RESET*” presionando el botón de “*RESET*” en la parte inferior izquierda del relé. Ya que una barra de corto, el cual es utilizado para cortocircuitar el secundario del transformador de corriente no se abre cuando se saca afuera el elemento para los propósitos de la prueba.

*Aplicación:*

La Fig. 44 muestra las conexiones externas para protección de falla a tierra del embobinado del estator del generador el cual el relé diferencial tipo IBR2D es empleado.

Tal como la corriente de línea a tierra en la terminal del generador es usualmente de 100 A, la unidad de relación 100: 5 A es utilizado para el transformador de corriente del circuito neutral, y la unidad 100: 5 A de la corriente de fase cero nominal especificada en JEC-190 (Estándares del Comité de Electrotécnica Japonesa) es empleado para el transformador de corriente del circuito diferencial. En este caso, el relé tipo IBR2D es capaz de detectar el 7.5% de la corriente de tierra, 7.5A al 500% de ajuste. Cuando utilice un transformador de corriente de otro tipo que de la clasificación anterior, emplee un transformador de corriente auxiliar en el circuito neutral.

El consumo nominal en VA del circuito diferencial es de 65VA, pero el “burden” de un transformador de corriente es 1/3 de este valor, y por lo tanto es suficiente utilizar un transformador de corriente de 25 VA como el “burden” terciario nominal. Desde que se puede ajustar el relé a varias características proporcionales como indica la Fig. 45, incluso el transformador de corriente de 10VA ó 15 VA de “burden” terciario nominal puede ser utilizado.

Sin embargo, en el caso del transformador de corriente para ambos remates del generador formando un circuito diferencial, se recomienda utilizar las unidades del mismo tipo si se permite por las circunstancias. La Fig. 45 muestra el caso en el cual el punto neutral del generador protegido es aterrizado, e  $I_g$  se obtiene de este punto aterrizado. En el caso del neutral del generador protegido no es aterrizado;  $I_g$  será introducido del punto aterrizado del mismo sistema aterrizado como que fuera el generador.

#### **2.3.1.6.2 Prueba y ajustes**

Al probar el relé, trate de obtener la forma de onda de la corriente tan cercana a la forma de onda senoidal a la frecuencia nominal como fuera posible.

Para el propósito de detectar el 7.5% de la falla a tierra (100 A a tierra), el relé tipo IBR2D está dado por el ajuste de fábrica así como para operar a  $I_d = 0.125A$  y  $I_g = 0.375A$ .

Cuando se es requerido cambiar este valor, aplique un destornillador pequeño en el corte del resorte de restricción del anillo de ajuste y gírelo.

Las características proporcionales deben de ajustarse como para obtener el valor de escala de  $\frac{I_g - 3I_d}{3I_d} * 100$  cuando  $I_g$  es 4.5A.

El relé esta dado por el ajuste de fábrica como para operar en 0.3 seg; cuando  $I_g = 3I_d = 3A$ , pero el tiempo de operación puede variarse lentamente, cambiando el frente del magneto de amortiguación.

Cuando ajuste los contactos, ajuste el contacto de deslizamiento por acerca de 0.8mm. Este es el efecto de girar el tornillo de ajuste de los contactos.

Si se encontrará una desviación en la posición de los contactos, haga el ajuste así que los contactos derecho e izquierdo hagan un contacto simultaneo.

Esto puede ser alcanzado moviendo hacia arriba y abajo el soporte de contacto arreglado. Un adecuado contacto de deslizamiento en este caso es aprox. 1mm.

Figura 43. Conexiones internas para el relé diferencial tipo IBR2D

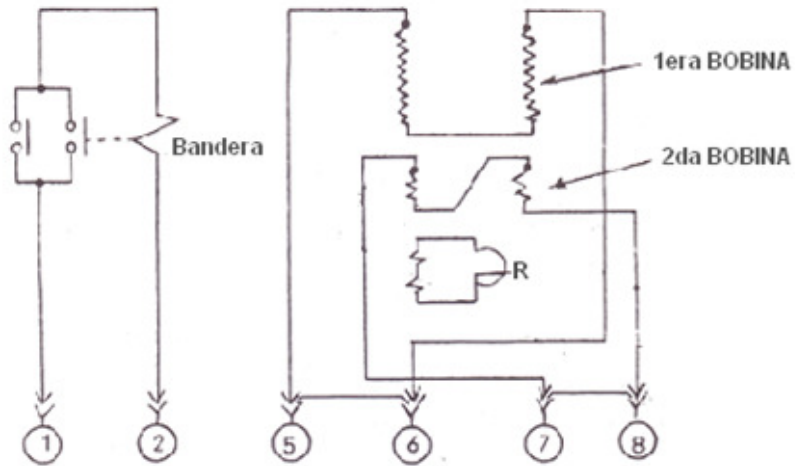


Figura 44. Conexiones externas para el tipo IBR2D

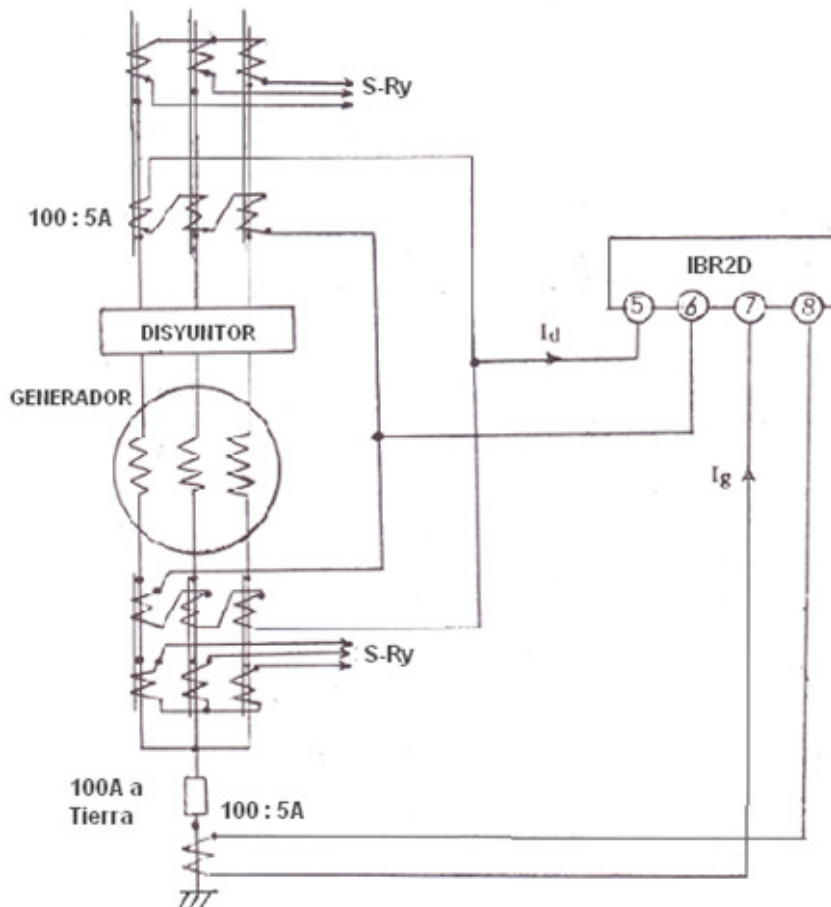
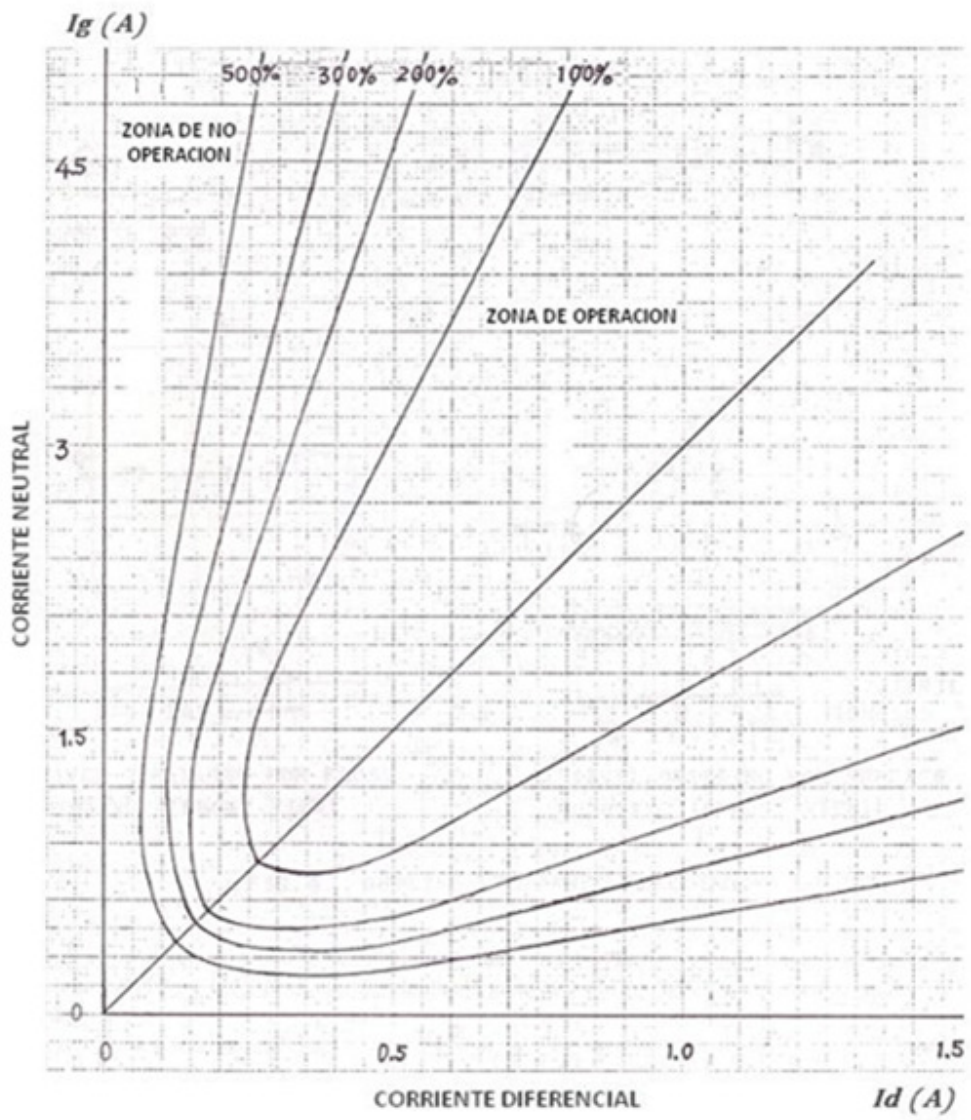




Figura 45. Características proporcionales de  $I_g - I_d$



### 2.3.1.7 Relé direccional de tierra Tipo IDG5D

#### 2.3.1.7.1 Descripción del relé

El relé tipo IDG5D es un relé de disco de inducción que contiene un electro-magneto tipo Vatímetro. El relé tipo IDG5G es similar al tipo IDG5D siendo su diferencia que el IDG5G sus elementos internos y conexiones están fijos a la carcasa y el IDG5D sus elementos internos y conexiones son extraíbles y reutilizables y son usados con la combinación de un transformador de corriente de secuencia cero en orden para dar una advertencia cuando una falla a tierra se desarrolla o se aísla la tierra en una línea fallada en un sistema con neutral no aterrizado.

La impedancia de la bobina de corriente del relé esta hecho a 10 ohms así como se conforma con el transformador de corriente de secuencia cero estándar (JEC143).

*Especificaciones:*

**Tabla XVIII. Relé estándar direccional de tierra**

Tipo	Forma	Aplicación	Voltaje Nominal (V)	Frecuencia (Hz)	Elemento de enclavamiento y señalización	Peso (kg)	Carcasa
IDG5D	BG1	Cables ó líneas aéreas	100 ó 110 ó 190	50 ó 60	Ninguno	6.5	D-1A
	BT1				Tipo E-3		

Las bobinas estándar del elemento del disco de inducción son mostradas en la tabla XIX.

**Tabla XIX. Bobinas estándar del elemento del disco de inducción**

Tipo	No. Terminales del Relé	Frecuencia Nominal (Hz)	Voltaje Nominal (V)	Corriente Nominal (A)	Burden Nominal	Mínima Corriente de Operación
IDG5D	5) - 6)	50 ó 60		0.25	6.4 + j7.6 (Ω)	1.2 mA a la mitad del voltaje nominal
	7) - 8)		100 ó 110 ó 190		30 (VA)	

Las bobinas estándar del elemento de enclavamiento y señalización UE3 son mostrados en la tabla siguiente.

**Tabla XX. Bobinas estándar del elemento de enclavamiento y señalización**

Corriente de la Bobina (A)	Resistencia DC (Ω)	Máx. Corriente de Disparo (A)	Capacidad Corriente Continua (A)	Corriente de Operación de la "Bandera" (A)
0.2	7.5	5	0.2	0.2
1	0.44	20	1	1

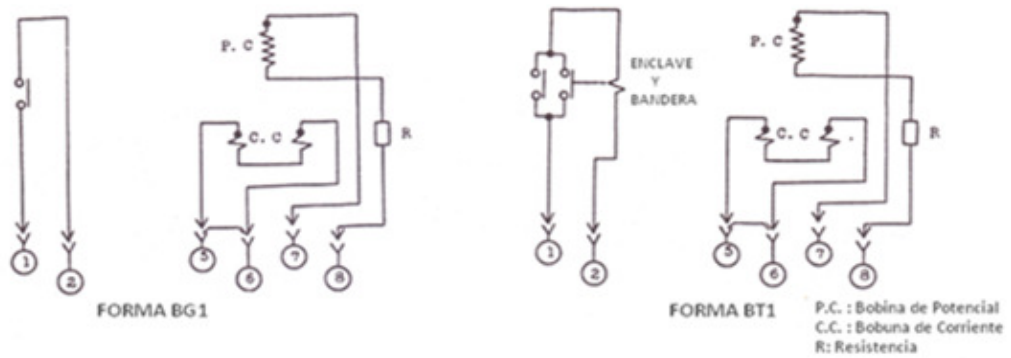
Para el elemento del disco de inducción, la capacidad de cierre del circuito de los contactos es de 20 amperios con voltajes que no excedan los 250 voltios, y la capacidad de corriente transportada es limitada por la clasificación del elemento de enclavamiento.

La capacidad de interrupción de estos contactos a carga no inductiva es de 250 voltios DC/0.125 amperios y de 125 voltios DC/0.25 Amperios.

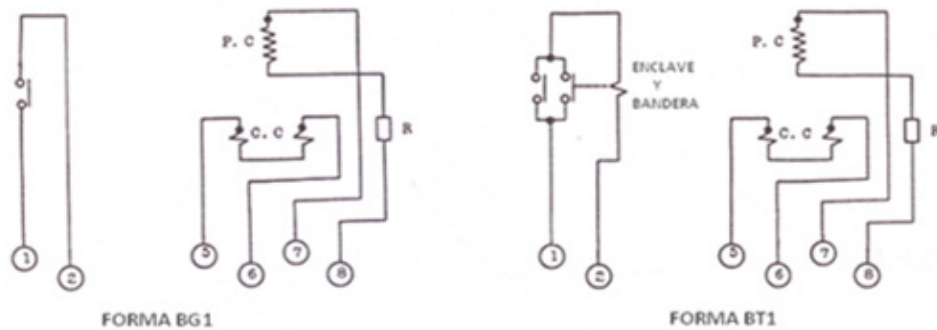
*Construcción y operación:*

El diagrama de conexiones internas del relé IDG5D es mostrado en la Fig. 46.

**Figura 46. Conexiones internas para el relé direccional de tierra tipo IDG5D**



**Figura 47. Conexiones internas para el tipo IDG5G**



- Elemento del disco de inducción:

Esta es una construcción del tipo disco de inducción teniendo un electro-magneto del tipo Vatímetro. La bobina superior montada en el electro magneto es la bobina de potencial, y está conectada a las terminales del relé 7) y 8) directamente a la resistencia. Las dos bobinas inferiores conectadas a cada una en serie son las bobinas de corriente que están conectadas a las terminales del relé 5) y 6).

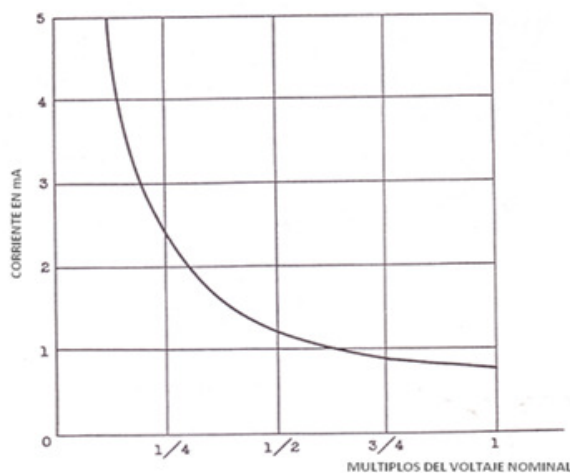
La impedancia de la bobina de corriente es de  $10\Omega$  conforme al burden nominal del transformador de corriente de secuencia cero estándar (JEC143). Estas bobinas de potencial y corriente producen el torque en el disco como:

$$K_1VI \cos (\varphi - \theta) - K_0 \geq 0$$

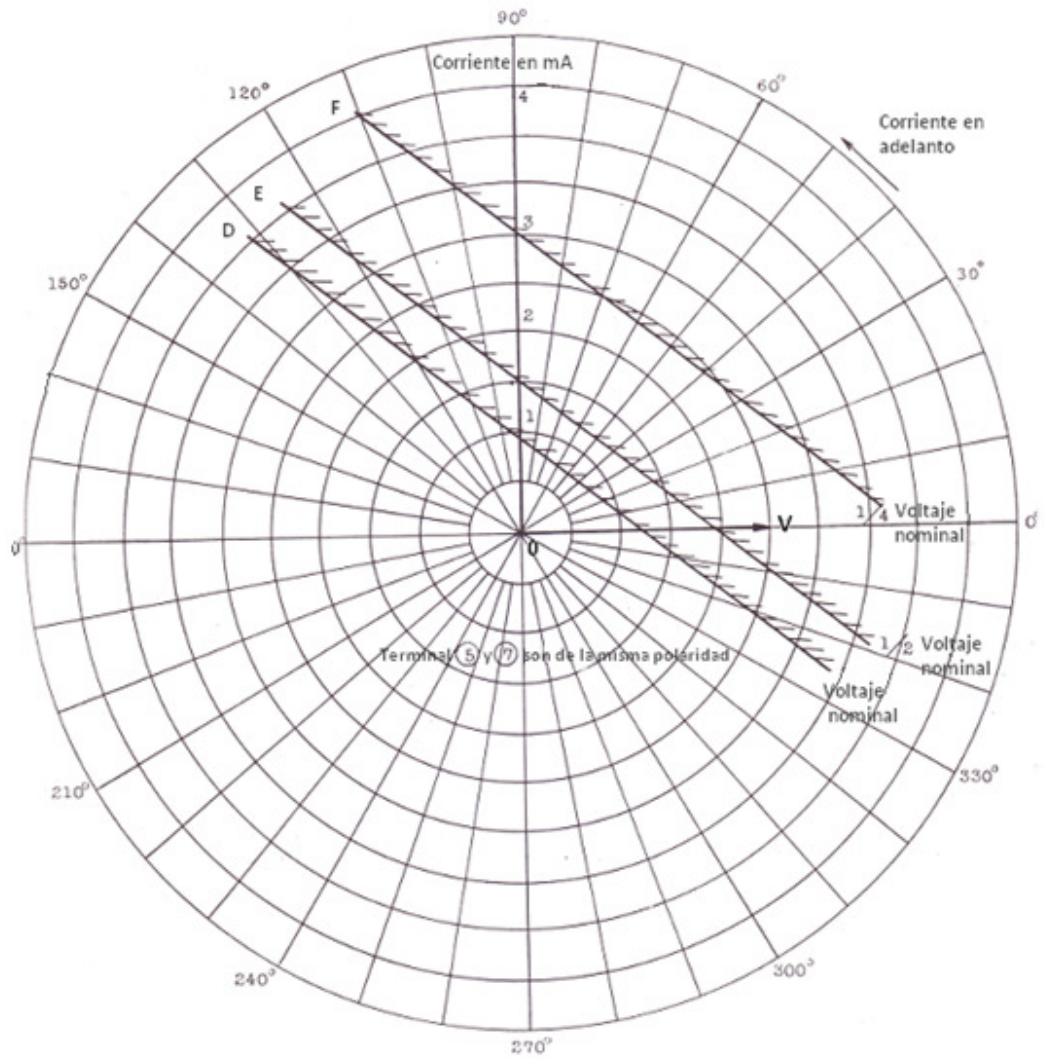
Donde:           K: constantes del Relé  
V: voltaje terminal 7) y 8)  
I: corriente terminal 5) y 6)  
 $\varphi$ : ángulo entre V e I  
 $\theta$ :  $52^\circ$  Angulo máximo de torque

Cuando las terminales 5) y 7) están en la misma polaridad, el relé operará en 1.2 mA a la mitad del voltaje y a  $52^\circ$  de adelanto de la corriente respecto al voltaje. Las características de corriente-voltaje al máximo torque y características de fase son mostradas en al Fig. 48 y Fig. 49. El magneto permanente alimenta el torque de retraso para la correcta operación del tiempo.

**Figura 48. Características voltaje y corriente**



**Figura 49. Características de fase del tipo IDG5D**



- Elemento de enclavamiento y señalización:

Este es un elemento de enclave y señal de tipo UE3 montado a la mano superior izquierda del relé. Dos bobinas estándar de 0.2A y 1A son mostradas en la tabla XX. La mejor bobina conveniente de las dos puede ser seleccionada por la corriente de disparo y la resistencia del circuito de disparo del disyuntor (Interruptor de circuitos).

Este elemento tiene su bobina en serie y sus contactos en paralelo con los contactos principales tal como que cuando los contactos principales cierran el elemento de enlace se active, apareciendo una “bandera” visible cuando repique y se mantenga expuesto hasta que sea liberado presionado el botón en la esquina inferior izquierda de la cubierta.

- Carcasa extraíble

La corriente del circuito de este relé tiene una barra de corto dentro de la carcasa del relé para prevenir la apertura del circuito (circuito abierto) del transformador de corriente en todo caso el conector de conexión es desconectado.

*Aplicación:*

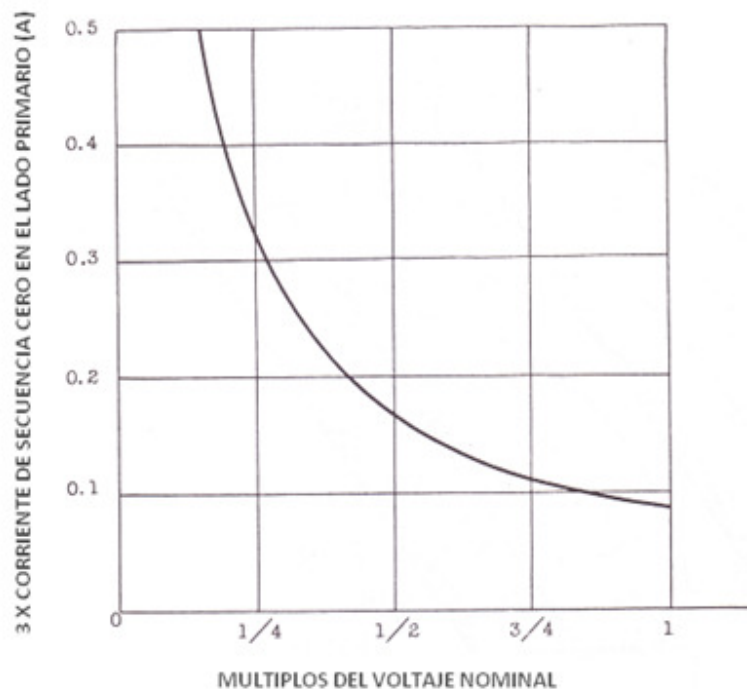
El relé es usado para detectar la línea en el cual una falla a tierra ha ocurrido entre un número de líneas de distribución. Este relé es usado en combinación con el transformador de corriente de ángulo de secuencia cero en orden para dar una alarma cuando una falla a tierra se desarrolla o cuando el aislamiento de un circuito falla a tierra.

En subestaciones secundarias, las líneas de distribución pueden estar hechas bajo un sistema con neutro no aterrizado. El uso del relé direccional de tierra tipo IDG5D facilitará la selección automática. El sistema de interrupción selectivo automático para una falla a tierra en la línea de distribución es mostrado en la Fig. 52. Directamente las líneas de distribución múltiples emplean cables o líneas aéreas. Si la línea es cable, la corriente de secuencia cero adelanta acerca de  $90^\circ$  del flujo del voltaje de secuencia cero, y si es el caso de una línea aérea, la corriente de secuencia cero casi está en fase con el flujo de voltaje de secuencia cero.

Y el secundario del transformador de potencial induce el voltaje de fase de secuencia cero que está terminado con la resistencia limitadora de corriente. El relé operará en la corriente de secuencia cero primaria de 150 a 230 mA a  $\frac{1}{2}$  del voltaje de secuencia cero nominal y el ángulo máximo de torque será de 30 a 35 grados en adelante del voltaje de secuencia cero, dependiendo del transformador de corriente de secuencia cero usado.

Las características típicas en combinación con el AZR-RSA1 son mostradas en la Fig. 50 y Fig. 51. Estas características difieren dependiendo del transformador de corriente de secuencia cero (tipo y forma). El relé debe de usarse en combinación con transformadores de corriente de secuencia cero AZR, que tienen exactamente una impedancia no mayor de  $20\Omega$ .

**Fig. 50 Características voltaje y corriente del IDG5D en combinación con el transformador de secuencia cero tipo AZR-RSA2**





### 2.3.1.7.2 Pruebas y ajustes

Al probar el relé, las formas de onda de voltaje y corriente deben de ser de forma de onda senoidal a la frecuencia nominal.

#### *Elemento de Inducción:*

Cuando la mitad del voltaje nominal es aplicado a las terminales del relé 7) y 8) al ángulo máximo del torque, el relé es ajustado para cerrar los contactos a 1.2 miliamperios. Si se desea cambiar esta corriente recolectada por cualquier razón puede ser ajustada girando el anillo de ajuste del resorte. Este anillo puede ser girado insertando un destornillador en las muescas del anillo. El ángulo máximo de torque es ajustado en 52 grados por la resistencia en el relé.

#### *Ajuste de los contactos:*

El contacto debe tener aproximadamente 0.8mm de deslizamiento. Este ajuste es hecho girando el tornillo de ajuste del contacto, los contactos deben justamente cerrar cuando el disco del tiempo semi-fijo está en la posición de cero. Si este no es el caso puede ser ajustado aflojando el brazo por debajo del disco de tiempo y rotándolo como sea requerido, y luego ajuste firmemente apretando el tornillo. El disco de tiempo semi-fijo debe de ajustarse a  $\frac{1}{4}$  (25%) de su posición.

*Elemento de Enclavamiento y Señalización:*

El elemento de enlace y señal tiene dos contactos, estos contactos son ajustados para cerrar al mismo tiempo por el tornillo de posesión del contacto estacionario, el contacto de deslizamiento por acerca de 1mm es el apropiado.

**Figura 51. Características de fase del IDG5D en combinación con el transformador de secuencia cero tipo AZR-RSA2**

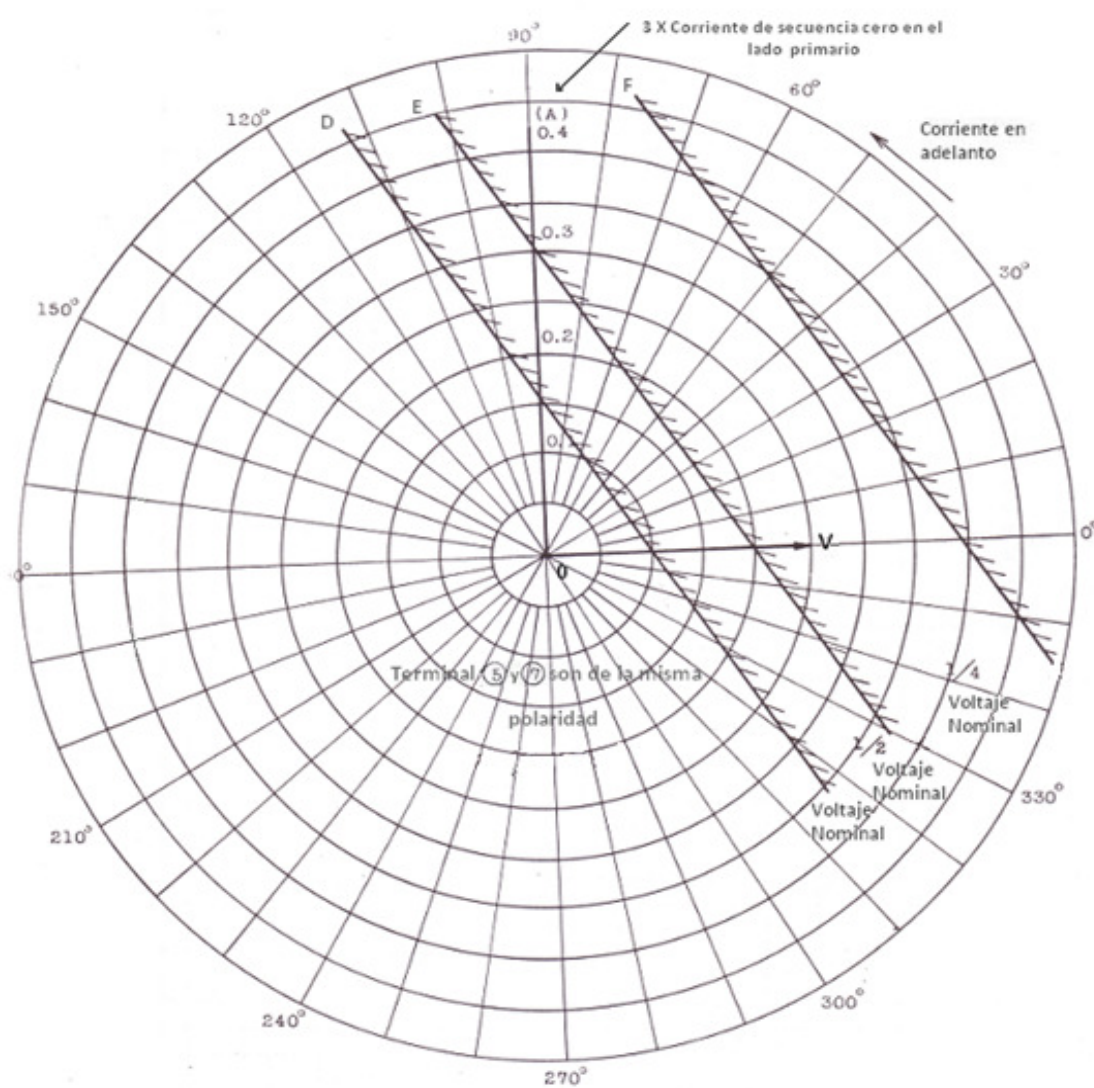
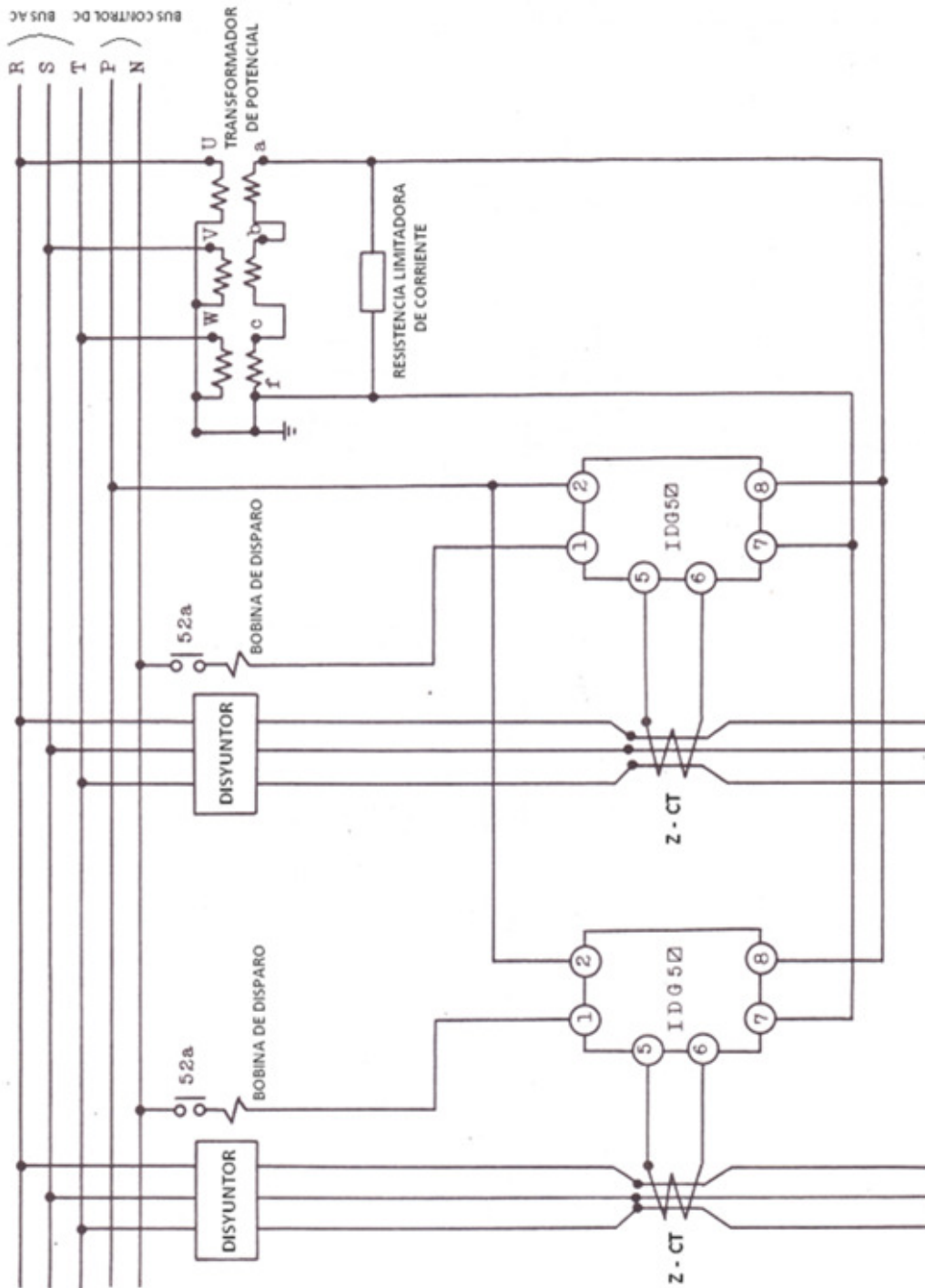


Figura 52. Sistema selectivo automático de interrupción para falla a tierra de una línea de distribución



### 2.3.1.8 Relé de sobre potencia tipo IWO2D

#### 2.3.1.8.1 Descripción del relé

Los relés tipo IWO#D son relés de sobre potencia, el cual operan cuando la potencia es mayor que los flujos de valor predeterminado a la dirección especial. Este relé consiste de una unidad tipo disco de inducción.

