



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y  
APLICADAS**

**INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE  
POTENCIA**

**TESIS DE GRADO**

**TEMA:**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN MEDIANTE  
RELÉS DIGITALES MULTIFUNCIONALES PARA EL GENERADOR Y  
TRANSFORMADOR DE LA UNIDAD #3 DE LA CENTRAL  
TERMOELÉCTRICA SANTA ROSA, PARROQUIA CUTUGLAGUA,  
CANTÓN MEJÍA DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA EN EL PERIODO  
2015”**

Tesis de grado previo a la obtención del título de ingeniero en sistemas eléctricos de potencia.

**AUTOR:**

QUELAL CARRERA ANGEL PAUL

**DIRECTOR DE TESIS:**

ING. PROAÑO XAVIER ALFONSO

**ASESOR METODOLÓGICO:**

LICDA. PALLASCO SUSANA

**LATACUNGA - ECUADOR.**

**FEBRERO 2016**



## FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

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

- Quelal Carrera Angel Paul

Con la tesis, cuyo título es:

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN MEDIANTE RELÉS DIGITALES MULTIFUNCIONALES PARA EL GENERADOR Y TRANSFORMADOR DE LA UNIDAD #3 DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA SANTA ROSA, PARROQUIA CUTUGLAGUA, CANTÓN MEJÍA DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA EN EL PERIODO 2015**

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

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

Para constancia firman:

.....  
*Ing. Vicente Quispe*

**PRESIDENTE**

.....  
*Dr. Edwin Vaca*

**MIEMBRO**

.....  
*Ing. Franklin Medina*

**OPOSITOR**

.....  
*Ing. Xavier Proaño*

**TUTOR (DIRECTOR)**



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



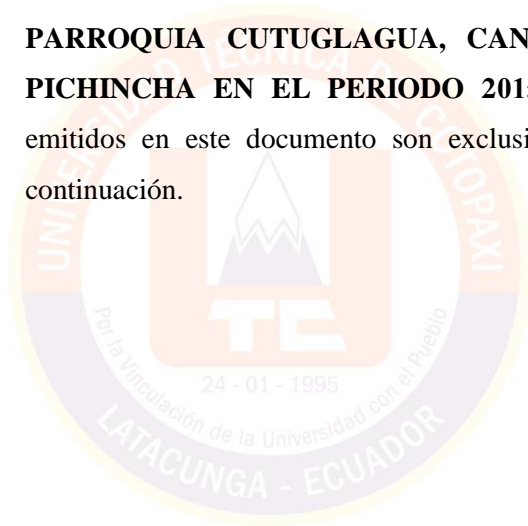
Trabajo de  
Grado  
CIYA

COORDINACIÓN

TRABAJO DE GRADO

## AUTORÍA

Yo: **Quelal Carrera Angel Paul** portador de la cedula de identidad **171629935-7**, declaro bajo juramento que esta tesis con el tema: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN MEDIANTE RELÉS DIGITALES MULTIFUNCIONALES PARA EL GENERADOR Y TRANSFORMADOR DE LA UNIDAD #3 DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA SANTA ROSA, PARROQUIA CUTUGLAGUA, CANTÓN MEJÍA DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA EN EL PERIODO 2015”** criterios, ideas, opiniones y comentarios emitidos en este documento son exclusiva y responsabilidad del autor que firma a continuación.



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

.....  
Quelal Carrera Angel Paul

C.I. 171629935-7



## AVAL DE DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director de trabajo de investigación sobre el tema:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN MEDIANTE RELÉS DIGITALES MULTIFUNCIONALES PARA EL GENERADOR Y TRANSFORMADOR DE LA UNIDAD #3 DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA SANTA ROSA, PARROQUIA CUTUGLAGUA, CANTÓN MEJÍA DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA EN EL PERIODO 2015”**

Del señor estudiante; **QUELAL CARRERA ANGEL PAUL** postulante de la Carrera de Ingeniería en **SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**,

### **CERTIFICO QUE:**

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

Latacunga, 14 de diciembre del 2015.

.....  
**DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Xavier Alfonso Proaño Maldonado

CI: 050265642-4



## AVAL DE ASESOR METODOLÓGICO

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

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN MEDIANTE RELÉS DIGITALES MULTIFUNCIONALES PARA EL GENERADOR Y TRANSFORMADOR DE LA UNIDAD #3 DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA SANTA ROSA, PARROQUIA CUTUGLAGUA, CANTÓN MEJÍA DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA EN EL PERIODO 2015”**

Del señor estudiante; **QUELAL CARRERA ANGEL PAUL** postulante de la Carrera de Ingeniería en **SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**,

### **CERTIFICO QUE:**

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

Latacunga, 14 de diciembre del 2015.

.....  
**ASESOR METODOLÓGICO**

Lcda. Susana Pallasco.

C.I. 050186287-4

## CERTIFICADO

YO **MAURICIO FERNANDO CAICEDO URRESTA**, JEFE DE OPERACIÓN DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA SANTA ROSA, PERTENECIENTE A LA CORPORACIÓN ELÉCTRICA DEL ECUADOR CELEC EP UNIDAD DE NEGOCIO TERMOPICHINCHA; **CERTIFICO QUE:** HE DIRIGIDO LA IMPLEMENTACIÓN DEL TRABAJO DE TESIS "IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN MEDIANTE RELÉS DIGITALES MULTIFUNCIONALES PARA EL GENERADOR Y TRANSFORMADOR DE LA UNIDAD #3 DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA SANTA ROSA EN EL PERIODO 2015." PRESENTADA POR EL **SR. QUELAL CARRERA ANGEL PAUL** CON C.I. 171629935-7.

EL PROYECTO FUE CULMINADO A SATISFACCIÓN, DENTRO DE LOS REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS REQUERIDAS POR LA UNIDAD DE NEGOCIO.



**CELEC EP**  
UNIDAD DE NEGOCIO TERMOPICHINCHA  
**JEFATURA**  
**CENTRAL TÉRMICA**  
**SANTA ROSA**  
ING. MAURICIO CAICEDO  
**JEFE OPERACIONES CENTRAL SANTA ROSA**

## **AGRADECIMIENTO.**

*A mi Dios porque, él fue y será mi guía en toda mi trayectoria de vida y gracias a él que hizo posible culminar con éxito esta meta.*

*A mis padres, Rosa Carrera y Bolívar Quelal por darme la mejor herencia de esta vida y guiarme por un buen camino con sus consejos, gracias a ustedes este sueño se cumplió.*

*A mi esposa, Maritza Lema quien me apoyo en todo momento y esta meta lo logramos juntos, me siento afortunado al haberte conocido.*

*A mi hijo y sobrino Kaleth y Patrick que fueron una fuente de inspiración y que este logro sea un ejemplo para que sigúan adelante sin dejarse vencer.*

*A mi hermano y cuñada Darwin y Alexandra por darme fuerzas, apoyo incondicional en todo sentido y ser unos ejemplos a seguir.*

*A las empresa Celec E.p por abrirme las puertas y permitirme la realización de la presente tesis a Gretek por ser una guía y apoyo en el proceso de la implementación.*

*Al Ing. Xavier Proaño por impartir sus conocimientos y brindarme su ayuda incondicional en el proceso de elaboración de la tesis.*

**PAUL**

## **DEDICATORIA.**

*Dedico este proyecto de tesis a Dios, a mis padres, hermano, cuñada, sobrino, esposa y a mi querido hijo. A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar y gracias a ellos que depositan su entera confianza en cada meta que me propongo alcanzar, es por eso que soy lo que soy ahora. Los amo con toda mi vida.*

**PAUL**



## ÍNDICE GENERAL

FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	II
AUTORÍA .....	III
AVAL DE DIRECTOR DE TESIS.....	IV
AVAL DE ASESOR METODOLÓGICO .....	V
AGRADECIMIENTO. ....	VII
DEDICATORIA. ....	VIII
ÍNDICE GENERAL .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVIII
RESUMEN .....	XX
ABSTRACT.....	XXII
INTRODUCCION .....	XXV

## CAPÍTULO I

1. Fundamentación teórica .....	1
1.1 Generador sincrónico .....	1
1.1.1 Partes del generador .....	1
1.1.2 Velocidades de un generador síncrono (r.p.m) .....	2
1.1.3 Curva de capacidad .....	3
1.1.4 Protecciones del generador.....	4
1.1.4.1 Protección contra potencia inversa 32G .....	4
1.1.4.2 Protección diferencial 87G.....	5
1.1.4.3 Protección de sobrevoltaje 59G.....	10
1.1.4.4 Protección de bajo voltaje 27G.....	12
1.1.4.5 Protección contra pérdida de excitación 40G. ....	12
1.1.4.6 Protección de secuencia negativa o carga asimétrica 46G.....	16

1.1.4.7 Protecciones de sobrecorriente 50/51G. ....	18
1.2 El transformador.....	21
1.2.1 Transformadores de corriente TC`s .....	21
1.2.2 Transformadores de potencia TP`s .....	23
1.2.3 Protecciones del transformador de potencia .....	24
1.2.3.1 Protección diferencial del transformador (87T).....	26
1.2.3.2 Protección de sobrecorriente (50/51 y 51NT).....	27
1.2.3.3 Protección falla a tierra (64T).....	29

## **CAPÍTULO II**

2. Análisis e interpretación de resultados .....	32
2.1 Central termoeléctrica santa rosa.....	32
2.2 Diseño metodológico.....	33
2.2.1 Método de la investigación.....	33
2.2.1.1 Método analítico.....	33
2.2.1.2 Método deductivo.....	33
2.2.2 Tipos de investigación.....	33
2.2.2.1 Investigación de campo.....	34
2.2.2.2 Investigación descriptiva.....	34
2.2.3 Técnicas de investigación.....	34
2.2.3.1 Observación de campo.....	34
2.2.3.2 Análisis documental.....	34
2.2.4 Instrumentos de investigación .....	35
2.2.4.2 Instrumento de registro de datos.....	35
2.5 Operacionalización de variables .....	36
2.5.1 Variable independiente.....	36
2.5.2 Variable dependiente.....	37
2.6 Análisis documental (levantamiento de información) .....	38

2.6.1	Diagrama unifilar de la unidad generadora #3.....	38
2.6.2	Datos del generador sincrónico .....	38
2.6.2.1	Curva característica del generador. ....	39
2.6.3	Características de los TC`s y TP`s.....	40
2.6.4	Datos y settings de los relés electromecánicos del generador .....	41
2.6.4.1	Cálculo de la corriente nominal.....	41
2.6.4.2	Relé de protección de sobrecorriente 50/51 (6e12). ....	42
2.6.4.3	Relés de protección de sobrevoltaje y bajo voltaje 59/27 (6e19).....	46
2.6.4.5	Relé de protección de potencia inversa 32 (6e13) .....	49
2.6.4.6	Relé de protección de pérdida de campo 40 (6e14) .....	50
2.6.4.7	Relé de protección diferencial 87 (6e11).....	51
2.6.4.8	Relé de protección de secuencia negativa 46 (6e15) .....	52
2.6.5	Datos y settings de los relés electromecánicos del transformador .....	53
2.6.5.1	Cálculo de la corriente nominal.....	53
2.6.5.2	Datos del relé de protección diferencial 87 (F302)- .....	54
2.6.5.3	Datos del relé de protección de sobrecorriente 50/51 (F303). ....	55
2.6.5.4	Relé de protección de falla a tierra 64 (F304).....	57
2.7	Hipótesis .....	59
2.7.1	Verificación de la hipótesis .....	59

### **CAPÍTULO III**

3	Aplicación y validación de la propuesta.....	61
3.1	Tema .....	61
3.2	Presentación de la propuesta .....	61
3.3	Objetivos.....	63
3.3.1	Objetivo principal.....	63
3.3.2	Objetivos específicos.....	63
3.4	Análisis de factibilidad.....	64

3.4.1	Necesidades de la empresa .....	64
3.4.2	Requerimientos principales de los relés digitales de protección .....	64
3.4.3	Relés de protección digitales multifuncionales que cumplen con lo requerido .....	65
3.5	Desarrollo de la propuesta .....	66
3.5.1	Diseño esquemático o implementación de la propuesta .....	66
3.5.2	Señales del generador .....	66
3.5.2.1	Señal del contacto de disparo de la excitación off. ....	67
3.5.2.2	Señal de contacto de disparo del interruptor de potencia off. ....	67
3.5.2.3	Señal de los TC`s para el generador. ....	68
3.5.2.4	Señal de los TC`s para el diferencial. ....	68
3.5.2.5	Señal de los TP`s para censado de voltaje. ....	69
3.5.2.6	Señal del disparo de la turbina.....	69
3.5.2.7	Señal de cambio de grupo de generador a compensador. ....	69
3.5.2.8	Señal de alarmas.....	70
3.5.3	Señales del transformador .....	70
3.5.3.1	Señales de disparo de sobrecorriente, cortocircuito, diferencial y falla a tierra (disparos del disyuntor).....	70
3.5.3.2	Señales de alarmas. ....	71
3.5.3.3	Señal del disparo del interruptor de potencia.....	71
3.5.3.4	Señal del disparo del interruptor de la excitación. ....	72
3.5.3.5	Señales de los TC`s de los relé de sobrecorriente y diferencial. ....	72
3.5.3.6	Señales del tc del relé de falla a tierra. ....	72
3.5.4	Relé de protección digital multifunción B31-11.....	73
3.5.4.1	Tipos de comunicación.....	73
3.5.5	Parámetros de los relés de protección BE1-11g y BE1-11t.....	74
3.5.6	Configuración y programación del relé BE1-11g (Generador).....	75
3.5.6.1	Configuración del relé BE1-11g.....	76

3.5.6.2 Programación del relé BE1-11g. ....	78
3.5.7 Programación y configuración del relé BE1-11g (Diferencial) .....	83
3.5.7.1 Configuración del relé BE1-11g.....	84
3.5.7.2 Programación del relé BE1-11g. ....	85
3.5.8 Configuración y programación del relé BE1-11t (Transformador).....	90
3.5.8.2 Programación del relé BE1-11t. ....	92
3.5.9 Ejemplo de programación de la función de sobrevoltaje 59G en el relé be1-11g (generador).....	97
3.6 Costo/beneficio .....	100
3.7 Conclusiones y recomendaciones .....	101
3.7.1 Conclusiones .....	101
3.7.2 Recomendaciones.....	103
3.8 Definición de términos .....	105
3.9 Referencias bibliográficas .....	107
3.9.1 Bibliografía citada.....	107
3.9.2 Bibliografía virtual .....	109
3.10 Anexos .....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> Generador sincrónico básico.....	1
<b>FIGURA 2.</b> Curva de capacidad. ....	4
<b>FIGURA 3.</b> Aplicación simple del relevador diferencial.....	6
<b>FIGURA 4.</b> Conexión simple de la protección diferencial .....	6
<b>FIGURA 5.</b> Circulación de corrientes de falla dentro de la zona de protección diferencial .....	7
<b>FIGURA 6.</b> Protección diferencial de fallas en devanados en devanados partidos.....	8
<b>FIGURA 7.</b> Protección diferencial alta impedancia. ....	9
<b>FIGURA 8.</b> Protección diferencial auto balanceado.....	10
<b>FIGURA 9.</b> Ubicación del relé de sobrevoltaje en el generador.....	11
<b>FIGURA 10.</b> Características del relé mho-offset de una zona .....	13
<b>FIGURA 11.</b> Características del relé mho-offset de dos zonas.....	15
<b>FIGURA 12.</b> Protección de pérdida de campo usando una unidad de impedancia y un elemento direccional .....	16
<b>FIGURA 13.</b> Protección de pérdida de campo usando una unidad de impedancia y un elemento direccional .....	18
<b>FIGURA 14.</b> Calibración del relé 50/51g considerando la curva de capacidad térmica de corta duración .....	20
<b>FIGURA 15.</b> Conexión del relé 50/51 en el generador.....	20
<b>FIGURA 16.</b> Protección diferencial del transformador .....	27
<b>FIGURA 17.</b> Protección de falla a tierra de una conexión delta .....	29
<b>FIGURA 18.</b> Pantalla inicial de bestcomsplus .....	31