El relé tipo IWO2D detecta la potencia activa en un sistema trifásico y es aplicado para la protección de motorización de un generador. El relé tipo IWO2G es similar al tipo IWO2D siendo su diferencia que el IWO2G sus elementos internos y conexiones están fijos a la carcasa y el IWO2D sus elementos internos y conexiones son extraíbles y reutilizables. El relé tipo IWO2D tiene características de tiempo inverso.

*Especificaciones:*

Estándares del tipo IWO#D son mostrados en la tabla XXI, estándares de la clasificación en la tabla XXII.

**Tabla XXI. Relé estándar de sobre potencia**

<b>Tipo</b>	<b>Forma</b>	<b>Contactos</b>	<b>Enclave (bandera) Tipo UE3</b>	<b>Valor del Tap (W ó VAR)</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Carcasa</b>
IWO2D	AT1	Uno	No	(Escala Trifásica) 25-32-40- 50-63-80- 100	6.5	D-1A

**Tabla XXII. Clasificaciones estándar**

Tipo	Voltaje (V)	Corriente Nominal (A)	Frecuencia (Hz)	Burden Nominal (VA) al ajuste mínimo del tap	
				Circuito del potencial	Circuito de corriente
IWO2D	110 ó 120	5	50 ó 60	*30	20

\* (a 120V)

*Contactos:*

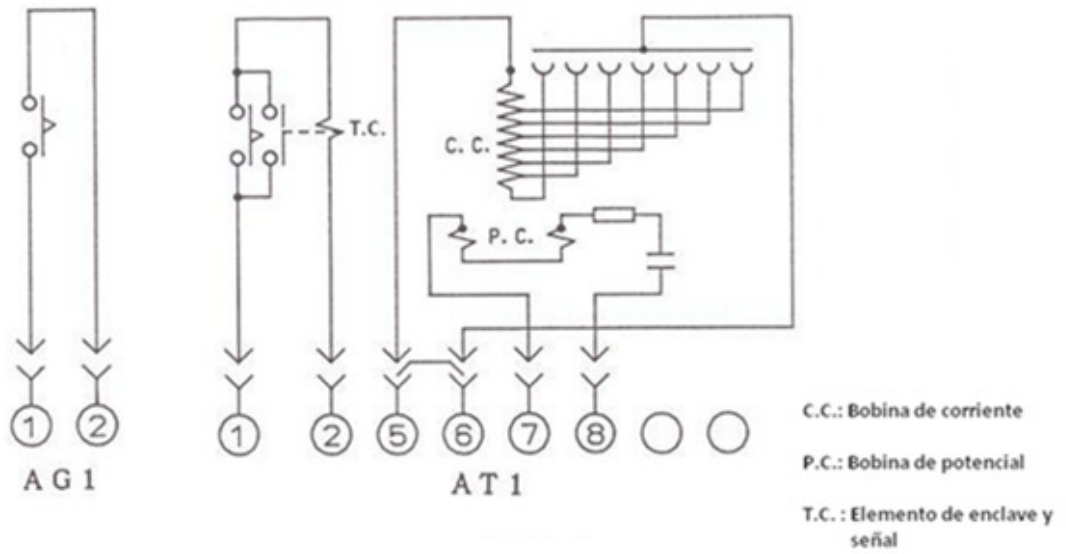
Para el elemento del disco de inducción, la capacidad de cierre de los contactos es de 20 A para voltajes menores de 250 V DC, y la capacidad de la corriente transportada es limitada por la clasificación del elemento de enclavamiento.

La capacidad de interrupción de estos contactos para una carga no inductiva es de 250 V DC/0.125A y de 125V DC/0.25A.

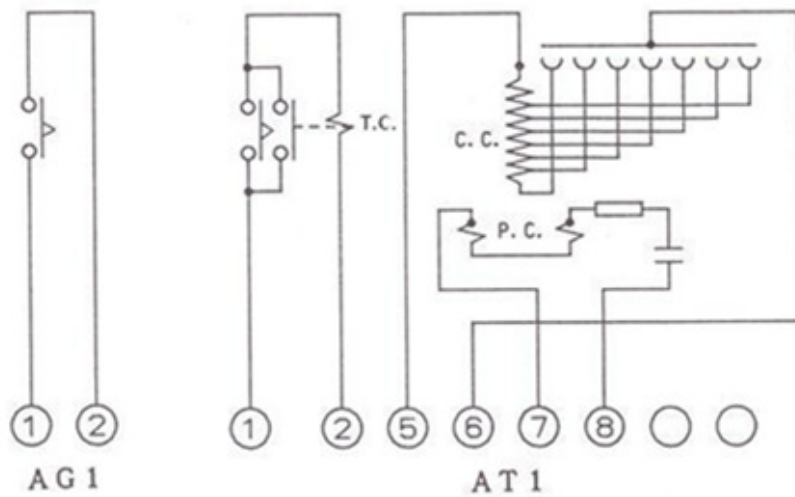
*Construcción y operación:*

Las conexiones internas del relé tipo IWO2D es mostrado en la Fig. 53.

**Figura 53. Conexiones internas para el relé de sobre potencia tipo IWO2D**



**Figura 54. Conexiones internas para el tipo IWO2G**



- Elemento del disco de inducción:

El relé tipo IWO es una construcción del tipo disco de inducción teniendo un electro-magneto del tipo medidor watt-hora. La bobina superior montada alrededor del electro-magneto es la bobina de corriente derivada, y es conectada a las terminales del relé 5) y 6). Las dos bobinas inferiores conectadas a cada una en serie son las bobinas de potencial conectadas a las terminales del relé 7) y 8).

El flujo magnético, creado por las corrientes que pasan directamente en las bobinas de potencial y la bobina de corriente producen el torque forzado en el disco, el cual cierra los contactos en contra del torque del resorte de restricción. El magneto permanente aplica el torque retardante para corregir el tiempo de operación

- Elemento de enclavamiento y señalización:

El relé tiene una unidad de enclave y señal tipo UE3 en el frente del relé. Dos bobinas estándar de 0.2A y de 1A son disponibles. La bobina utilizada en el elemento de enclavamiento puede ser determinada por la corriente saliente por la bobina de disparo y la resistencia del circuito de disparo.

Cuando la corriente fluye en el circuito de los contactos sobre el valor recolectado de la “bandera”, la señal aparece en una “bandera naranja” para ver; y sus contactos son conectados en paralelo con los contactos principales del relé, relevándolos con corrientes de disparo muy fuertes.

La “bandera” es manualmente reajustada (*RESET*) presionando el botón de “*RESET*” en la esquina inferior izquierda del relé.

*Principios de operación:*

El tipo IWO2D detecta la potencia reactiva en un sistema monofásico, y detecta la potencia activa en un sistema trifásico a la conexión de cuadratura.

Por consiguiente, la condición de operación es como sigue:

$$\text{(Sistema monofásico)} \dots \dots \dots VI \sin \theta \geq \frac{K_0}{K_1}$$

$$\text{(Sistema trifásico)} \dots \dots \dots \sqrt{3}VI \cos \varphi \geq \sqrt{3} \frac{K_0}{K_1}$$

Las características de tiempo corriente-operación del tipo IWO2D son características de tiempo inverso como se muestra en la fig. 55.

*Aplicación:*

Los relés del tipo IWO#D son usados para la protección de sobre potencia. Por ejemplo una planta con una pequeña capacidad de potencia, el cual está suministrando potencia a una carga peculiar y está conectada a una barra con una gran capacidad de potencia y cuya capacidad de poder es suficiente para una carga peculiar pero no es lo suficiente para un sistema con una gran capacidad de potencia, puede ser protegido con el tipo IW02D. Cuando detiene su generación de potencia y el sistema con una gran capacidad de potencia suministra potencia a una carga peculiar, el disyuntor no puede ser disparado.

El relé tipo IWO2D protege la turbina del generador y el generador diesel contra motorización.



### **2.3.1.8.2 Pruebas y ajustes**

Al probar el relé, la forma de onda de voltaje y corriente debe de ser de onda senoidal a frecuencia nominal lo más cercanamente posible.

El valor de operación del relé puede ajustarse cambiando el conector del Tap (su posición) del bloque del Tap en la parte superior del relé. Cuando cambie el conector del Tap, el conector de conexión del relé debe de removerse en adelantado tal como para no abrir el circuito secundario del transformador de corriente. El conector del Tap debe de removerse e insertarse levemente en su posición apropiada.

El tipo IW02D ha sido ajustado en fábrica para operar a la potencia del Tap de ajuste trifásico.

Girando el anillo de ajuste del resorte, el valor de operación de la forma AT1 puede ser cambiada. Este anillo de ajuste puede ser girado insertando un destornillador en las muescas alrededor del borde.

Cambiando la posición atribuida del contacto movable superior fijado al eje por un tornillo y girando el resorte de restricción, el valor de operación del contacto derecho y el del izquierdo de la forma NG1 puede ser cambiado levemente.

#### *Características de tiempo de operación:*

El tipo IW02D es ajustado en fábrica para tener características de tiempo inverso como se muestra en la fig. 55. El tiempo de operación es máximo al tiempo del disco igual a 10.

Si se desea hacer un cambio adicional en el tiempo de operación, mueva el magneto de amortiguación consigo apoyado al eje o mueva la pieza de hierro corto circuitante en el magneto girando el tornillo de ajuste.

- Contactos:

Los contactos deben tener aproximadamente 0.8 mm de deslizamiento. Esto es hecho girando el tornillo en el contacto tipo escobilla. Los contactos de la forma AT1 deben justamente ser cerrados cuando el disco de tiempo este ajustado en cero.

Si esto se encuentra incorrecto, las correcciones deben de hacerse cambiando la posición del brazo atribuido al eje el cual está localizado por debajo del disco del tiempo.

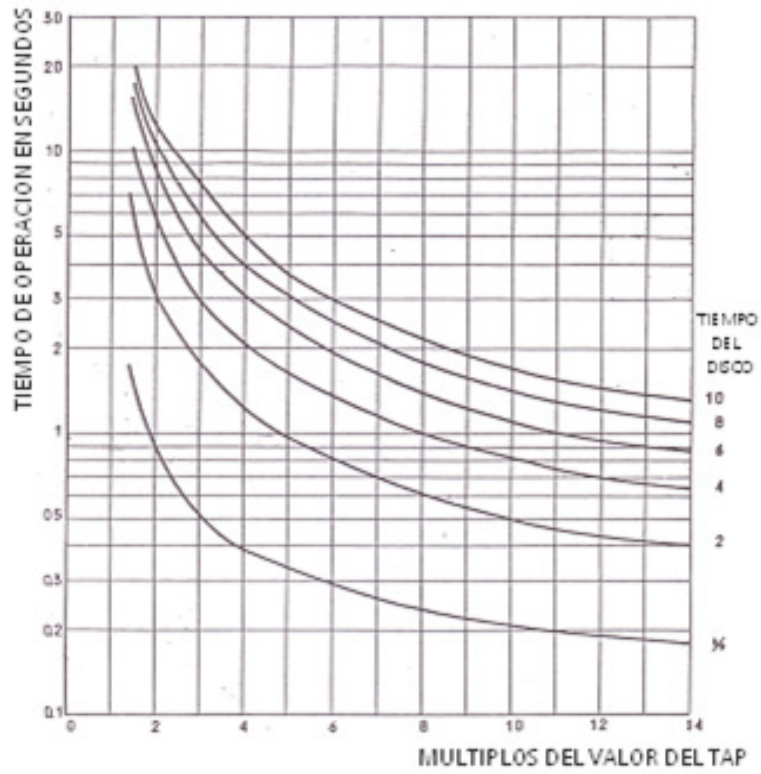
En este caso, aflojando el tornillo de la abrazadera del brazo al eje, girando el brazo a la posición requerida, y luego sujételo firmemente al eje apretando el tornillo.

- Elemento de enclavamiento y señalización:

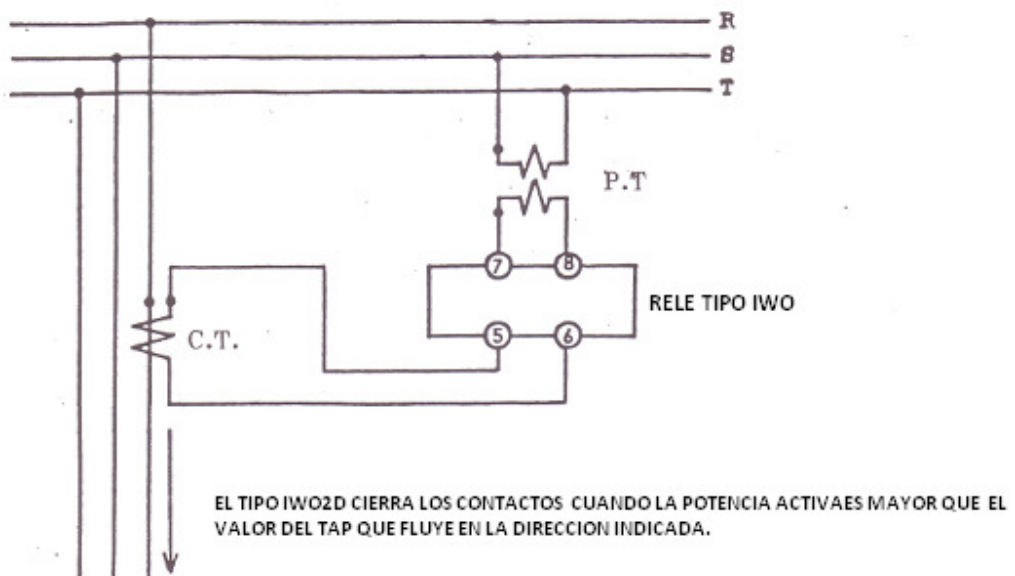
Si por alguna razón las posiciones de los contactos son perturbadas, ajústelos tal que los contactos a mano izquierda y a la derecha cierren alrededor del mismo tiempo.

Para hacer estos ajustes, mueva el contacto estacionario apoyado arriba ó abajo. El contacto de deslizamiento deberá de ser alrededor de 1mm.

**Figura 55. Características de operación del tipo IWO2D**



**Figura 56. Conexiones externas del relé tipo IWO**



## 2.4 Especificaciones del IP-R3

Este equipo es un conjunto de maletas portables para hacer pruebas a relés de sobre-corriente, de puesta a tierra y de bajo o sobre-voltaje, también sirve para hacerle pruebas de aislamiento a cables y equipos de hasta 12 kV y se describen a continuación.

### 2.4.1 Unidad de fuente resistiva (*POWER RESISTANCE UNIT*) modelo IP-R3

- Fuente de poder: 100 V ac, 50/60 Hz
- Voltaje de salida: Variable continua de 0 a 175 V ac
- Corriente de salida: 0 a 50 A ac, rango de 30 s para 25 A o más.
- Regulador de voltaje: Rango de 30 s para 50 A, 50 V o menos, rango continuo de 20 A, 110 V o menos, y un rango continuo de 13 A, 150 V o menos.

**Tabla XXIII. Máxima resistencia y corriente del modelo IP-R3**

<b>MAXIMA RESISTENCIA Y CORRIENTE</b>	RANGO DE RESISTENCIA	MAXIMA CORRIENTE A 30 s	MAXIMA CORRIENTE A RANGO CONTINUO
	0.5 $\Omega$	50 A	20 A
	1 $\Omega$	50 A	20 A
	2 $\Omega$	35 A	14 A
	5 $\Omega$	20 A	8 A
	10 $\Omega$	15 A	6 A
	15 $\Omega$	11 A	4.5 A
	20 $\Omega$	11 A	4.5 A

- Dimensiones y Peso: 470 l x 345 b x 180 a (mm), aprox. 22 Kg

**2.4.2 Unidad operativa de medición (*METER OPERATING UNIT*), modelo IP-R3**

- Voltímetro: 75/150/225 Vac, clase 0.5
- Amperímetro: 0.25/0.5/1/2.5/5/10/25/50 Aac, clase 0.5
- Contador de pulsos (electrónico): Rango de conteo 1000/100/50 o 60 pulsos/seg, y despliega un máx. de 999.999 ms y 999.999 Hz

**2.4.3 Unidad transformadora de voltaje de soporte (*WITHSTAND VOLTAGE TRANSFORMER UNIT*) modelo R-1230, para el IP-R3**

- Fuente de poder: 100 Vac
- Voltaje de entrada: 0 a 120 Vac
- Voltaje de salida: 0 a 12,000 Vac , un cable aterrizado
- Capacidad: 3 KVA, 30 min
- Cargador del medidor de amperios: 0-25/300 mA (Escala completa)
- Rango de ajuste del corta-circuitos: 50 a 120 mA, determinado arbitrariamente

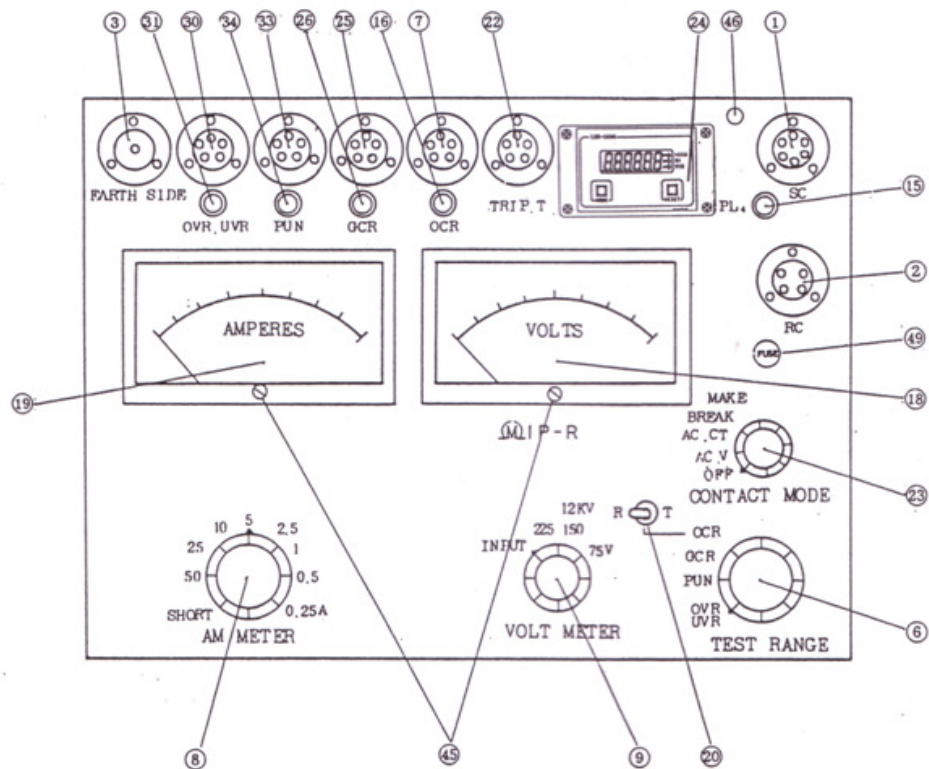
## 2.5 Módulos de medición

- 1) Prueba del relé de corriente
- 2) Prueba del relé de voltaje
- 3) Prueba del relé de tierra
- 4) Prueba de voltaje de soporte

## 2.6 Descripción del panel

### 2.6.1 Panel de la Unidad Operativa de Medición

Figura 57. Panel de la unidad operativa de medición del modelo IP-R3



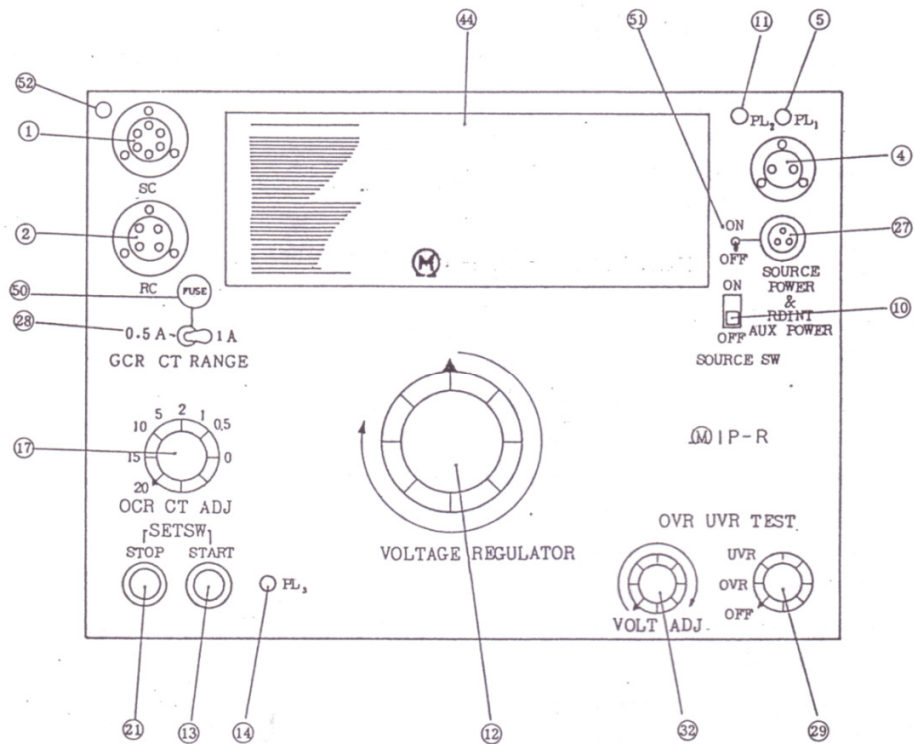
## *NOMENCLATURA*

- 1) Conector para conectar los circuitos de Potencia de la Unidad Operativa de Medición y la Unidad de Fuente Resistiva
- 2) Conector para conectar los circuitos Resistivos de la Unidad Operativa de Medición y la Unidad de Fuente Resistiva
- 3) Terminal común de prueba usada en todas las pruebas
- 6) Interruptor selector de los tipos de pruebas
- 7) Conector para el Relé de Corriente
- 8) Interruptor selector del Amperímetro
- 9) Interruptor selector del Voltímetro
- 15) Lámpara indicadora (azul) de la Unidad Operativa de Medición
- 16) Lámpara indicadora (blanca) de la prueba OCR
- 18) Voltímetro de clase-precisión de tres rangos
- 19) Amperímetro de clase-precisión de ocho rangos
- 20) Interruptor cambiador de Fase R / Fase T
- 22) Conector para prueba de las características de límite de tiempo
- 23) Interruptor selector del rango del contador de pulsos
- 24) Contador de pulsos para prueba de las características de límite de tiempo
- 25) Conector para el Relé de Tierra
- 26) Lámpara indicadora (verde) de la prueba GCR

- 30) Conector para el Relé de Voltaje
- 31) Lámpara indicadora (roja) de la prueba OVR/UVR
- 33) Conector para la prueba de voltaje de soporte
- 34) Lámpara indicadora (amarilla) de la prueba PUN
- 45) Ajustador a cero del Voltímetro y Amperímetro
- 49) Fusible de Protección MODO DE CONTACTO (5 A)

### 2.6.2 Panel de la unidad de fuente resistiva

**Figura 58. Panel de la unidad de fuente resistiva**





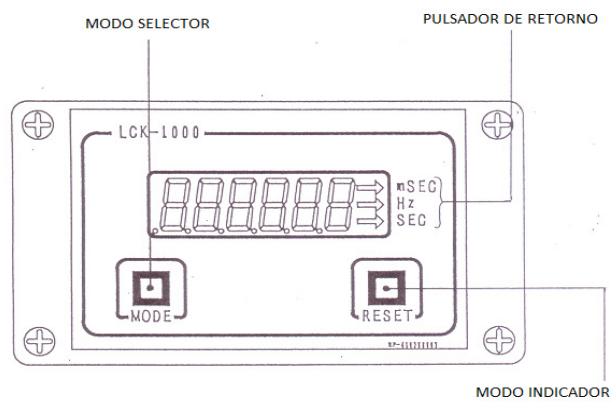
## NOMENCLATURA

- 1) Conector S.C. (conecta el circuito de toma de poder)
- 2) Conector R.C. (conecta el circuito resistivo)
- 4) Conector de la fuente de poder (*SOURCE POWER*)
- 5) Lámpara piloto de chequeo de la polaridad de la toma de poder (PL1)
- 10) Corta-circuito del tipo No fusible (*SOURCE SW*)
- 11) Lámpara piloto de chequeo de *SOURCE SW* (PL2)
- 12) Regulador de Voltaje variable de 0 a 175 V
- 13) Pulsador de Inicio (*START*)
- 14) Lámpara piloto de chequeo de *START* (PL3)
- 17) Regulador de Corriente para el Relé de Corriente (OCR CT ADJ)
- 21) Pulsador de Paro (*STOP*)
- 27) Conector de la toma de Tensión para el Relé de tierra (RD INT AUX *POWER*)
- 28) Interruptor selector de Corriente del Relé de tierra (GCR CT *RANGE*)
- 29) Interruptor selector del Relé de Sobre-voltaje (OVR) / Bajo voltaje (UVR)
- 32) Regulador de Voltaje para OVR y UVR (VOLT ADJ)
- 44) Placa de Instrucciones
- 50) Fusible protector del Regulador de Corriente del Relé de tierra (1 A)
- 51) Interruptor de la toma de Tensión del Relé de tierra (ON/OFF)

52) Terminal a tierra

### 2.6.3 Panel contador

**Figura 59. Panel Contador**



#### *Modo selector (MODE SWITCH)*

Conmuta el modo del indicador de conteo a ser elegido. Puede cambiarse de (mS) a (Hz) a (S) en el orden donde uno presione.

#### *Modo indicador (MODE INDICATION)*

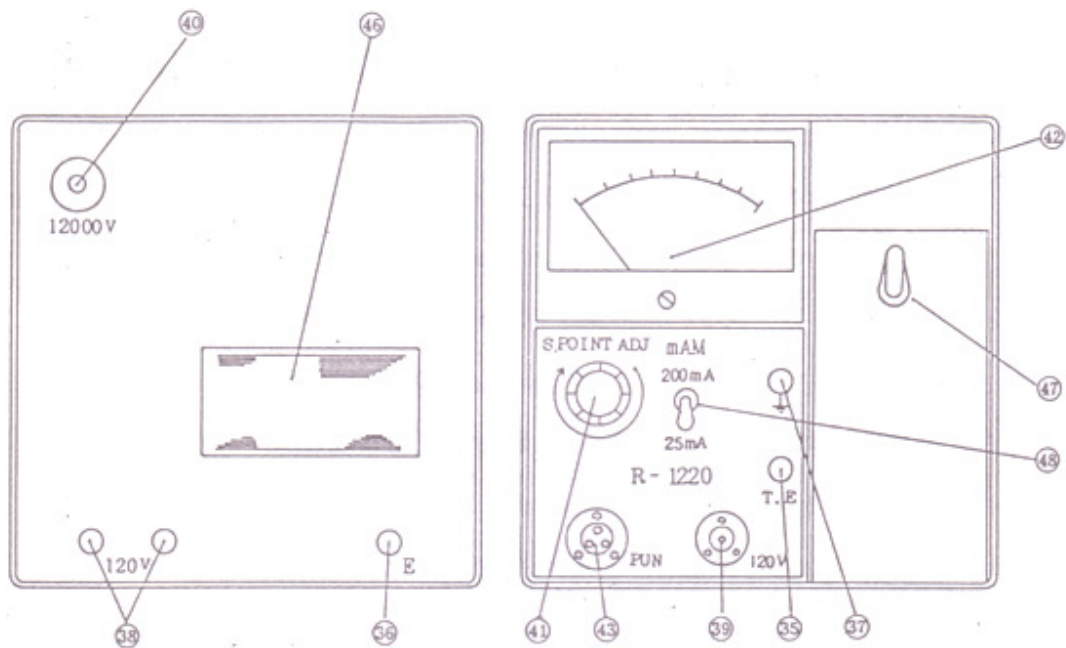
El valor de la unidad a ser indicada en el contador tal fuera el modo elegido.

#### *Pulsador de retorno (RESET SWITCH)*

Pone el indicador del contador a 0.

## 2.6.4 Panel del transformador de voltaje de soporte

Figura 60. Panel transformador de voltaje de soporte



### NOMENCLATURA

- 35) Terminal que conecta el Transformador TE
- 36) Terminal del Transformador a Tierra
- 37) Prueba para Terminal a Tierra
- 38) Terminales de entrada 120 V
- 39) Terminal que conecta la entrada del Transformador

- 40) Terminal de salida de 12,000 V
- 41) Ajustador del punto de operación de interrupción
- 42) Amperímetro de carga
- 43) Conector con el conector PUN de la Unidad Operativa de Medición
- 46) Placa de Instrucciones
- 47) Contenedor del Cable a probar
- 48) Interruptor selector en Miliamperios

## **2.7 Fuente de poder**

Tensión de 100 Vac, 50 ó 60 Hz es obtenido por cualquiera de los siguientes métodos:

1. Alimentación con facilidad. Obtenga la tensión fácilmente localizando tan cerca al sitio de Prueba como sea posible, usando un cable de alimentación delgado para evitar una gran caída de tensión.

Precaución:

Si la carga es grande durante la prueba de voltaje de soporte del cable y la prueba del Relé de sobre-corriente, el voltaje puede caer excesivamente, haciendo la prueba imposible.

2. Alimentación con alcance de facilidad: Use una Fuente de bajo Voltaje.
3. Alimentación de un Motor-Generador: Use un Motor-Generador si la alimentación no puede ser obtenida por cualquiera de los métodos anteriores, si el Generador opera a plena carga el voltaje y la frecuencia podría variar. A manera de ejemplo, opere el Generador a un rango de 3 kVA si la carga es aproximadamente de 1 kVA, pudiéndose obtener una alimentación estable.
4. En caso de probar en la toma auxiliar de Tensión la prueba debe ser conmutada en el Probador alrededor de 30 segundos en el orden de carga del capacitor de acople para esperar el tiempo de arranque en el contador; para repetidas pruebas, espere a cargar después de 3 a 5 segundos.

## **2.8 Procedimientos de prueba de los relés del módulo de protecciones**

### **2.8.1 Procedimientos de prueba del relé de sobre-corriente**

El Relé de sobre-corriente está diseñado para operar inmediatamente dando la señal de interrupción si una falla ocurre del tipo corto circuito o sobrecarga con una facilidad de maniobrarlo y debe operar cuantas veces sea para minimizar el daño y prevenir cualquier accidente en las líneas externas de potencia.

#### *a. Operación de preparación*

1. Apague el corta circuitos para aislar la carga.

2. Seccione la línea de alta tensión, desconectando el interruptor y chequeando el voltaje en el electroscopio.
3. Coloque la Unidad de Fuente Resistiva a la derecha, y la Unidad Operativa de Medición a la izquierda, y observe que los medidores estén en cero.
4. Ponga en *OFF* el interruptor *SOURCE SW*, y gire posicionando todo el Regulador de Voltaje en contra de las agujas del reloj,

**Tabla XXIV. Operación de preparación de prueba del relé de sobre-corriente**

VOLTAGE REGULATOR	0
Interruptor de la toma de Tensión del Relé de tierra	<i>OFF</i>
Interruptor selector OVR/UVR	<i>OFF</i>
Regulador de Voltaje para OVR y UVR ( <i>VOLT ADJ</i> )	.
Regulador de Corriente para el Relé de Corriente (OCR CT ADJ)	Rango 20 $\Omega$
Interruptor selector de Corriente del Relé de tierra ( <i>GCR CT RANGE</i> )	0.5 A
Interruptor selector del Relé	Rango OVR/UVR
Contador de pulsos para prueba del límite de tiempo	OFF
Cambiador de rangos del Voltímetro	Salida Rango 150 V
Cambiador de rangos del Amperímetro	Rango Corto ( <i>SHORT</i> )
Unidad ( <i>UNIT</i> )	SEC

\*El interruptor selector R/T puede ser elegido arbitrariamente

5. Aplíquelo 100 Vac al conector de la fuente de poder (*SOURCE POWER*), en la Unidad de Fuente Resistiva. Cable de potencia del IP-R3: 1.6 m de cable con 2P (2 polos) tipo Plug

NOTA 1.

Revise PL1 para confirmar la polaridad de la toma de tensión. (El PL1 sirve como un electroscopio), esta revisión debe efectuarse con cuidado siguiendo la prueba correctamente, fácilmente y segura.

NOTA 2.

Si PL1 está apagado para cuando la maleta es tocada por la mano, cambie la polaridad de la conexión del Plug del Cable de potencia. PL1 debe siempre estar encendido.

NOTA 3.

Si la polaridad de la conexión de alimentación es correcta o si la línea aterrizada del sistema  $3\phi$ , 3H, o  $3\phi$ , 4H no es usada, o el cuerpo del operador está aislado a tierra (Estando en un piso aislado o calzando con zapatos de resina sintética o suelas de cuero), PL1 no debe de apagarse cuando la maleta es tocada por la mano.

NOTA 4.

Revise que PL1 encienda y apague dependiendo de las condiciones, escoja la polaridad en el cual PL1 se mantenga encendido.

6. Conecte el Conector SC en la Unidad Operativa de Medición y la Unidad de Fuente Resistiva con el cable de 0.5 m (con el conector de 6P).
7. Conecte el Conector RC en la Unidad Operativa de Medición y la Unidad de Fuente Resistiva con el cable de 0.5 m (con el conector de 4P).
8. Encienda el interruptor *SOURCE SW* en la Unidad de Fuente Resistiva. PL2 debe encenderse, y el Voltímetro de la Unidad Operativa de Medición se deflactará, este es el voltaje de la fuente de poder.

9. Apague el interruptor *SOURCE SW* en la Unidad de Fuente Resistiva.
10. Posicione el Rango del Voltímetro en 225 V
11. Conecte el cable de medición en el conector de Tierra (*EARTH SIDE*) en la Unidad Operativa de Medición. (Use el cable de 5 m con el conector de 1P).

*b. Prueba de corriente de operación del Relé de sobre-corriente*

Esta prueba determina la mínima corriente de operación de un Relé de Sobre-corriente, incrementando gradualmente la corriente hasta el valor de disparo del Relé.

1. Posicione el rango de prueba (*TEST RANGE*) en la Unidad Operativa de Medición en el Rango OCR.
2. Conecte el cable de medición en el Conector OCR en la Unidad Operativa de Medición. (Use el cable de 5 m con el conector de 5P).
3. Remueva el alambre de la terminal C (proveniente del Trafo.de corriente “CT”) de la parte de atrás del Relé. (Observe la Fig. 61)

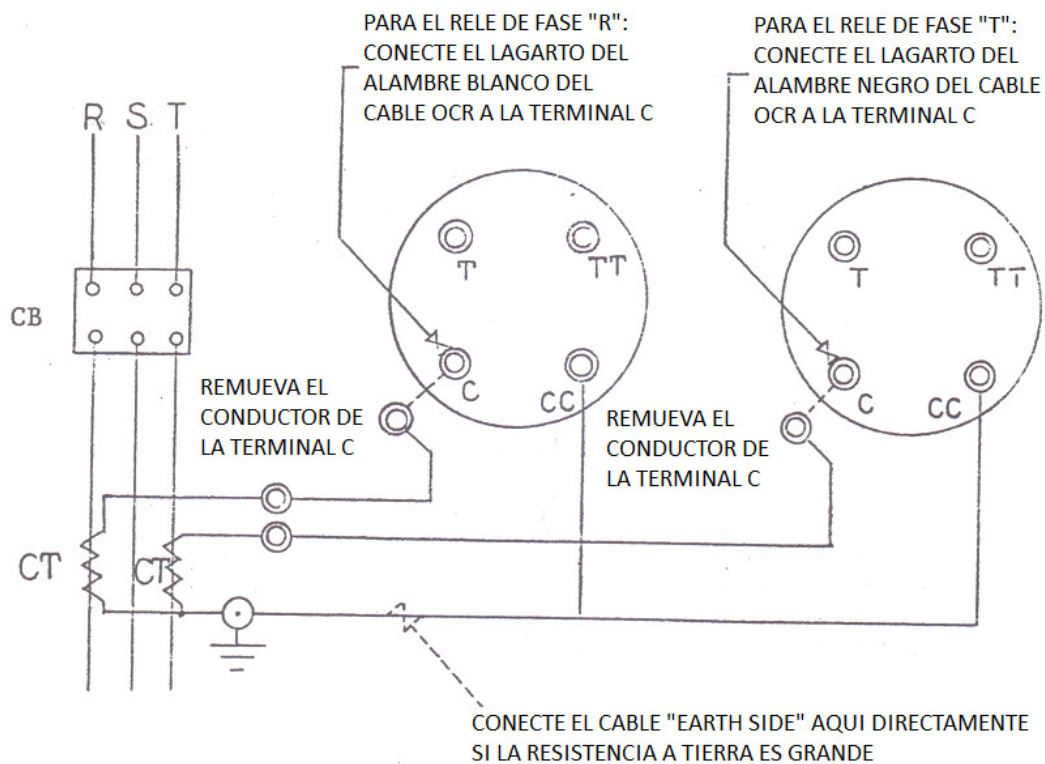
NOTA.

Para una mejor facilidad, conecte el cable de medición en las terminales del Relé como se muestra en la Fig.61.



Para una nueva instalación fácil, conecte el cable de medición a las terminales del secundario del CT, como se muestra en la Fig. 62 para revisar el cableado al mismo tiempo.

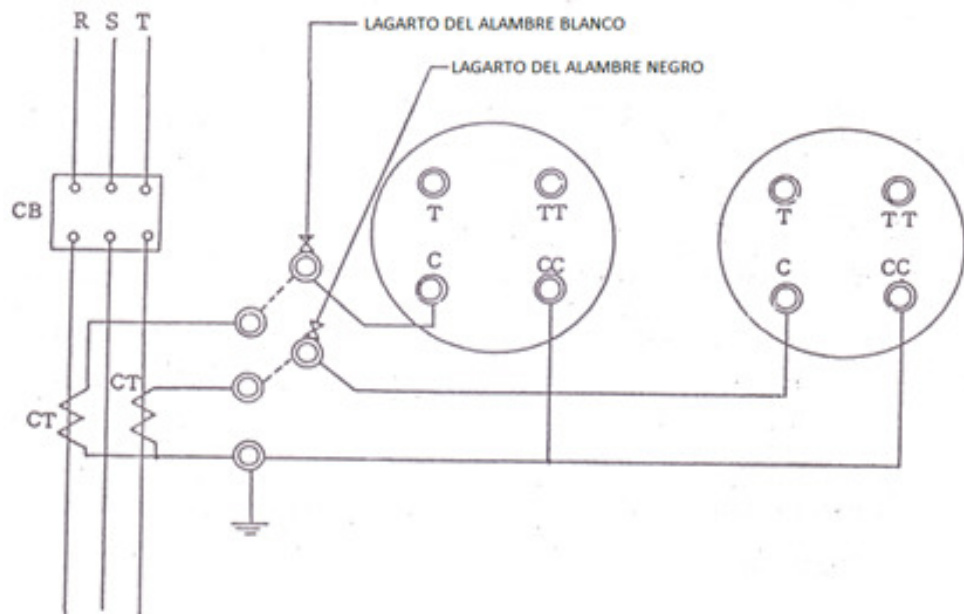
**Figura 61. Cableado para la prueba del relé de sobre-corriente (1)**



NOTA.

Cuando la toma de tensión alcanza la facilidad para usarse en la prueba, se recomienda por seguridad Corto circuitarse el transformador de corriente conectado el conductor, el cual ha sido conectado de la terminal C, a la terminal CC.

**Figura 62. Cableado para la prueba del relé de sobre-corriente (2)**



4. Conecte el lagarto del cable blanco a la terminal C en el Relé de fase R, y el lagarto del cable negro a la terminal C en el Relé de fase T.
5. Cambie el interruptor R/T dependiendo de la fase a ser probada. Coloque el Interruptor R/T en "R" para el cable blanco y "T" para el cable negro. (Las letras R y T en el Panel están coloreadas en blanco y negro respectivamente).
6. Remueva la tapa del Relé y ajuste el límite de tiempo de disparo en el nivel 1.
7. Revise el valor de ajuste de disparo del Relé de Sobre-corriente.

8. Posicione el rango del Amperímetro de tal manera que el valor de ajuste de disparo pueda ser leído a  $2/3$  de la escala completa. A manera de ejemplo si el valor de ajuste de disparo es de 4 A, posicione el rango a 5 A.
9. Posicione el rango del Voltímetro a 150 V.
10. Encienda el Interruptor *SOURCE SW* en la Unidad de Fuente Resistiva. PL2 debe encenderse.

NOTA.

Gire el *VOLTAGE REGULATOR* en sentido de las agujas del reloj, lo que causa que el Voltímetro de la Unidad Operativa de Medición se deflacte. Sin embargo, el voltaje no está listo a la salida del cable de medición.

11. Presione el pulsador *START* (rojo), localizado debajo del título *SET SW*.

NOTA.

Aquí el Relé auxiliar dentro de la Unidad operará, PL3 en la Unidad de Fuente Resistiva, PL4 (azul), y la lámpara OCR (blanca) en la Unidad Operativa de Medición se encenderá.

12. Gire el *VOLTAGE REGULATOR* suavemente en sentido de las agujas del reloj, mientras va observando la operación del relé (la rotación del disco, de un Relé del tipo inductivo o de motor de polo sombreado).

NOTA 1.

Si la corriente no fluctúa del todo, revise el cableado y la conexión de los terminales de prueba del Relé.

La corriente no debe fluctuar incluso si el conductor de la terminal CC del cableado secundario del CT no está aterrizado. En ese caso, conecte el conductor a la terminal CC, como se muestra en la Fig. 61 y 62. Si la corriente de prueba no fluctúa porque existe una gran resistencia a tierra, conecte el Cable de *EARTH SIDE* a este cable del conductor.

NOTA 2.

Si la corriente fluctúa alocadamente, revise que la conexión de *k* y *l* del secundario del CT esté al revés.

NOTA 3.

Posicione el rango del regulador de corriente (OCR CT ADJ) en  $20\Omega$  inicialmente, y vaya cambiando los rangos en el orden de 20, 15, 10, 5, 2, 1, 0.5, y 0 hasta que la corriente especificada es obtenida. La forma de curva de corriente con el mínimo de distorsión puede ser obtenida con voltajes cercanos a 100 V.

13. Cuando el Relé opera, pare de girar el *VOLTAGE REGULATOR* y lea la lectura del Amperímetro. Este valor es la mínima corriente de operación del Relé.
14. Regrese el *VOLTAGE REGULATOR* a la posición cero, y presione el pulsador STOP (verde), localizado debajo del título *SET SW*.
15. Realice la prueba dos veces y muestreando mas resultados se pueden obtener valores más cercanos al valor de la mínima corriente de operación.

NOTA.

Aquí revise que la mínima corriente de operación esté entre el +/- 10 % del valor de ajuste de corriente.

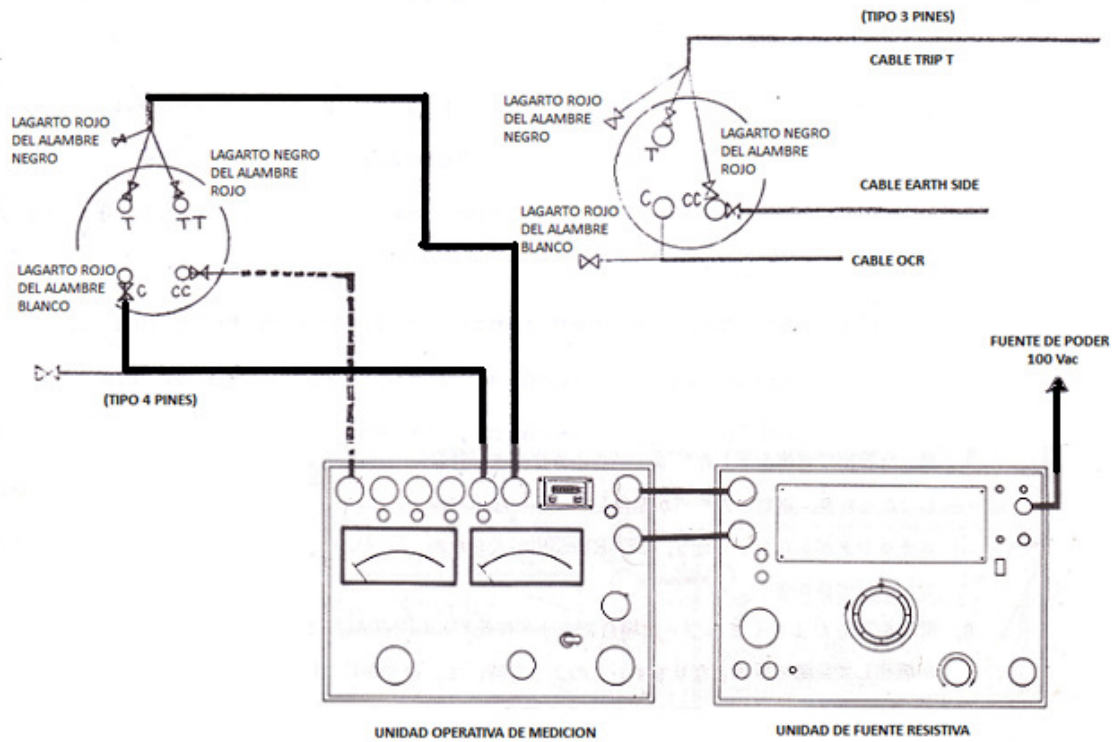
16. Siguiendo la prueba de la Fase R, cambie a la posición T del interruptor R/T, y con atención siga la misma prueba para la Fase T.
17. Cuando la prueba se haya terminado, apague (*OFF*) el interruptor *SWITCH* SW. Y regrese todos los interruptores al estado descrito en la tabla (4) del *a*.

*c. Prueba de las características del límite de tiempo del Relé de sobre-corriente.*

Esta prueba determina las características del límite de tiempo de operación del Relé que aporta corriente entre el 300% y 700% del valor de disparo (usualmente 5 A).

1. Coloque el panel y el cableado para la prueba de acuerdo a los procedimientos del (1) al (9) en el *b*. En la práctica este algoritmo ha sido realizado, excepto para el nivel de ajuste del límite de tiempo, el cual debería ser un valor de “10” para este caso.
2. Conecte el cable de medición al conector *TRIP* T en la Unidad Operativa de Medición. (Use el cable de 5 m con conector de 5P).

**Figura 63. Cableado para la prueba del relé de sobre-corriente del límite de tiempo de operación.**



NOTA.

Realice la prueba sin la conexión del cable de *EARTH SIDE* a la Terminal CC inicialmente, así es más fácil revisar el aterrizamiento; para luego conectar.

3. Conecte el cable del conector *TRIP T* a las Terminales T y TT de la parte de atrás del Relé. Dos líneas de este cable puede ser alternado con el interruptor R/T, con el cable rojo teniendo un lagarto rojo usado como común. Entonces del Interruptor R/T para "R" es el cable blanco con el lagarto rojo y para "T" es el cable negro con el lagarto rojo.

4. Revise el valor de ajuste de disparo, y determine el 300% de la corriente de prueba. A manera de ejemplo si el valor de ajuste de disparo es de 5 A, la corriente de prueba debe ser de  $3 \times 5 = 15 \text{ A}$
5. Posicione el rango del Amperímetro de tal manera que el valor de la corriente de prueba pueda ser leída acerca de  $2/3$  de la escala completa. A manera de ejemplo si el valor de ajuste de disparo es de 5 A, posicione el rango del Amperímetro en 25 A para la prueba del 300%.
6. Presione el Pulsador *START* (rojo) y PL3 en la Unidad de Fuente Resistiva, PL4 (azul), y la lámpara OCR (blanca) en la Unidad Operativa de Medición se encenderán.
7. Bloquee el disco del Relé y lleve el valor de la corriente de prueba, girando el *VOLTAGE REGULATOR* mientras observa el Amperímetro.

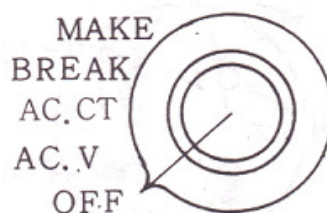
Precaución: Ajuste la corriente rápidamente porque una sobre-corriente está fluctuando en el Relé.

8. Presione el pulsador *STOP* (verde) con la corriente mantenida sin cambiar en un 300%.
9. Posicione el rango del contador de pulsos (*TIME COUNTER*) dependiendo de la configuración de contactos del Relé.

**Tabla XXV. Rango de ajuste del contador de pulsos**

<i>CONFIGURACION DE CONTACTOS DEL RELE</i>	RANGOS DE AJUSTE DEL CONTADOR DE PULSOS
Contactos del tipo Normalmente-Abiertos	<i>MAKE</i>
Contactos del tipo Normalmente-Cerrados	<i>BREAK</i>
Contactos del tipo Corriente de disparo	<i>AC.CT</i>
Contactos del tipo Voltaje AC de disparo	<i>AC.V</i>

**Figura 64. Rangos del contador de pulsos**



NOTA 1.

Hay Relés del tipo 3-pines y 4-pines, así úselos con cuidado cuando conecte las terminales y ajuste o valúe el rango del contador de pulsos.

NOTA 2.

El diagrama de las conexiones internas es mostrado en el panel frontal del Relé, sin embargo si la configuración de contactos no puede ser identificada, posicione el Interruptor selector en orden de *OFF*, *AC.V*, *AC.CT*, *BREAK*, y *MAKE* para probarlo.

NOTA 3.

Si la corriente de prueba es alimentada con un incorrecto ajuste del Interruptor selector, el contador de pulsos no operará, o no se detendrá incluso hayan operado los contactos del Relé, o el pulsador *START* no haya actuado.



NOTA 4.

Nunca gire o cambie el Interruptor selector cuando la corriente este fluyendo incluso si el interruptor selector este posicionado incorrectamente. (Si es cambiado el Interruptor selector puede ser dañado). En ese instante presione inmediatamente el pulsador *STOP* (verde).

10. Retire el bloqueo del disco del Relé, y presione el pulsador *START* (rojo).
11. El contador de pulsos empieza a contar, y al mismo tiempo, el disco en el Relé empieza a girar. Cuando los contactos operan, el contador de pulsos se detiene, y el tiempo de operación es desplegada en la pantalla en seg. o Hz.

NOTA 1.

Con atención antes de la prueba presione el Modo del contador y determine el modo de ajuste del límite de tiempo de operación.

NOTA 2.

El contador de pulsos ha tenido pulsaciones luminosas continuas acerca de 1 minuto y mantiene la indicación incluso cortada la fuente de poder.

12. Con la finalización de la operación, la prueba de la fuente de poder es automáticamente interrumpida. Regrese el *VOLTAGE REGULATOR* a la posición cero.
13. Con cuidado realice la prueba, y al menos calcule el valor deseado unas tres veces.

14. Con la misma atención realice la prueba del 700% de la misma manera anteriormente descrita. Si la corriente del 700% no puede ser alimentada debido a la capacidad limitada, con cuidado realice la prueba al menos del 500%.
15. Siguiendo la prueba de Fase “R”, con la misma atención realice la prueba para la Fase “T” de la misma manera.

*d. Prueba de interbloqueo del Relé de sobre-corriente y el corta- circuitos*

Esta prueba determina el tiempo de operación del circuito de protección, incluyendo el corta circuitos, interruptores e Interruptores termo-magnéticos, alimentando al Relé con corrientes del 300% y 700% del valor de ajuste de disparo (generalmente 5 A).

1. Apague el corta circuitos para no carga conectada.
2. Apague el alto voltaje desconectando el interruptor, y revisándolo en un electroscopio que ningún voltaje esté presente en la línea.
3. Coloque el panel y el cableado para la prueba de acuerdo a los procedimientos del (1) al (9) en el *b* del 2.8.1. (En la práctica, esto ya ha sido realizado).
4. Conecte el cable de medición en el conector *TRIP T* de la Unidad Operativa de Medición.

5. Conecte la otra parte final del cable *TRIP T* en cualquiera de la línea Trifásica atravesando el Corta circuitos.

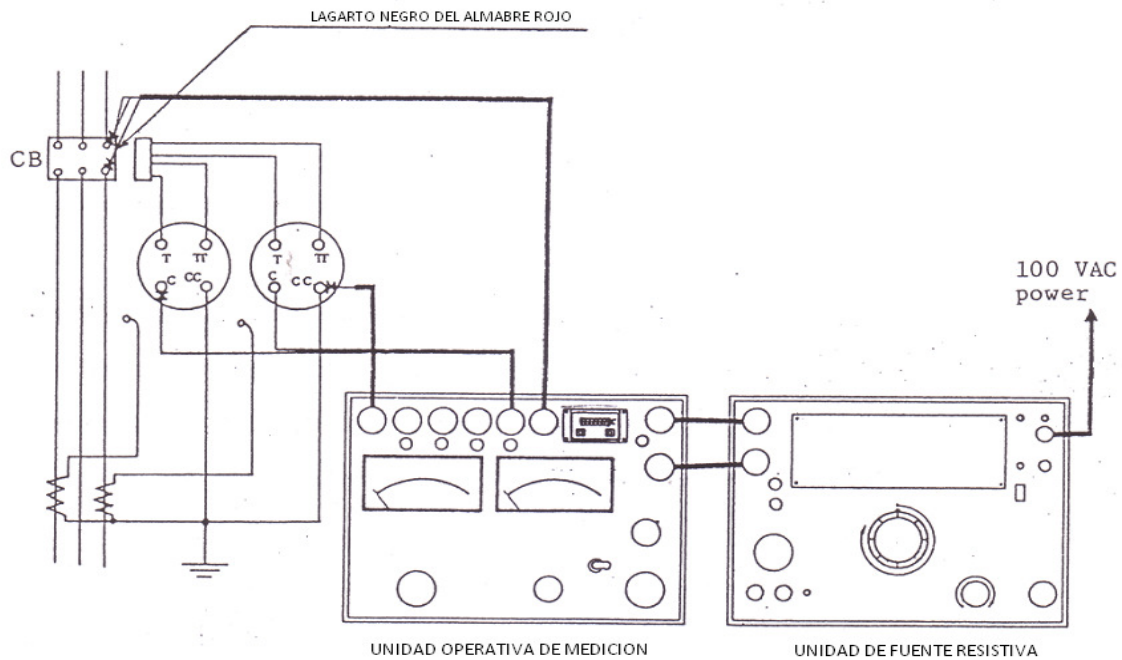
NOTA.

Destape la cubierta del Corta circuitos (CB), y conecte los alambres conductores del *TRIP T* a los conectores de la línea monofásica escogida del Corta circuitos.

Precaución: Si la Alimentación alcanza la facilidad para usarse en la prueba de las Características del límite de tiempo, nunca use el cable *TRIP T*, de otra manera el alto voltaje se presentaría en las terminales del Corta Circuitos (CB).

Esto puede ser medido por simple inspección en el rango “*MAKE*” del Contador de pulsos.

**Figura 65. Cableado para la prueba de inter-bloqueo del relé de sobrecorriente y el corta- circuitos**



6. Con atención realice las operaciones del (4) al (8) del c del 2.8.1.
7. Posicione el rango “*BREAK*” del Contador de pulsos.
8. Encienda (posición *ON* o I) el Corta circuitos.
9. Libere la corriente de disparo bloqueada, y presione el pulsador *START* (rojo).
10. El Contador de pulsos empieza contando. Después de cierto tiempo, el Relé opera para abrir el Corta circuitos, y el Contador de pulsos se detiene y el conteo también, el tiempo de operación es desplegado en seg. o Hz.
11. Este tiempo de operación “*T*”, es la suma de los tiempos de operación del Relé y del Corta circuitos. Desde que el tiempo de operación del Relé ha sido determinado como se describe en el c del 2.8.1, el tiempo de operación del Corta circuitos puede sr calculado de la siguiente manera:

$$\text{Top. Corta circ.} = T - \text{Top. Relé}$$

12. Con la operación completada, la prueba de la Fuente de poder es interrumpida automáticamente. Regrese el *VOLTAGE REGULATOR* a la posición de Cero.
13. Realice la prueba dos veces y muestreando mas resultados se pueden obtener valores más cercanos al valor del tiempo de operación.

14. Con atención realice la prueba del 700% de la misma manera. Si la corriente del 700% no puede ser alimentada debido a la capacidad limitada, con cuidado realice la prueba al menos del 500%.
15. Restaure el nivel de tiempo de disparo, en la posición en el cual estaba antes de la prueba, y con atención realice la prueba de apertura en el estado normal. Ajuste el tiempo de apertura como se especifico, y revise la operación.
16. Como se siguió en la prueba de Fase R, cambie el interruptor R/T a la posición "T", y realice la prueba de la Fase T.

*e. Restauración de la conexión*

1. Conecte el cableado el cual ha sido desconectado por la prueba, observando la marca y la polaridad.
2. Esté seguro de apretar los tornillos que han sido aflojados.
3. Remueva los cables que han sido conectados para la prueba y revise el valor de ajuste de disparo del Relé.

### 2.8.2 Procedimientos de prueba del relé de tierra

Si una falla a tierra ocurre en el estado de facilidad de usuario (Normal), el Relé de tierra debe inmediatamente operar para disparar el corta circuitos de entrada del dispositivo para prevenir el apareamiento de un accidente, y al mismo tiempo, interrumpir la carga de la línea externa situada antes del corta circuitos o Interruptor de potencia de la sub-estación de energía eléctrica de la compañía que lo opera. Para este propósito, la corriente de operación del Relé de tierra es normalmente ajustada para el valor sensible de mínima corriente.

#### *a. Operación de preparación*

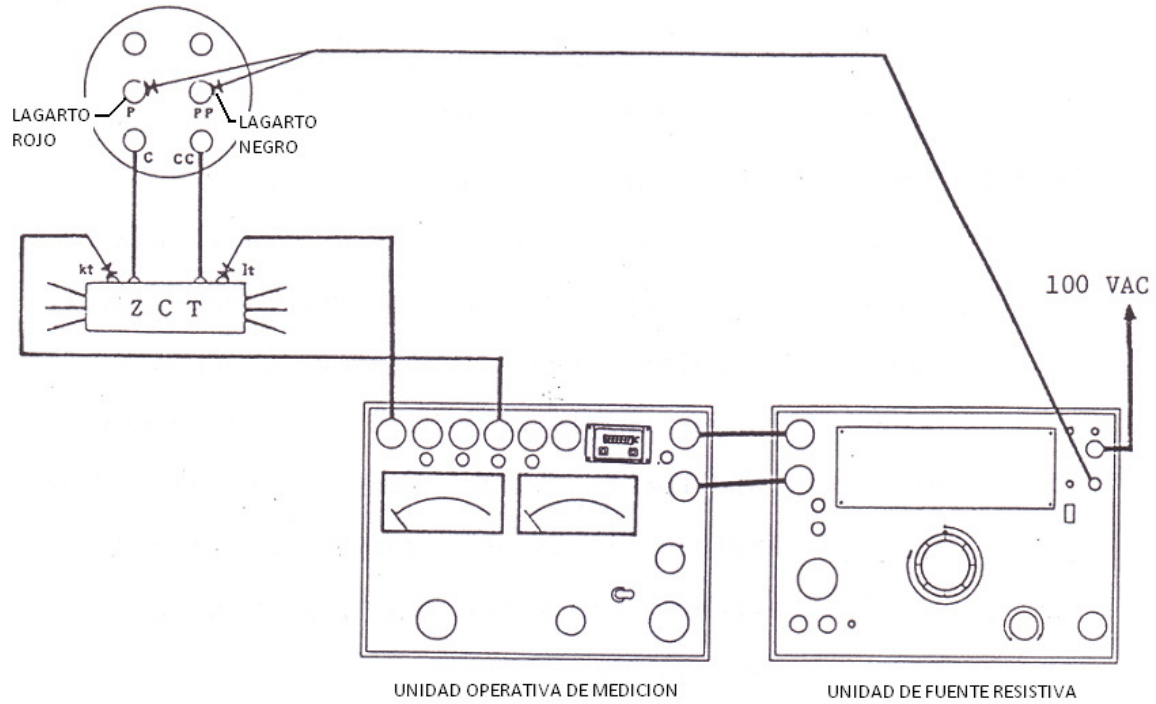
Como se menciona anteriormente, la estructura de los Relés difieren variadamente dependiendo del tipo. Particularmente algunos Relés a tierra necesitan control de la fuente de poder y la operación de la fuente de poder en adición a la combinación con ZCT, y la conexión debe ser cambiada en cada prueba.

Entonces es necesario revisar el arreglo de las terminales en la parte de atrás del Relé y conexiones antes de empezar la prueba.

La sección 2.10.2 ilustra el arreglo de terminales y las conexiones externas de algunos representativos Relés de tierra.

1. Los Relés de tierra usados para líneas no mayores de 6 kV y líneas de bajo voltaje ( $100\Omega$  o menos), pueden ser ajustados en combinación con ZCT. Así que esté seguro de realizar la prueba del Relé de tierra en combinación con GCR o ZCT, usando las terminales “kt” y “lt” como se muestra en la Fig. 66.

**Figura 66. Cableado para la prueba de operación del relé de tierra**



2. En el caso de una facilidad existente, remueva la cubierta del Relé, y presione el Botón de Prueba para revisar si ya está en estado operado.
  - a. Presione el botón de prueba del relé de tierra.
  - b. El relé operará y la bocina interna hará un sonido.
  - c. Jale el enclavamiento de *RESET* (puesta en cero) y la bocina se apagará.
  
3. Realice las operaciones descritas del (1) al (11) en el *a* del 2.8.1.

*b. Operación de preparación*

1. Posicione en el rango de pruebas (*TEST RANGE*) en la Unidad Operativa de Medición la posición “GCR”.
2. Conecte el cable de medición al Conector GCR en la Unidad Operativa de Medición (Use el cable de 5 m con el conector de 5P).
3. Utilizando el cable de vinyl de dos alambres con lagartos, conecte el lagarto rojo a la terminal de voltaje P en la parte de atrás del Relé de tierra y el lagarto negro a la terminal PP. Para Relés que tengan terminales tales como P1, P2, S1, S2, o M y L, conéctelos en paralelo respectivamente.
4. Refiérase a los ejemplos de arreglo de terminales del relé de tierra, para evitar conexiones erróneas.
5. Conecte el Cable accesorio al conector *AUX POWER* en la Unidad de Fuente Resistiva.
6. Revise el valor de corriente de disparo del Relé.
7. Posicione el rango del Amperímetro de la Unidad Operativa de Medición, de tal manera que la corriente de disparo pueda ser leída en el punto cercano a 2/3 de la escala. A manera de ejemplo si el valor de disparo es de 0.4 A, posicione el Rango en 0.5 A.
8. Vaya cambiando el Interruptor selector de corriente del Relé de tierra (GCR *CT RANGE*) en la Unidad de Fuente Resistiva de acuerdo al valor de disparo.



9. Conecte el cable *EARTH SIDE* de la Unidad Operativa de Medición a la terminal “It”.

10. Conecte el cable GCR de la Unidad Operativa de Medición a la terminal “kt”

NOTA.

Si las terminales kt y It no son provistas, conecte el cable del Conector GCR al Conector *EARTH SIDE*.

11. Encienda (*ON*) el Interruptor *SOURCE SW* de la Unidad de Fuente Resistiva, y PL2 se encenderá.

NOTA.

Gire el *VOLTAGE REGULATOR* en el sentido de las agujas del reloj, y el Voltímetro en la Unidad Operativa de Medición se deflactará, pero no existe ningún voltaje de salida en el cable de medición.

12. Encienda el Interruptor de alimentación de voltaje del Relé de tierra.

13. Presione el pulsador *START* (rojo), el Relé auxiliar dentro de de la maleta de instrumentación se energizará para encender PL3, PL4 (azul), y lámpara GCR (blanca), para poder verificar la conexión.

14. Manipule suavemente el *VOLTAGE REGULATOR* para alcanzar el valor específico de la corriente de prueba.

Precaución: No exceda de 1 A la corriente de prueba (la capacidad del fusible de protección es de 1 A).

15. Cuando la corriente alcance el valor de disparo, el Relé operará y la bocina empezará a sonar.

NOTA.

Si el Relé no opera con la corriente de disparo, revise su cableado y conexiones.