<b>FIGURA 19.</b> Central termoeléctrica santa rosa .....	32
<b>FIGURA 20.</b> Diagrama unifilar.....	38
<b>FIGURA 21.</b> Datos del generador sincrónico.....	39
<b>FIGURA 22.</b> Curva de sobrecorriente temporizado BE1-11g (Generador).....	45
<b>FIGURA 23.</b> Relé sobrevoltaje BE1-11g (Diferencial).....	47
<b>FIGURA 24.</b> Relé bajo voltaje BE1-11g (Diferencial).....	48
<b>FIGURA 25.</b> Relé pérdida de campo BE1-11g (diferencial) .....	51
<b>FIGURA 26.</b> Curva de sobrecorriente temporizado BE1-11g (Diferencial).....	57
<b>FIGURA 27.</b> Conector de comunicación USB .....	73
<b>FIGURA 28.</b> Conector de comunicación RS-485.....	74
<b>FIGURA 29.</b> Conector de comunicación RJ45 .....	74
<b>FIGURA 30.</b> Relé digital multifunción BE1-11g (Generador).....	76
<b>FIGURA 31.</b> Ingreso de datos de potencias al BE1-11g (Generador) .....	77
<b>FIGURA 32.</b> Ingreso de la relación de transformación para BE1-11g (Generador) .....	77
<b>FIGURA 33.</b> Protecciones del generador .....	78
<b>FIGURA 34.</b> Ajustes de grupo de generador.....	79
<b>FIGURA 35.</b> Entradas programadas del be1-11g generador .....	79
<b>FIGURA 36.</b> Salidas programadas del be1-11g generador.....	80
<b>FIGURA 37.</b> Salida watch dog.....	81
<b>FIGURA 38.</b> Disparo 11g Generador.....	81
<b>FIGURA 39.</b> Disparo de excitación .....	82
<b>FIGURA 40.</b> Cambio a grupo 1 .....	82

<b>FIGURA 41.</b> Disparo de IP .....	83
<b>FIGURA 42.</b> Relé digital multifunción BE1-11g (Diferencial).....	84
<b>FIGURA 43.</b> Ingreso de datos de potencias al BE1-11g (Diferencial) .....	84
<b>FIGURA 44.</b> Ingreso de la relación de transformación para BE1-11g (Diferencial) .....	85
<b>FIGURA 45.</b> Relé digital multifunción BE1-11g (Diferencial).....	86
<b>FIGURA 46.</b> Ajustes de grupo del diferencial .....	86
<b>FIGURA 47.</b> Entradas programadas del BE1-11g (Diferencial) .....	87
<b>FIGURA 48.</b> Salidas programadas del BE1-11g (Diferencial).....	88
<b>FIGURA 49.</b> Alarma watch dog.....	88
<b>FIGURA 50.</b> Disparo de IP .....	89
<b>FIGURA 51.</b> Disparo de turbina .....	89
<b>FIGURA 52.</b> Disparo de excitación .....	90
<b>FIGURA 53.</b> Relé digital multifunción BE1-11t (Transformador).....	90
<b>FIGURA 54.</b> Ingreso de datos de potencias al BE1-11g (Transformador) .....	91
<b>FIGURA 55.</b> Ingreso de la relación de transformación BE1-11t (Transformador).....	92
<b>FIGURA 56.</b> Protecciones del transformador.....	93
<b>FIGURA 57.</b> Ajustes de grupo de transformador .....	93
<b>FIGURA 58.</b> Entradas programadas del BE1-11t (Transformador) .....	94
<b>FIGURA 59.</b> Salidas programadas del BE1-11t (Transformador).....	95
<b>FIGURA 60.</b> Salida watch dog.....	95
<b>FIGURA 61.</b> Sobrecorriente-corto circuito .....	96
<b>FIGURA 62.</b> Diferencial - falla tierra .....	96



<b>FIGURA 63.</b> Excitación y disparo interruptor.....	97
<b>FIGURA 64.</b> Ingreso de datos al relé BE1-11G .....	97
<b>FIGURA 65.</b> Habilitación de la protección .....	98
<b>FIGURA 66.</b> Lógica de inicio de reportes.....	98
<b>FIGURA 67.</b> Protección para disparo.....	98
<b>FIGURA 68.</b> Protección para disparo del interruptor de potencia. ....	99
<b>FIGURA 69.</b> Cierre de lógica del disparo del interruptor de potencia.....	99
<b>FIGURA 70.</b> Lógica de fin de reporte.....	99

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> Representación de velocidad rpm .....	3
<b>TABLA 2.</b> Límites del error de intensidad y del desfase de los transformadores .....	22
<b>TABLA 3.</b> Límites de errores de transformadores de intensidad para protección.....	23
<b>TABLA 4.</b> Límites de error de los transformadores de tensión para medida .....	24
<b>TABLA 5.</b> Límites de error de los transformadores de tensión para protección. ....	24
<b>TABLA 6.</b> Datos del generador sincrónico.....	39
<b>TABLA 7.</b> Datos del TC's.....	40
<b>TABLA 8.</b> Datos de los TP's.....	40
<b>TABLA 9.</b> Datos del relé de sobrecorriente 50/51.....	42
<b>TABLA 10.</b> Datos del relé de sobrevoltaje 59.....	46
<b>TABLA 11.</b> Datos del relé de potencia inversa 32.....	49
<b>TABLA 12.</b> Datos del relé de pérdida de campo 40 .....	50
<b>TABLA 13.</b> Datos del relé diferencial 87 .....	51
<b>TABLA 14.</b> Datos del relé de secuencia negativa 46.....	52
<b>TABLA 15.</b> Datos de los settings del relé de carga asimétrica .....	52
<b>TABLA 16.</b> Datos del transformador .....	53
<b>TABLA 17.</b> Datos del relé diferencial 87 .....	54
<b>TABLA 18.</b> Datos del relé de sobrecorriente 50/51.....	55
<b>TABLA 19.</b> Datos del relé de falla a tierra 64 .....	57
<b>TABLA 20.</b> valores del relé de falla a tierra 64.....	58

<b>TABLA 21.</b> Datos de los settings de los relés.....	60
<b>TABLA 22.</b> Relés electromecánicos de protección del generador .....	62
<b>TABLA 23.</b> Relés electromecánicos de protección del transformador .....	62
<b>TABLA 24.</b> Funciones de protección BE1-11g (Generador).....	76
<b>TABLA 25.</b> Funciones de protección BE1-11g (Diferencial).....	83
<b>TABLA 26.</b> Funciones de protección BE1-11t (Transformador).....	91
<b>TABLA 27.</b> Datos del relé de sobrevoltaje .....	97

## RESUMEN

La empresa CELEC E.P Termopichincha de la Central Santa Rosa necesita cambiar sus relés electromecánicos a relés digitales multifuncionales los cuales están estructurados de la siguiente manera.

Un relé digital multifuncional para el generador BE1-11G que reemplazara a los siguientes relés electromecánicos: relé de sobrecorriente instantáneo y temporizado 50G/51G, relé de sobrevoltaje 59G, relé de potencia inversa 32G, relé de pérdida de excitación 40G, relé de carga asimétrica 46G, relé de compensador y otro relé digital multifuncional BE1-11G reemplazara solo al relé diferencial del generador 87G y el ultimo relé digital multifuncional BE1-11T es para el transformador que reemplazara al relé de sobre corriente instantáneo y temporizado 50T/51T, relé diferencial 87T y relé de falla a tierra 64G.

Los relés digitales multifuncionales tienen varias protecciones internas desde la protección de distancia (21) hasta la protección diferencial de fases (87), se recopiló información confidencial de la empresa como planos eléctricos de control, settings de los relés, tiempos de actuación y curvas.

Para la programación de los relés digitales multifuncionales se necesitan tener las siguientes señales, posición del interruptor de potencia, cierre del interruptor de potencia, disparo del interruptor de potencia, disparo de la turbina, disparo de excitación, cambio de grupo de generador a compensador, censado de voltaje de la barra y del generador, transformadores de corrientes TC's.

Estas señales se encuentran en los planos eléctricos de control del generador, transformador y Speed Tronic se debe tener en cuenta y precaución con las señales ya que es posible que estemos deshabilitando algunos equipos de

medición o señales erróneas, las señales se llevan a un tablero de borneras donde se distribuirá a un tablero de protección para los relés digitales multifuncionales.

Para la programación del relé digital multifunción se va hacer con el software BESTCOMS logic™ Plus en donde se mantendrán todos los settings, pickups, tiempos, curvas y diales de los relés que se reemplazara, las salidas y entradas del relé digital multifunción se lo realiza mediante compuertas lógica que el usuario crea conveniente.

En la parte del Speed Tronic se deshabilitara todas las alarmas de los relés electromecánicos de protección y se habilitara dos alarmas una para el generador y otro para el relé diferencial, se debe considerar que las alarmas deshabilitadas se colocara resistencias de 1 k $\Omega$  de ½ watt para que no se pueda activar por el otro lado del voltaje que es de 5V.

## **ABSTRACT**

The CELEC E.P. Termopichincha Company at Central Santa Rosa needs to change its electromechanical relays to relay digital multifunctional which are structured as following.

A multi-functional digital relay for generator BE1 - 11G that will replace the following electromechanical relay: relay instantaneous overcurrent and timed 50G / 51G, surge 59G, the reverse power relay power relay 32G, 40G, asymmetric load relay excitation loss relay 46G, compensator relay and other multifunctional digital relay BE1 - 11G only replace the differential relay of the generator 87G and the latest digital multi-functional relay BE1-11T is for transformer which replaced by instantaneous overcurrent relay and timed 50T/51T, relay differential 87T and 64G ground-fault relay.

Multifunctional digital relays have several internal protections from the protection of distance (21) to the differential protection phase (87), I will collect confidential information of the company as electrical plans for control, relay settings, times and curves.

The programming of the multifunctional digital relays need the following signals, position of the circuit breaker, closing of the circuit breaker, tripping the breaker's power, the turbine trip, shot of excitement, exchange group of generator to compensator, bar and generator, TC's current transformers voltage sensing.

These signals are diagrams in the electrical control of the generator, transformer and Speed Tronic must be taken into account and caution signals since it is possible that we are disabling some wrong signals or measurement equipment, signals are carried to a Terminal Board where distributed to a multifunctional digital relay protection board.

Programming the relay multifunction digital is going to do with the BESTCOMS software logic <sup>TM</sup> Plus where's will keep all the settings, pickups, times, curves and dials of the relays that will replace, inputs and the outputs of the relay multifunction digital it is via logic gates that the user deems appropriate.

In the part of Speed Tronic will disable all alarms of electromechanical protection relays and it has enabled two alarms for generator and another for the residual-current relay, should be considered disabled alarms are placed 1 k $\Omega$  of ½ watt resistors so it cannot be activated on the other side of the voltage which is 5V.



### AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de Eléctrica de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **QUELAL CARRERA ANGEL PAUL**, cuyo título versa es **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN MEDIANTE RELÉS DIGITALES MULTIFUNCIONALES PARA EL GENERADOR Y TRANSFORMADOR DE LA UNIDAD #3 DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA SANTA ROSA, PARROQUIA CUTUGLAGUA, CANTÓN MEJÍA DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA EN EL PERIODO 2015”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, Diciembre 10 del 2015

Atentamente,

.....  
Lic. Mishelle Rosario Velástegui Rodríguez

**DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS**

**C.I: 0501870992**



## INTRODUCCION

El presente trabajo ostenta una implementación de un sistema de protección mediante relés digitales multifuncionales (BE1-11G) para generador y (BE1-11T) para transformador de la unidad #3 de la Central Termoeléctrica Santa Rosa de la empresa CELEC E.P TERMOPICHINCHA.

La investigación cuenta con tres capítulos, el capítulo I el cual se desarrolla la fundamentación teórica general de la investigación sobre las protecciones del generador, transformador y clases de precisión en los transformadores de corriente TC`s y transformadores de potencia TP`s.

En el capítulo II, abarca todas las metodologías para la investigación así como la investigación de campo con sus respectivos instrumentos con las cuales se realiza el levantamiento de información obteniendo los ajustes y datos de los relés electromecánicos de sobrecorriente 50/51, sobrevoltaje 59, potencia inversa 32, pérdida de excitación o campo 40, secuencia negativa 46 y diferencial 87 del generador y las protecciones de sobrecorriente 50/51, falla a tierra 64 y diferencial 87 del transformador.

En el capítulo III, se desarrolla la propuesta de la implementación de los relés digitales multifuncionales BE1-11g para el generador y BE1-11t para el transformador las cuales se configuran y programan mediante software BESTCOMSPlus, por lo cual se ingresan los ajustes y datos nombrados anteriormente.

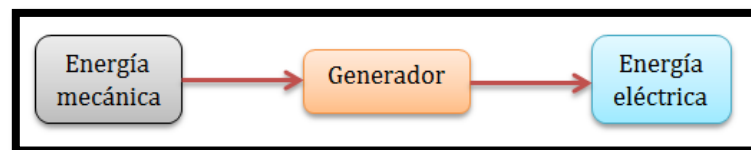
# CAPÍTULO I

## 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### *1.1 Generador sincrónico*

El generador sincrónico es una máquina que convierte la energía mecánica en energía eléctrica de corriente alterna a un voltaje y frecuencia específicos, normalmente son trifásicas.

**FIGURA 1. GENERADOR SINCRÓNICO BÁSICO**



**Elaborado por:** El postulante.

#### *1.1.1 Partes del generador*

Según “Stephen Chapman (2000)”, Editorial Mc Graw Hill 3ra edición, Máquinas Eléctrica año 2000, menciona que “El generador está compuesto por dos partes la parte fija llamada estator y la parte móvil llamada rotor, las dos partes son fundamentales para el funcionamiento del generador.”