16. El amperímetro indica la corriente de operación.
17. Regrese el *VOLTAGE REGULATOR* a la posición de Cero, y presione el pulsador *STOP*.
18. Jale el enclavamiento de *RESET* (puesta en cero) del Relé.
19. Realice con atención la prueba unas cinco veces, y verifique que cada corriente de operación está dentro el rango del +/- 10% de la corriente de disparo.
20. Realice con atención la prueba para cada valor de corriente de la misma manera.

EJEMPLO: Para un valor de disparo de 200 mA, el Relé opera entre una corriente entre 180 mA y 220 mA

*c. Prueba de las características del límite de tiempo.*

1. Generalmente, la prueba de tiempo de operación no es requerida para los Relés de tierra.

Los Relés de tierra usados para equipos de recepción no tan utilizados deben de operar más rápido que los relés diferenciales de tierra, de las subestaciones de distribución de energía eléctrica.

Así es necesario que los Relés de tierra operen de 0.1 a 0.3 segundos.

2. Siga los procedimientos descritos en (1) del *a* del 2.8.2 y así mismo el (10) del *b* del 2.8.2. En la práctica esta preparación ya realmente se ha hecho.
3. Conecte el cable de medición al conector *TRIP T*.
4. En la otra parte final del cable de medición, conecte el lagarto rojo del alambre blanco a la terminal “T” del Relé y el lagarto negro del alambre rojo a la terminal “TT”. Cambie el Interruptor R/T a la posición “R”.
5. Coloque el Contador de pulsos en el rango “*OFF*”.
6. Presione el pulsador *START* (rojo) de la Unidad de Fuente Resistiva.
7. Observando el Amperímetro, manipule el *VOLTAGE REGULATOR*, para alcanzar el 130% del valor de corriente de disparo.
8. Cuando la perilla posicione el 130% del valor de corriente de disparo, presione el pulsador STOP (verde) del *SET SW*.
9. Revise que el enclavamiento de *RESET* es restaurado.
10. Posicione el rango de Contador de pulsos dependiendo de la configuración de contactos del Relé.

11. Presione el pulsador de *START* (rojo).
12. El Relé y el Contador de pulsos empiezan operando. Después de cierto tiempo, los contactos del Relé operarán y el Contador de pulsos se detendrá. Aquí el tiempo de operación debe estar entre 0.1 y 0.3 segundos.
13. Regrese el *VOLTAGE REGULATOR* a la posición de Cero.
14. Realice con atención la prueba dos veces y muestreando mas resultados se pueden obtener valores más cercanos al valor del tiempo de operación.

### **2.8.3 Procedimientos de prueba de relés de voltaje**

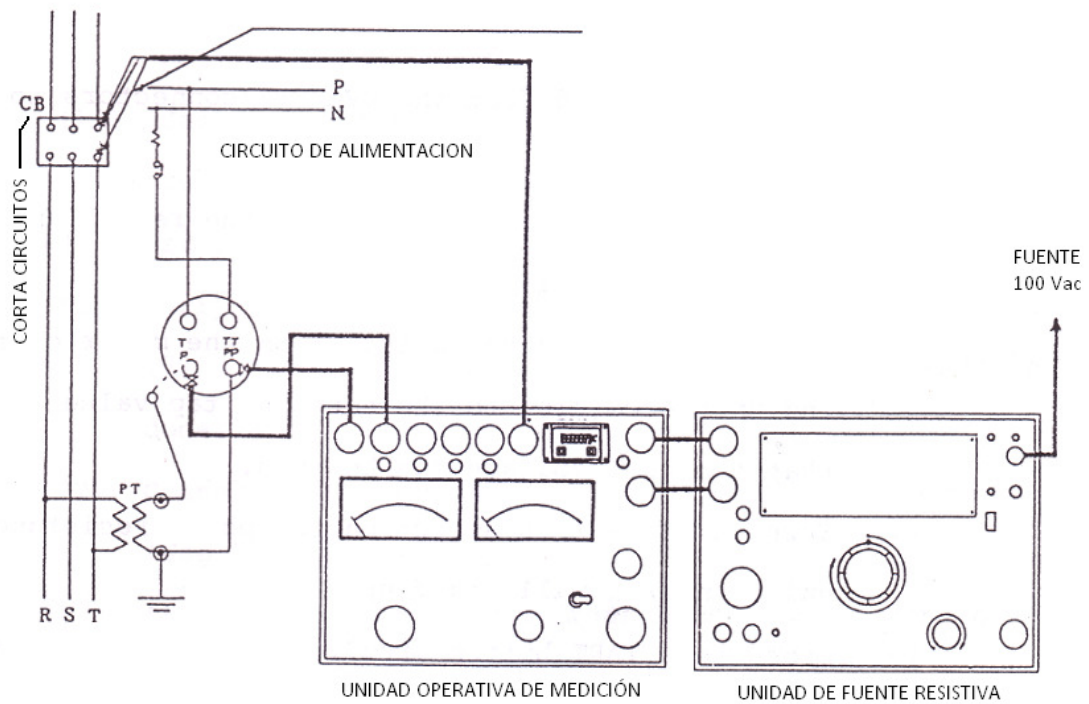
Tanto como el Relé de sobre-voltaje y el Relé de bajo voltaje, estos operan cuando el voltaje se incrementa o decrementa mas allá o por debajo de un rango especificado, así como el monitoreo y control del voltaje según los Relés auxiliares.

Para la prueba de operación de un Relé de voltaje, la conexión es la misma para la prueba de Relés de sobre y bajo voltaje, y la prueba de voltaje va variando según la perilla del *VOLTAGE REGULATOR*.

Precaución: Si la Alimentación alcanza la facilidad para usarse en la prueba de las características del límite de tiempo, nunca use el cable *TRIP T*, de otra manera el alto voltaje se presentaría en las terminales del Corta Circuitos (CB).

Esto puede ser medido por simple inspección en el rango “*MAKE*” del Contador de pulsos.

**Figura 67. Conexión para la prueba de características del límite de tiempo del relé de voltaje**



### 2.8.3.1 Relé de sobre-voltaje

#### a. Operación de preparación

1. Realice con atención las operaciones descritas del (1) al (11) en él *a* del 2.8.1.

*b. Prueba de inicio*

1. Posicione el rango “UVR” en el *TEST RANGE*, de la Unidad Operativa de Medición.
2. Conecte el Cable de medición al conector OVR/UVR de la Unidad Operativa de Medición. (Use el cable de 5 m con el conector de 5P).
3. Remueva el alambre de la terminal “P” en la parte atrás del Relé.
4. Conecte el cable de los conectores OVR/UVR a la terminal “P”.
5. Remueva la cubierta del frente del Relé, y posicione el límite de tiempo en el nivel (enclavamiento) en “10”.
6. Posicione el rango del Voltímetro de la Unidad Operativa de Medición de acuerdo al valor de ajuste de disparo de tal manera que la prueba de voltaje pueda ser leída.
7. Encienda el interruptor *SOURCE SW* de la Unidad de Fuente Resistiva, y PL2 se encenderá.
8. Presione el Pulsador *START* (rojo) y PL3 en la Unidad de Fuente Resistiva, PL4 (azul), y la lámpara OVR/UVR (roja) en la Unidad Operativa de Medición se encenderán.
9. Gire la perilla de *VOLTAGE REGULATOR* suavemente hasta alcanzar el valor de 110 V (el voltaje nominal del Relé).

10. Revise que el disco del Relé esté estacionario.
  
11. Gire la perilla del *VOLTAGE REGULATOR* bruscamente de tal manera que el voltaje rebase el voltaje de ajuste de disparo. Incrementando el voltaje bruscamente causa que el disco del Relé empiece a rotar. En este momento, el Voltímetro indica el voltaje de arranque.

Precaución: Si el cableado del secundario del PT (Transformador de Potencial) no está aterrizado en el lado de la terminal “PP”, el Relé no operará. En este caso, conecte el cable *EARTH SIDE* a la terminal “PP”.

12. Regrese el *VOLTAGE REGULATOR* a la posición Cero, y presione el pulsador STOP (verde).
  
13. Realice con atención la prueba dos veces y muestreando mas resultados se pueden obtener valores más precisos.

c. *Prueba de las características del límite de tiempo.*

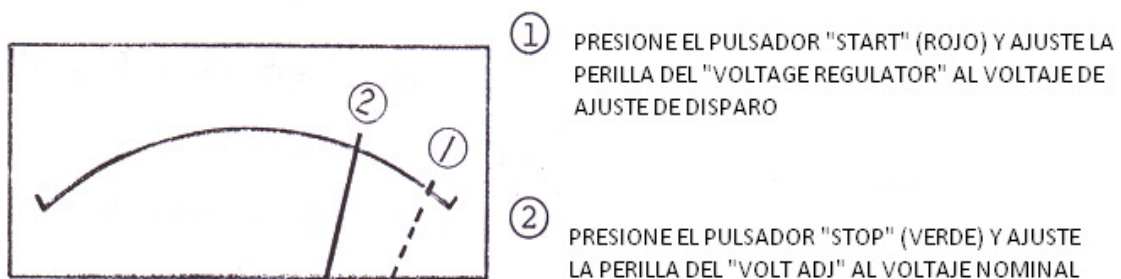
1. Realice con atención las operaciones descritas del (1) al (7) en el b del 2.8.3, (En la práctica esta preparación ya realmente se ha hecho).
  
2. Conecte el Cable de Medición al conector *TRIP T*. (Use el cable de 5 m con el conector de 5P).

3. En la otra parte final del Cable de medición, conecte el lagarto rojo del alambre blanco a la terminal “T” de la parte atrás del Relé, y el lagarto negro del alambre rojo a la terminal “TT”. Cambie el Interruptor R/T a la posición “R”.
4. Posicione la selección “OVR” del Selector OFF-OVR-UVR de la Unidad de Fuente Resistiva.
5. Presione el pulsador *START* (rojo), y PL3 en la Unidad de Fuente Resistiva, PL4 (azul), y la lámpara OVR/UVR (roja) en la Unidad Operativa de Medición se encenderán.
6. Gire la perilla de *VOLTAGE REGULATOR* suavemente hasta alcanzar el valor de ajuste de disparo. (Fig. 68)
7. Presione el pulsador *STOP* (verde), para esta condición.
8. Ajuste el Selector *VOLT ADJ* de la Unidad de Fuente Resistiva de tal manera que obtenga el voltaje nominal (110 V). (Fig.68)
9. Revise que el enclavamiento de *RESET* (Puesta en cero) es restaurado.
10. Posicione el rango del Contador de pulsos de acuerdo a la configuración de contactos.
11. Revise que el disco del Relé esté estacionario.
12. Presione el pulsador *START* (rojo) entonces el voltaje del voltaje nominal del valor de ajuste de disparo es aplicado al Relé sin interrupción.



13. Después de cierto tiempo, el Relé opera y el Contador de pulsos se detiene. Aquí el Contador de pulsos indica el tiempo de operación.
14. Regrese el *VOLTAGE REGULATOR* a la posición Cero.
15. Realice con atención la prueba dos veces y muestreando mas resultados se pueden obtener valores más precisos.
16. Mire que el tiempo de operación medido, coincide con la curva característica mostrada en la placa del Relé.

**Figura 68. Prueba de operación para el relé de sobre -voltaje**



### 2.8.3.2 Relé de bajo voltaje

#### a) *Operación de preparación*

1. Normalmente, el voltaje nominal (100 V) es aplicado al Relé para calentar el Relé por unos 20 ó 30 minutos previamente a la prueba.
2. Siga los procedimientos descritos del (1) al (11) en el 2.8.3.1. En la práctica esta preparación ya realmente se ha hecho.

#### b) *Prueba de inicio*

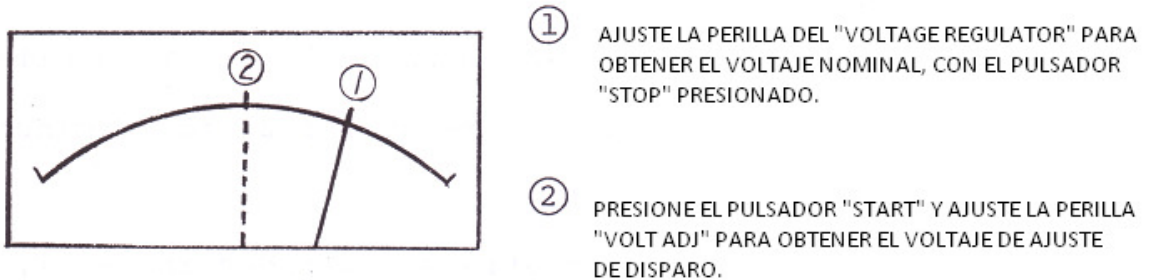
1. Siga los procedimientos descritos en el *b* del 2.8.3.1 del (1) al (11).
2. Regrese el *VOLTAGE REGULATOR* suavemente de tal manera que el voltaje alcance el voltaje de ajuste de disparo.
3. Como el voltaje bruscamente se decrementa, el disco del Relé empieza a girar. En este momento, el Voltímetro indica el voltaje de arranque.
4. Regrese el *VOLTAGE REGULATOR* a la posición Cero.
5. Presione el pulsador *STOP* (verde).
6. Realice con atención la prueba dos veces y muestreando mas resultados se pueden obtener valores más precisos.

c) *Prueba de las características del límite de tiempo.*

1. Realice con atención las operaciones descritas en *c* del (1) al (3) en el 2.8.3.1, (En la práctica esta preparación ya realmente se ha hecho).
2. Posicione la selección “OVR” (derecha más baja) del Selector *OFF-OVR-UVR* de la Unidad de Fuente Resistiva.
3. Ajuste la perilla de *VOLTAGE REGULATOR* al voltaje nominal (110V).
4. Presione el pulsador *START* (rojo).
5. Ajuste el Selector *VOLT ADJ* de la Unidad de Fuente Resistiva de tal manera que obtenga el voltaje de ajuste de disparo.
6. Presione el pulsador *STOP* (verde), y revise que el Voltímetro indique el voltaje nominal.
7. Revise que el enclavamiento de *RESET* (Puesta en cero) es restaurado, y que el disco del Relé esté estacionario.
8. Posicione el rango del Contador de pulsos de acuerdo a la configuración de contactos.
9. Presione el pulsador *START* (rojo), entonces el voltaje del voltaje nominal del valor de ajuste de disparo es aplicado al Relé sin interrupción.
10. Después de cierto tiempo, el Relé opera y el Contador de pulsos se detiene. Aquí el Contador de pulsos indica el tiempo de operación.

11. Realice con atención la prueba dos veces y muestreando mas resultados se pueden obtener valores más precisos.
12. Mire que el tiempo de operación medido, coincide con la curva característica mostrada en la placa del Relé.

**Figura 69. Prueba de operación para el relé de bajo voltaje**



*d. Restauración de la conexión*

1. Revise la marca y la polaridad, conecte los cables que han sido desconectados para la prueba.
2. Asegúrese que los tornillos que han sido aflojados estén asegurados.
3. Esté seguro de remover todos los cables que han sido agregados para la prueba.
4. Revise que el nivel (enclavamiento) de voltaje de disparo, esté posicionado en el ajuste específico.

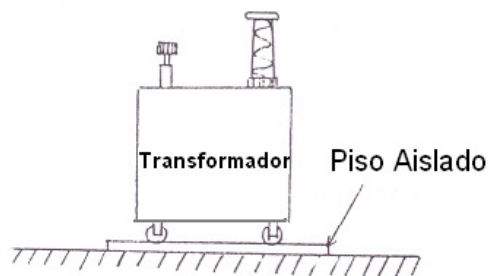
## 2.9 Procedimientos de prueba del voltaje de soporte (Aislamiento)

### 2.9.1 Preparación de operación

1. Ubique la Unidad Operativa de Medición y la Unidad de Fuente Resistiva como se muestra en la Fig. 71 y Fig.72. Ubique la Unidad del Transformador y la Unidad de Control Transformadora separándolos por la tapadera con bisagra desprendible. Revise que la porción metálica del transformador toque a tierra. Si el caucho o goma aislado para transportación está muy gastado o las ruedecillas metálicas están usadas, ubique el transformador en un piso aislado.

Precaución: Ajuste seguramente los conectores y terminales para una seguridad contra alto Voltaje

**Figura 70. Instalación del transformador**



2. Apague el Interruptor *SOURCE* y gire todos los interruptores selectores en contra de las agujas del reloj en todo el modo.

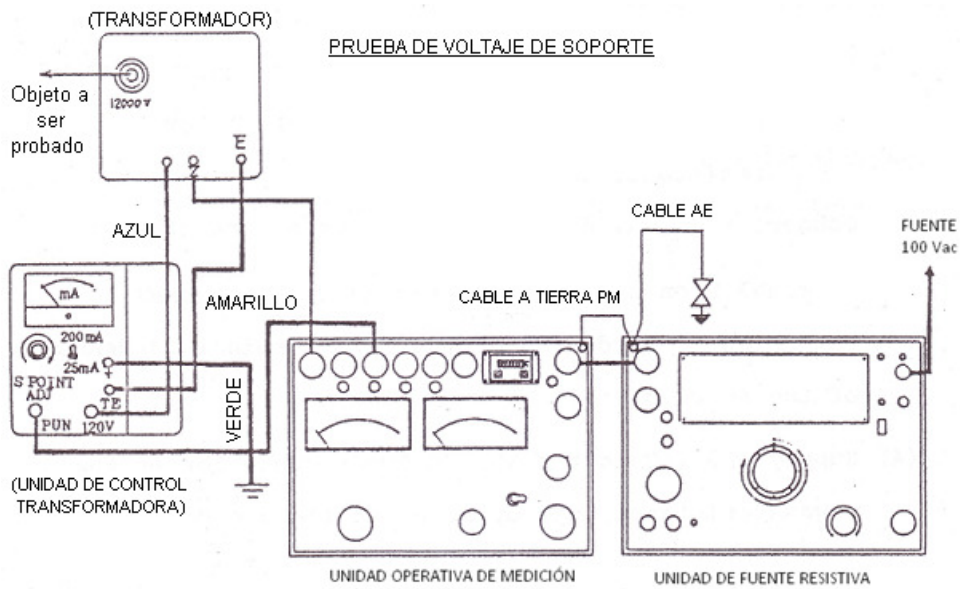
**Tabla XXVI. Operación de preparación de prueba del voltaje de soporte**

VOLTAGE REGULATOR	0
Interruptor selector OVR/UVR	<i>OFF</i>
Regulador de Voltaje para prueba de OVR y UVR (VOLT ADJ)	.
Regulador de Corriente (OCR CT ADJ)	Rango 20Ω
Rango de Prueba (TEST RANGE)	Rango OVR/UVR
Interruptor selector del Contador de pulsos	OFF
Cambiador de rangos del Amperímetro	Rango Corto ( <i>SHORT</i> )
Cambiador de rangos del Voltímetro	Salida Rango 225 V
Punto de ajuste de la Unidad de control transformadora (S.POINT ADJ)	.
(El selector R/T puede colocarse en cualquier posición)	
Interruptor de la fuente de voltaje del Relé de Tierra	<i>OFF</i>
BATT	<i>OFF</i>
UNIT	SEC

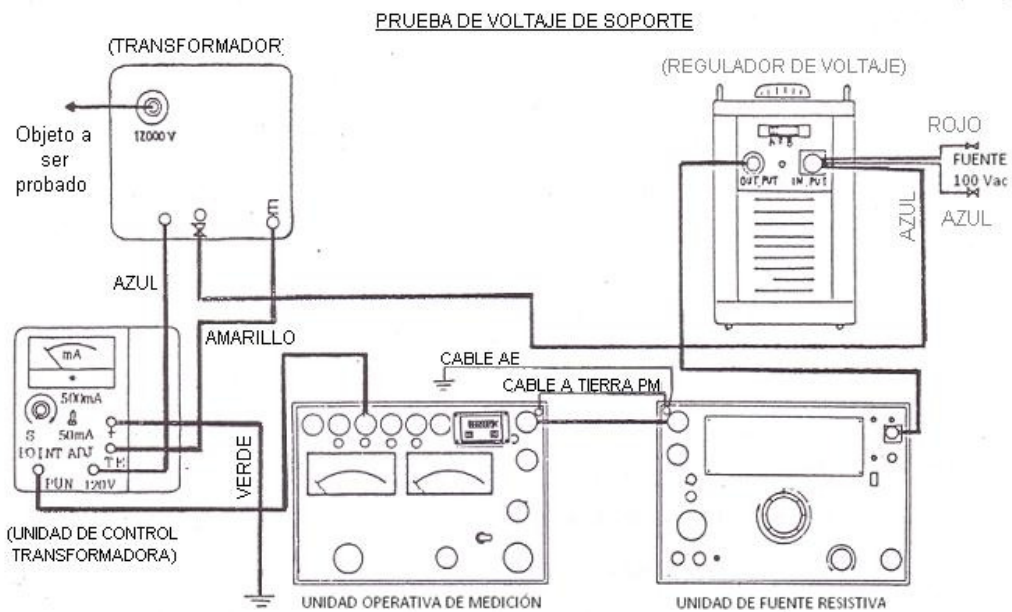
NOTA.

Para leer la duración de la Prueba de Voltaje de Soporte usando el Contador de ciclos, coloque el Interruptor selector del Contador de pulsos en *MAKE*. La duración debe ser leída en segundos.

**Figura 71. Cableado para la prueba por el IP-R 3**



**Figura 72. Cableado para la prueba por el IP-R 5**



NOTA 1.

Cuando sostenga la prueba de voltaje de soporte con el IP-R 5, ajuste la perilla del *VOLTAGE REGULATOR* de la Unidad de Fuente Resistiva en la posición cero, debido a que no servirá en este capítulo de prueba.

NOTA 2.

Sin embargo, la prueba de voltaje de soporte es hasta 2 kVA, debe de ser operado con la generación del Regulador de voltaje en la Unidad de Fuente Resistiva del IP-R 5. En este caso, aplíquese tensión a la Unidad de Fuente Resistiva directamente.

3. Conecte la terminal E en la Unidad de Fuente Resistiva a la terminal E de la Unidad Operativa de Medición por medio de Cable de tierra PM, y aterrice este terminal por medio del Cable AE.
4. Alimente con 100 Vac al conector *POWER SOURCE* en la Unidad de Fuente Resistiva por medio del Cable de potencia de 3m con conectores y clips de 2P, o el cable de potencia de 1.5m con conector *PLUG* de 2P.
5. Conecte la Unidad de Fuente Resistiva del modelo IP-R al conector SC de la Unidad Operativa de Medición por medio del Cable de 0.5m con el conector de 6P.
6. Conecte uno de los remates del Cable de medida al conector *EARTH SIDE* en la Unidad Operativa de Medición. (use el Cable de 5m con conector y clip de 1P).



NOTA 1.

Revise que la polaridad de la alimentación en PL1. (PL1 sirve como un electroscopio). Esta revisión debe de hacerse llevando a cabo la siguiente prueba correctamente, rápida y segura.

NOTA 2.

Si PL1 está apagado, cambie la polaridad, cambiando la conexión de los clips o *PLUG* en el cable de potencia.

NOTA 3.

Revise que PL1 encienda o apague dependiendo de las condiciones, y finalmente ajuste la polaridad de tal manera que PL1 se mantenga encendido.

### **2.9.2 Prueba de voltaje de soporte (Aislamiento)**

1. Ajuste el *TEST RANGE* en la Unidad Operativa de Medición en PUN.
2. Conecte uno de los remates del Cable de prueba en el conector PUN de 5P en la Unidad Operativa de Medición. (Use el Cable de 0.5m con conectores de 5P y 3P).
3. Conecte el otro remate del Cable (conector de 3P) al conector PUN a la Unidad de control transformadora.
4. Conecte el terminal TE de la Unidad de control transformadora a la terminal E del transformador. (Use el cable amarillo de 3m con puntas).

5. Aterrice la terminal GND en la Unidad de control transformadora. (Use el cable verde de 3m con punta y clip).
6. Conecte la terminal de 120V (izquierda) del transformador al conector de 120V de la Unidad de control transformadora. (Use el cable azul de 3m con punta y conector de 1P).
7. Conecte la terminal de 120V (derecha) del transformador al conector *EARTH SIDE* de la Unidad Operativa de Medición.
8. Conecte la terminal de salida de 12,000V del transformador al Cable a ser probado, con las fases R, S y T corto-circuitados.

NOTA 1.

Aquí, utilice un Cable fuerte de núcleo sólido para la conexión, manteniendo que el remate del Cable de prueba y el Cable a ser probado estén a menos de 20 cm lejos de otros elementos como el transformador, de la caja del panel de recepción y distribución, así que estos no entren en contacto con otros.

9. Ajuste el rango del Voltímetro de la Unidad Operativa de Medición en 12 kV.

Referencia: Determinación del voltaje de prueba

- a. El voltaje de prueba es 1.5 veces tan grande como el máximo voltaje de operación y 500V en el mínimo.
- b. Cálculo del voltaje de prueba.

b.1 Para transformadores y elementos de clase 400V

$$400\text{V} \times 1.15 = 460\text{V} \quad (\text{Máximo voltaje de operación})$$

$$460\text{V} \times 1.50 = 690\text{V} \quad (\text{Voltaje de prueba})$$

b.2 Para recepción de 3000V

$$3000\text{V} \times 1.15 = 3450\text{V} \quad (\text{Máximo voltaje de operación})$$

$$3450\text{V} \times 1.50 = 5175\text{V} \quad (\text{Voltaje de prueba})$$

b.3 Para recepción de 6000V

$$6000\text{V} \times 1.15 = 6900\text{V} \quad (\text{Máximo voltaje de operación})$$

$$6900\text{V} \times 1.50 = 10350\text{V} \quad (\text{Voltaje de prueba})$$

10. Encienda (ON) el interruptor *SOURCE*. PL2 debe de encender.
11. Presione el pulsador *START* (rojo). Las lámparas PL3, PL4 (azul) y PUN (amarillo) deben de encender.
12. La corriente de carga del circuito a ser probado para el voltaje de soporte debe de ser chequeada en el avance. Gire la perilla del *VOLTAGE REGULATOR* despaciosamente hasta que el voltímetro indique el Voltaje de prueba, y mida la corriente de carga. Para una pequeña corriente de carga, ajuste el rango del medidor de corriente de carga en un valor pequeño.

NOTA 1.

Si el aislamiento es extremadamente bajo, una falla de aislamiento puede ocurrir durante la operación anterior.

NOTA 2.

En ese evento, inmediatamente regrese la perilla del *VOLTAGE REGULATOR* a la posición cero.

NOTA 3.

Descargue el circuito completamente antes de desconectar el elemento bajo prueba.

NOTA 4.

Si no ocurre una falla de voltaje de soporte, proceda con los siguientes pasos.

13. Lea la corriente de carga del medidor en la Unidad de control transformadora, despaciosamente baje el voltaje a 0V.
14. Presione el pulsador *STOP* (verde).
15. Remueva el clip del Cable de tierra de la línea de tierra, y corte la terminal de salida de 12,000V.
16. Presione el pulsador *START* (rojo).
17. Gire la perilla del *VOLTAGE REGULATOR* despaciosamente, mientras observa la corriente de carga del medidor, el cual la corriente de carga se vuelva un 150% de lo medido previamente. Si la corriente de carga es muy pequeña, ajuste la corriente alrededor de los 50 mA

18. Despaciosamente gire la perilla del *S.POINT ADJ* en sentido de las agujas del reloj, el cual ha sido girado completamente en contra del sentido de las agujas del reloj, y revise dos o tres veces que el Interruptor (*BREAKER*) opere.
19. Regrese la perilla del *VOLTAGE REGULATOR*, en la posición de cero, con la perilla del *S.POINT ADJ* en esa posición.
20. Presione el pulsador *STOP* (verde), y confirme el estado de apagado.
21. Desconecte el clip el cual ha sido conectado a la terminal de salida de 12,000V, y conéctelo a la línea de tierra.
22. Presione el pulsador *START* (rojo).
23. Incremente el voltaje de prueba girando la perilla del *VOLTAGE REGULATOR* despaciosamente y ejecute la Prueba de Voltaje de Soporte al aislamiento por 10 minutos.
24. Después de 10 minutos, regrese la perilla del *VOLTAGE REGULATOR* despaciosamente en la posición de cero.

Precaución 1: Regrese la perilla del *VOLTAGE REGULATOR* a cero antes de posicionar en OFF el interruptor *SOURCE*.

Precaución 2: Si la potencia es apagada con un alto voltaje aplicado al elemento bajo prueba, podría dañarse o generarse un alto voltaje anormal en ese momento.

25. Posicione en OFF el interruptor *SOURCE*.

26. Descargue el elemento bajo prueba completamente, remueva el cableado de prueba y restaure los interruptores y perillas a su posición original. Aquí concluye la prueba.

### **2.9.3 Prueba de voltaje de soporte a cables**

#### *Prueba al cable de tres hilos*

Un cable delgado y corto requiere únicamente una corriente de carga pequeña y puede ser probado en una sola prueba, conectando todos los tres hilos como se muestra en la Fig.73.

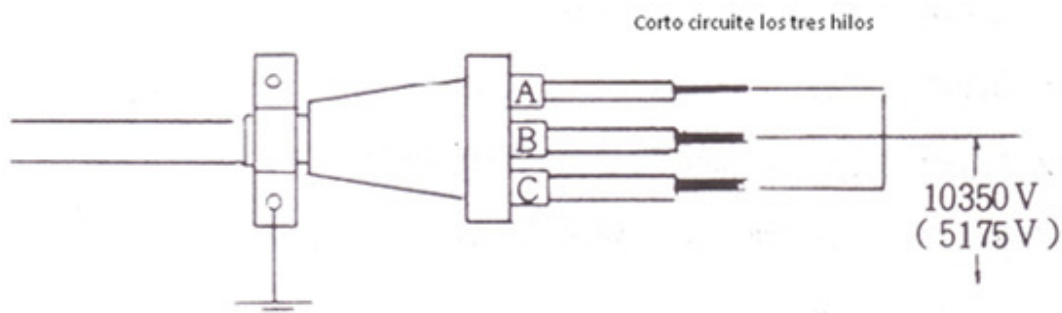
Sin embargo una gran corriente de carga fluye en un cable grueso y largo, haciendo que la prueba a veces sea imposible por la limitada capacidad del equipo de prueba. En ese evento, el Cable debe de probarse por cada hilo o grupo de hilos. El cual el método usado y determinado por la capacidad del transformador y la corriente primaria del transformador.

Ejemplo:

Para un transformador con especificaciones de 12000V y 2kV, la corriente primaria nominal debe ser por acerca de 17A.

La prueba debe de llevarse a cabo monitoreando la corriente primaria en el amperímetro así que esta no exceda los 17A.

**Figura 73. Cableado para la prueba total**

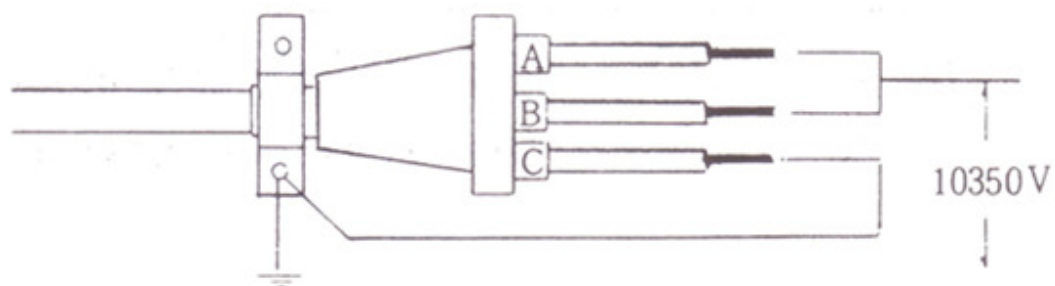


*Prueba al cable divisible (multifilar)*

Este método permite el inter-cableado y el voltaje de soporte del cableado a tierra para ser probado en dos operaciones.

- Primera Prueba:

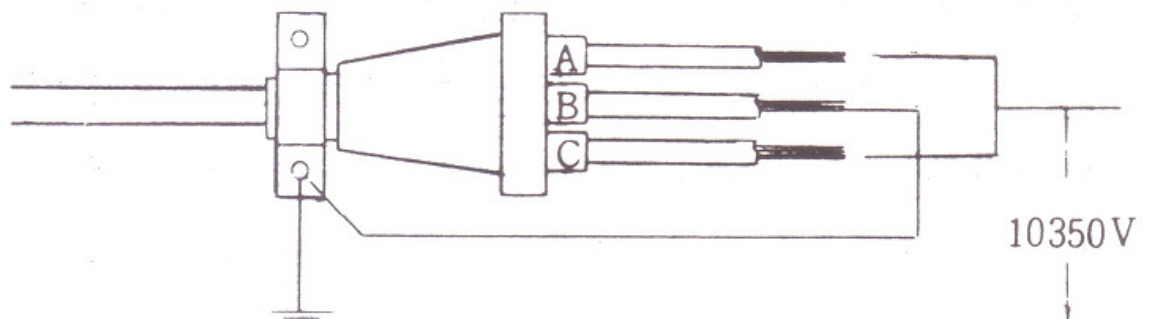
**Figura 74. Cableado para la prueba divisible (primera prueba)**



1. Conecte dos conductores (A y B), de los tres conductores (A, B y C) con cada remate final de cada uno.
2. Aterrice el conductor C como se muestra en la Fig.74

3. Aplique 10350V (o 5175V) entre el conductor A y el conductor C.
  4. La primera prueba cubre:
    - a. Prueba de voltaje de soporte entre el conductor A y el conductor C, y entre el conductor B y el conductor C.
    - b. Prueba de voltaje de soporte entre el conductor A y tierra, y entre el conductor B y tierra.
- Segunda prueba

**Figura 75. Cableado para la prueba divisible (segunda prueba)**



1. Conecte dos conductores (A y C), con cada remate final de cada uno.
2. Aterrice el conductor B como se muestra en la Fig.75.
3. Aplique 10350V (o 5175V) entre el conductor A y el conductor B.