La máquina síncrona está compuesta básicamente de una parte activa fija que se conoce como inducido (estator) y de una parte giratoria coaxial que se conoce como inductor (rotor). El espacio comprendido entre el rotor y el estator, es conocido como entrehierro.

➤ ***Estator (parte fija)***

Está constituida por chapas magnéticas que conforman un cilindro serie de ranuras longitudinales donde se encuentran conectores instalados entre si y que crea un conjunto de bobinas.

➤ ***Rotor (parte móvil)***

Es un electroimán que se encuentra ubicado en la parte interna del estator y está alimentada por corriente continua la misma que se logra mediante los anillos rozantes que dan continuidad de una parte fija y una móvil. El giro del rotor se produce por una máquina que cuenta con velocidad constante, un ejemplo de ello con las turbinas y los motores.

### ***1.1.2 Velocidades de un generador síncrono (r.p.m)***

Según “Marino A. Pernía de la Universidad Nacional Experimental de Táchila, (2011)” menciona que: “La velocidad de los generadores sincrónicos se refiere al momento cuando su trabajo es en vacío ya que por ese motivo no existe caída de tensión y por lo que la tensión de salida coincide con la FEM y la velocidad está en sincronía con la frecuencia de la red”

La velocidad se determina por el número de polos del generador y su frecuencia, podemos determinar a la velocidad como el momento en el que el generador está girando en forma sincrónica con la frecuencia de la red, en los generadores

sincrónicos esto equivale a la velocidad en vacío. Cuando el generador trabaja en vacío no existe caída de tensión (la tensión de salida coincide con la FEM).

**Ecuación 1.1**

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

**TABLA 1. REPRESENTACIÓN DE VELOCIDAD RPM**

Nº Polos	rpm (50Hz)	rpm (60Hz)
2	3000	3600
4	1500	1800
6	1000	1200
8	750	900
10	600	720
12	500	600

**Fuente:** [https://www.researchgate.net/publication/235752001\\_Maquinas\\_Sincronicas\\_Conceptos\\_basicos](https://www.researchgate.net/publication/235752001_Maquinas_Sincronicas_Conceptos_basicos)

**1.1.3 Curva de Capabilidad**

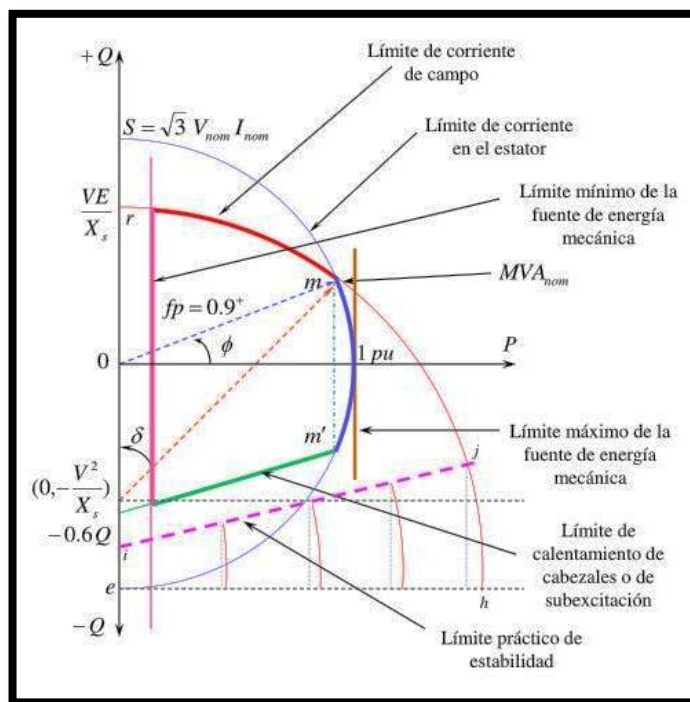
Según “T. Medina Fernández” (2008), Sistemas Eléctricos de Potencia, menciona que “La función de la curva de capacidad es poner límites de los valores en los cuales va a trabajar el generador, ya que si rebasa los límites de la curva, el proceso de trabajo del generador no sería estable y por consecuencia sus valores serían irreales.”

La curva o diagrama de capacidad es un diagrama fasorial de las potencias activa y reactiva de la máquina síncrona, también se la conoce como un diagrama de límite térmico ya que la curva nos permite observar los límites de temperatura en que la máquina puede trabajar con estabilidad sin afectar su desempeño. El límite de capacidad en la sección superior de la curva determina los límites del campo y de la armadura del generador. Hay que tomar en cuenta que cuando el campo

electromagnético de excitación y del estator trabaja en sincronismo forman un flujo, el mismo que aumenta las pérdidas en el núcleo y genera calor adicional.

Cuando la máquina mantiene sus operaciones en forma normal y estable, la curva de capacidad muestra los límites de operación. Estos son los límites térmicos (rotor y estator), en el área de subexcitación el límite se da basándose en el calentamiento del hierro en el extremo del estator.

**FIGURA 2. CURVA DE CAPABILIDAD.**



**Fuente:** <http://www.slideserve.com/aletta/modelado-del-generador-sncrono-y-curva-de-capabilidad>

#### 1.1.4 Protecciones del generador

##### 1.1.4.1 Protección contra potencia inversa 32G.

Según el distrito federal “UNAM”, de Esquema de protecciones de generador, menciona que “Cuando existen pérdidas de potencia el generador se alimenta de

la potencia del sistema trabajando como un motor síncrono, de esta manera no pierde su estabilidad en el trabajo”

La motorización de un generador se la puede referir al hecho de que toma la potencia del sistema para su alimentación. Debido a la condición de interruptor de campo cerrado, el generador procede a ser sincrónico de lo contrario sería de inducción.

Las razones de pérdidas de potencia pueden ser:

- Falla en la turbina
- Falla en la caldera
- Pérdida repentina de la fuente de energía motriz cuando está conectado al SEP.
- Problema de operación en el sistema.

Este relé debe ser extremadamente sensible ya que en algunos generadores requieren de una potencia de motorización muy pequeña menores al 1 % de la potencia nominal y puede ser provista por una turbina.

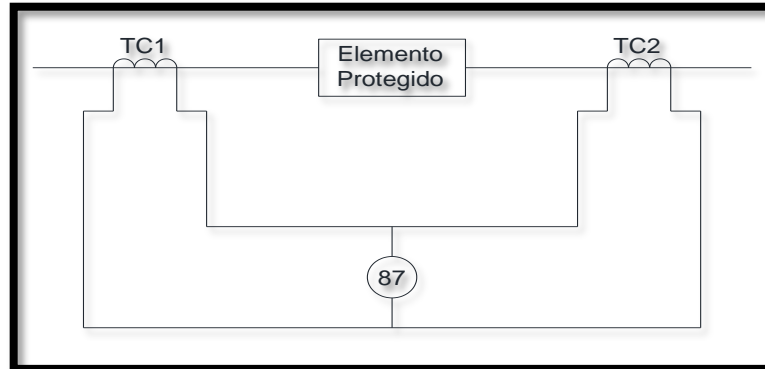
#### ***1.1.4.2 Protección diferencial 87G.***

Según, “Samuel Ramírez, en la primera edición de Protección de Sistemas Eléctricos” menciona que “La protección diferencial actúa cuando existen cortocircuitos en el devanado del estator, actúa cuando las corrientes eléctricas sobrepasan los límites de su valor determinado y obstruye la falla detectada”

Esta protección actúa cuando el vector diferencial entre dos o más magnitudes eléctricas iguales excede su valor determinado. El relevador puede funcionar

como protección diferencial, aunque no por su construcción sino por el método de conexión que se utiliza en el circuito.

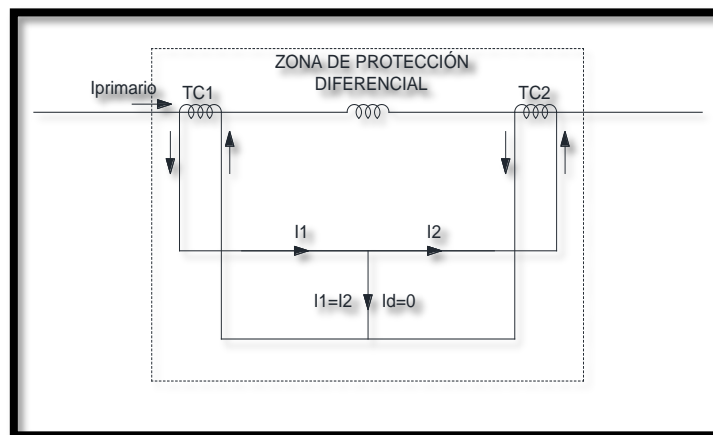
**FIGURA 3. APLICACIÓN SIMPLE DEL RELEVADOR DIFERENCIAL.**



Fuente: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3392/1/samuelramirezcastano.2003.pdf>

Su principio de operación se basa en la comparación de las corrientes que circulan en cada una de las fases en el extremo del neutro y en el extremo de los terminales de generación. La característica más importante de este tipo de protección es su rápida detección y actuación para despejar la falla. La protección diferencial 87G puede proteger al generador contra cortocircuitos que se originan en el devanado del estator. Cortocircuitos fase-fase y fase-tierra pueden ser detectados, aunque los cortocircuitos entre espiras de una misma fase pueden no ser detectados.

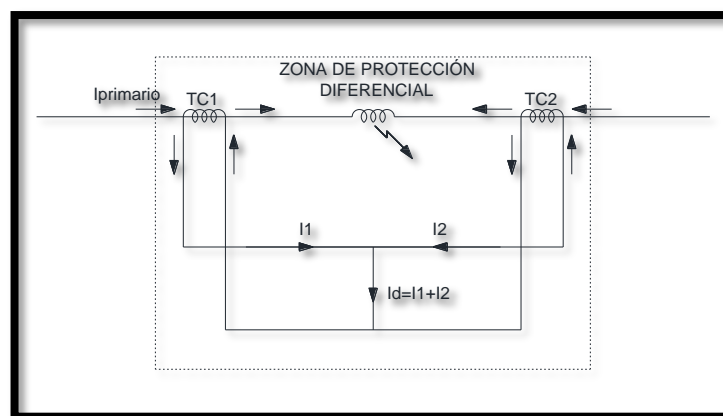
**FIGURA 4. CONEXIÓN SIMPLE DE LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL**



Fuente: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3392/1/samuelramirezcastano.2003.pdf>

Su funcionamiento está basado en la medición de corrientes provenientes de los transformadores de corriente TC's que se encuentran al inicio y al final del devanado del estator. Las señales de corriente que se obtienen de los transformadores de corriente TC's, son llevadas a través de conductores utilizando diferentes configuraciones. Cuando la operación del generador es normal, el sentido del flujo de corriente por el primario de los TC's hace que por el secundario,  $I_1$  e  $I_2$  tengan la misma dirección y la misma magnitud (esto si se tiene una relación de transformación adecuada en los TC's y tomando muy en cuenta la polaridad de los mismos), por lo tanto la corriente "diferencial"  $I_d$  que aparece en el nodo de unión es igual a cero. Si una falla ocurre dentro de la zona de protección diferencial, una de las dos corrientes  $I_1$  o  $I_2$  cambia de dirección, debido a que su respectiva corriente en el primario del TC también lo hace, esto porque en la condición de falla, corrientes procedentes de ambos lados de la protección diferencial aportan al cortocircuito (ver figura 5). En este caso la corriente  $I_d$  ya no es cero por lo que puede ser detectada para producir el disparo de un relé.

**FIGURA 5. CIRCULACIÓN DE CORRIENTES DE FALLA DENTRO DE LA ZONA DE PROTECCIÓN DIFERENCIAL**



**Fuente:** <http://www.bdigital.unal.edu.co/3392/1/samuelramirezcastano.2003.pdf>

Es importante mencionar que la protección diferencial, permite detectar fallas entre un devanado y tierra o fallas entre fases del estator, sin embargo no puede

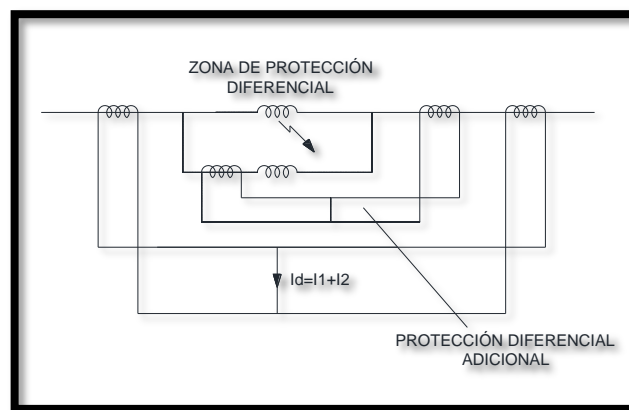


detectar fallas entre espiras de una misma fase porque para ese caso el sentido de las corrientes no cambiará.

En generadores grandes, donde se emplea devanados partidos (generalmente dos por fase y en paralelo), un cortocircuito entre dos devanados de una misma fase por falla en el aislamiento no podría ser detectado tampoco, ya que las corrientes que entran y salen por la fase estarían todavía balanceadas, por esa razón es conveniente aplicar un esquema diferencial adicional. Como se indica en la figura 6, TC`s adicionales son ubicados en una de las mitades de los devanados de cada fase y las corrientes en los secundarios son comparadas con la corriente total en esa fase; la relación de los TC`s deberá ser puesta adecuadamente.

La operación del relé, tiene como objetivo suministrar una alarma al operador y no determinar la desconexión, para que una puesta fuera de servicio sea programada y poder revisar la unidad.

**FIGURA 6. PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE FALLAS EN DEVANADOS EN DEVANADOS PARTIDOS**



**Fuente:** <http://www.bdigital.unal.edu.co/3392/1/samuelramirezcastano.2003.pdf>

Con la aplicación de la protección diferencial en el estator del generador se podría decir que esta solucionada la protección del mismo, pero hay que tomar en cuenta que el funcionamiento de la protección está basado en los materiales magnéticos,

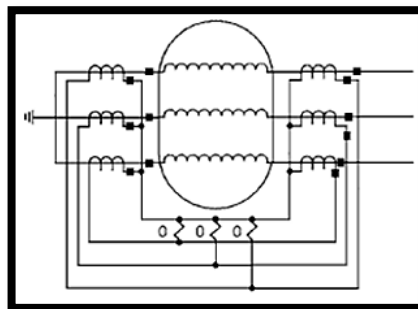
en ciertas condiciones estos pueden llegar a saturarse, lo que provoca que la corriente en sus secundarios no representen el valor real del primario, lo que daría como resultado a una operación equivocada de la protección.

➤ ***Diferencial de alta impedancia.***

Según, “Samuel Ramírez, en la primera edición de Protección de Sistemas Eléctricos” menciona que “El relé de alta impedancia responde al momento que detecta una tensión alta que sobrepasa los límites impuestos para su funcionamiento, este relé se basa en el funcionamiento de un TC de entrada y la saturación de otro, en las fallas externas que se producen, este relé actúa estable, mientras que en las fallas internas, se producen altas tensiones y estas son las que ponen a funcionar a este relé”.

Estos relés deben ser alimentados de TC's idénticos con devanados secundarios distribuidos totalmente. El relé es realmente un relé de tensión que responde a la alta tensión impuesta a través de sus bobinas, causada por todos los TC's que tratan de forzar la corriente a través de la bobina de operación durante una falla interna. R representa las bobinas de retención. Las bobinas de Operación son el fundamento de este arreglo de diferencial de alta impedancia, radica en la forma en la cual la estabilidad en el relevador puede lograrse para fallas externas y por el hecho de que la corriente diferencial debe ser alcanzada a través del circuito secundario del TC.

**FIGURA 7. PROTECCIÓN DIFERENCIAL ALTA IMPEDANCIA.**



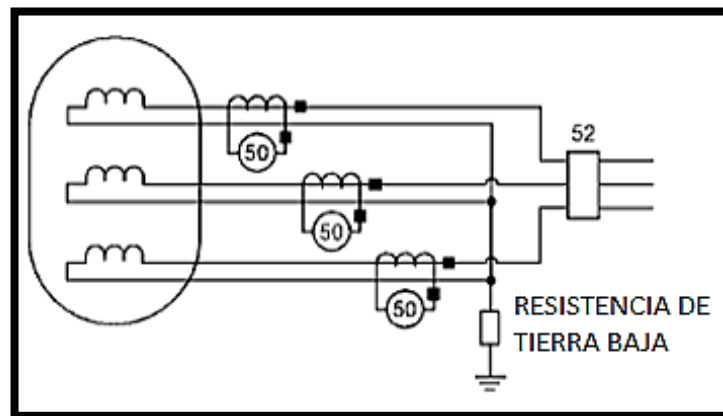
**Fuente:** <http://www.bdigital.unal.edu.co/3392/1/samuelramirezcastano.2003.pdf>

➤ **Relé diferencial auto balanceado.**

Según la “Guía para el buen ajuste y la coordinación de protecciones del STN, julio 2000” menciona que “Esta protección se la utiliza cuando existen fallas de fase a tierra siempre que el neutro este aterrizado, al momento de que el relé detecta una diferencia de corriente tanto de entrada como de salida empieza a actuar”.

El esquema de auto balanceado es utilizado en generadores pequeños. Este esquema usa solo un TC de baja relación por cada fase, con los conductores de ambos extremos de cada devanado pasados a través de él, de tal forma que el flujo neto es cero para condiciones normales. Cualquier diferencia de entre la corriente de entrada y salida es detectada por un relé de sobrecorriente instantáneo.

**FIGURA 8. PROTECCIÓN DIFERENCIAL AUTO BALANCEADO.**



**Fuente:** [http://sv01.xm.com.co/Publico/PlaneacionOperacion/MedianoPlazo/GNPYC/Guias\\_protecciones/DocRefGuiasAjustedeProtecciones.pdf](http://sv01.xm.com.co/Publico/PlaneacionOperacion/MedianoPlazo/GNPYC/Guias_protecciones/DocRefGuiasAjustedeProtecciones.pdf)

**1.1.4.3 Protección de sobrevoltaje 59G.**

Según “Darío Javier Valarezo Eras (2015)” de la Universidad Politécnica Salesiana, en su proyecto de tesis de “Análisis y descripción de los dispositivos electrónicos empleados en la protección de los sistemas eléctricos de potencia” menciona que: “Para calibrar el relés de sobrevoltaje se debe tener en

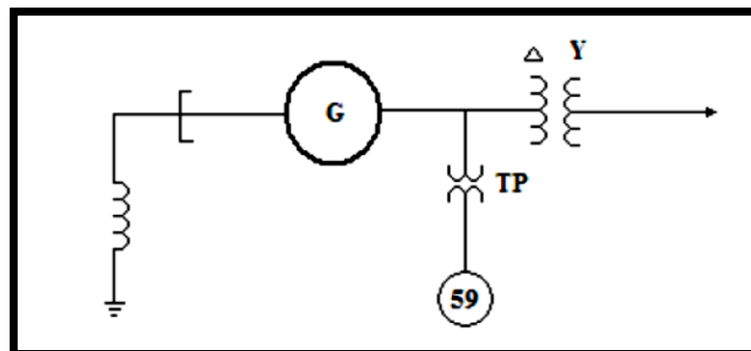
consideración sus funciones de fases y el tiempo para que permita que el AVR que actúe antes que mande a disparar la máquina para esto se debe colocar algunos límites de voltajes máximo y mínimos.”

Antes de introducir los valores de calibración, se debe tomar en cuenta y especificar si el relé trabajara utilizando voltajes fase-fase o fase-tierra, para determinar la existencia o no de sobrevoltajes. Esta opción, suele aparecer en los relés modernos como una opción dentro de los parámetros de calibración. Normalmente el relé trabaja con voltajes fase-fase, pero los voltajes fase-tierra deberían ser considerados para generadores de bajo voltaje, aterrizados sólidamente a tierra. El tiempo para la operación del relé, en los dos casos debe permitir que el regulador de voltaje actúe antes que se produzca el disparo. Si el voltaje a los terminales del generador, supera un valor de calibración definido por el usuario, el relé actúa con un retardo de tiempo dependiendo de la severidad del sobrevoltaje. Los relés suelen contar con dos voltajes de calibración:

**U<sub>min</sub>:** De 110% a 115% del voltaje nominal. El tiempo de operación, como ya se mencionó dependerá del regulador de voltaje; está entre 1,5 y 5 segundos.

**U<sub>max</sub>:** 130% del voltaje nominal. El tiempo de operación típico está entre 0 y 0,5 segundos.

**FIGURA 9. UBICACIÓN DEL RELÉ DE SOBREVOLTAJE EN EL GENERADOR.**



**Fuente:** <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7807/1/UPS-KT00902.pdf>

#### ***1.1.4.4 Protección de bajo voltaje 27G.***

Según “Darío Javier Valarezo Eras (2015)” de la Universidad Politécnica Salesiana, en su proyecto de tesis de “Análisis y descripción de los dispositivos electrónicos empleados en la protección de los sistemas eléctricos de potencia” menciona que: “La protección de bajo voltaje protege a los equipos auxiliares de la máquina y puede funcionar como un bloqueo para la protección de campo que pueden ser directas o indirectas”

Esta función protege principalmente a los equipos (sistemas auxiliares) conectados al generador, contra reducciones de voltaje que pueden derivar en condiciones erróneas de operación, sobre todo de motores y bombas. También se los puede utilizar como criterio para la separación de carga y estabilidad de voltaje en caso de colapso. Las principales consecuencias de tener un bajo voltaje se dan por:

- Proximidad de fallas.
- Pérdida de un generador en el sistema.
- Demanda se incrementa.
- Fallas en el AVR.

También suele ser utilizado como elemento de bloqueo para otras protecciones, como la protección de falla de campo, o la protección contra energización inadvertida del generador, donde el bajo voltaje está relacionado con los fenómenos que se presentan directa o indirectamente.

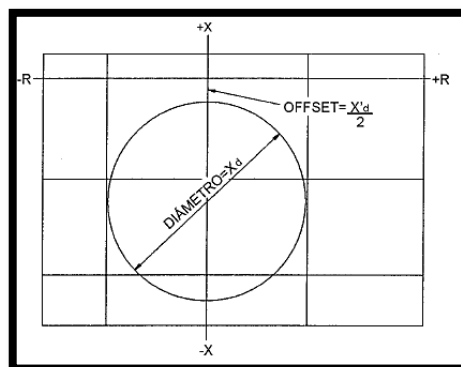
#### ***1.1.4.5 Protección contra pérdida de excitación 40G.***

Según “IEEE protecciones generador sincrónico” presentado por “The Power Engineering Education Committee” menciona que: “La protección de pérdida de

excitación nos detecta sobre oscilaciones de cargas, fallas en el sistema por lo cual la protección más confiable y segura es el relé tipo Mho por lo cual este opera cuando la impedancia cae dentro de las características circulares y se pueden usar límites y rangos de retardos para proteger las oscilaciones estables de la potencia, estos pueden proporcionar los límites de protección desde cero hasta máxima carga siempre que la reactancia sincrónica ( $X_s$ ) este dentro de los límites y rangos”

La protección de pérdida de excitación detecta las condición de la misma sin responder a oscilaciones de carga, a fallas en el sistema y a otros transitorios que no hagan que la máquina se inestabilice. Los relés de pérdida de excitación actualmente disponibles proporcionan protección confiable, con baja probabilidad de operación incorrecta ante disturbios en el sistema. Los esquemas de protección basados en la medición de la corriente de campo de la máquina han sido usados para detectar la pérdida de excitación de un generador. La medición de corriente reactiva (o potencia reactiva) hacia del generador también ha sido usada para detectar la condición de pérdida de excitación. Sin embargo, el esquema de protección más popular y confiable para la detección de la pérdida de excitación usa un relé tipo Mho con desplazamiento (offset). La característica de operación de un relé tipo Mho con desplazamiento de una sola zona se muestra en la figura 10.

**FIGURA 10. CARACTERÍSTICAS DEL RELÉ MHO-OFFSET DE UNA ZONA**



**Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/21289618/Tutorial-IEEE-Proteccion-Generadores-Espanol#scribd>

El relé es conectado a las terminales de la máquina y alimentado con tensiones y corrientes en terminales. El relé mide la impedancia vista desde las terminales de la máquina y opera cuando la impedancia de la falla cae dentro de la característica circular. El relé está desplazado del origen por la mitad de la reactancia transitoria de eje directo  $X'_d/2$ , para evitar la operación incorrecta durante disturbios en el sistema y otras condiciones de falla.

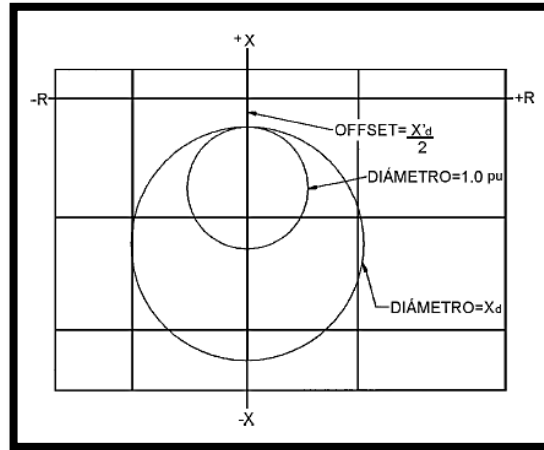
El diámetro del círculo se ajusta para ser igual a  $X_d$ . Puede usarse un retardo de tiempo de 0.5 a 0.6 segundos para tener seguridad contra oscilaciones estables de potencia. Estos ajustes pueden proporcionar protección contra pérdida de excitación del generador desde carga cero hasta plena carga, siempre que la reactancia síncrona de eje directo  $X_d$  del generador esté en el rango de 1.0 – 1.2 pu.

Las máquinas modernas son diseñadas con valores mayores de reactancia síncrona de eje directo  $X_d$  en el rango de 1.5 – 2.0 pu. Con estas reactancias síncronas altas, el ajustar el diámetro del relé Mho offset a  $X_d$  abriría la posibilidad de operación incorrecta del relé durante la operación subexcitado. Para evitar estas operaciones incorrectas, el diámetro del círculo es limitado a 1.0 pu. (en la base del generador), en lugar de  $X_d$ . Este ajuste reducido limitaría la cobertura de protección a condiciones de máquina con alta carga y podría no proporcionar protección para condiciones de carga ligera. Para evitar las limitaciones anteriores, pueden usarse dos relés Mho offset como se muestra en la figura 11.

El relé con un 1.0 pu (en base del generador) de diámetro de impedancia detectará una condición de pérdida de campo desde plena carga hasta alrededor del 30% de carga, y se ajusta con operación casi instantánea para proporcionar protección rápida para condiciones severas en términos del posible daño a la máquina y efectos adversos sobre el sistema. El segundo relé, con diámetro igual a  $X_d$  y un retardo de tiempo de 0.5 – 0.6 segundos proporcionará protección para condiciones de pérdida de excitación hasta cero, las dos unidades Mho offset

proporcionan protección contra pérdida de excitación para cualquier nivel de carga. Ambas unidades se ajustan con un offset de  $X'_d/2$ , la figura 11 ilustra este enfoque.

**FIGURA 11. CARACTERÍSTICAS DEL RELÉ MHO-OFFSET DE DOS ZONAS**



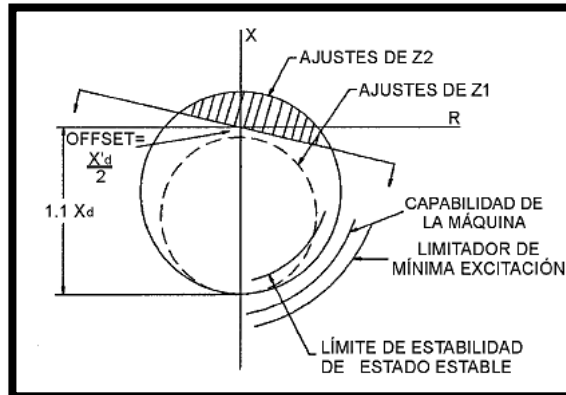
**Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/21289618/Tutorial-IEEE-Proteccion-Generadores-Espanol#scribd>

La figura 12 ilustra otro enfoque que es usado en la industria para la protección por pérdida de excitación. Este esquema usa una combinación de una unidad de impedancia, una unidad direccional y una unidad de baja tensión aplicadas a las terminales del generador y ajustadas para “ver hacia dentro” de la máquina. Las unidades de impedancia ( $Z2$ ) y direccional se ajustan para coordinar con el limitador de mínima excitación del generador y el límite de estabilidad de estado estable. Durante condiciones de excitación anormalmente baja, tal como puede ocurrir a continuación de una falla del limitador de mínima excitación, estas unidades operan una alarma, permitiéndole al operador de la central corregir esta situación. Si también existe una condición de baja tensión, la cual indica una condición de pérdida de campo, la unidad de baja tensión operaría e iniciaría el disparo con un retardo de tiempo de 0.25 – 1.0 segundos. Pueden también usarse dos relés en este esquema, con el segundo (mostrado como  $Z1$  en la Figura 12, ajustado con un desplazamiento igual a  $X'_d/2$  y con el alcance largo igual a 1.1 veces  $X_d$ . En este caso, el relé con el ajuste  $Z1$  deberá disparar sin retardo de



tiempo externo, mientras que el otro relé Z2 debe ser retrasado aproximadamente 0.75 segundos para evitar la operación con oscilaciones estables.

**FIGURA 12. PROTECCIÓN DE PÉRDIDA DE CAMPO USANDO UNA UNIDAD DE IMPEDANCIA Y UN ELEMENTO DIRECCIONAL**



**Fuente:** <http://es.scribd.com/doc/21289618/Tutorial-IEEE-Proteccion-Generadores-Espanol#scribd>

El nivel de “dropout” de este relé de baja tensión podría ajustarse en 90-95% de la tensión nominal y el relé podría ser conectado para bloquear el disparo cuando esté operado (pickup) y permitir el disparo cuando está en condición de “dropout”.