4. La segunda prueba cubre:
  - a. Prueba de voltaje de soporte entre el conductor A y el conductor B.
  - b. Prueba de voltaje de soporte entre el conductor A y tierra, y entre el conductor C y tierra.

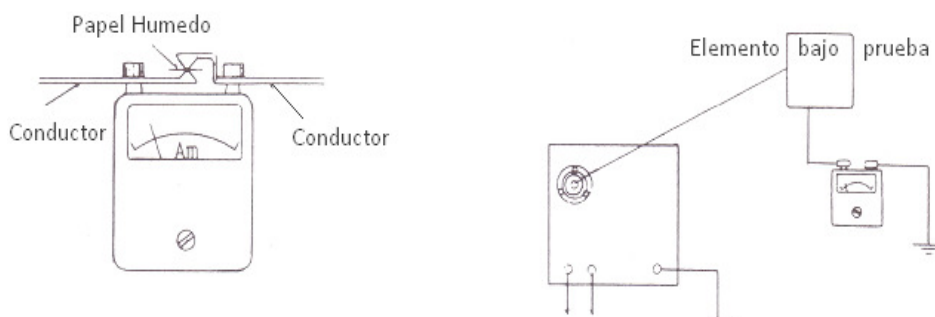
NOTA.

El voltaje es aplicado dos veces, entre el conductor B y el conductor C y entre el conductor A y tierra.

#### 2.9.4 Medición de la corriente de fuga

Durante la prueba de voltaje de soporte de un transformador con una capacidad electrostática pequeña, medir la corriente de fuga en un Amperímetro de clase 0.5 si la corriente de carga es demasiado pequeña para leer en el Amperímetro del equipo de prueba. Aquí, conecte los conductores en los terminales de ambos medidores con papel húmedo entre ellos de tal modo que sirva como retenedor, y luego conecte el medidor con el elemento a ser probado en serie como se muestra en la Fig. 76.

**Fig. 76 Circuito de medición de la corriente de fuga**



En este método, el impulso de voltaje generado en ese tiempo es puentado por el retenedor (papel húmedo), incluso si el elemento bajo prueba es destruido, por lo tanto el medidor es protegido contra daño.

## 2.10 Disposición de terminales de relés representativos

### 2.10.1 Relés de sobre-voltaje

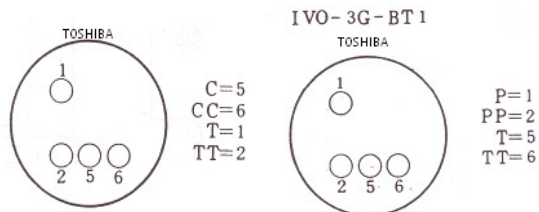
La mayoría de relés de sobre-voltaje tienen tres o cuatro terminales como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 77. Arreglo de tres y cuatro terminales de relés de sobre-voltaje**



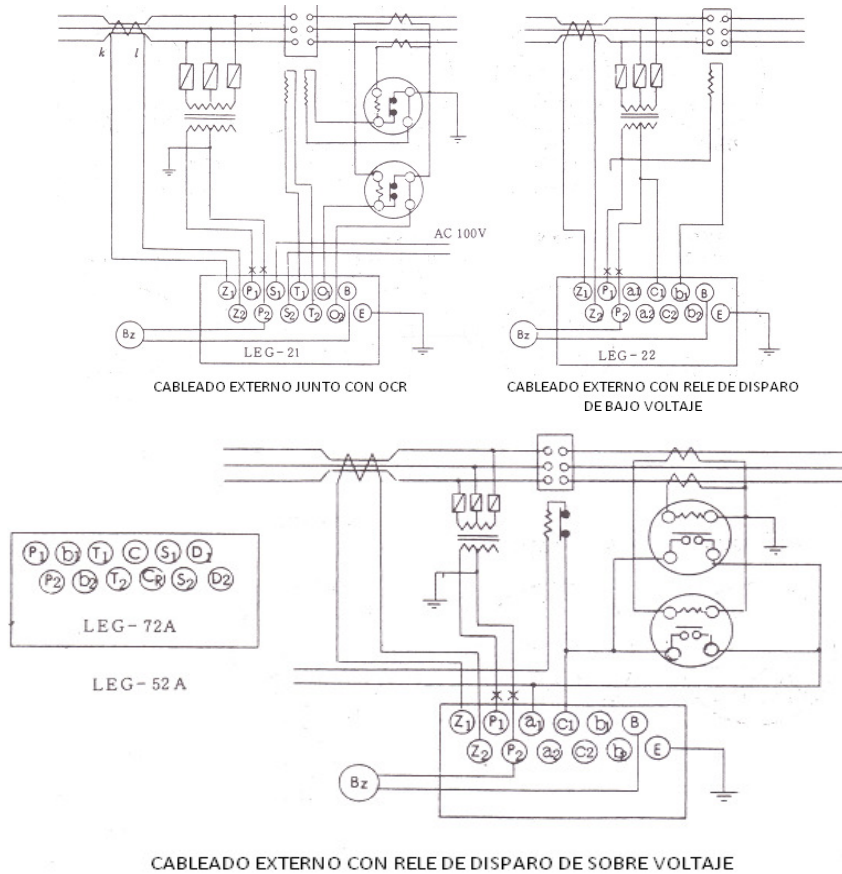
La terminal CC en el relé de tres terminales es el equivalente a la terminal TT + la terminal CC del relé de cuatro terminales. El arreglo de terminales del relé de sobre-voltaje del fabricante Japonés utilizado en las pruebas es:

**Fig. 78 Arreglo de terminales del relé de sobre-voltaje utilizado**



## 2.10.2 Relé de tierra

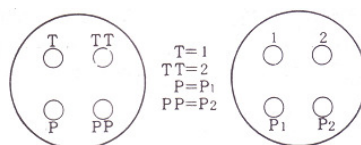
**Figura 79. Relé de tierra “Hikarishoko”**



## 2.10.3 Relés de bajo voltaje

La mayoría de relés de bajo voltaje tienen tres o cuatro terminales como se muestra en la siguiente figura.

**Fig. 80 Arreglo de terminales del relé de bajo voltaje utilizado**




## 2.11 Anexos

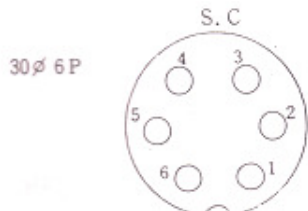
*Tabla de accesorios de la Unidad de Fuente Resistiva y Unidad Operativa de Medición*

Relé ó Circuito		Símbolo	Longitud (m)	Remate del Cable	No. De Circuitos	Conector usado	Tipo IP-R	Tipo IP-R5
línea de alimentación	Cable de alimentación con clip	FUENTE DE PODER	3	Conector clip	2	2P	Asignado	
	Cable de alimentación con plug		3	Conector clip	3	9P		Asignado
			1.6	Conector plug	2	2P	Asignado	
Conexión de La Unidad Resistiva y la Unidad de Medición		S.C	0.6	Conector Conector	6	4P / 6P	Asignado	
		R.C	0.6	Conector Conector	4	7P		Asignado
Relé de sobe corriente		OCR	5	Conector clip	(2) Fase R: blanco, Fase T: negro	5P	Asignado	Asignado
Relé de Tierra		GCR	5	Conector clip	1	5P	Asignado	Asignado
Relé de voltaje		OVR	5	Conector clip	1	5P	Asignado	Asignado
Circuito común		EARTH SIDE	5	Conector clip	1	1P	Asignado	Asignado
Contactos de relé		TRIP.T	5	Conector clip	3	5P	Asignado	Asignado
Prueba de voltaje de soporte		PUN	0.6	Conector Conector	3	5P-3P	Asignado	
						5P-6P		Asignado
Voltaje del relé de tierra		RD INT AUX POWER	3	Conector clip	2	3P	Asignado	Asignado
Conexión de La Unidad Resistiva y el regulador de voltaje		S.P	0.8	Conector Conector	3	6P-9P		Asignado
Línea de tierra		AE	3	Clip punta	1		Asignado	Asignado
		PM	0.3	Punta punta	1		Asignado	Asignado

*Transformador de prueba del voltaje de soporte*

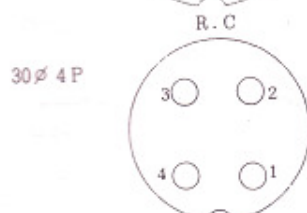
Circuito aplicable	Símbolo	Longitud (m)	Remate del Cable	No. De Circuitos	Conector usado	Tipo IP-R	Tipo IP-R5	Color
Unidad de control y transformador	120 V	3	Conector clip	1	1P	Asignado		Azul
					2P		Asignado	
Unidad de control y transformador	T.E	3	Punta punta	1		Asignado	Asignado	Amarillo
Línea de tierra		3	Clip punta	1		Asignado	Asignado	Verde

## Asignación de pines de los conectores



Cable conector de la Unidad Resistiva a la Unidad de medición

- 1 ..... rojo
- 2 ..... azul
- 3 ..... negro
- 4 ..... blanco
- 5 ..... amarillo
- 6 ..... verde



Cable conector de la Unidad de medición a la Unidad Resistiva

- 1 ..... blanco
- 2 ..... rojo
- 3 ..... negro
- 4 ..... verde



Cable OCR del relé de sobre corriente

- 1 .....no utilizado
- 2 .....no utilizado
- 3 .....no utilizado
- 4 ..... blanco
- 5 ..... negro



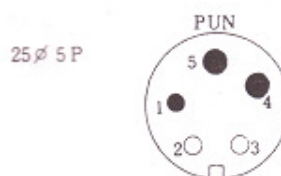
Cable GCR del relé de tierra

- 1 .....no utilizado
- 2 .....no utilizado
- 3 .....no utilizado
- 4 .....no utilizado
- 5 ..... blanco, negro



Cable OVR/UVR del relé de voltaje

- 1 .....no utilizado
- 2 .....no utilizado
- 3 .....no utilizado
- 4 ..... blanco, negro
- 5 .....no utilizado



Cable PUN del transformador de voltaje de soporte a la Unidad de Medición

- 1 ..... negro
- 2 .....no utilizado
- 3 .....no utilizado
- 4 ..... blanco
- 5 ..... amarillo, rojo y verde



- 1 ..... amarillo, rojo y verde
- 2 ..... blanco
- 3 ..... negro

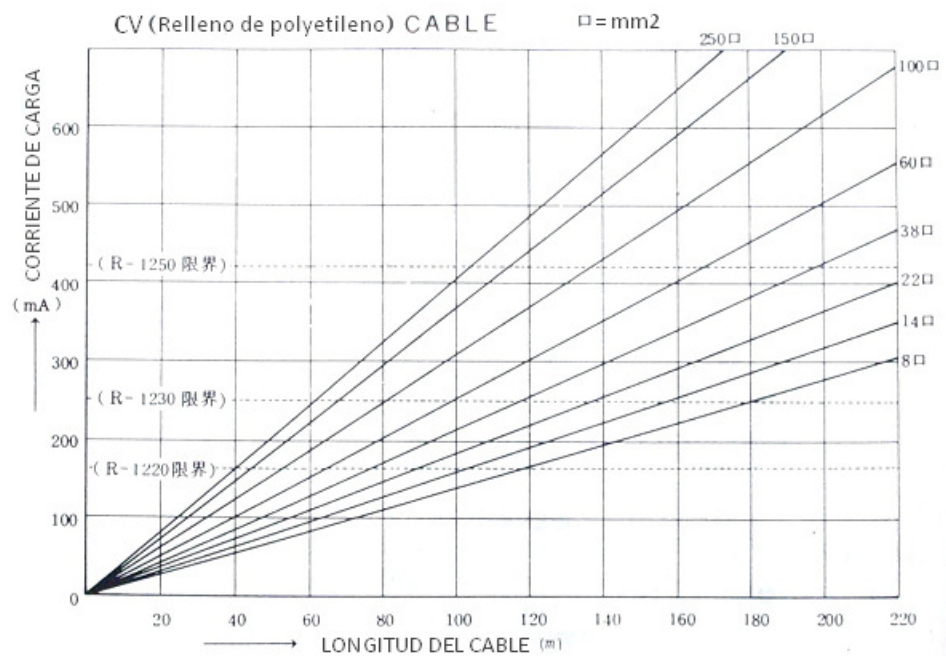
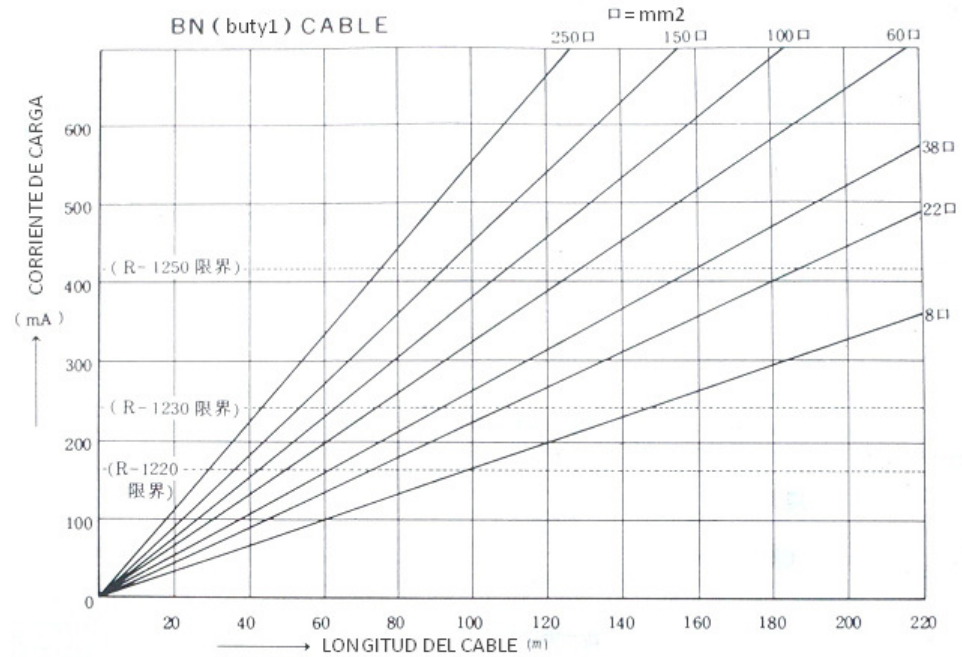


Cable de conexión de los contactos del relé

- 1 .....no utilizado
- 2 .....no utilizado
- 3 ..... blanco
- 4 ..... negro
- 5 ..... rojo

*Corriente de carga vs longitud de cable de 6 kV*

(Aplicación de voltaje en tres hilos con 10350V, 50 Hz, relación puesta: 3.06)



Nota: La corriente de fuga no está incluida, la corriente de carga puede diferir dependiendo si el cable probado es nuevo o usado y el método de su fabricación.

## 2.12 Especificaciones del RD

Este equipo consta de una maleta portable para hacer pruebas a relés de puesta a tierra y de bajo o sobre-voltaje, diferencial y direccional de tierra y se describe a continuación.

- Fuente utilizada: 100 Vac 50/60 Hz
- Voltaje de salida: 0 – 600 Vac continuo variable
- Corriente de salida: 0 – 15 Aac
- Voltímetro y amperímetro (ac):

Voltímetro: 0 – 75/150/300 V clase 0.5  
0 - 750 V clase 2.5

Amperímetro: 0 – 0.75/1.50/3/7.5/15 A clase 0.5

- Corriente permisible en Resistencias

**Tabla XXVII. Corriente permisible en resistencias del modelo RD**

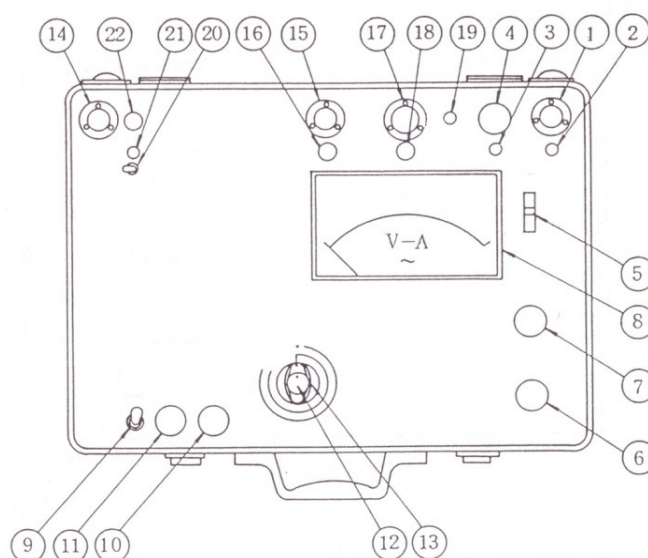
Rango de resistencias	Máxima corriente en 30 seg.	Corriente nominal continua
5 $\Omega$	15 A	5 A
10 $\Omega$	10 A	5 A
25 $\Omega$	5 A	2.5 A
50 $\Omega$	2.5 A	1.5 A
100 $\Omega$	...	1 A

### 2.12.1 Unidad bi-elemento de potencia (*BI-ELEMENT POWER UNIT*)

#### *Accesorios*

Cable de conexión	1 set
Cable de alimentación con Plug	1 pza.
Cable de interbloqueo IP-R	1 pza.
Cable de voltaje de salida	1 pza.
Cable de corriente de salida	1 pza.
Cable de medición de voltaje externo	1 pza.
Cable de chequeo de operación de contacto	1 pza.
Cable de voltaje de Relé de Tierra	1 pza.
Cable de corto circuito	1 pza.
Cable de circuito común	1 pza.

**Figura 81. Panel frontal del modelo RD**





## NOMENCLATURA

- 1) Conector de alimentación (*SOURCE POWER*) 100Vac 50/60 Hz usando un Cable de alimentación con Plug o del toma de alimentación de voltaje del relé de tierra del IP-R, utilizando un Cable de interbloqueo IP-R.
- 2) Lámpara piloto de identificación de polaridad (PL1); indica que la polaridad de la fuente es la correcta.
- 3) Lámpara de chequeo de encendido (PL2); indica que la fuente ha sido puesta en ON, y enciende con el interruptor de alimentación en ON.
- 4) Toma de alimentación de voltaje del relé de Tierra (*AC CONSENT*); conectado a los terminales de voltaje (P, PP) de los relés de tierra usando el Cable de voltaje de Relé de Tierra.
- 5) Interruptor *SOURCE*; interruptor *ON-OFF* de la fuente, utilizando un cortacircuitos tipo no fusible.
- 6) Interruptor cambiador de salida Voltaje y Corriente (*OUTPUT*); Interruptor selector para cualquier variable de voltaje (V) o corriente (CT) dependiendo del relé probado.
- 7) Interruptor cambiador Volt-amperímetro (*METER RANGE*); Interruptor cambiador de rango del Volt-amperímetro. Usado para seleccionar el rango “fácil de leer”.
- 8) Volt-amperímetro; medidor de precisión multi-rango.

- 9) Interruptor de inter-bloqueo IP-R (IP-R INL-RD únicamente); usado para interrumpir el lado del IP-R INL, cuando se enlaza con el IP-R y el lado del RD *ONLY* cuando se prueban solos.
- 10) Pulsador de encendido (SET SW-*START*); interruptor para empezar prueba.
- 11) Pulsador de apagado (SET SW-*STOP*); interruptor para finalizar prueba.
- 12) Regulador de Voltaje y Corriente de prueba (*TESTING*); regulador para ajustar el voltaje y corriente de prueba, des presionando el pulsador de encendido, se ajusta el voltaje de prueba. La corriente se producirá como la salida en lugar del voltaje y corriente nominal.
- 13) Regulador de Voltaje y Corriente nominal (*RATING*); regulador de ajuste del voltaje y corriente nominal. El voltaje por su cuenta es producido sin des presionar el pulsador de encendido.
- 14) Conector de prueba Común (*EARTH SIDE*); Conector común para medir el voltaje del elemento, corriente del elemento y voltaje externo.
- 15) Conector de Voltaje de Salida (V *OUT*); conector de salida del voltaje del elemento.
- 16) Lámpara de chequeo de voltaje de salida (rojo); lámpara roja con el Cable de voltaje de salida conectado al Conector de voltaje de salida, indicando la presencia del voltaje de salida.
- 17) Conector de corriente de salida (A *OUT*); conector de salida para la corriente del elemento.

- 18) Lámpara de chequeo de corriente de salida (blanco); lámpara blanca con el Cable de corriente de salida conectado al Conector de corriente de salida, indicando la presencia de corriente de salida.
- 19) Terminal de medición de Voltaje Externo (EXT.V); terminal para medir el voltaje externo usando el Volt-amperímetro (incluido).
- 20) Interruptor de chequeo de operación de los Contactos (*CONTACT CHECK*); cuando la operación de cierre de los contactos es difícil de ver con los ojos o un Probador de circuitos para chequearse con una lámpara de neón, este interruptor es posicionado en ON y el cable de chequeo de operación de los Contactos es usado.
- 21) Lámpara de chequeo de operación de los Contactos; lámpara de neón para chequear la operación de cierre de los contactos.

NOTA:

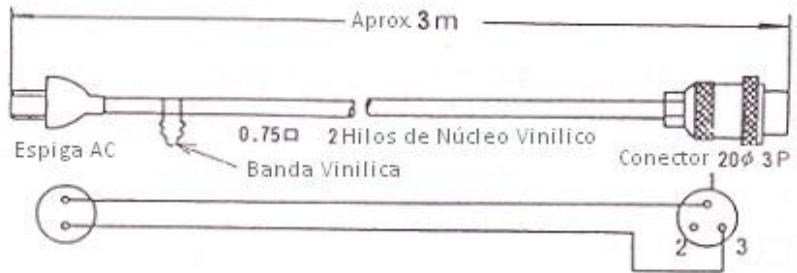
La lámpara de neón usado puede encenderse indistintamente debido a la capacitancia de la conexión del cable de chequeo de operación de los Contactos, pero se enciende luminosamente cuando los contactos se cierran (circuito cerrado).

- 22) Conector de chequeo de operación de los Contactos; conector para conectar el cable de chequeo para revisar la operación de cierre de los contactos.

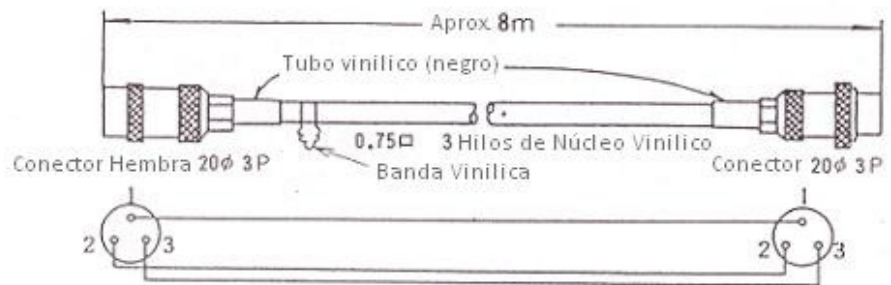
Cables asignados

Figura 82. Cables asignados

1. Cable de alimentación con Plug



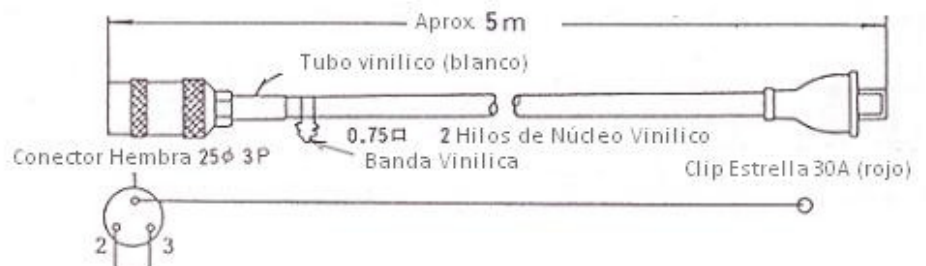
2. Cable de inter-bloqueo IP-R



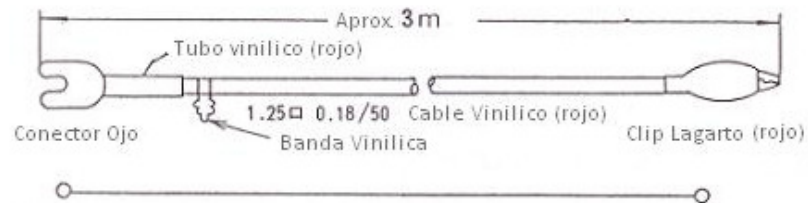
3. Cable de Voltaje de Salida



4. Cable de Corriente de Salida



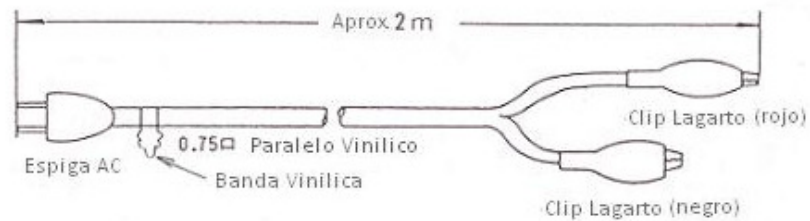
### 5. Cable de Medición de Voltaje Externo



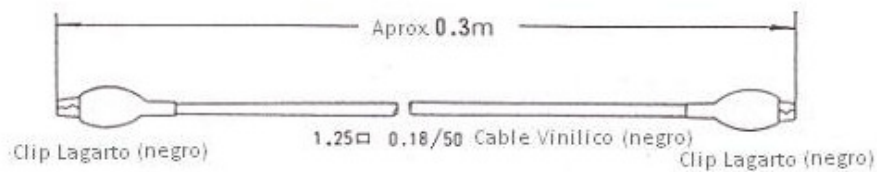
### 6. Cable de Chequeo de Operación de los Contactos



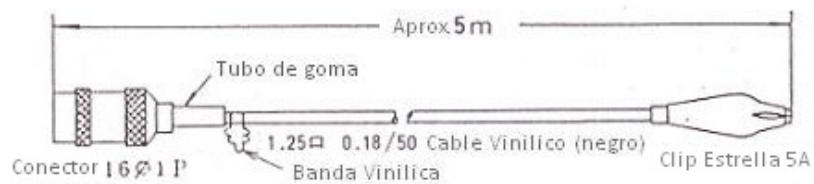
### 7. Cable de Voltaje del Relé de Tierra



### 8. Cable de Corto Circuitos



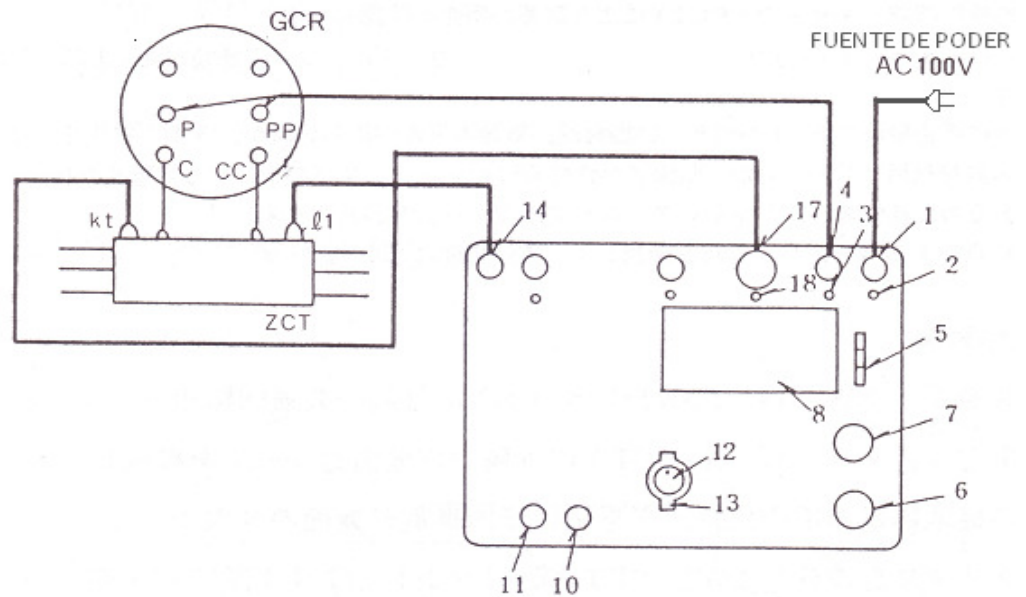
### 9. Cable de Circuito Común



## 2.13 Procedimientos de prueba de relés del Modulo de protecciones

### 2.13.1 Procedimientos de prueba del relé de tierra

**Figura 83. Diagrama de la Conexión del relé de tierra**



#### a. Operaciones para la preparación

Los relés tienen diferentes construcciones dependiendo de los fabricantes, mientras que el cableado justamente difiere respectivamente con la combinación del Transformador de corriente de secuencia cero (ZCT), fuente de operación, fuente de alimentación, etc. Por lo tanto se es necesario examinar el arreglo y conexiones de los terminales posteriores por adelantado.

1. El relé de Tierra empleado en un sistema no aterrizado de alto voltaje en 6 kV, líneas de alto voltaje (aterrizamiento clase 2), etc.

Han sido ajustados en combinación con el ZCT. Asegúrese de probar en combinación con el ZCT usando las terminales *kt* y *lt*.

2. Remueva la tapadera frontal del relé y revise en todo caso el relé si ha sido operado o no, en caso en el relé existe:
  - a. Des presione el botón de prueba.
  - b. El relé de Tierra actuará y la alarma sonará.
  - c. Des presione el elemento de “RESET” para reajustarlo.
3. Desconecte el OCB para probarlo sin carga.
4. Desconecte el lado de alto voltaje desconectando el interruptor y asegúrese por medio de un detector.
5. Posicione en OFF el interruptor de la fuente (5. *SOURCE SW*) del elemento y ajuste la salida del selector cambiador de voltaje y corriente (6. *OUTPUT*) a  $100\Omega$  y el selector cambiador del volt-amperímetro en SHORT (7. *METER RANGE*).
6. Ajuste el regulador de voltaje y corriente de prueba (12. *TESTING*) y el regulador de voltaje y corriente nominal (13. *RATING*) a cero (posición . ).
7. Introduzca la alimentación al conector de la fuente (1. *SOURCE POWER AC 100V*) utilizando el Cable de alimentación con Plug.

#### NOTA.1

En este momento, asegúrese de la polaridad de la fuente por la lámpara piloto de polaridad (PL1).

NOTA.2

Si PL1 se apagara con solo tocar la carcasa con la mano, revierta la polaridad del Plug del Cable de alimentación con Plug para hacer que encienda PL1.

NOTA.3

Si PL1 no se apagara con tocar la carcasa, entonces la polaridad de la alimentación es la correcta, o la tierra de un sistema trifásico de 3 líneas, o un sistema trifásico de 4 líneas no es utilizada, o el medidor está en un piso de una construcción de estructura de acero o en un aislamiento equivalente. Es necesario revisar después de completar el aterrizamiento con una pieza de hierro, etc.

NOTA.4

Asegúrese que las carcasas estén o no con la lámpara encendida, se deberá tener PL1 encendida.

*b. Prueba de operación*

1. Conecte el Cable del circuito común asignado al Conector común de Prueba (14. *EARTH SIDE*).
2. Conecte el Cable de salida de corriente asignado al Conector de salida de corriente (17. *A OUT*).
3. Usando el Cable de voltaje del relé de tierra asignado, conecte el Clip rojo a la terminal P en la parte trasera del relé de tierra y el Clip negro a la terminal PP. (Para relés con terminales P1P2, S1S2, M.L, etc., conéctelos en paralelo).



4. Inserte el conector del Cable de voltaje del relé de tierra antedicho dentro de la toma de alimentación de voltaje del relé de tierra (4. *AC CONSENT*) después de revisar la polaridad.
5. Asegúrese que la corriente de ajuste del Relé de Tierra, se ajuste el selector cambiador del volt-amperímetro (7. *METER RANGE*) en el rango donde la corriente de ajuste se lea sobre 2/3 de la escala.
6. Conecte el Cable del circuito común a la terminal *lt* del ZCT y el Cable de salida de corriente a la terminal *kt*.
7. Posicione en ON el Interruptor de alimentación *SOURCE*.
8. Des presione el pulsador de encendido (10. *SET-SW START*). Entonces el piloto de chequeo de que la fuente está alimentando PL2 y el piloto de chequeo de la corriente de salida (18. blanco) se encienden.
9. Gire a la derecha el regulador de voltaje y corriente de prueba para acercarse a la corriente de ajuste. En este momento, ajuste el selector cambiador de voltaje y corriente de salida a una posición apropiada entre  $5\Omega$  y  $100\Omega$ .
10. A la corriente de ajuste, el Relé trabajará y la alarma se activará.
11. La indicación del volt-amperímetro en este momento es de la corriente de operación.
12. Reajuste (RESET) el regulador de corriente y voltaje de prueba y des presione el pulsador de paro (11. *SET-SW STOP*).