Esta combinación tiene como objetivo la protección para casi todas las condiciones de pérdida de excitación, pero podría no disparar cuando el generador esté operando a carga ligera, puesto que la reducción de tensión podría no ser suficiente para causar que el relé pase a condición de “dropout”.

#### ***1.1.4.6 Protección de secuencia negativa o carga asimétrica 46G.***

Según “Juan Pablo Fárez y William Mendieta (2013)” de la Universidad de Cuenca, en su proyecto de tesis de “Estudio de definición del sistema de protecciones de la central hidroeléctrica Saymirín y su coordinación” menciona que: “La protección de secuencia negativa no es más que la protección de

sobrecorriente en tiempo inverso que soporta magnitudes de corrientes y deben ser muy sensibles, ya que cuando detectan una falla y es inferior o igual no se realice ninguna acción pero cuando supere su límite máximo permitido, esté conectado a una alarma para que el operador realice algunas manipulaciones y no deje disparar a la máquina.”

Los generadores están diseñados para que puedan soportar una magnitud de corriente de secuencia negativa permanentemente sin sufrir daño alguno. Sin embargo, cuando se producen desbalances de las corrientes de fase, en las cuales la magnitud de la corriente de secuencia negativa supera este límite, se puede calcular el tiempo  $t$  que puede estar expuesto el generador sin sufrir daños:

#### **Ecuación 1.2**

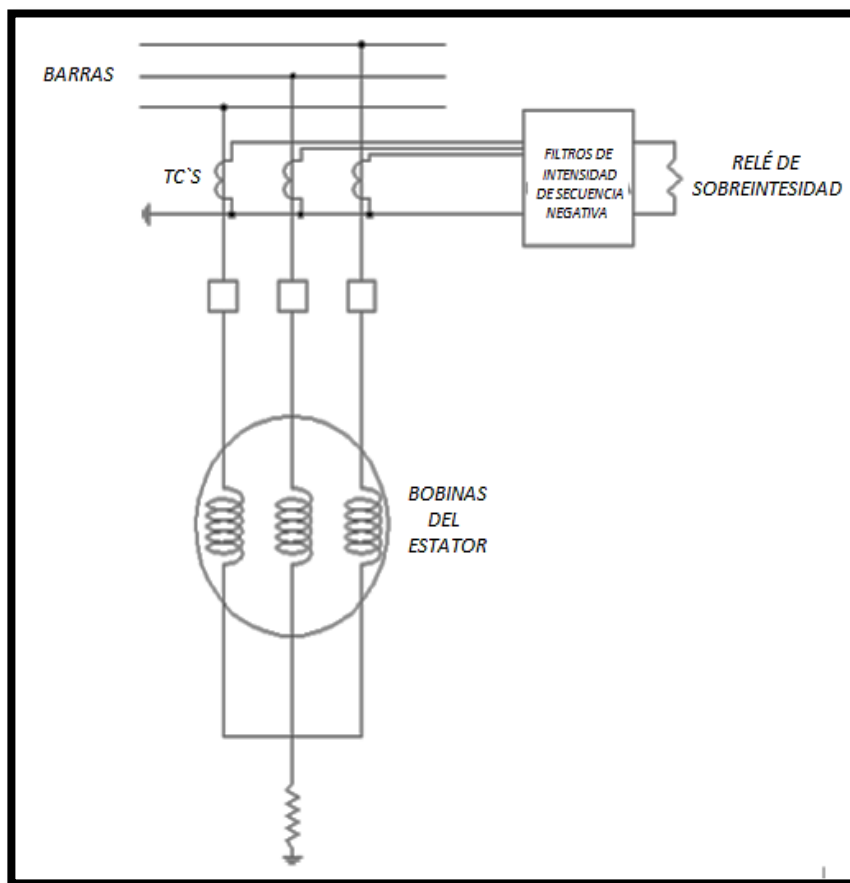
$$I_2^2 * t = k$$

Donde  $I_2$  representa el valor RMS de la componente de secuencia negativa de la corriente de fase del estator,  $t$  representa el tiempo en segundos durante el cual el generador se encuentra expuesto al desbalance entre las corrientes de fase y  $k$  es una constante que depende del diseño y de la capacidad de soportar la corriente de secuencia negativa. El esquema de protección utilizado debe ser muy sensible, debido a que cuando se tiene una magnitud de corriente de secuencia negativa inferior o igual a la magnitud de régimen permanente, no se debe realizar ninguna acción.

Cuando se aproxima al límite máximo permitido, la protección debe alertar al operador para que se pueda realizar alguna maniobra que permita prevenir el disparo de la unidad. En caso de que la corriente supere el límite máximo debe instantáneamente realizarse un procedimiento de disparo de la unidad. El funcionamiento del esquema de protección se basa en utilizar un relé de sobrecorriente de tiempo inverso que se encuentra conectado a un filtro de corriente de secuencia negativa.

Este filtro se encuentra alimentado por una configuración de TC`s conectados en estrella en terminales del generador. El relé se encuentra calibrado según la ecuación 1.2, la cual determina las corrientes máximas admisibles que puede soportar sin sufrir daños. En la figura 13 se puede observar la configuración de este esquema de protección.

**FIGURA 13. PROTECCIÓN DE PÉRDIDA DE CAMPO USANDO UNA UNIDAD DE IMPEDANCIA Y UN ELEMENTO DIRECCIONAL**



Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/tesis.pdf

#### ***1.1.4.7 Protecciones de sobrecorriente 50/51G.***

Según "Iván Calero" (2008), de la Escuela Politécnica Nacional, en su proyecto de tesis de "Protección de Generadores Eléctricos mediante Relés

Microprocesados Multifuncionales” menciona que “La protección de sobrecorriente se descompone en instantáneo 50 y temporizada 51 la protección de sobrecorriente temporizada se ajusta a la curva de mejor manera con la curva de capacidad térmica de corta duración y el tiempo del relé de sobrecorriente evite una falla de falsa operación por sobrecarga mientras que el relé de sobrecorriente instantáneo es la que se ajusta solo con dar un valor límite si se sobre pasar este límite podría mandar a disparar la maquina”

La protección 50/51G tiene dos funciones de sobrecorriente

- Sobrecorriente temporizada 51G
- Sobrecorriente instantánea 50G

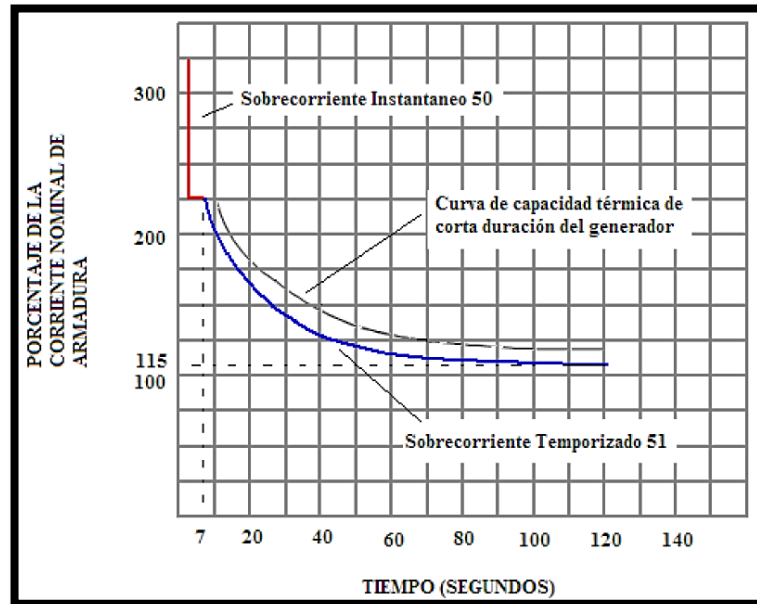
Los parámetros de calibración para la función de sobrecorriente temporizada, son: dial, tap y tipo de curva mientras que la función de sobrecorriente instantánea solo se ajusta corriente de tap.

- ***Calibración de la función de sobrecorriente temporizada 51G***

Para que funcione la sobrecorriente temporizada es necesario que sea ajustada para arrancar del 75% al 100% de la corriente nominal (Itap); una vez que se sobrepasa la corriente de arranque, el relé empieza a acumular tiempo y operara de acuerdo a la curva de tiempo de sobrecorriente que es generalmente definida con una característica extremadamente inversa para que se ajuste de mejor manera a la curva de capacidad térmica de corta duración del generador (figura 14).

El dial es seleccionado para que el relé opere en 7 segundos al 226% de la corriente nominal esto con el fin de dejar un margen de seguridad entre la curva de la capacidad térmica de corta duración y la de tiempo de sobrecorriente del relé y evitar así una falsa operación por sobrecarga menor al 115%.

**FIGURA 14. CALIBRACIÓN DEL RELÉ 50/51G CONSIDERANDO LA CURVA DE CAPACIDAD TÉRMICA DE CORTA DURACIÓN**

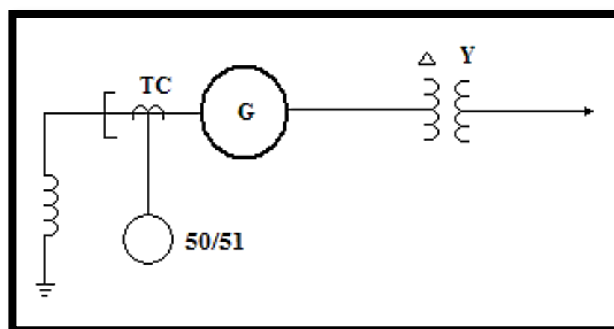


Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/tesis.pdf

➤ *Calibración de la función de sobrecorriente instantáneo 50G*

El elemento de sobrecorriente instantáneo tiene como objetivo definir un valor límite, por encima del cual no se debe trabajar, incluso en tiempo muy pequeño, por ejemplo se puede calibrar para operar cuando la corriente haya superado el 226% de la corriente nominal que es la máxima corriente admisible que se cita en la norma ANSI C50.14-1989

**FIGURA 15. CONEXIÓN DEL RELÉ 50/51 EN EL GENERADOR**



Fuente: file:///C:/Users/user/Downloads/tesis.pdf

## ***1.2 El Transformador***

Según “Yeiner Rodríguez, en su trabajo de investigación Teoría de transformador” menciona que “Un transformador es una maquina eléctrica capaz de transformar corriente, sin alterar la frecuencia de la misma”.

El transformador es una máquina eléctrica que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética, generalmente los transformadores de potencia están instalados en subestaciones para la distribución de la energía eléctrica.

Efectuando la tarea intermediadora entre las grandes centrales de generación y los usuarios domiciliarios o industriales; que consiste en reducir los altos niveles de voltaje [con el cual es transmitida la energía] a magnitudes de voltaje inferiores, que permiten derivar circuitos a los usuarios en medias o bajas tensiones.

También se da una aplicación similar, en las grandes centrales de generación, donde los transformadores de potencia, elevan los niveles de voltaje de la energía generada a magnitudes de voltaje superiores, con el objeto de transportar la energía eléctrica en las líneas de transmisión. Por el transformador también se refiere a aquel aparato eléctrico que se utiliza regularmente para convertir la corriente de alta tensión y de débil intensidad en otra de baja tensión y de gran intensidad o viceversa.

### ***1.2.1 Transformadores de corriente TC`s***

Según “El catalogo HG 24 de Transformadores de protección y medida 4M, de Siemens, 2009” menciona que, “Se considera transformadores de corriente a los que trabajan con el régimen de un cortocircuito.”

Se debe tomar en cuenta que a través del lado primario del transformador fluye toda la corriente de servicio continuo, mientras que todos los equipos que se encuentran conectados en el lado secundario están conectados en serie. Los TC`s pueden tener varios arrollamientos secundarios de las mismas características o diferentes, con núcleos separados magnéticamente.

Tomando en cuenta el riesgo de sobrecorriente los TC`s no pueden ser operados con bornes secundarios abiertos, solo deben ser operados en cortocircuito o con la carga del equipo de medida.

➤ **Clases de precisión TC`s**

La clase de precisión de un transformador de corriente para protección se designa por un número, que corresponde al valor máximo admisible del error compuesto en por ciento, para la corriente límite de precisión nominal y la carga de precisión, este número lleva a continuación la letra “P” las cuales son: 5P - 10P.

**Clase P:** Transformador de corriente para protección sin límite de flujo remanente, para el cual se especifica el comportamiento frente a la saturación en el caso de un cortocircuito simétrico.

**TABLA 2. LÍMITES DEL ERROR DE INTENSIDAD Y DEL DESFASE DE LOS TRANSFORMADORES**

Clase de precisión	Error de intensidad en %, $\pm$ , para los valores de intensidad expresados en % de la intensidad asignada				Desfase, $\pm$ , para los valores de la intensidad expresados en % de la intensidad asignada							
					Minutos				Centirradiares			
	5	20	100	120	5	20	100	120	5	20	100	120
<b>0,1</b>	0,4	0,2	0,1	0,1	15	8	5	5	0,45	0,24	0,15	0,15
<b>0,2</b>	0,75	0,35	0,2	0,2	30	15	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3
<b>0,5</b>	1,5	0,75	0,5	0,5	90	45	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9
<b>1,0</b>	3,0	1,5	1,0	1,0	180	90	60	60	5,4	2,7	1,8	1,8

Fuente: [http://www.lescop.com/es/pdf/Nota\\_tecnica\\_III\\_\(Precision\).pdf](http://www.lescop.com/es/pdf/Nota_tecnica_III_(Precision).pdf)

**TABLA 3. LÍMITES DE ERRORES DE TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD PARA PROTECCIÓN.**

Clase de precisión	Error de intensidad para la intensidad primaria asignada en (%)	Desfase para la intensidad primaria asignada		Error compuesto para la intensidad primaria límite de precisión en %
		Minutos	Centirradiaes	
<b>5P</b>	$\pm 1$	$\pm 60$	$\pm 1,8$	5
<b>10P</b>	$\pm 3$	--	--	10

Fuente: [http://www.lescop.com/es/pdf/Nota\\_tecnica\\_III\\_\(Precision\).pdf](http://www.lescop.com/es/pdf/Nota_tecnica_III_(Precision).pdf)

### 1.2.2 Transformadores de potencia TP's

Según “El catalogo HG 24 de Transformadores de protección y medida 4M, de Siemens, 2009” menciona que, “Los transformadores de potencia tienen una conexión de puesta a tierra en el lado primario en la caja de bornes, la cual no debe ser desconectada bajo ninguna circunstancia ya que de esta conexión depende el funcionamiento del TP's”

Los transformadores de potencia no deben ponerse en cortocircuito o en el lado secundario. Ya que este tipo de transformadores contienen un solo núcleo magnético y generalmente están diseñados con un arrollamiento secundario.

En el caso del transformador de potencia puestos a tierra (monofásico), dispone de un arrollamiento de tensión residual que es adicional a parte del arrollamiento secundario (arrollamiento de medida).

#### ➤ Clases de precisión TP's

Todos los transformadores de tensión para la protección deben tener asignada una clase de precisión, esta exigencia no se extiende a los arrollamientos destinados a suministrar una tensión residual, la clase de precisión de un transformador de tensión para protección, se designa por el error máximo admisible de la tensión en tanto por ciento, entre el 5% de la tensión asignada y el valor de la tensión



correspondiente al factor de tensión asignada. Esta expresión se seguido de la letra “P” las cuales son: 3P y 6P

**TABLA 4. LÍMITES DE ERROR DE LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN PARA MEDIDA**

Clase de precisión	Error de tensión (relación) en porcentaje $\pm$	Desfase $\pm$	
		Minutos	Centirradiares
<b>0,1</b>	0,1	5	0,15
<b>0,2</b>	0,2	10	0,3
<b>0,5</b>	0,5	20	0,6
<b>1,0</b>	1,0	40	1,2
<b>3,0</b>	3,0	Sin especificar	Sin especificar

Fuente: [http://www.lescop.com/es/pdf/Nota\\_tecnica\\_III\\_\(Precision\).pdf](http://www.lescop.com/es/pdf/Nota_tecnica_III_(Precision).pdf)

**TABLA 5. LÍMITES DE ERROR DE LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN PARA PROTECCIÓN.**

Clase de precisión	Error de tensión (relación) en porcentaje $\pm$	Desfase $\pm$	
		Minutos	Centirradiares
<b>3P</b>	3,0	120	3,5
<b>6P</b>	6,0	240	7,0

Fuente: [http://www.lescop.com/es/pdf/Nota\\_tecnica\\_III\\_\(Precision\).pdf](http://www.lescop.com/es/pdf/Nota_tecnica_III_(Precision).pdf)

### ***1.2.3 Protecciones del Transformador de Potencia***

Se describen a continuación las prácticas de protección para transformadores trifásicos mayores de 500 kVA. Dichos transformadores pueden ser de los siguientes tipos:

- Transformadores de potencia.
- Autotransformadores de potencia.
- Transformadores de regulación.
- Reguladores de voltaje escalonados.

- Transformadores de puesta a tierra.
- Transformadores de hornos de arco eléctrico.
- Transformadores rectificadores.

En contraste con los generadores, en los cuales pueden surgir muchas condiciones anormales, los transformadores pueden sufrir solo cortocircuitos de devanados, circuitos abiertos, o sobrecalentamiento. En la práctica no se provee de protección con relevadores contra circuitos abiertos puesto que ellos no son perjudiciales, tampoco se provee contra sobrecarga ni contra sobrecalentamiento; ellos pueden ser accesorios térmicos que tienen el trabajo de dar una alarma sonora o controlar un banco de ventiladores, pero con solo pocas excepciones, el disparo automático de los interruptores del transformador no es practicado generalmente. Una excepción es cuando el transformador suministra una carga previsible determinada.

La protección de respaldo contra fallas externas puede ser considerada como una forma de protección de sobrecarga, pero el pickup de tales equipos de protección es usualmente alto para proporcionar protección efectiva al transformador excepto para cortocircuitos prolongados. Allí permanece, luego, solo la protección contra cortocircuitos en los transformadores o sus conexiones, y la protección de respaldo contra fallas externas.

El transformador de potencia es uno de los elementos de mayor importancia dentro de un sistema eléctrico. La elección de las funciones apropiadas que conforman su sistema de protección, puede estar condicionadas por aspectos técnicos, económicos, de confiabilidad y por su tamaño e importancia para el sistema. Teniendo en cuenta los elevados costes de reparación de los transformadores y las consecuencias de su indisponibilidad sobre el servicio, aspectos como rapidez, sensibilidad y selectividad de los equipos de protección resultan esenciales a la hora de definir el sistema de protección, particularmente en transformadores de gran tamaño.

Una alta sensibilidad es necesaria puesto que a menudo se producen faltas internas que conducen a valores de corrientes de falta muy por debajo de la intensidad nominal del transformador. Relés de protección rápidos pueden reducir los daños y por lo tanto el costo de su reparación. Protecciones de reserva o “backup” son igualmente importantes ya que el fallo de un relé o de interruptor en una falla puede causar tal daño al transformador que si reparación no sea viable.

#### ***1.2.3.1 Protección Diferencial del Transformador (87T).***

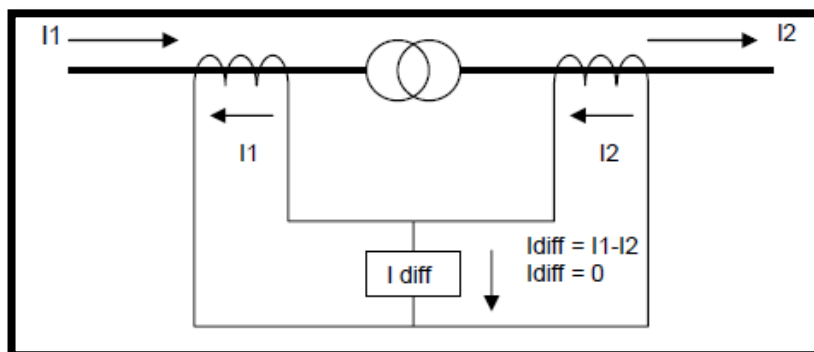
Según “Ing. Renzo Tamasco Amador en su artículo Protecciones Eléctricas 2007”, menciona que “Cuando en las corrientes eléctricas se detecta un desfase en la diferencia fasorial y que ha excedido los límites de trabajo establecidos, puede detectar y despejar fallas de aislamiento en los devanados”.

Una protección diferencial es aquella que opera cuando la diferencia fasorial de dos o más cantidades eléctricas exceden un valor predeterminado. Por lo tanto podemos encontrar protección diferencial de transformador, de barras, de línea, de generador, entre otros. La protección diferencial de transformador opera con las corrientes de cada devanado del transformador de potencia. En condiciones normales, las corrientes  $I_1$  e  $I_2$  que entran al relé son iguales en magnitud por lo que la corriente diferencial es aproximadamente cero.

La protección diferencial también puede detectar y despejar fallas de aislamiento en los devanados del transformador. La causa principal de estas fallas es la formación de arcos en el interior de los pasatapas y fallas en el cambiador de derivaciones.

Este tipo de protección no solamente responde a las fallas fase a fase y fase a tierra sino también en algún grado a las fallas entre espiras. Sin embargo, las fallas fase a fase entre los devanados de un transformador trifásico son menos comunes.

**FIGURA 16. PROTECCIÓN DIFERENCIAL DEL TRANSFORMADOR**



Fuente: <http://www.actiweb.es/servipasatiempoestrada/archivo3.pdf>

A diferencia de la 87G, la 87T puede también detectar cortocircuitos entre espiras de una misma fase, debido a que en un evento de ese tipo, la relación de transformación se ve alterada cambiando también la relación entre las corrientes primaria y secundaria, lo que da lugar a la circulación de una pequeña corriente diferencial (cuya magnitud depende del número de espiras cortocircuitadas) debido a que las RTCs fueron calculadas en función de la relación de transformación nominal del transformador que se quiere proteger. La circulación de una corriente diferencial pequeña, puede operar el relé dependiendo de la sensibilidad de los parámetros de calibración.

### ***1.2.3.2 Protección de Sobrecorriente (50/51 y 51nT).***

Según “Darío Javier Valarezo Eras, 2015, Universidad Politécnica Salesiana”, en su proyecto de tesis de “Análisis y Descripción de los dispositivos Electrónicos empleados en la protección de los Sistemas Eléctricos de Potencia”, menciona que “La protección de sobrecorriente actúa cuando se detecta una corriente que sobrepasa a la corriente de ajuste o a los valores determinados”.

La protección de sobrecorriente se diseña para operar cuando la magnitud de la corriente que fluya por el elemento protegido es mayor que la corriente de ajuste.

Los valores anormales de corriente pueden ser provocados por sobrecargas en el sistema y por cortocircuito. Estos niveles excesivos de corriente pueden provocar daño térmico o mecánico a los elementos del sistema, e influenciar negativamente en la calidad del servicio eléctrico. Los esquemas de protección deben distinguir entre corrientes debidas a fallas externas o corriente de carga en estado estable y las corrientes producidas por fallas internas. Una falla externa que no es liberada rápidamente o corrientes debidas a grandes cargas, producen sobrecalentamientos en los devanados del transformador y a su vez la degradación del aislamiento. Esta situación favorece a la aparición de fallas internas.

El efecto de una falla interna sostenida puede producir arcos, incendios, fuerzas mecánicas y magnéticas que finalmente dañan al equipo protegido e inclusive a equipos cercanos a este. Por lo tanto se debe seleccionar y ajustar correctamente los dispositivos de protección por sobrecorriente que protegen al generador.

Existen muchos tipos de relés de sobrecorriente, pero los utilizados en la protección de transformadores son del tipo de tiempo inverso y de tiempo definido. Esto se lo conoce como un dispositivo de protección 50/51T, el cual combina las características de estos dos tipos de relés. El relé de sobrecorriente es comúnmente conectado en el lado de alto voltaje del transformador. El relé 51NT mide la corriente de secuencia cero que circula por el neutro del transformador, esto se da cuando una falla a tierra ocurre en una de las fases.

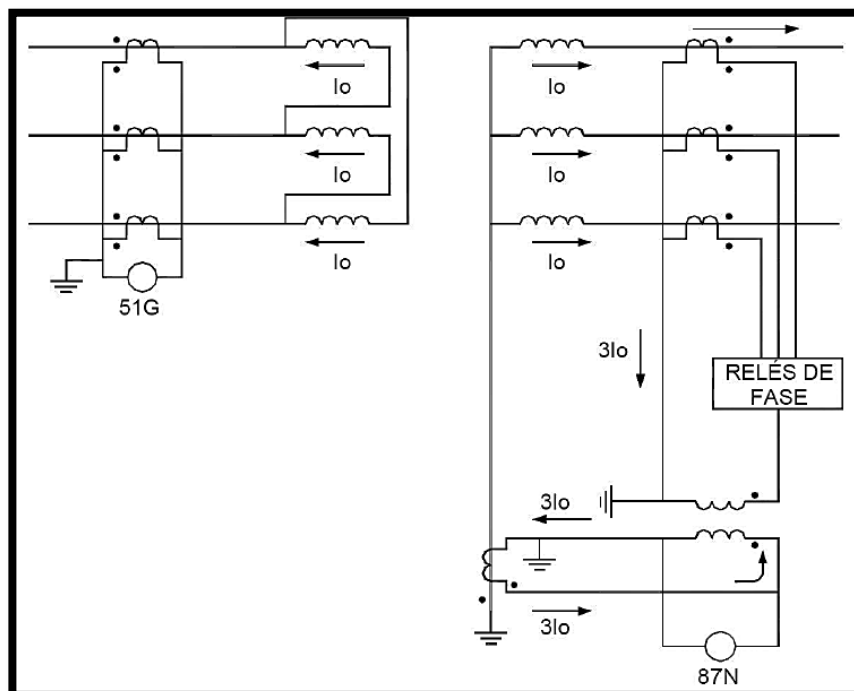
Está ubicado en el neutro del devanado de estrella aterrizada y se utiliza como respaldo contra fallas a tierra en las líneas de transmisión que parten de la estación de generación. La corriente de arranque y tiempo de operación, deberán estar coordinados con los dispositivos de protección del transformador y los disponibles en las líneas de transmisión.

### 1.2.3.3 Protección Falla a Tierra.

Según “Juan Pablo Fárez y William Mendieta (2013)” de la Universidad de Cuenca, en su proyecto de tesis de “Estudio de definición del sistema de protecciones de la central hidroeléctrica Saymirín y su coordinación” menciona que: “Es recomendable da un valor del 40% de su corriente nominal dando los niveles de desbalances que son mayores y se escoge resultados dependiendo del caso para tener un alto grado de sensibilidad”

Se recomienda ajustar el valor de arranque de los relés de sobrecorriente de tierra en un valor del 40% de la corriente nominal del transformador, dado que los niveles de desbalance esperados en el sistema son inferiores. La característica de tiempo inverso se determina de acuerdo con el estudio de cortocircuitos y la coordinación con las protecciones aledañas. En la siguiente figura 17 se puede observar la disposición de los elementos para esta protección.

**FIGURA 17. PROTECCIÓN DE FALLA A TIERRA DE UNA CONEXIÓN DELTA**



Fuente: <http://www.electricalites.com/admin/documents/NPAG.pdf>

Para el ajuste de los relés de sobrecorriente de tierra, se simulan fallas monofásicas y de alta impedancia en varios puntos del sistema (varios niveles de tensión del transformador), se registran las corrientes residuales y a partir de estos resultados se escogen los ajustes más adecuados haciendo las verificaciones del caso y cuidando de que los ajustes les permitan tener un alto grado de sensibilidad y mantener una selectividad apropiada.

### ***1.3 Software BESTCOMSPlus***

Según “Basler Electric, en el Manual de Instrucciones para el BE1-11g, Sistema de Protección de generadores, 2014”, menciona que “BESTCOMSPlus es una aplicación que se basa en Windows, el mismo que le da la facilidad al usuario de interactuar gráficamente mediante lógicas programables, según la necesidad del usuario y de los diferentes equipos de Basler Electric como pueden ser: BE1-11, DECS-250, DGC-2020, etc.”

El nombre BESTCOMSPlus es la abreviatura en inglés de Basler Electric Software Tool for Communications, Operations, Maintenance and Settings. BESTCOMSPlus es el medio que el usuario utiliza para configurar y monitorear el BE1-11g con tan solo un clic. El software tiene una capacidad de configurar uno o más sistemas de protección de generadores BE1-11g de forma rápida y eficaz.

Una de las ventajas de este software es que si el usuario cree conveniente puede crear un esquema de ajustes, guardarlo en un archivo y cuando crea conveniente puede cargarlo al BE1-11g. Este tipo de ventajas es una gran ayuda para el usuario ya que le permite interactuar con el programa y así poder adquirir más conocimientos sobre el sistema en el que se encuentra trabajando. El complemento del BE1-11 se abre dentro del intérprete de órdenes principal de BESTCOMSPlus. El mismo esquema de la lógica predeterminado que se envía con el BE1-11g se incorpora a BESTCOMSPlus mediante la descarga de los

ajustes y la lógica del BE1-11g o mediante la selección de la aplicación tipo “G” en la pantalla Número de estilo.

El usuario también tiene la opción de crear un archivo de ajustes personalizado mediante la modificación del esquema de la lógica predeterminada o la creación de un esquema único desde cero. La lógica programable de BESTlogic™Plus se utiliza para programar la lógica del BE1-11g para los elementos de protección, las entradas, las salidas, las alarmas, etc. Esto se lo realiza de una forma muy simple, se puede arrastrar elementos, componentes, entradas y salidas a la ventana del programa y realizar las conexiones entre ellos y de esta forma crear el esquema de la lógica deseada.