13. Des presione el elemento de “RESET” del relé.
14. Si se promedia lo tomado en dos pruebas, un mayor valor preciso se obtiene.
15. De la misma manera pruebe con cada corriente de ajuste.

*c. Prueba de características del límite de tiempo*

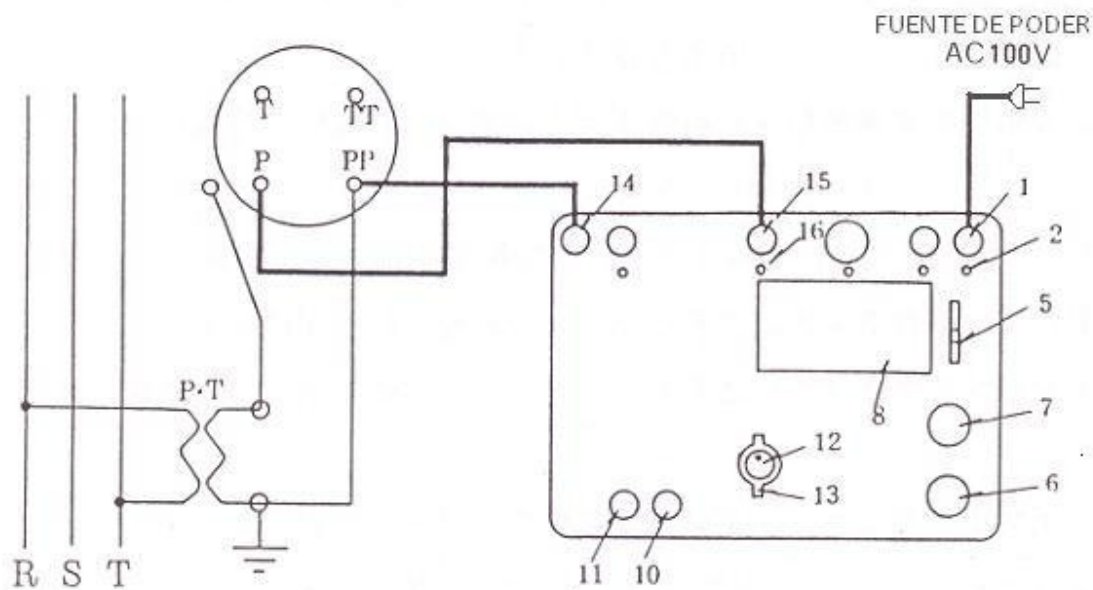
La prueba de características del límite de tiempo no puede ser conducido por este elemento solamente. Use simultáneamente un Contador de Pulsos, o use el Probador portable de relés de protecciones Modelo IP-R.

*d. Restauración del cableado.*

1. El cableado desconectado para ser empleado para la prueba, debe ser conectado en el estado original sin errores después de revisar sus signos y polaridades.
2. Aprete y revise los tornillos flojos.
3. Asegúrese de remover los cableados agregados para la prueba.
4. Asegúrese que la palanca de ajuste de la corriente esté en su tap prescrito.

### 2.13.2 Procedimientos de prueba del relé de sobre y bajo voltaje

Figura 84. Diagrama de la Conexión del relé de sobre y bajo voltaje



#### a. Operaciones para la preparación

1. Desconecte el OCB para probarlo sin carga.
2. Desconecte el lado de alto voltaje desconectando el interruptor y asegúrese por medio de un detector.
3. Posicione en OFF el interruptor de la fuente (5. *SOURCE SW*) de este elemento y cambie la salida del selector cambiador de voltaje y corriente de salida (6. *OUTPUT*) a 150V y el selector cambiador del volt-amperímetro en *OFF* (7. *METER RANGE*).

4. Cambie el regulador de voltaje y corriente de prueba (12. *TESTING*) y el regulador de voltaje y corriente nominal (13. *RATING*) a cero (posición . ).
5. Utilizando el Cable de alimentación con Plug, Introduzca la alimentación al conector de la fuente (1. *SOURCE POWER AC 100V*)

NOTA.

Refiérase a las Notas del 1. Al 4. Del inciso *a*. Del punto 2.13.1

*b. Prueba de Inicio*

1. Conecte el Cable del circuito común asignado al Conector común de Prueba (14. *EARTH SIDE*).
2. Conecte el Cable de salida de voltaje asignado al Conector de salida de voltaje (15. *V OUT*).
3. Remueva los cableados de las terminales P de la parte trasera del relé.
4. Conecte el Cable de voltaje de salida a la terminal P y el Cable del circuito común a la terminal PP.
5. Remueva la tapadera frontal del relé y ajuste la palanca del límite de tiempo a 10.

6. Ajuste el selector cambiador de voltaje y corriente de este elemento al rango donde el voltaje de prueba depende del valor del tap de ajuste se lea por encima de  $2/3$  de la escala en el caso de un relé de sobre-voltaje y donde el voltaje nominal se lea por encima de  $2/3$  de la escala en el caso de un relé de bajo voltaje.
7. Posicione en ON el Interruptor de alimentación *SOURCE*.
8. Gire a la derecha el regulador de voltaje y corriente nominal al voltaje nominal del relé.
9. En el orden de permitir un auto-calentamiento, aplique el voltaje nominal de 20 a 30 min antes de probar.
10. Asegúrese que el disco esté inactivo o detenido.
11. Luego, ajuste el regulador de voltaje y corriente de prueba aproximadamente a la misma posición que el regulador de voltaje y corriente nominal.
12. Des presione el pulsador de encendido (10. *SET-SW START*). Entonces la lámpara piloto de chequeo del voltaje de salida (16. rojo) se encenderá y el voltaje de prueba se obtendrá del Conector del Voltaje de Salida en lugar del voltaje nominal.
13. Gire el regulador de voltaje y corriente de prueba para acercarse al voltaje indicado por el tap de ajuste.
14. Gire suavemente hasta que el disco empiece a girar, la indicación del voltímetro en este momento es el voltaje de arranque.

15. Reajuste el regulador de voltaje y corriente nominal y el regulador de voltaje y corriente de prueba a 0.
16. Des presione el pulsador de paro (11. *SET-SW STOP*).
17. Si se promedia lo tomado en dos pruebas, se tendrá un mayor valor preciso.

*c. Prueba de características del límite de tiempo.*

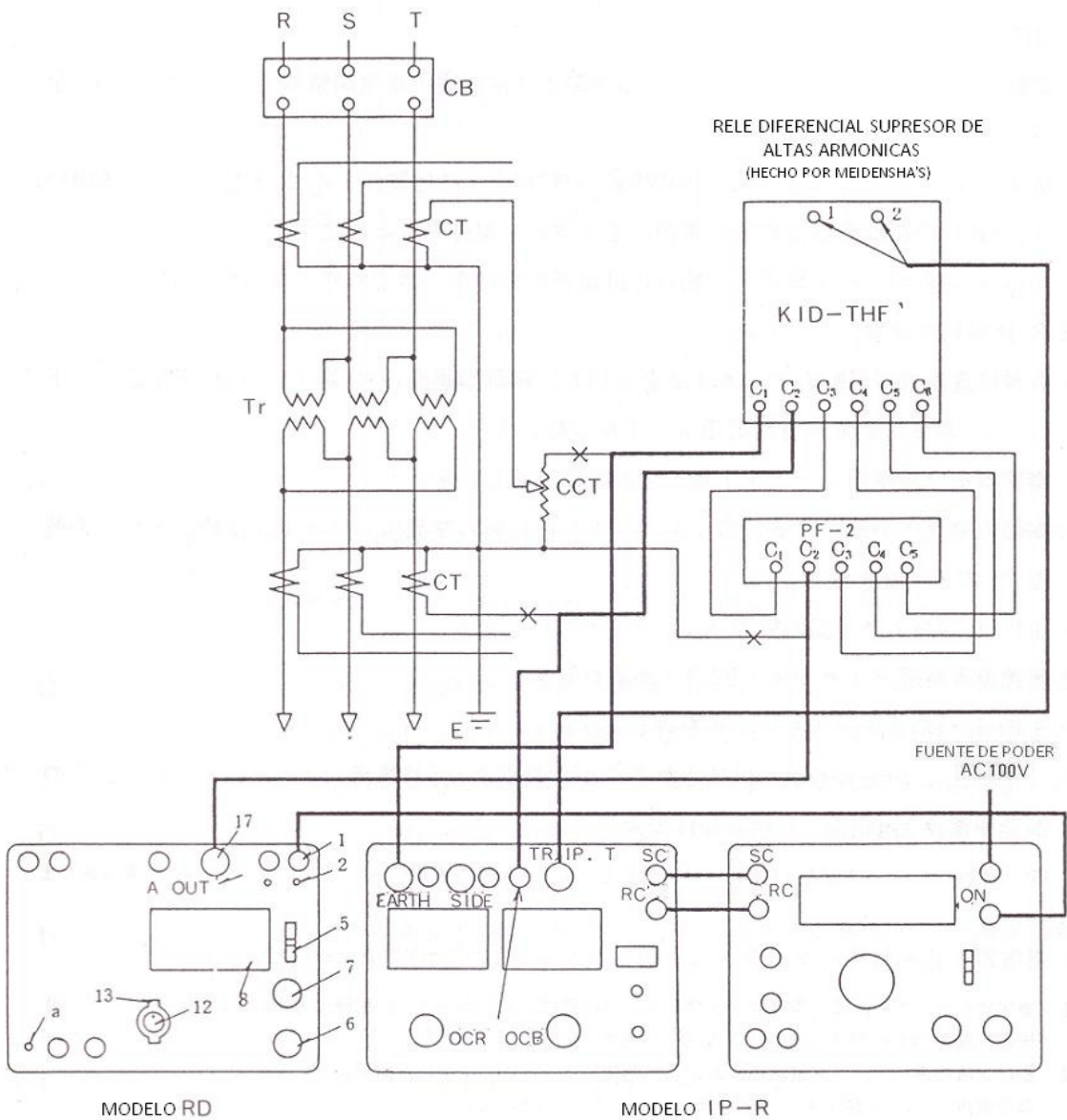
La prueba de características del límite de Tiempo no puede ser conducido por este elemento solamente, tal como el relé de Tierra. Use un Contador de Pulsos, o use el Probador portable de relés de protecciones Modelo IP-R.

*d. Restauración del cableado*

1. El cableado desconectado para ser empleado para la prueba, debe ser conectado en el estado original sin errores después de revisar sus signos y polaridades.
2. Asegúrese de que los tornillos flojos hayan sido apretados.
3. Asegúrese de desconectar los cableados agregados para la prueba.
4. Asegúrese que la palanca de ajuste de la corriente esté en su tap prescrito.

### 2.13.3 Procedimientos de prueba del relé diferencial

Figura 85. Diagrama de la Conexión del relé diferencial



#### NOTA.1

Desde que el relé diferencial proporcional es destinado para la protección del transformador, un relé tipo supresor de altas armónicas es usado tal como para eliminar operación errónea, debido a la corriente de excitación, incluidas las altas armónicas, en aplicación y cancelación del voltaje. A la vez las corrientes primaria y secundaria nominales del transformador el cual son diferentes están emparejadas por el CCT (Transformador de Corriente de Compensación) por sus siglas en Ingles.

##### *a. Preparación para las Operaciones*

1. Refiérase a las instrucciones para varios relés de protecciones en él *a* del 2.8.1, y desarrolle las operaciones de preparación del Modelo IP-R.
2. Posicione en *OFF* el interruptor de la fuente (5. *SOURCE SW*) de este elemento y cambie la salida del selector cambiador de voltaje y corriente de salida (6. *OUTPUT*) a  $100\Omega$  y el selector cambiador del volt-amperímetro en *SHORT* (7. *METER RANGE*).
3. Cambie el regulador de voltaje y corriente de prueba (12. *TESTING*) y el regulador de voltaje y corriente nominal (13. *RATING*) a cero (posición . ).
4. Introduzca la alimentación del Conector de fuente de voltaje del relé de Tierra del Modelo IP-R al Conector de alimentación (1. *SOURCE POWER A.C. 100V*), usando el Cable de Inter-bloqueo IP-R.
5. Cuando use el Cable de Inter-bloqueo IP-R, es tal arreglado, para que la polaridad de la fuente sea correcta.



*b. Prueba a las características proporcionales*

1. Refiérase a las instrucciones para varios relés de protecciones en el *b* del 2.8.1, conecte el Cable de circuito común a la Terminal C1 en la parte trasera del Relé Y el Cable del Relé de Sobre-corriente a la Terminal C2.
2. Conecte el contacto del relé conectando el Cable a la Terminal 1 y Terminal 2.
3. Conecte el Cable de corriente de salida asignado al Conector de corriente de salida (17. A *OUT*) de este elemento y luego a la Terminal C2 del Filtro tipo PF.
4. Posicione en *ON* el Modelo IP-R y este elemento.
5. La lámpara piloto de chequeo de que la fuente está alimentando PL2 se enciende.
6. Des presione el pulsador *START* del Modelo IP-R.
7. La corriente suministrada del Modelo IP-R en este estado es la corriente de carga (corriente nominal) y que en este elemento es la corriente de operación (corriente diferencial).

NOTA.1

Ajustando el Interruptor de inter-bloqueo IP-R (9) al lado del I.N.L del IP-R, el pulsador *START* de este elemento no necesita ser des presionado.

8. Refiérase a la Tabla de características proporcionales del relé, ajuste la corriente de carga a 0 y suministre únicamente la corriente de operación.

NOTA.1

El rango del valor de ajuste del tap difiere con los fabricantes y objetivo de protección, del 20% a 25% para protección de maquinas rotativas y del 30% a 125% para protección de transformadores.

NOTA.2

La corriente de operación es obtenida multiplicando la corriente de carga por el % de ajuste del tap indicado. Por ejemplo:

Corriente de carga (5A) x Ajuste del tap (2.5%) = Corriente de operación (125mA)

Corriente de carga (5A) x Ajuste del tap (20%) = Corriente de operación (1A)

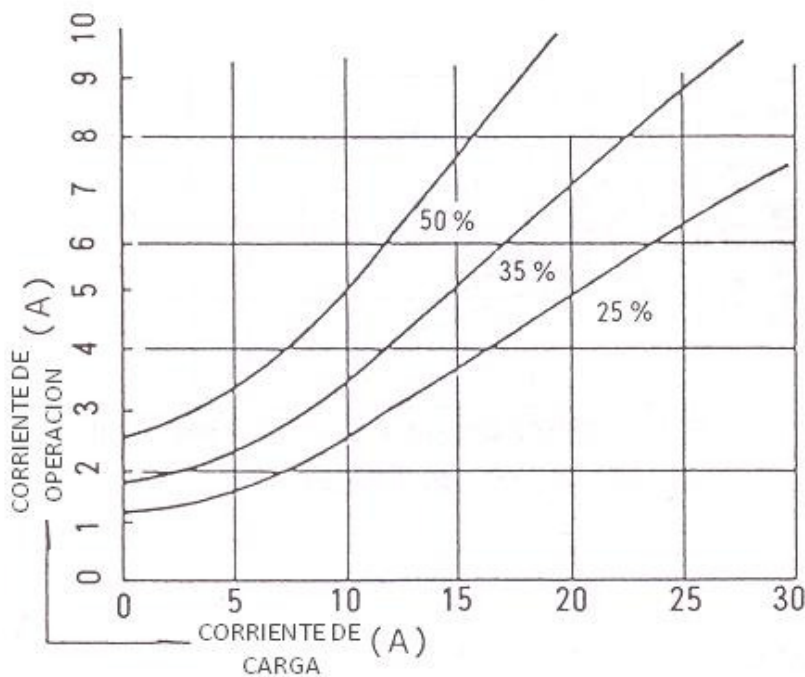
9. Refiérase al *b* del 2.13.1, para el método que causa que la corriente de operación fluya.
10. Luego, gradualmente incremente la corriente de carga, determine las características de corriente de carga vs. Corriente de operación. Haga lo mismo para cada Ajuste del tap.
11. A la corriente de carga por acerca de 20 A (de 4 a 8 veces del rango), la proporción prescrita (%) es alcanzable. Para una baja corriente, la proporción es alta.

NOTA.

Cuando la curva de característica proporcional mostrada abajo es considerada respecto al KID-THF utilizado en el Diagrama de conexiones, la corriente de operación es de 5A a la corriente de carga de 20A y el ajuste del tap es de 25%, y 7A al ajuste del tap de 35%.

Esto es debido al resorte de control y a la pérdida por fricción que la corriente de operación es de 1 a 3A incluso cuando la corriente de carga sea de 0A.

**Figura 86. Corriente de carga frente a corriente de operación**



12. La ventaja del relé diferencial proporcional es que no opera erróneamente debido a la característica de fluctuación de la corriente del transformador cuando una corriente grande pasa por un corto externo. Tomando en consideración que el relé no opera bajo la corriente de operación que se incrementa en proporción a la corriente de carga, es necesario examinar las características para aproximar la máxima corriente de corto del circuito usado.
13. Para el relé diferencial proporcional de 3 hilos o 4 hilos, el método de prueba es el mismo pero la dirección de la corriente debe ser dada en suficiente consideración.

14. Ajuste el *VOLTAGE REGULATOR* del Modelo IP-R a 0 y también el regulador de voltaje y corriente de prueba de este elemento a 0.
15. Des presione el pulsador *STOP* del Modelo IP-R.
16. Si se promedia lo tomado en dos pruebas, se tendrá un mayor valor preciso.

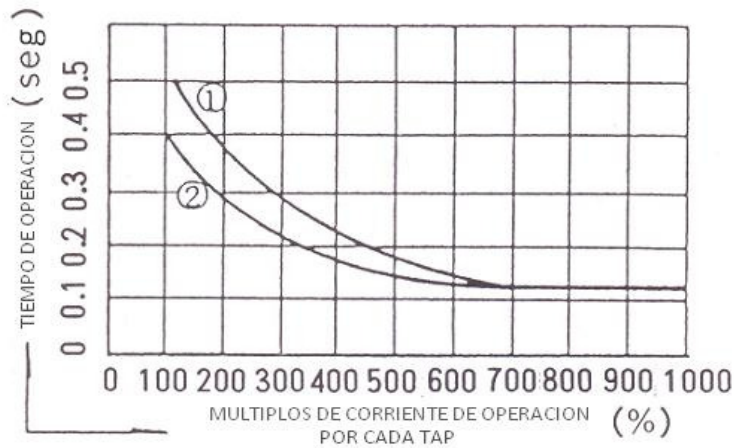
*c. Prueba de Características del Tiempo de Operación.*

1. Desarrolle las operaciones de los incisos 1. Al 6. Del *b* del 2.13.3
2. Refiérase a las instrucciones para varios relés de protecciones en el *c* del 2.8.1, ajuste el contador de pulsos.
3. Alimente únicamente la corriente de operación en el relé, mida el tiempo de operación con el contador de pulsos.

NOTA.

Las características de tiempo de operación de un relé tipo disco indicador es aproximadamente como en la figura siguiente el cual indica el tiempo de operación vs. múltiplos de la mínima corriente de operación. 1) es el caso en el cual la corriente de carga es de 5A y 2) para una corriente de carga de 0A.

**Figura 87. Corriente de operación frente a tiempo de operación**



4. Reajuste el regulador de voltaje y corriente de prueba a 0.
5. Des presione el pulsador STOP del Modelo IP-R.
6. Si se promedia lo tomado en dos pruebas, se obtendrá un mayor valor preciso.

*d. Otras Pruebas de Características*

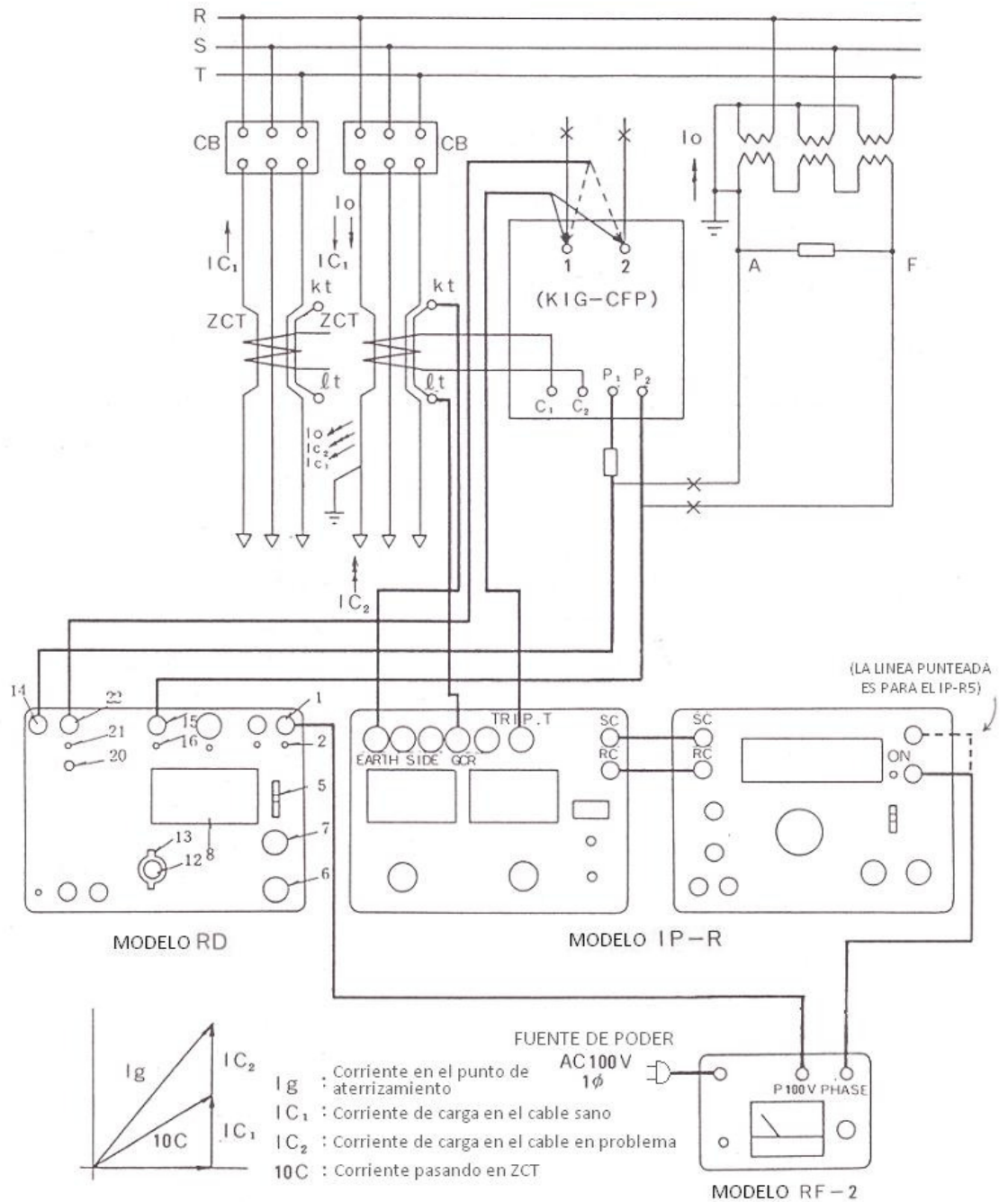
Hay pruebas como Prueba de Características de la Frecuencia, la Prueba de Características de la Onda Fundamental de la corriente vs. Las Altas Armónicas, etc., pero estas Pruebas no pueden ser conducidas por el Modelo IP-R y este elemento solamente.

*e. Restauración de las Conexiones*

Refiérase al *d* del 2.13.1

### 2.13.4 Procedimientos de prueba del relé direccional de tierra

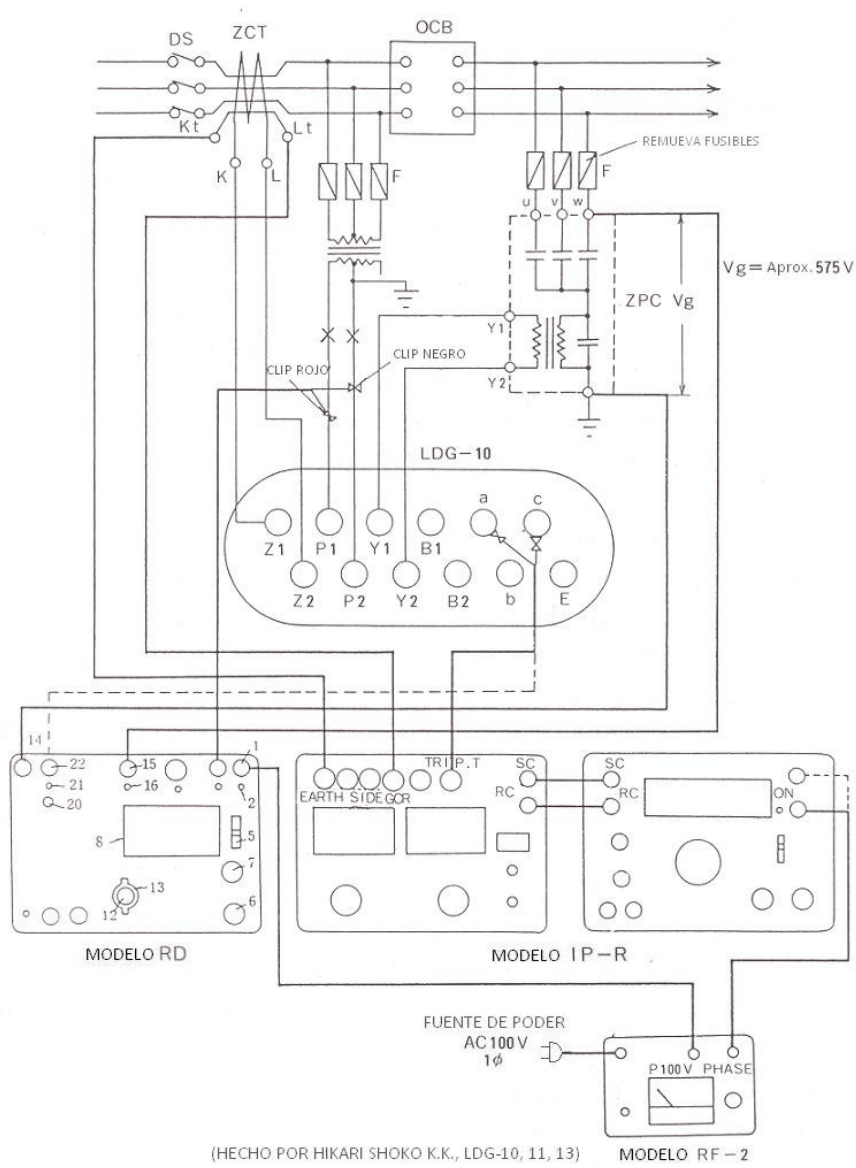
**Figura 88. Diagrama de la conexión del relé direccional de tierra**



NOTA.

Cuando la corriente que fluye a las terminales *kt* y *lt* del relé excede 1A, revierta la manera de introducir la alimentación del Cambiador de Fase y pruebe con la corriente como si fuera estándar.

**Figura 89. Diagrama de la conexión del relé direccional de tierra (adicional)**



a. *Preparaciones de la operación*

1. Refiérase a las instrucciones para varios relés de protecciones en el *a* del 2.8.1, desarrolle las operaciones de preparación del Modelo IP-R.
  - a. Ajuste el TEST RANGE al rango GCR en la Unidad Operativa de Medición.
  - b. Conecte el Cable de Relé de Tierra al Conector GCR en la Unidad Operativa de Medición.
  - c. Cambie el Interruptor selector de corriente para el Relé de tierra GCR CT RANGE de acuerdo al valor de ajuste de la Unidad de Fuente Resistiva.
    - Valor de ajuste por debajo de 0.5A → Ajuste a “0.5A”
    - Valor de ajuste por debajo de 1A → Ajuste a “1A”
2. Refiérase al Manual de Instrucciones del Cambiador de Fase que está más adelante, desarrolle las operaciones de preparación para el Cambiador de Fase y luego posicione en *OFF* el Interruptor de la fuente.
3. Ponga el Interruptor de la fuente de este elemento en *OFF* (5. *SOURCE SW*) y ajuste el Selector cambiador de voltaje y corriente de salida (6. *OUTPUT*) a 150V y el Selector cambiador del volt-amperímetro (7. *METER RANGE*) en *OFF*.
4. Ajuste el regulador de voltaje y corriente de prueba (12. *TESTING*) y el regulador de voltaje y corriente nominal (13. *RATING*) a cero (posición . ).



5. Introduzca la alimentación del Modelo IP-R de las terminales de salida de fase del Cambiador de Fase *OUTPUT* para la conexión del cable, utilice el Cable de salida de fase asignado del Cambiador de Fase.
6. Introduzca la alimentación de este elemento de las terminales de salida estándar del Cambiador de Fase *OUTPUT* usando el conector de la fuente (1. *SOURCE POWER AC 100V*) y el Cable de inter-bloqueo IP-R asignado.

*b. Prueba de Características voltaje y corriente*

1. Conecte el Cable de circuito común del Modelo IP-R a la terminal *kt* del ZCT y el Cable del relé de tierra a la terminal *lt*.

NOTA.

Cuando las terminales *kt* y *lt* no están presentes en el ZCT, conecte el final de ambos de una fase que pase a través del ZCT.

2. Conecte el Conector de voltaje de salida (15. V *OUT*) de este elemento a la terminal P1 por el Cable de voltaje de salida asignado, y el Conector común de prueba (14. *EARTH SIDE*) a la terminal P2 por el Cable del circuito común asignado.
3. Conecte el Conector de chequeo de operación de los contactos (22. *CONTACT CHECK*) a las terminales 1 y 2 por el Cable de chequeo de operación de los contactos asignado.
4. Posicione en *ON* el Interruptor de chequeo de operación de los contactos (20).

5. Posicione en *ON* los Interruptores de alimentación del Cambiador de Fase, Modelo IP-R y este elemento.
6. Des presione el pulsador *START* del Modelo IP-R.
7. No es necesario des presionar el pulsador *START* de este elemento.
8. Bajo este estado, la corriente es suministrada del Modelo IP-R y el voltaje estándar de este elemento.
9. Deje el ángulo de fase del Cambiador de Fase por lo menos a  $0^\circ$ .

NOTA.

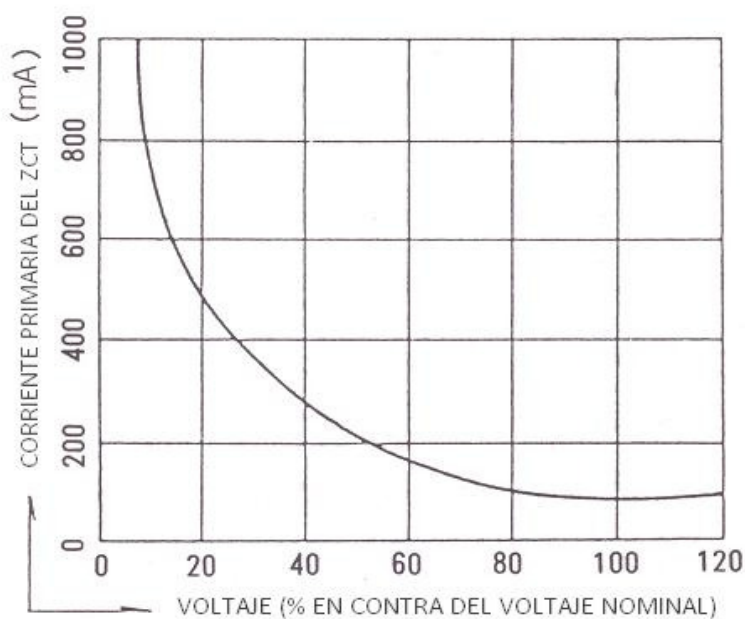
Generalmente, la sensibilidad es máxima cuando la corriente adelanta al voltaje por acerca de  $10^\circ$  en fase, debido a la componente resistiva de la bobina de potencial. También debido a la resistencia de ajuste de fase, la sensibilidad es máxima con una corriente en adelanto inmóvil; sin embargo las pruebas son usualmente conducidas con el voltaje y la corriente en fase.

10. Cambie los rangos apropiados del Selector cambiador de voltaje y corriente de salida (6) y el Selector cambiador del volt-amperímetro (7) en contra del voltaje nominal del Relé, ajuste el regulador de voltaje y corriente nominal (13) e incremente el voltaje.
11. Gire el Regulador de voltaje gradualmente en la Unidad de Fuente Resistiva del IP-R mientras observa el amperímetro y el incremente la corriente para poder obtener la Corriente de operación en contra del Voltaje.

NOTA.

La figura abajo son las características del voltaje y corriente.

**Figura 90. Características del voltaje y corriente**



12. La operación puede emplearse revisándola por la Lámpara de chequeo de operación de los contactos (21) de este elemento.

NOTA 1.