Otra ventaja del software es que es posible enlazarse con el software SCADA y HMI, mediante direcciones IP que el usuario lo designe, lo cual nos permite visualizar datos de voltajes, corrientes y protecciones de los diferentes equipos que Basler Electric dispone.

**FIGURA 18. PANTALLA INICIAL DE BESTCOMSPPLUS**



**Fuente:** <https://es.basler.com/ResourceDownload.aspx?id=1081>



## CAPÍTULO II

### 2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### *2.1 Central termoeléctrica Santa Rosa.*

En la parroquia de Cutuglagua, cantón Mejía de la provincia de Pichincha se encuentra ubicada la Central Termoeléctrica Santa Rosa perteneciente a la empresa CELEC E.P Termopichincha que posee tres unidades de generación que entregan al sistema una potencia nominal de 17 MW cada una y un voltaje nominal de 13.8 kV.

**FIGURA 19.** CENTRAL TERMOELÉCTRICA SANTA ROSA



**Fuente:** [www.celecep.com](http://www.celecep.com)

Estas unidades de generación cuentan con protecciones antiguas y ya no son muy confiables a la detección ante una falla eléctrica.

Por lo que requieren reemplazar los relés electromecánicos a tres relés digitales multifuncionales en la unidad generadora #3 para obtener una mejor respuesta ante una falla en el sistema, tanto para el generador y el transformador para lo cual se debe tomar a consideración algunas señales y mediciones.

## ***2.2 Diseño metodológico.***

### ***2.2.1 Método de la investigación***

#### ***2.2.1.1 Método analítico.***

Este método implica la descomposición de partes para obtener una comprensión de sus causas, por lo cual se toma este método para la implementación que nos permite obtener resultados mediante la identificación de señales para los relés digitales multifuncionales.

#### ***2.2.1.2 Método deductivo.***

Mediante este método se aplican datos aceptados como verdaderos previamente conocidos como principios generales para después aplicar y comprobar su validez por lo cual se constituirá para algunas posibles soluciones aceptables para obtener un mejor tiempo de respuestas frente a cualquier evento de falla en el sistema en la Central Termoeléctrica Santa Rosa.

### ***2.2.2 Tipos de investigación***

Existen diferentes tipos de investigación pero los que se tomaron para esta implementación son los siguientes.

### ***2.2.2.1 Investigación de campo.***

Este tipo de investigación es aplicada para comprender y resolver varias necesidades en el ámbito natural ya que los datos para la implementación de los relés digitales multifuncionales están ubicados físicamente, entre ellas están todas las señales de control que se encuentran en la planta de generación y transformación, esto se lo hace para delimitar algunas fallas en el sistema y poder realizar pruebas para ejecutar los setting calculados, proporcionados por la empresa CELEC E.P Termopichincha Central Santa Rosa.

### ***2.2.2.2 Investigación descriptiva.***

Se utilizará la investigación descriptiva para conocer la situación actual de los relés electromecánicos y poder determinar la vida útil de cada uno de ellos y así poderlos reemplazar con relés digitales multifuncionales para el generador y transformador de la Central Termoeléctrica Santa Rosa.

## ***2.2.3 Técnicas de investigación***

### ***2.2.3.1 Observación de campo.***

Este es un recurso importante por lo que se realiza en el lugar de los hechos donde se va hacer la implementación y se hará un seguimiento de los conductores eléctricos para saber si coinciden con los planos que proporciono la empresa y poder continuar con la habilitación y deshabilitación de señales.

### ***2.2.3.2 Análisis documental.***

Esta técnica consiste en seleccionar ideas informativas de un documento, en este caso se recopiló los ajustes de los relés electromecánicos para poder ingresar los

mismos tiempos de actuación, diales y curvas características en los nuevos relés digitales multifuncionales y dejar con la misma calibración de las protecciones anteriores para que no sufra ninguna falla el generador.

#### ***2.2.4 Instrumentos de Investigación***

##### ***2.2.4.1 Instrumento de cuaderno de notas.***

Es una libreta que el observador lleva de un lugar a otro en donde anota todo lo observado incluyendo información de valores, ajustes de las señales de los relés electromecánicos y opiniones las cuales son importante para la investigación ante la implementación de los nuevos relés digitales multifuncionales. No es aconseja seleccionar la información en el instante que se observa ya que se puede cometer errores la cual puede dar una mala actitud selectiva

##### ***2.2.4.2 Instrumento de registro de datos.***

Es un instrumento que el observador utiliza para recopilar información las cuales pueden ser imágenes importantes como: las placas características del generador y transformador entre otras. Hay que tener en cuenta que la toma de fotografías pueden producir una actitud desfavorable y molestias en las personas ya que a veces no permiten que quede grabado lo que se realiza o se dice mediante la implementación.

## 2.5 Operacionalización de variables

### 2.5.1 Variable independiente.- Análisis de los parámetros del generador y transformador y relés electromecánicos.

CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICA E INSTRUMENTOS
<p><b>Los generadores eléctricos</b> son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica.</p> <p><b>Los transformadores de potencia</b> son el eje central del sector de la distribución y transmisión de energía. Como tales, su estado es crítico para un funcionamiento libre de fallas. Cualquier falla puede tener consecuencias graves.</p> <p><b>El relé electromecánico</b> funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Relación de transformación de TC's (1500/1/5/1) de clase (1/10P/10P) y TP's (13800/<math>\sqrt{3}</math> / 100/<math>\sqrt{3}</math> / 100/3) de clase (1)</li> <li>✓ Potencia máxima del generador (32MVA) y transformador (28MVA)</li> <li>✓ Corriente máxima del generador (1339A)</li> </ul>	<p>¿Conoce la relación de transformación de los transformadores que tienen cada relé?</p> <p>¿Conoce a que potencia máxima y corriente máxima soporta el generador y el transformador?</p> <p>¿Sabe usted a que tiempo de actuación tienen los relés electromecánicos para actuar en una falla?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Informes de la Central</li> <li>✓ Investigación de campo</li> <li>✓ Técnica de la observación</li> </ul>

**2.5.2 Variable dependiente.-** Permitirá determinar los valores a ser seteados en los relés digitales multifuncionales.

CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADORES	ÍTEMS BÁSICOS	TÉCNICA E INSTRUMENTOS
<p>Los relés digitales multifuncionales nos permiten evaluar la continuidad del servicio y cuantificar la ocurrencia de las protecciones y nos permite minimizar las fallas aumentando la confiabilidad en el sistema y los settings son ajustes que vienen de fábrica o características de dicho relé.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Relé 51G: Iprim.=1608A, Isec=5.36A, tiempo=0.4s con un tipo de curva muy inversa.</li> <li>✓ Relé 50G: Iprim=5220A, Isec=17.40A, tiempo=0.5s.</li> <li>✓ Relé 59G: Vprim=16.560V , Vsec=120V, tiempo=0.5s.</li> <li>✓ Relé 27G: Vprim=11.040V , Vsec=80V, tiempo=10s.</li> <li>✓ Relé 40G: Varsec=314Var, tiempo= 0,5s.</li> <li>✓ Relé 32G: Psec=15W, tiempo=6s.</li> <li>✓ Relé 87G: slope1=25%, slope2=50% con un umbral de sensibilidad menor de 165A.</li> <li>✓ Relé 51T: Iprim.=163.5A, Isec=1.09A, tiempo=2s con un tipo de curva muy inversa.</li> <li>✓ Relé 50T: Iprim.=468A, Isec=3.12A, tiempo=0.2s.</li> <li>✓ Relé 87T: slope1=25%, slope2=100%.</li> </ul>	<p>¿Tiene los conocimientos necesario para mejorar la respuesta de falla en el relé multifunción?</p> <p>¿Sabe usted como obtener los settings de los relés de protección?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Programas libres como BESTCOMS logic™ Plus y AutoCAD.</li> <li>✓ Métodos investigativos para encontrar la mejor solución de optimizar los Relés electromecánicos.</li> </ul>

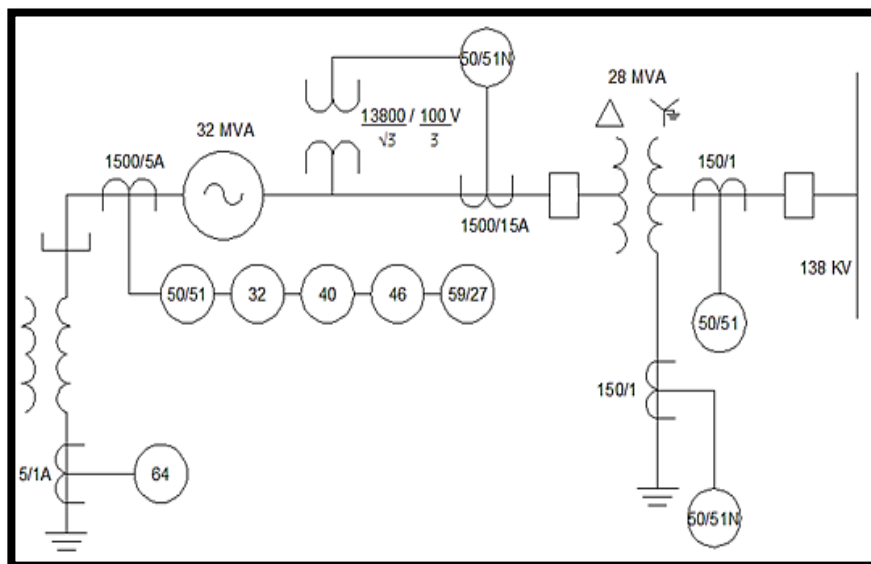
## 2.6 Análisis documental (levantamiento de información)

Para la realización de la implementación de los relés digitales multifuncionales BE1-11g y BE1-11t, se realiza un levantamiento de información de documentos del generador y transformado y por lo cual se llega a analizar que los relés electromecánicos llegaron a cumplir con su vida útil.

### 2.6.1 Diagrama unifilar de la unidad generadora #3

En la figura muestra el diagrama unifilar de la unidad de generación con sus principales componentes como son los TC's, TP's y sus respectivas protecciones.

**FIGURA 20. DIAGRAMA UNIFILAR**



Proporcionado por: Celec. E.p

### 2.6.2 Datos del generador sincrónico

Para analizar los settings de los relés electromecánicos se debe tener en cuenta los datos del generador como su potencia, voltaje y corriente nominal que detallaremos a continuación.

**TABLA 6. DATOS DEL GENERADOR SINCRÓNICO**

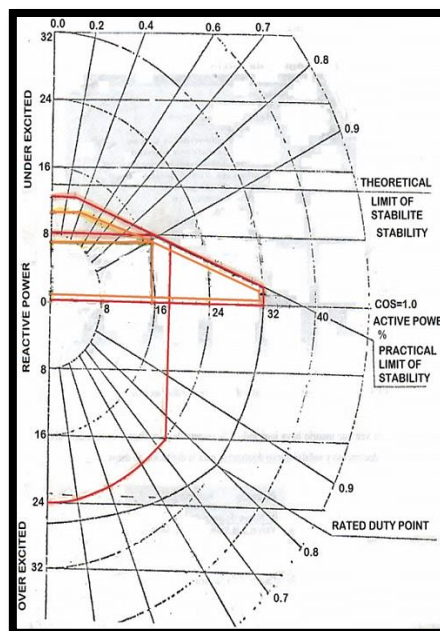
<b>Fabricación.</b>	<b>AEG</b>
Tipo.	SU 1090L 4/2 ED
Potencia nominal.	32 MVA
Media tensión nominal.	13.8 KV
Alta tensión nominal.	138 KV
Corriente nominal.	1339 A
Factor de potencia.	0.8
Velocidad nominal.	3600 rpm
Frecuencia nominal.	60 Hz
Excitación.	115V – 560A

**Proporcionado por:** Celec E.p

**2.6.2.1 Curva característica del generador.**

La curva de capacidad o capacidad del generador nos permite determinar la zona segura de operación con la relación de potencia activa con respecto a la potencia reactiva. Esta curva de capacidad es proporcionada por la Central Termoeléctrica Santa Rosa por lo que ya tienen establecido su zona segura de operación.

**FIGURA 21. DATOS DEL GENERADOR SINCRÓNICO**



**Proporcionado por:** Celec E.p



### 2.6.3 Características de los TC`s y TP`s

#### ➤ *Transformadores de corriente TC`s*

Es un dispositivo eléctrico que puede aumentar o disminuir voltaje en un circuito de corriente alterna la cual mantiene su potencia.

**TABLA 7. DATOS DEL TC`S**

<b>Fabricación.</b>	<b>AEG</b>
Tipo.	Ry 20c
Transmisión:	1500 / 1 / 5 / 1
Potencia nominal.	30VA / 45VA / 10VA
Clase.	1 / 10 P / 10 P
Conductor.	(X)L1 (Y)L2 (Z)L3

*Proporcionado por: Celec E.p*

#### ➤ *Transformadores de corriente TP`s*

Los TP`s son aquellos que contribuyen en potencia, voltaje y frecuencia dependiendo las necesidades de la empresa. En la tabla 8 se detalla los datos de los TP`s.

**TABLA 8. DATOS DE LOS TP`S**

<b>Fabricación.</b>	<b>AEG</b>
Tipo.	EY 20b
Transmisión:	13800/ $\sqrt{3}$ / 100/ $\sqrt{3}$ / 100/3
Potencia nominal.	200 VA
Clase.	1
Conductor.	L1 L2 L3

*Proporcionado por: Celec E.p*

#### **2.6.4 Datos y settings de los relés electromecánicos del Generador**

Son ajustes independientes que tienen los relés electromecánicos que se da para las protecciones a la unidad generadora.

##### **2.6.4.1 Cálculo de la corriente nominal.**

La corriente nominal calculada es igual a la corriente de placa del generador como se demuestra a continuación, los valores para los relés de protección.

##### **Ecuación 2.1**

$$I_n = \frac{P(\text{MVA})}{\sqrt{3} * \text{KV}}$$

$$I_n = \frac{30 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 13.8 \text{ KV}}$$

$$I_n = 1338.82 \text{ A}$$

$$I_n = 1339 \text{ A}$$

Cálculo de la corriente nominal secundaria del generador mediante la relación de transformación.