En este momento, no conecte el Cable que conecta los contactos del Relé del IP-R.

NOTA 2.

Si una operación no toma lugar, cambie las conexiones de P1 y P2.

NOTA 3.

Desde que varios de estos relés han sido desarrollados para tiempos cortos, entonces pruébelo rápidamente.

13. Reajuste el *VOLTAGE REGULATOR* del Modelo IP-R a 0, y también el Regulador de voltaje y corriente nominal a 0.
14. Des presione el pulsador *STOP* del Modelo IP-R.
15. Posicione en *OFF* los Interruptores de alimentación del Cambiador de Fase, Modelo IP-R y este elemento.
16. Si se promedia lo tomado en dos pruebas, se obtendrá un mayor valor preciso.

*c. Pruebas de características de fase*

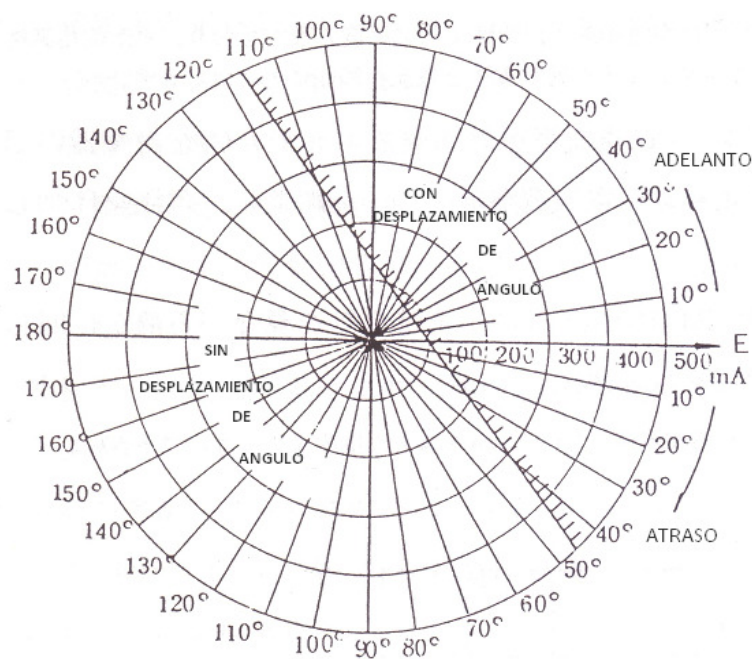
1. Desarrolle las operaciones del inciso 1. Al 8. Del *b* del 2.13.4
2. Ajuste el regulador de voltaje y corriente de este elemento y aplique el voltaje nominal del Relé.
3. Refiérase a la Tabla de características de fase del Relé, ajuste el Cambiador de fase (refiérase al Manual de Instrucciones del Cambiador de fase) para ajustar la fase con el voltaje aplicado como si fuera estándar.
4. Mientras revisa la operación por medio de la lámpara de chequeo de operación de los contactos, determine las características de fase por medio de las coordenadas polares.

NOTA.

La figura mostrada abajo se refiere al KIG-CFF y son las características con el voltaje nominal 190V y la corriente primaria del ZCT de 100mA.

Las combinaciones de voltaje de línea y la fase de la corriente incluyen los  $30^\circ$  de la conexión de corriente en adelanto y los  $90^\circ$  de la conexión de corriente en adelanto. Generalmente los  $30^\circ$  de la conexión de corriente en adelanto es empleada con la resistencia de ajuste de fase de tal modo conectada para hacer la máxima sensibilidad al ángulo de  $I_g$  en el diagrama vectorial del diagrama de conexiones. Por lo tanto se indica que la máxima sensibilidad es por acerca de  $40^\circ$  en adelanto y declina a ángulos altos y bajos.

**Figura 91. Características de fase**



5. Desarrolle las operaciones del inciso 11. Al 15. Del *b* del 2.13.4

*d. Características del tiempo de Operación*

1. Desarrolle las operaciones del inciso 1. Al 2. Del *b* del 2.13.4

2. Conecte el Cable de conexión de los contactos del Relé del Modelo IP-R a las terminales 1 y 2.

NOTA.

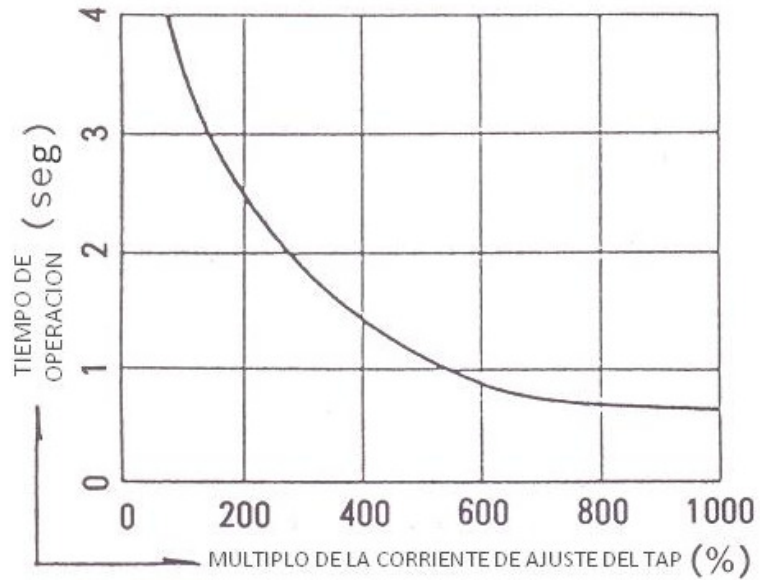
Asegúrese de desconectar el Cable de chequeo de operación de los contactos de este elemento de los Terminales 1 y 2.

3. Cambie el Selector cambiador del Contador de pulsos del Modelo IP-R al rango asociado a la construcción de los contactos.
4. Desarrolle las operaciones del inciso 5. Al 9. Del *b* del 2.13.4
5. Aplique el voltaje nominal por este elemento.
6. Des presione el pulsador *START* del Modelo IP-R y suministre la corriente correspondiente al múltiplo del valor de ajuste del tap.
7. Simultáneamente así como el Relé opera, el contador de pulsos se detiene; el tiempo indicado entonces es el tiempo de operación.
8. Mensure el Tiempo de Operación vs. Valores varios de corriente.

NOTA.

La figura mostrada abajo son las características del tiempo de operación del KIG-CFF. Un relé de alta velocidad opera por acerca de 30ms al 1000% del voltaje nominal.

**Figura 92. Características de tiempo-operación**



*d. Restauración de las Conexiones*

Refiérase al *e.* del punto 2.8.1

## **2.14 Hojas de Fichas de Prueba de los relés en mención**





<b>FICHA DE PRUEBA</b>		FECHA:		
		PROBADO POR:		
OBJETO A PROBAR RELE DE SOBRE Y BAJOCORRIENTE		NO. DE PLACA		
		NO. DE SERIE		
<b>Tipo y Forma</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Señalización</b>	<b>Cantidad</b>	<b>No. Elem.</b>
ICQ1 - S 1	(A) (Hz)	DC / (A)		
Valor de operación designado de los contactos "b".....				%

1. INSPECCION GENERAL-----

(Aparencia externa, dimensiones, pintura, soldaduras, cableado, cerraduras etc.)

2. PRUEBA DE AISLAMIENTO-----

	Medición de la Resistencia de	Prueba de Voltaje de Soporte	Temperatura: _____
Entre todo el circuito eléctrico y la	Mayor de 10 MΩ	2000V AC por 1 minuto	Humedad: _____
Entre cada circuito eléctrico	Mayor de 5 MΩ	2000V AC por 1 minuto	

3. PRUEBA DE CARACTERÍSTICAS-----

3.1 PRUEBA DE OPERACIÓN

1 Valor de operación de los contactos "a"..... Valor de ajuste ± 5 %

2 Valor de operación de los contactos "b".....

(Valor de ajuste del tap) X (Valor designado%) ± 5 %

3 Tiempo de cierre de los contactos "a"..... (Refiérase a la Fig.1)

Alimentación del 150%, 300% y 500% de la corriente del valor del ajuste del tap.....

..... Características de la Fig.1

4 Tiempo de cierre de los contactos "b"..... (Refiérase a la Fig.1)

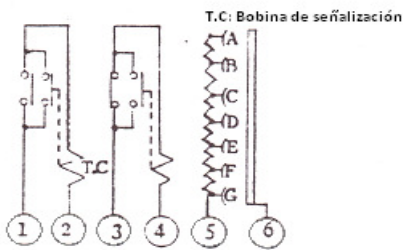
Cambio repentino del 150% de la corriente que fluye del valor de ajuste del tap a cero.....

..... Características de la Fig.1 ± 10%

3.2 PRUEBA DE SEÑALIZACIÓN: Al 100% de la corriente nominal seguramente recogida al 50% de no-operación

P. Selec.	Corriente Nominal	Ajuste del Tap (V)								Burden P. Selec.	Corriente Nominal	VA	
		A	B	C	D	E	F	G	50 Hz			60 Hz	
	1.2 A	0.2	0.23	0.25	0.28	0.32	0.37	0.4		1.2 A			
	2.4	0.4	0.46	0.5	0.56	0.64	0.74	0.8		2.4			
	6	1	1.15	1.25	1.4	1.6	1.85	2		6			
	8	2	2.3	2.5	2.8	3.2	3.7	4		8			
	12	4	4.6	5	5.6	6.4	7.4	8		12			

CONEXIONES INTERNAS



Forma ST1 (con bandera)  
Forma SG1 (sin bandera)

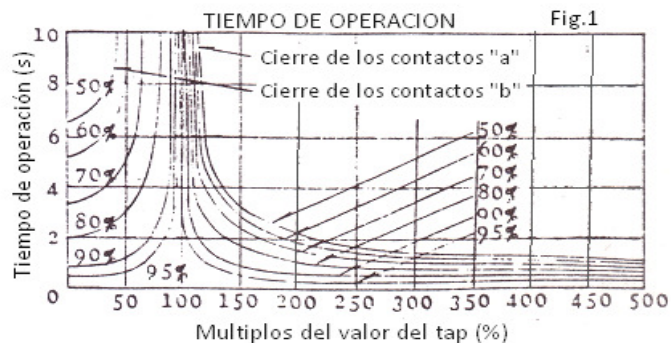
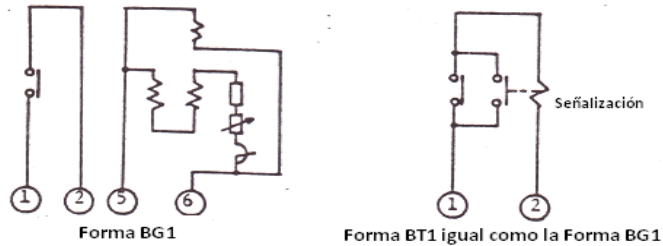


Fig.1

<b>FICHA DE PRUEBA</b>		FECHA:		
		PROBADO POR:		
OBJETO A PROBAR RELE DE SOBREVOLTAJE		NO. DE PLACA		
		NO. DE SERIE		
<b>Tipo y Forma</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Señalización</b>	<b>Cantidad</b>	<b>No. Elem.</b>
IVO 2	(V) (Hz)	DC / (A)		

CONEXIONES INTERNAS



1. INSPECCION GENERAL-----

(Apariencia externa, dimensiones, pintura, soldaduras, cableado, cerraduras etc.)

2. PRUEBA DE AISLAMIENTO-----

	Medición de la Resistencia de Aislamiento	Prueba de Voltaje de Soporte	Temperatura: _____
Entre todo el circuito eléctrico y la carcasa	Mayor de 10 MΩ	2000V AC por 1 minuto	Humedad: _____
Entre cada circuito eléctrico	Mayor de 5 MΩ	2000V AC por 1 minuto	

3. PRUEBA DE CARACTERISTICAS-----

- 3.1 VALOR DE OPERACIÓN----- (valor de ajuste de la escala  $\pm 5\%$ )
- 3.2 VALOR DE REAJUSTE----- Mayor que el 90% del valor de ajuste de la escala
- 3.3 TIEMPO DE OPERACIÓN----- Cuando se aplique el 150% del voltaje del valor de escala a la mínima escala de ajuste . . . . . 0.1  $\approx$  0.2 seg
- 3.4 PRUEBA DE SEÑALIZACION: Al 100% de la corriente nominal seguramente recogida al 50% de no-operación
- 3.5 BURDEN

P.Selec.	Clasificación	50 Hz	60 Hz
	110V	5.2	4.8 VA
	220V		

P.Selec.	Clasificación	Rango de Ajuste (V)			
	110V	120	130	140	150
	220V	240	260	280	300

Nota:

- 1- Para protección de la vibración del disco durante su transporte, el disco debe de asegurarse con papel, porfavor retirelo cuando el relé vaya e ser usado.
- 2- Se recomienda que se debe de hacer una prueba periódica para revisar si hay suciedad que pueda encontrarse en el magneto de amortiguación.
- 3- Se necesita un manejo cuidadoso de los tornillos marcados con punto blanco el cual estan fijos, porque son importantes para mantener la función adecuada la cual se variaría si los tornillos son removidos

<b>FICHA DE PRUEBA</b>		FECHA:	
		PROBADO POR:	
OBJETO A PROBAR RELE DE BAJOVOLTAJE		NO. DE PLACA	
		NO. DE SERIE	
<b>Tipo y Forma</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Señalización</b>	<b>Cantidad</b>
IVU3 - B 1	(V) (Hz)	DC / (A)	
		<b>No. Elem.</b>	

Clasificación	Tap	Ajuste del Tap (V)								Burden	Clasificación	Hz		
		A	B	C	D	E	F	G	H			110V	50	60
110V	55	61	67	74	82	91	100	110		110V	17	20VA		
220V	110	122	134	148	164	182	200	220		220V	17	20		

1. INSPECCION GENERAL-----

(Apariencia externa, dimensiones, pintura, soldaduras, cableado, cerraduras etc.)

2. PRUEBA DE AISLAMIENTO-----

	Medición de la Resistencia de	Prueba de Voltaje de Soporte	Temperatura: _____
Entre todo el circuito electrico y la	Mayor de 10 MΩ	2000V AC por 1 minuto	Humedad: _____
Entre cada circuito electrico	Mayor de 5 MΩ	2000V AC por 1 minuto	

3. PRUEBA DE CARACTERISTICAS-----

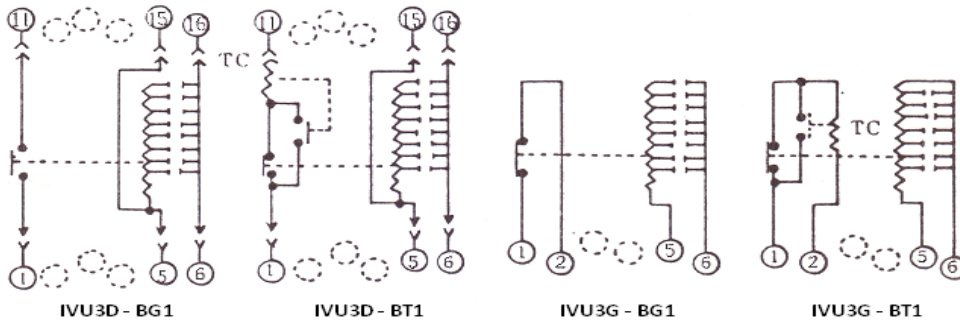
3.1 VALOR DE OPERACIÓN----- (valor de ajuste de la escala ±5%)

3.2 VALOR DE REAJUSTE----- Menor que el 110% del valor del tap

3.3 TIEMPO DE OPERACIÓN----- Cuando repentinamente cambie del 110% del valor de ajuste a cero voltios . . . . . 0.2 ≈ 0.35 seg

3.4 PRUEBA DE SEÑALIZACION: Al 100% de la corriente nominal seguramente recogida al 50% de no-operación

CONEXIONES INTERNAS



Nota:

- 1- El ajuste del tap debe de hacerse despues de confirmar cuales contactos suavemente se reajustan y revisar en todo caso polvo o suciedad que se pueda encontrar en el magneto de amortiguación.
- 2- Notese que la prueba del relé extraible de la carcasa, el valor de operación del elemento principal muestre un valor bajo y un tiempo de operación más rapido que el de la plaqueta del relé.
- 3- Se necesita un manejo cuidadoso de los tornillos marcados con punto blanco el cual estan fijos, porque son importantes para mantener la función adecuada la cual se variaría si los tornillos son removidos

<b>FICHA DE PRUEBA</b>		FECHA:			
		PROBADO POR:			
OBJETO A PROBAR RELE DIFERENCIAL		NO. DE PLACA			
		NO. DE SERIE			
<b>Tipo y Forma</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Señalización</b>	<b>Rango de ajuste(%)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>No. Elem.</b>
IBR2 - BT1	(A) (Hz)	DC (A)	100-200-300-400-500		

1. INSPECCION GENERAL-----

(Aparencia externa, dimensiones, pintura, soldaduras, cableado, cerraduras etc.)

2.PRUEBA DE AISLAMIENTO-----

	Medición de la Resistencia de Aislamiento	Prueba de Voltaje de Soporte	Temperatura: _____
Entre todo el circuito electrico y la carcasa	Mayor de 10 MΩ	2000V AC por 1 minuto	Humedad: _____
Entre cada circuito electrico	Mayor de 5 MΩ	2000V AC por 1 minuto	

3.PRUEBA DE CARACTERISTICAS-----

3.1 PORCENTAJE - PROPORCIONAL

TERMINAL 5) y 7) LA MISMA FASE

1) Prueba de Ajuste  $\% = \frac{3I_d - I_g}{I_g} * 100 (I_d > I_g)$   $\% = \frac{I_g - 3I_d}{3I_d} * 100 (I_g > I_d)$

Escala \ No.		$I_g > I_d$ $I_g = 4.5$ A (Cte.)		Escala \ No.		$I_d > I_g$ $I_d = 1.5$ A (Cte.)	
500 %				500 %			
300				300			
200				200			
100				100			

2)

Escala \ No.		$I_g > I_d$ 500 % (Cte.)		Escala \ No.		$I_d > I_g$ 500 % (Cte.)	
0.5	(A)			0.5	A	1.5	A
1.5							
3.0							

3.2 CARACTERISTICAS DE TIEMPO - OPERACION

(segundos)

Escala \ No.		A la corriente $I_d$ con la $I_g$ constante		Escala \ No.		500 % (Cte.)		100 % (Cte.)	
1.5	A	0.5	A						
3.0		1.0							
4.5		1.5							

3.3 BURDENS

Terminal $I_d$ 5), 6)	Corriente diferencial de la fase cero	Corriente Nominal	VA
Terminal $I_g$ 7), 8)	Corriente secundaria a tierra del punto neutral	5 A	VA

3.4 PRUEBA DE SEÑALIZACION: Al 100% de la corriente nominal seguramente recogida al 50% de no-operación

<b>FICHA DE PRUEBA</b>		FECHA:		
		PROBADO POR:		
OBJETO A PROBAR RELE DIRECCIONAL DE TIERRA		NO. DE PLACA		
		NO. DE SERIE		
<b>Tipo y Forma</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Señalización</b>	<b>Cantidad</b>	<b>No. Elem.</b>
IDG5 - B 1	(A) (V) (Hz)	DC / (A)		

1. INSPECCION GENERAL-----

(Apariencia externa, dimensiones, pintura, soldaduras, cableado, cerraduras etc.)

2. PRUEBA DE AISLAMIENTO-----

	Medición de la Resistencia de Aislamiento	Prueba de Voltaje de Soporte	Temperatura: _____
Entre todo el circuito eléctrico y la carcasa	Mayor de 10 MΩ	2000V AC por 1 minuto	Humedad: _____
Entre cada circuito eléctrico	Mayor de 5 MΩ	2000V AC por 1 minuto	

3. MEDICION DEL BURDEN

	No.	<i>I</i>				Unidad
$I_o$ , terminales entre 5) y 6)	0.25 A	0.612				(VA)
$V_o$ , terminales entre 7) y 8)	110 V	27.9				(VA)

4. PRUEBA DE CARACTERISTICAS-----

4.1 Características de Fase (ángulo de fase del límite de operación, corriente atrasada del voltaje)

$V_o = 50\%$  del voltaje nominal,  $I_o = 5mA$  (Terminales 5) y 7) en la misma polaridad)

(Angulo de fase en grados)

No. Rango	<i>I</i>			
Angulo de fase de operación	232.2 - 24.8			

4.2 Características de Voltaje - Corriente a  $I_o$  adelantada 52° constante

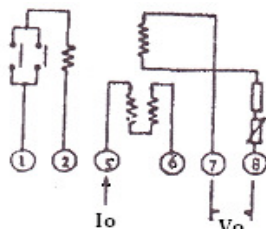
No. Rango	<i>I</i>			
Al voltaje nominal	0.674			
Al 50% del voltaje nominal	1.2			
Al 30% del voltaje nominal	1.97			

4.3 Tiempo de operación al 50% del voltaje nominal y  $I_o$  adelantada (4mA) 52°

Tiempo de operación: 2 seg ± 0.2 seg

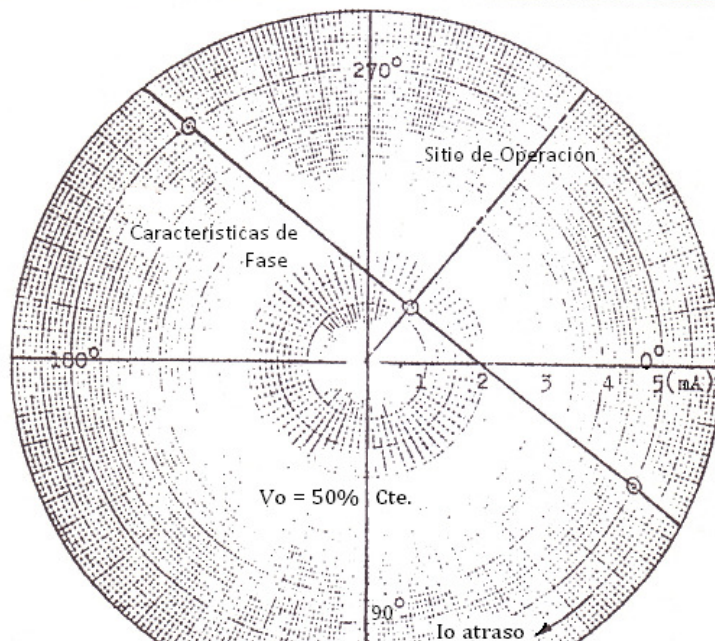
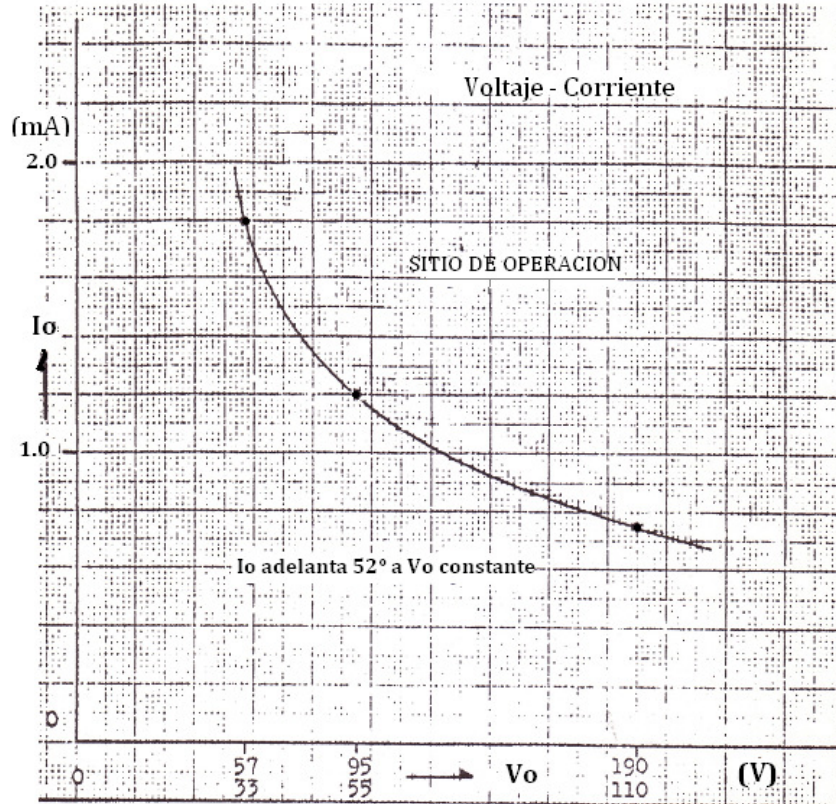
4.4 PRUEBA DE SEÑALIZACION: Al 100% de la corriente nominal seguramente recogida al 50% de no-operación

CONEXIONES INTERNAS



HOJA 1/2

**CARACTERISTICAS ESTANDAR DEL IDG5D**



HOJA 1/3

<b>FICHA DE PRUEBA</b>		FECHA:			
		PROBADO POR:			
OBJETO A PROBAR RELE DE SOBREPOTENCIA		NO. DE PLACA			
		NO. DE SERIE			
<b>Tipo y Forma</b>		<b>Clasificación</b>	<b>Señalización</b>	<b>Cantidad</b>	<b>No. Elem.</b>
IWO2 - A 1		(A) (V) (Hz)	DC / (A)		
<b>Con curvas características</b>		<b>Accesorios de resistencias</b>		<b>Fuente auxiliar</b>	
Pag. Siguietes		25W - 100W			

1. INSPECCION GENERAL-----

(Aparencia externa, dimensiones, pintura, soldaduras, cableado, cerraduras etc.)

2. PRUEBA DE AISLAMIENTO-----

	Medición de la Resistencia de Aislamiento	Prueba de Voltaje de Soporte	Temperatura: _____
Entre todo el circuito electrico y la carcasa	Mayor de 10 MΩ	2000V AC por 1 minuto	Humedad: _____
Entre cada circuito electrico	Mayor de 5 MΩ	2000V AC por 1 minuto	

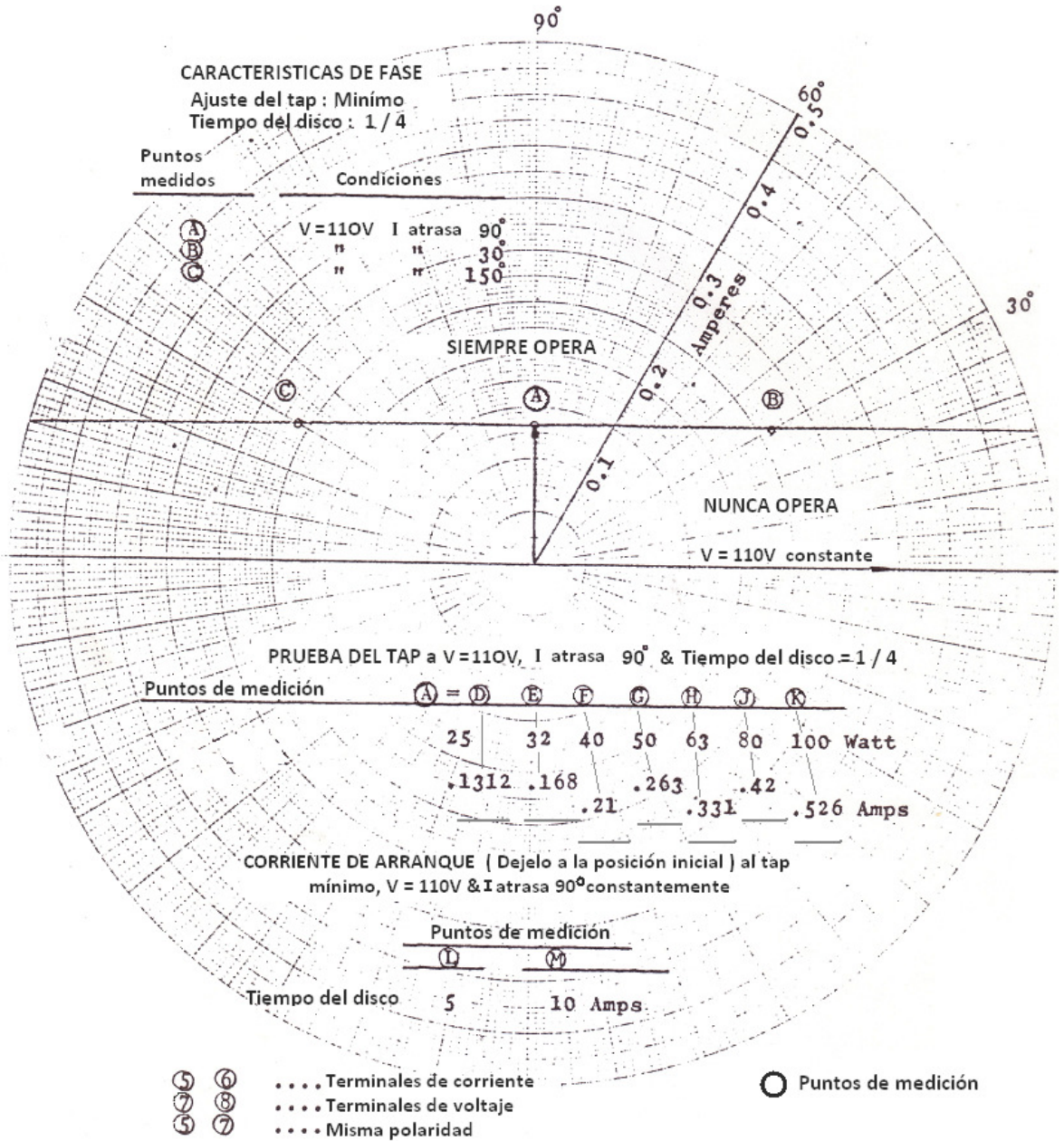
3. PRUEBA DE CARACTERISTICAS-----

(Tanto para los métodos ó condiciones, refiérase a las curvas características estándar anexadas)

Puntos de medición	No.	1	Unidad						
A		0.131							
B		0.263	(A)						
C		0.261	"						
D		0.131	"						
E		0.168	"						
F		0.209	"						
G		0.263	"						
H		0.331	"						
J		0.421	"						
K		0.525	"						
L		0.131	"						
M		0.136	"						
P		0.262	"						
Q		0.518	(A)						
R		2.06	(seg)						
S		3.61	"						
T		1.73	"						
U		2.32	"						
V		1.26	"						
W		0.406	(seg)						

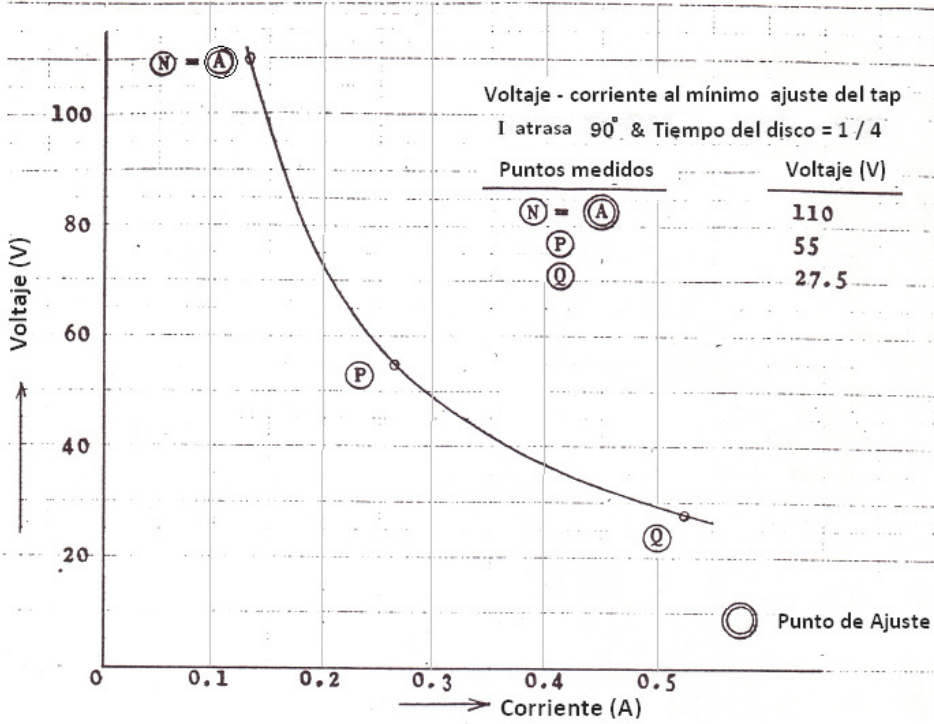
4. PRUEBA DE SEÑALIZACION: Al 100% de la corriente nominal seguramente recogida al 50% de no-operación

**CURVAS CARACTERISTICAS DEL IWO2D**

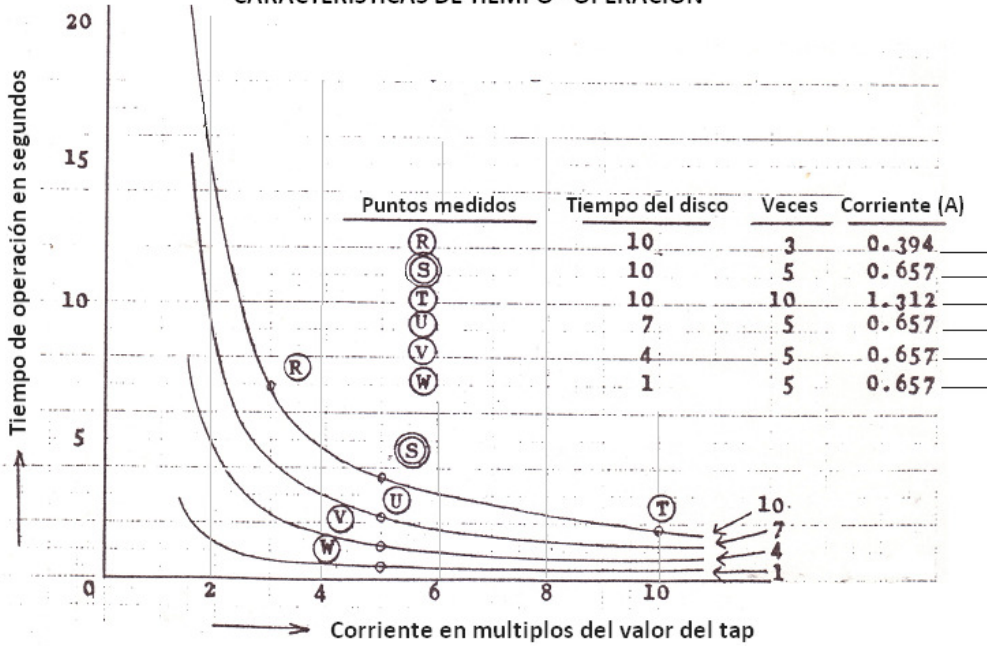




CARACTERISTICAS VOLTAJE - CORRIENTE



CARACTERISTICAS DE TIEMPO - OPERACION



## 2.15 Especificaciones del RF-2

Este equipo es un medidor portable que mide el ángulo de desfase que sirve para polarizar el relé direccional de tierra y se describe a continuación.

- Fuente de Alimentación: 100 Vac  $\pm$  10V, monofásico 50/60 Hz

- Salida

Salida de referencia: 100 Vac  $\pm$  10V, monofásico (igual al de la fuente de alimentación) 5A

Salida de cambio de fase:

1. Rango: 100 Vac  $\pm$  10V, monofásico (mayor que 65V con carga de 1A)
2. Factor de distorsión de la forma de onda: No mayor que 10% con carga nominal.
3. Rango de cambio de fase: 180° en adelanto a 0° a 180° en atraso con respecto a la salida de referencia

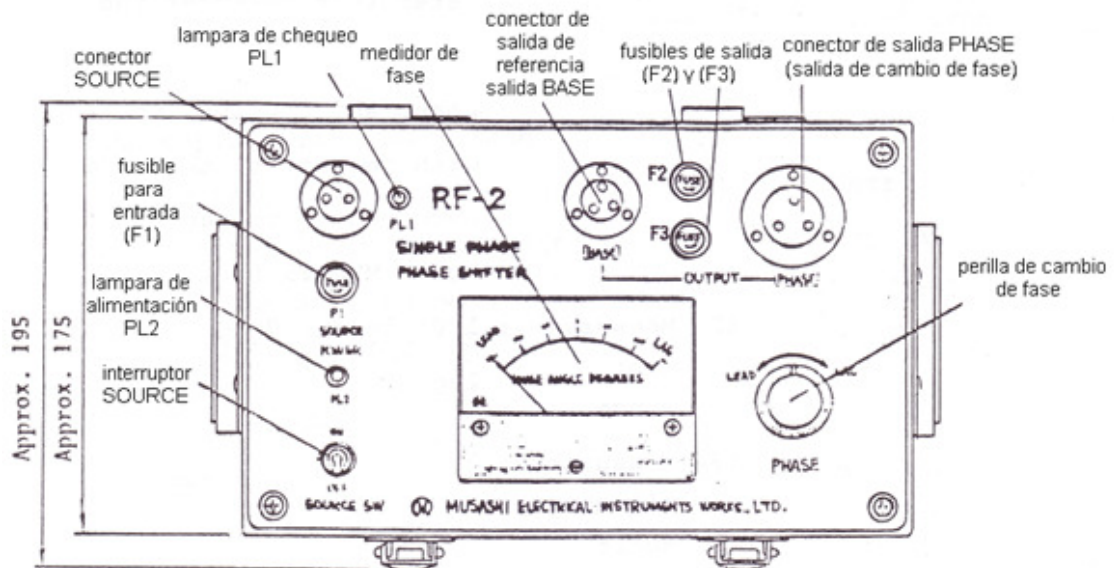
- Medidor de fase:

1. Tipo: Medidor de fase electrónico puramente que mide la diferencia de fase del voltaje de salida del cambio de fase con respecto al voltaje de salida de referencia del indicador Modelo MDR-25
2. Rango de medida: 180° en adelanto a 0° a 180° (360°) en atraso

3. Escala mínima de medición:  $5^\circ$
4. Precisión de la medición: Margen de  $\pm 3^\circ$  con respecto al valor indicado

- Descripción del Panel

**Figura 93. Descripción del panel del modelo RF-2**



### 2.15.1 Cambiador de fase monofásico (*SINGLE-PHASE PHASE SHIFTER*)

#### *Construcción*

Estacionario, carcasa de hoja de acero con el panel arriba. La cara del panel está provista con una cubierta de hoja metálica, y con manijas provistas en ambos lados.

### *Accesorios*

- |  |              |                 |
|--|--------------|-----------------|
| 1. Cable de potencia:                            | longitud: 3m | 1 pza.          |
| 2. Cable de salida de Voltaje de referencia:     | longitud: 3m | 1 pza.          |
| 3. Cable de salida de Voltaje de cambio de fase: | longitud: 3m | 1 pza.          |
| 4. Fusible de reemplazo 3A, 5A, 7A               |              | Uno de cada uno |

#### **2.15.1.1 Procedimientos de operación del relé direccional de tierra**

1. Ubique el instrumento en una posición estable y horizontal, gire la perilla de ajuste de cero del medidor de fase para ajustar la ajuga correctamente en 180 grados *LEAD* (adelanto), localizado a la izquierda final de la escala.
2. Verifique que el interruptor de alimentación *SOURCE* SW este en la posición de apagado (*OFF*).
3. Alimente con 100 Vac 50/60 Hz monofásico al conector de entrada *SOURCE POWER* usando el Cable de potencia de alimentación.
4. Aquí revise la polaridad de la alimentación en la lámpara de chequeo de polaridad PL1

Si la lámpara PL1 se apaga cuando usted toque la maleta, cambie la polaridad del conector *PLUG* del Cable de potencia que cause que PL1 encienda.

Si la lámpara PL1 no se apaga cuando usted toque la maleta, la polaridad de la alimentación es correcta o la potencia es suministrada por tres conductores trifásicos o por otros dos conductores sin usar el cable de tierra de un sistema trifásico de cuatro hilos, o el operador está pisando un edificio de estructura de acero o está en la misma condición de aislamiento (cuando el calce botas de resina sintética o suela de cuero). En ese evento, asegúrese que el aterrizamiento esté perfectamente directo a la estructura de acero. Asegúrese que cuando encienda la lámpara o cuando se apague, siempre se mantenga encendida.

5. Conecte la referencia de salida *BASE* del conector de salida *OUTPUT* a la entrada de alimentación *SOURCE POWER* del Modelo RD (Unidad de Potencia Bi-elemento) usando el Cable de alimentación.
6. Conecte la salida del cambio de fase del conector de salida *PHASE* al conector de la fuente de voltaje RD INT AUX *POWER* para el Relé de tierra de la sección de la Fuente Resistiva del IP-R, usando el cable de alimentación.
7. Verifique que el interruptor (No fusible) *SOURCE SW* del Modelo RD este apagado en *OFF*.
8. Verifique que el interruptor (No fusible) *SOURCE SW* del Modelo de la sección de la Fuente Resistiva del IP-R, este apagado en *OFF*. Posicione en *ON* el interruptor de fuente de voltaje (pequeño interruptor de palanca) para el Relé de tierra.
9. Encienda el interruptor (*ON*) *SOURCE SW* del RF-2. Aquí, la lámpara piloto PL2 se enciende.

10. Pruebe el Relé de acuerdo al manual de instrucciones para el Modelo RD (Unidad de Potencia Bi-elemento) y el Modelo IP-R.
  
11. Gire la perilla de ajuste de cambio de fase *PHASE* en sentido de las agujas del reloj (en la dirección de atraso) variando la salida de cambio de fase en dirección atrasada con respecto a la salida de referencia, y girando en contra del sentido de las agujas del reloj (en la dirección de adelanto) variando la salida de cambio de fase en dirección adelantada. La diferencia de fase en este tiempo puede ser chequeada en el medidor de fase.
  
12. Después de completar la prueba, apague (*OFF*) el interruptor no-fusible *SOURCE SW* del Modelo RD, el Modelo IP-R y apague (*OFF*) el interruptor *SOURCE SW* del RF-2.

Precaución de la Operación:

Precaución 1.

El requerimiento de potencia es 100 Vac 50/60 Hz. Si un sobre-voltaje es aplicado, el circuito interno podría quemarse. Así asegúrese de revisar la línea de alimentación antes de aplicarle potencia para trabajar

Precaución 2.

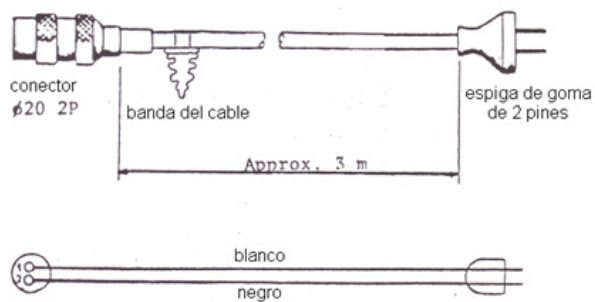
Cuando el Relé este probándose en combinación con el RD y el IP-R bajo paridad, el inciso 10, no alimente corriente de más de 1A. Si es operado encima de 1A de corriente, una sobrecarga puede ocurrir el circuito interno podría quemarse. Así asegúrese de revisar la alimentación antes de aplicarle potencia.

Precaución 3.

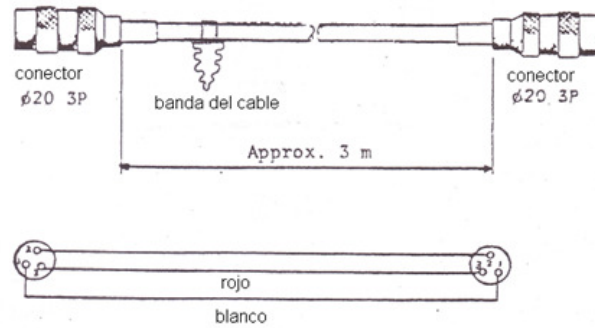
El instrumento toma varios segundos de recalentamiento después de encender (ON) el interruptor de potencia SOURCE SW.

**Figura 94. Descripción de los Cables**

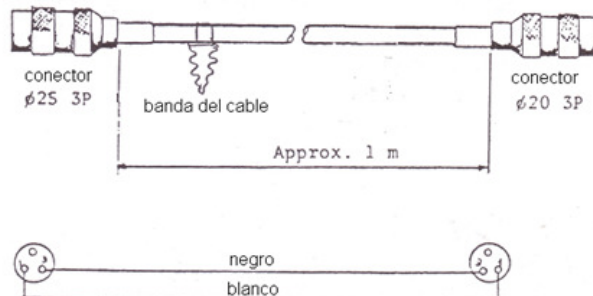
1. Cable de potencia (alimentación)



2. Cable de salida de referencia BASE

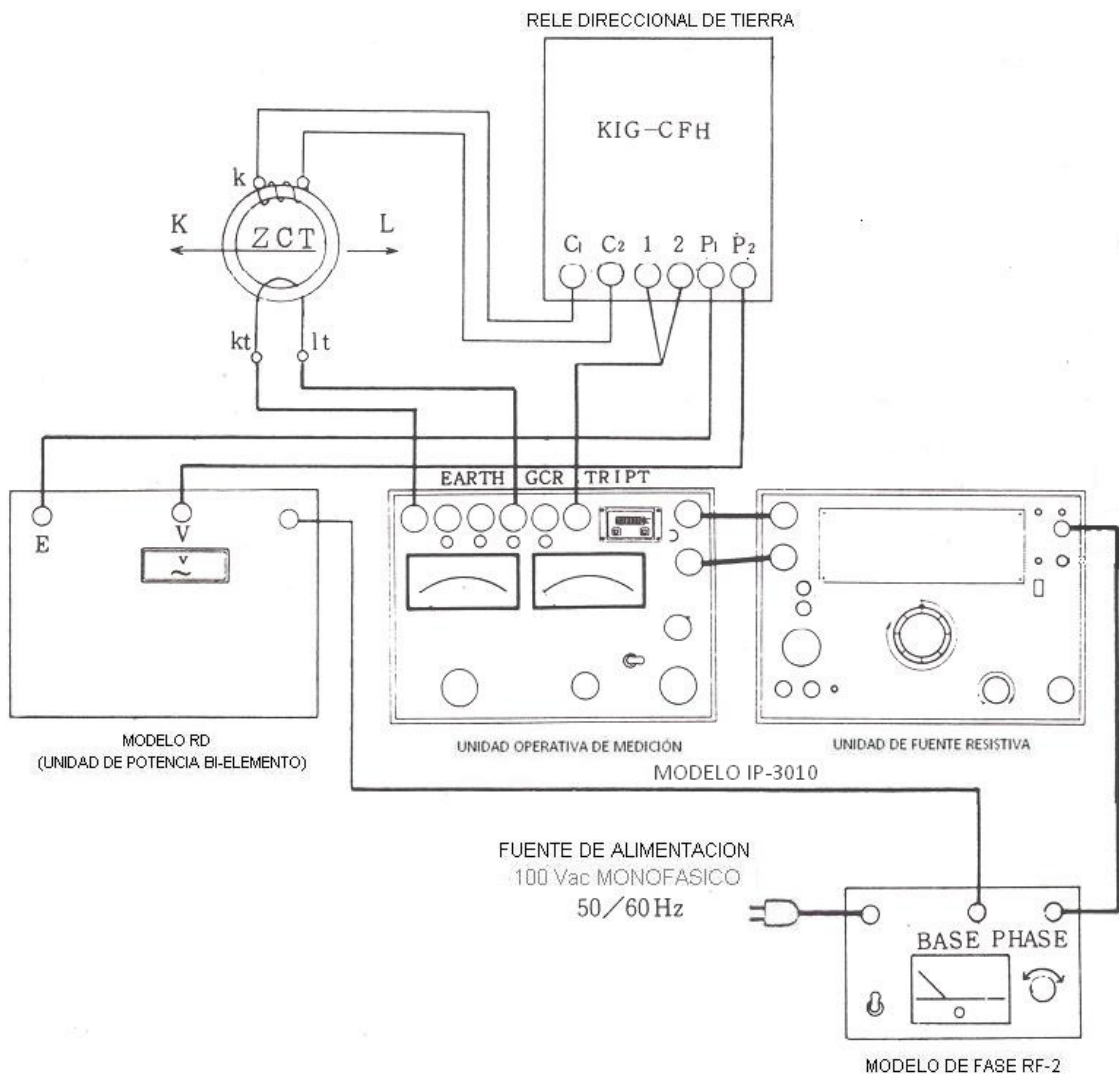


3. Cable de salida para cambio de fase



Conexión (Modelo IP-R3010)

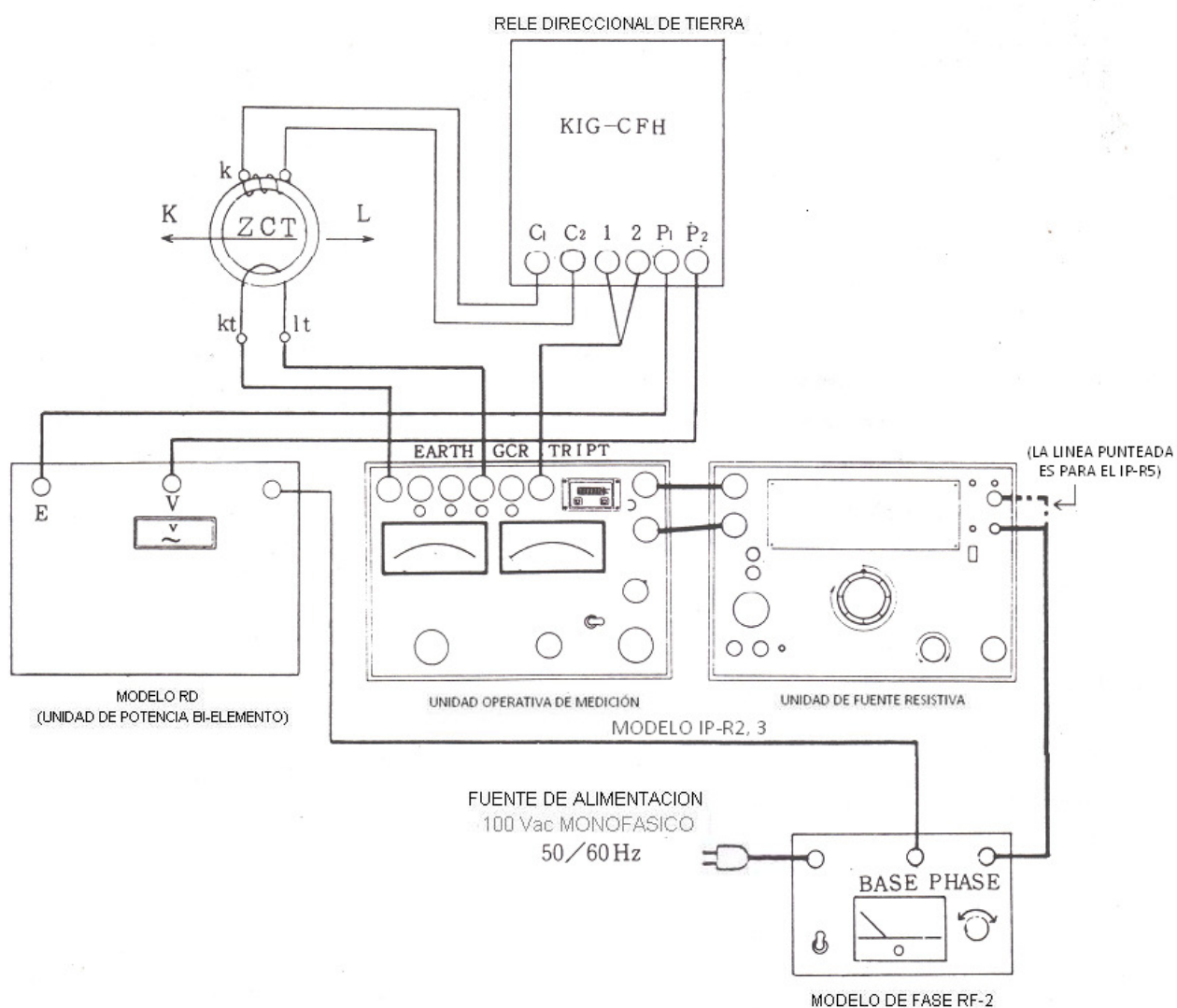
**Figura 95. Diagrama de conexión, prueba del relé direccional de tierra usando el modelo IP-R3 y el modelo RD**



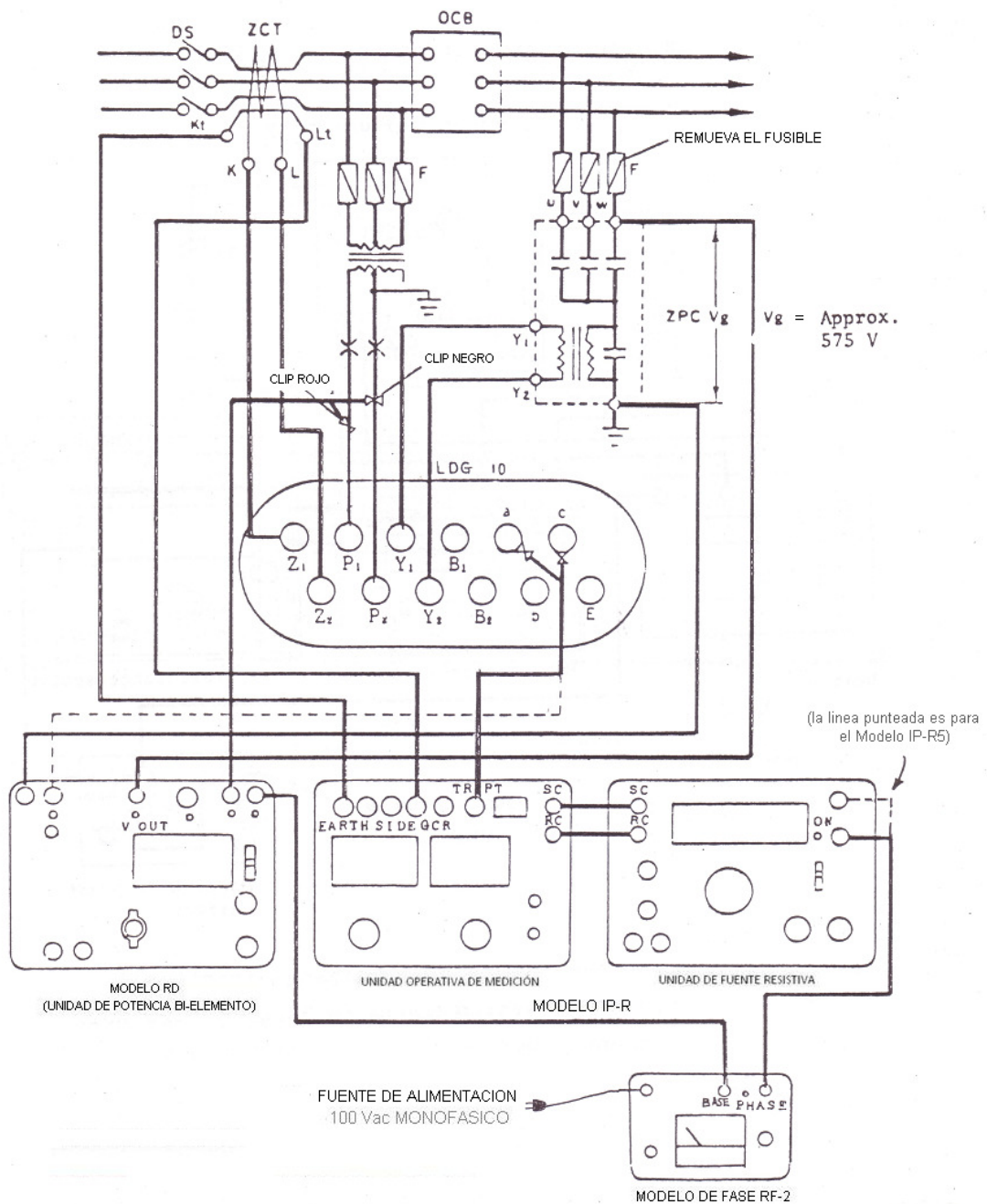


Ejemplo de conexión (Modelo IP-R2, 3, 5)

**Figura 96. Diagrama de conexión, prueba del relé direccional de tierra usando el modelo IP-R2, 3, 5 y el modelo RD**



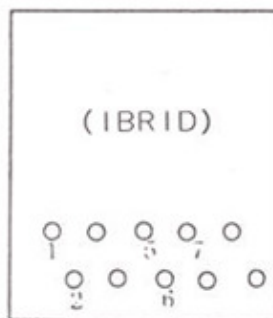
**Figura 97. Diagrama de conexión, prueba del relé direccional de tierra usando el modelo IP-R2, 3, 5 y el modelo RD**



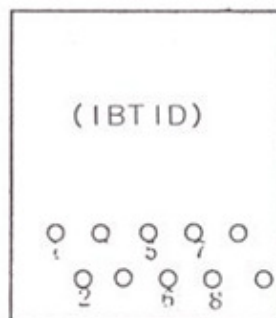
## 2.16 Anexos

*Arreglo de Terminales del relé diferencial del fabricante japonés utilizado en las pruebas.*

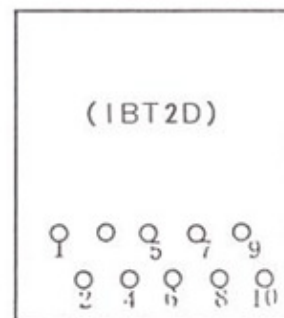
HECHO POR TOSHIBA



$C_1 = 6$     $C_2 = 7$   
 $C_3 = 5$     $1 = 1$   
 $2 = 2$



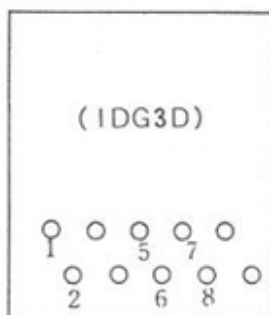
$C_1 = 6$     $C_2 = 7$   
 $C_3 = 5$     $1 = 1$   
 $2 = 2$



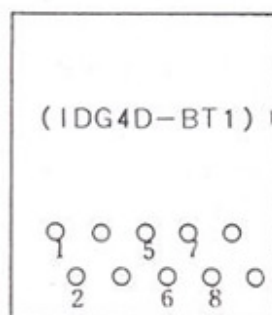
$C_1 = 5-6-10$     $C_2 = 7$   
 $C_3 =$     $1 = 1$   
 $2 =$

*Arreglo de Terminales del relé direccional de tierral del fabricante japonés utilizado en las pruebas.*

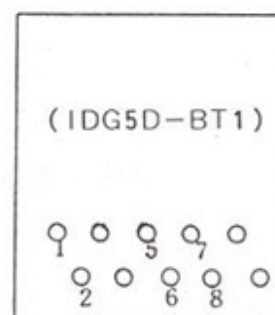
HECHO POR TOSHIBA



$C_1 = 5$     $C_2 = 6$   
 $1 = 1$     $2 = 2$   
 $P_1 = 7$     $P_2 = 8$



$C_1 = 5$     $C_2 = 6$   
 $1 = 1$     $2 = 2$   
 $P_1 = 7$     $P_2 = 8$



$C_1 = 5$     $C_2 = 6$   
 $1 = 1$     $2 = 2$   
 $P_1 = 7$     $P_2 = 8$

## CONCLUSIONES

1. El módulo de flujos de potencia es un sistema de simulación a pequeña escala DC el cual produce Flujos de Potencia, caída de tensión en líneas, pérdidas en la línea, etc., dependiendo de los cambios en el sistema de potencia en la configuración y en las fuentes de poder y la demanda; a la vez, las causas más importantes del incremento de la caída de tensión en una línea son: el incremento de la carga de los consumidores, la reducción del voltaje de la fuente o barraje infinito y el incremento de la distancia de la línea (aumenta la relación  $\Omega/\text{km}$ ), todas estas aplicaciones pueden ser reproducidas por el simulador.
2. Las ventajas y desventajas de las aplicaciones anteriores son las siguientes:

### *Ventajas*

Simular flujos activos. Inyecciones de potencia en las barras (generación y consumo).

Simular magnitudes de voltajes en las barras.

Simular la magnitud de la corriente en las líneas.

### *Desventajas*

Simular flujos reactivos.

Simular voltajes dependiendo de la característica de la frecuencia (No existe frecuencia en DC).

Simular la naturaleza de las cargas, ni variar o medir la separación angular entre las magnitudes eléctricas, debido a que los consumidores son puramente resistivos.

Pronósticos de generación y consumo en las barras.

Discernir por medio de controles de lazo cerrado, cuando el sistema pueda estar en una transición a un estado más inestable.

3. La minimización de la caída de tensión en los puntos nodales o en terminales de las cargas, se puede realizar haciendo una reducción por pasos de la carga (abrir circuitos) cuando se presenta una sobrecarga del sistema, o incrementar la generación, es decir incrementar el voltaje generado para compensación o también el decremento de la impedancia de la línea, se realiza por medio de estudios de planificación, todas estas aplicaciones pueden ser reproducidas por el simulador.
4. Las ventajas de la dirección y distribución de los flujos de potencia en un sistema en anillo son: la continuidad del servicio, una mejor confiabilidad de la red que de un sistema radial, la minimización de la caída de tensión en los nodos de la red o la estabilización de parámetros de voltaje y corriente en las líneas de interconexión, todas estas aplicaciones pueden ser reproducidas por el simulador de Flujos de potencia.
5. Un sistema de protección proporciona, en forma rápida, el aislamiento de un área de falla en un sistema eléctrico, y de este modo poder mantener en funcionamiento la mayor parte del sistema restante. Para esto existen requerimientos fundamentales para la aplicación de un sistema de protección, los cuales son: rapidez de operación, selectividad y confiabilidad, entre otros.
6. A medida que crece el sistema de potencia y sus elementos se incrementan en tamaño y capacidad por los flujos de potencia más grandes, se hace necesario revisar los ajustes y calibraciones de los Relés de protecciones.

7. La utilización del Medidor portable de Relés de protecciones IP-R y el Probador de voltaje de Soporte, así como el Modelo RD, ha sido diseñado y manufacturado para permitir la prueba de relés de sobre y bajo corriente, relés de sobre y bajo voltaje, así como relés de tierra, relés direccionales de tierra, relés diferenciales, etc.; combinando el uso del Modelo IP-R, RD y RF-2.
  
8. Aunque este Laboratorio donde se ubican estos módulos sean de hace 15 años, no es sinónimo de que sean disfuncionales, aunque estén desactualizados de la era de la Informática, se pueden seguir utilizando con su objetivo inicial: aprendizaje y capacitación, ya que permite el contacto directo entre estudiante-máquina en ventaja de módulos modernos que la simulación se hace por procesadores y no permite un contacto directo con los mismos realizando operaciones abstractas



## RECOMENDACIONES

1. Darle un mantenimiento adecuado a los equipos de los módulos que se incluyen en este trabajo para que se pueda obtener de ellos la respuesta que se requiere en las prácticas; en el Modulo de flujos de potencia, en especial en el Entrenador de selección de sistemas de potencia, se recomienda tomar en cuenta lo siguiente:
  - No introducirse internamente el equipo cuando éste esté energizado. Al encender u apagar el equipo, verificar que antes, todas las líneas, generadores y consumidores estén desconectados y sus selectores de magnitud puestos en cero.
  - Mantener con la funda puesta al Entrenador cuando no esté funcionando, para evitar el deterioro del equipo.
  
2. Además de las instrucciones indicadas en los subcapítulos de las prácticas de los equipos de prueba de Relés de protecciones, se recomienda tomar en cuenta lo siguiente:
  - Mantener la seguridad en la prueba.
  - Verificar siempre las conexiones correctas.
  - Atender siempre los valores indicados en los medidores de alta precisión.
  - Mantener los equipos en lugares secos, limpios y libres de suciedad.





## BIBLIOGRAFÍA

1. *KYONAN ELECTRIC CO.LTD. Portable protective relay tester and dielectric withstand tester (IP-R)*. 8va Edición. Japón: *MUSASHI ELECTRIC INSTRUMENTS WORKS. LTD*, 1993.
2. *KYONAN ELECTRIC CO.LTD. Bi-element power unit (RD)*. 3ra Edición Japón: *MUSASHI ELECTRIC INSTRUMENTS WORKS. LTD*, 1993.
3. *KYONAN ELECTRIC CO.LTD. Single-phase phase shifter (RF-2)*. 2da Edición. Japón: *MUSASHI ELECTRIC INSTRUMENTS WORKS. LTD*, 1993.
4. *TOSHIBA. Differential relay (IBR2D)*. Japón: *TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO.*, 1993.
5. *TOSHIBA. Under voltage relay (IVU3D, IVU3G)*. Japón: *TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO.*, 1993.
6. *TOSHIBA. Over and under current relay (ICQ1D)*. Japón: *TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO.*, 1993.
7. *TOSHIBA. Over current relay (ICO1D, ICO1E and ICO1F)*. Japón: *TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO.*, 1993.
8. *TOSHIBA. Directional ground relay (IDG5D)*. Japón: *TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO.*, 1993.
9. *TOSHIBA. Over voltage relay (IVO2D)*. Japón: *TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO.*, 1993.

10. *TOSHIBA. Over power relay (IWO1D, IWO2D and IWO4D)*). Japón: *TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO.*, 1993.
11. *KDK. System selection trainer (TBS-154)*. Japón: *KEIHIN DENSOKKI CO, LTD.*, 1994.
12. *Granger J. Análisis de sistemas de potencia*. México: *Mc.Graw-Hill*, 1997.
13. *Morales, Fernando. Elementos de protección de sistemas de potencia*. Guatemala: *Empresa Eléctrica de Guatemala*, 2005.
14. *Niques Ochoa, Byron Omar. Tesis: Expansión óptima del Sistema Nacional de transmisión del Ecuador, utilizando algoritmos evolutivos*. Quito, Ecuador. *Escuela de Ingeniería, Escuela Politécnica Nacional*, 2005.
15. *Gonzales Gutiérrez, Celso A.. Notas de clase: Protecciones eléctricas*. Bucaramanga. *Facultad de Ingeniería Físico Mecánicas, Universidad Industrial de Santander*, 1985.
16. *Renzo Tamasco Amador. Artículo escrito: Protecciones eléctricas*. Colombia, 2007.