##### **Ecuación 2.2**

$$RT = \frac{N1}{N2} = \frac{1500}{5} \text{ A}$$

$$I_{arr} = I_n = \frac{I_n * N2}{N1} \text{ A}$$

$$I_{arr} = I_n = \frac{1339 * 5}{1500} = 4,46 \text{ A}$$

Dónde:

**In:** Corriente nominal

**P:** Potencia

**RT:** Relación de transformación

**Iarr:** Corriente de arranque

#### 2.6.4.2 Relé de protección de sobrecorriente 50/51 (6e12).

**TABLA 9.** DATOS DEL RELÉ DE SOBRECORRIENTE 50/51

Fabricación.	AEG
Tipo.	RS2Z3yk
Tensión de accionamiento.	125 V
Corriente nominal.	5 A
Frecuencia nominal.	60 Hz
Gama de ajustes.	I> 4A.....10A T2 2s.....10s I>> 12A.....35A T1 0.5s.....3s

Proporcionado por: Celec E.p

#### ➤ *Relé de sobrecorriente instantáneo 50 (6e12).*

En la protección de sobrecorriente se calcula en el primario y secundario del transformador de corriente TC's con un pickup de 3.9

#### *Setting instantáneo primario*

#### **Ecuación 2.3**

Setting instantaneo = pickup \* In

Setting instantaneo = 3.9 \* 1339A

Setting instantaneo = 5220A

### *Setting instantáneo secundario*

#### **Ecuación 2.4**

$$\text{Setting instantaneo} = \text{pickup} * I_{arr}$$

$$\text{Setting instantaneo} = 3.9 * 4.46A$$

$$\text{Setting instantaneo} = 17.40A$$

### *Tiempo de retraso del relé de sobrecorriente*

El relé electromecánico está colocado un tiempo de retraso de 0.5 segundos.

- *Relé de sobrecorriente instantáneo de compensador 50 (2e2).*

Para los ajustes del relé de sobrecorriente instantáneo de compensador se toma el pickup de 2.25

### *Setting instantáneo primario*

#### **Ecuación 2.5**

$$\text{Setting instantaneo compenso} = \text{pickup} * I_n$$

$$\text{Setting instantaneo compenso} = 2.25 * 1339A$$

$$\text{Setting instantaneo compenso} = 3012 A$$

### *Setting instantáneo secundario*

#### **Ecuación 2.6**

$$\text{Setting instantaneo compenso} = \text{pickup} * I_{arr}$$

$$\text{Setting instantaneo compenso} = 2.25 * 4.46A$$

Setting intantaneo compenso = 10.04 A

***Tiempo de retraso del relé de sobrecorriente de compenso***

El relé electromecánico está colocado un tiempo de retraso de 0.2 segundos.

➤ ***Relé de sobrecorriente temporizado 51 (6e12).***

Para los ajustes del relé de sobrecorriente temporizado se toma un pickup de 1.2

***Setting temporizado primario***

**Ecuación 2.7**

Setting temporizado = pickup \* In

Setting temporizado = 1.2 \* 1339A

Setting temporizado = 1608 A

***Setting temporizado secundario.***

**Ecuación 2.8**

Setting temporizado = pickup \* Tap

Setting temporizado = 1.2 \* 4.46A

Setting temporizado = 5.36 A

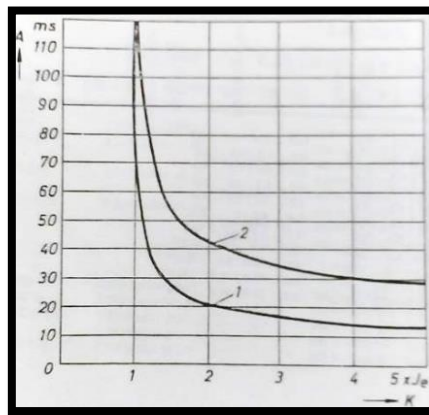
***Tiempo de retraso del relé de sobrecorriente temporizado***

El relé electromecánico está colocado un tiempo de retraso de 0.4 segundos.

### *Tipo de curva del relé de sobrecorriente temporizado*

En el relé electromecánico se toma como referencia la curva 1 como indica la figura 22 ya que es una curva muy inversa donde se hace relación el tiempo con el valor ajustado de la respuesta.

**FIGURA 22. CURVA DE SOBRECORRIENTE TEMPORIZADO BE1-11G (GENERADOR)**



Proporcionado por: Celec E.p

- *Relé de sobrecorriente temporizado de compenso 51 (6e12.)*

Para los ajustes del relé de sobrecorriente temporizado del compensador se toma un pickup de 0.9

### *Setting temporizado primario*

### **Ecuación 2.9**

Setting temporizado = pickup \*  $I_n$

Setting temporizado = 0.9 \* 1339A

Setting temporizado = 1205 A

### *Setting temporizado secundario*

#### **Ecuación 2.10**

Setting temporizado = pickup \* Tap

Setting temporizado = 0.9 \* 4.46A

Setting temporizado = 4.02 A

### *Tiempo de retraso del relé de sobrecorriente de compenso*

El relé electromecánico está colocado un tiempo de retraso de 0.1 segundos.

### *2.6.4.3 Relés de protección de sobrevoltaje y bajo voltaje 59/27 (6e19).*

**TABLA 10. DATOS DEL RELÉ DE SOBREVOLTAJE 59**

<b>Fabricación.</b>	<b>AEG</b>
Tipo.	RUZd
Tensión de accionamiento.	120 V
Tensión nominal.	100 V
Frecuencia nominal.	60 Hz
Gama de ajustes.	U 100V.....160V T 0,5s.....0,3s

**Proporcionado por:** Celec E.p

#### ➤ *Relé de sobrevoltaje 59 (6e19).*

En la protección de sobrevoltaje se calcula el secundario del TP's de 100 V con un 20% de aumentó al de ajuste el cual multiplica internamente el relé digital multifunción y un pickup de 1.2

*Setting primario.*

**Ecuación 2.11**

$$\text{Setting} = \text{pickup} * V_n$$

$$\text{Setting} = 1.2 * 13.8 \text{ KV}$$

$$\text{Setting} = 16.560 \text{ KV}$$

*Setting secundario*

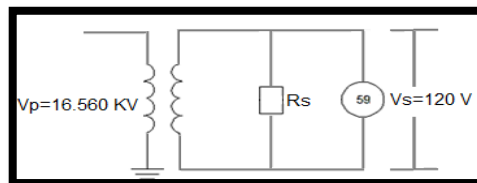
**Ecuación 2.12**

$$\text{Setting} = \text{pickup} * V_n * V_{\text{normalizado}}/V_n$$

$$\text{Setting} = 100\% * 13800 * 120\text{V}/13800$$

$$\text{Setting} = 120\text{V}$$

**FIGURA 23. RELÉ SOBREVOLTAJE BE1-11G (DIFERENCIAL)**



Elaborado por: El postulante

*Tiempo de retraso del relé de sobrevoltaje*

El relé electromecánico está colocado un tiempo de retraso de 0.5 segundos.

➤ *Relé de bajo voltaje 27 (6e19)*

En la protección de bajo voltaje se calcula en el secundario del transformador de voltaje TP's de 100V con 20% al de ajuste el cual multiplica internamente el relé digital multifunción y un pickup de 0.8.



*Setting primario*

**Ecuación 2.13**

$$\text{Setting} = \text{pickup} * V_g$$

$$\text{Setting} = 0.8 * 13.8 \text{ KV}$$

$$\text{Setting} = 11.040 \text{ KV}$$

*Setting secundario*

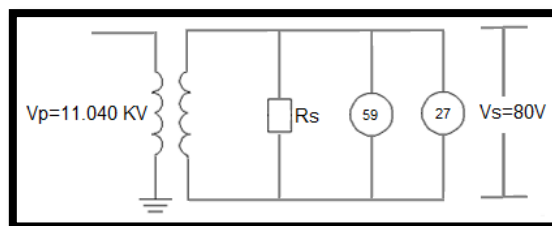
**Ecuación 2.14**

$$\text{Setting} = \text{pickup} * V_n * V_{\text{normalizado}}/V_n$$

$$\text{Setting} = 65\% * 13800 * 120\text{V}/13800$$

$$\text{Setting} = 78 \cong 80 \text{ V}$$

**FIGURA 24. RELÉ BAJO VOLTAJE BE1-11G (DIFERENCIAL)**



**Elaborado por:** El postulante

*Tiempo de retraso del relé de bajo voltaje*

El relé electromecánico está colocado un tiempo de retraso de 10 segundos.

#### 2.6.4.5 Relé de protección de potencia inversa 32 (6e13).

**TABLA 11. DATOS DEL RELÉ DE POTENCIA INVERSA 32**

<b>Fabricación.</b>	<b>AEG</b>
Tipo.	RRZ3yf
Tensión de accionamiento.	125 V
Corriente nominal.	5 A
Tensión nominal.	100 V
Frecuencia nominal.	60 Hz
N%	1.5%
Gama de ajustes.	U 0,5%.....8% T 0,1s.....10s
RTP	13800/100 V
RTC	1500/5 A

Proporcionado por: Celec E.p

#### ➤ *Relé de potencia inversa 32 (6e13).*

En la protección de potencia inversa se calcula con un pickup de 1.5

#### *Setting secundario*

#### **Ecuación 2.15**

$$\text{Setting} = \sqrt{3} * V_n * I_n * N\%$$

$$\text{Setting} = \sqrt{3} * 100 * 5 * 0.015$$

$$\text{Setting} = 13 \cong 15 \text{ w}$$

#### *Tiempo de retraso del relé de potencia inversa*

El relé electromecánico está colocado con un tiempo de retraso de 6 segundos.

**2.6.4.6 Relé de protección de pérdida de campo 40 (6e14).**

**TABLA 12. DATOS DEL RELÉ DE PÉRDIDA DE CAMPO 40**

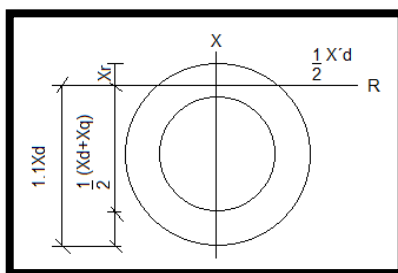
<b>DATOS DE RELÉ DE PERDIDA DE CAMPO</b>	
<b>Fabricación.</b>	<b>AEG</b>
Tipo.	RGX10
Tensión de accionamiento.	125 V
Corriente nominal.	5 A
Tensión nominal.	100 V
Frecuencia nominal.	60 Hz
Gama de ajustes.	XdRW 1.1...3.6 TK 2s...10s XdRA 1...3.6 TE 0,5s...3s XdR 0,15...0,6
<b>DATOS DEL GENERADOR</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Datos</b>
Potencia nominal	32 MVA
Voltaje nominal	13.8 KV
Corriente nominal.	1339 A
Xd	225% / 13.39Ω / 29.11 Ω seg
X`d	18.3% / 1.09Ω / 2.37 Ω seg
X``d	13% / 0.77Ω / 1.67 Ω seg
Xq	203% / 12.08Ω / 26.26 Ω seg
X``q	13% / 0.77Ω / 1.67 Ω seg
X2	14.4% / 0.86Ω / 1.87 Ω seg
Xo	8.7% / 0.52Ω / 1.13 Ω seg
Pickup primario (var)	314,0
Tiempo (s)	0,5

**Proporcionado por:** Celec E.p

➤ **Relé de pérdida de campo 40 (6e14).**

En la protección de pérdida de campo se calcula con un pickup de 314 como indica la tabla 12.

**FIGURA 25. RELÉ PÉRDIDA DE CAMPO BE1-11G (DIFERENCIAL)**



**Elaborado por:** El postulante

***Tiempo de retraso del relé de pérdida de campo***

El relé electromecánico está colocado un tiempo de retraso de 0,5 segundos

***2.6.4.7 Relé de protección diferencial 87 (6e11)***

***TABLA 13. DATOS DEL RELÉ DIFERENCIAL 87***

<b>Fabricación.</b>	<b>AEG</b>
Tipo.	RQG4a
Tensión de accionamiento.	125/220 V
Corriente nominal.	1 A
Frecuencia nominal.	60 Hz
Gama de ajustes.	1A.....5A

***Proporcionado por:*** Celec E.p

➤ ***Relé diferencial 87 (6e11).***

En los ajustes del generador sus pendiente son de 25% al 50% y está referido a una corriente baja de 11 mA.

Slope 1 = 25%

Slope 2 = 50%

**Umbral sensibilidad < 165 A**

**Ref. Alta > 180 A**

**Ref. Baja > 120 mA**

**Tiempo de retraso del relé de diferencial**

El tiempo establecido para la actuación del relé sobrecorriente es de 0.05 segundos.

**2.6.4.8 Relé de protección de secuencia negativa 46 (6e15).**

**TABLA 14. DATOS DEL RELÉ DE SECUENCIA NEGATIVA 46**

<b>Fabricación.</b>	<b>AEG</b>
Tipo.	SM 22b
Corriente nominal.	5 A
Frecuencia nominal.	60 Hz
Gama de ajustes.	IE1 0.25 A.....0.75 A T1 3s IE2 0.5 A.....1.2 A T2 0.1s....10s

**Proporcionado por:** Celec E.p

➤ **Relé de carga asimétrica 46 (6e15).**

En la protección de secuencia negativa se tomara un tiempo de 2 segundos

**TABLA 15. DATOS DE LOS SETTINGS DEL RELÉ DE CARGA ASIMÉTRICA**

Pickup primario (A)	Pickup secundario (A)	Tiempo (s)
267.6	0.892	2

**Proporcionado por:** Celec E.p

### *Tiempo de retraso del relé de carga asimétrica*

El relé electromecánico está colocado con un tiempo de retraso de 2 segundos

### *2.6.5 Datos y settings de los relés electromecánicos del transformador*

Para analizar los settings de los relés electromecánicos se debe tener en cuenta la potencia, voltaje, corriente nominal y conexión del transformador.

**TABLA 16. DATOS DEL TRANSFORMADOR**

<b>Fabricación.</b>	<b>Volta-Werke</b>
Tipo.	DO25000/100
Capacidad nominal.	28 MVA
Voltaje nominal de alto voltaje	138000 V
Voltaje nominal de bajo voltaje	13800 V
Variación de voltaje.	2.5%
Tap mínimo.	2
Corriente nominal	1000 A
Conexión.	Ynd11

Proporcionado por: Celec E.p

#### *2.6.5.1 Cálculo de la corriente nominal.*

La corriente nominal se calcula a continuación y los valores son calculados para los relés de protección.

**Ecuación 2.16**

$$I_n = \frac{P \text{ (MVA)}}{\sqrt{3} * KV}$$

$$I_n = \frac{28 \text{ MVA}}{\sqrt{3} * 138 \text{ KV}}$$

$$I_n = 117.15 \text{ A}$$

Cálculo de la corriente nominal secundaria del transformador mediante la relación de transformación.

**Ecuación 2.17**

RT: N1/N2

RT: 150/1 A

$$I_{sec} = \frac{I_n * N_2}{N_1}$$

$$I_{sec} = \frac{117.15 * 1}{150}$$

$$I_{sec} = 0.781 \text{ A}$$

Dónde:

**Isec:** corriente secundaria

**2.6.5.2 Datos del relé de protección diferencial 87 (F302)-**

**TABLA 17. DATOS DEL RELÉ DIFERENCIAL 87**

<b>Fabricación.</b>	<b>AEG</b>
Tipo.	RQ 4a
Corriente nominal.	1 A
Frecuencia	60 Hz
Tensión de accionamiento	125V/220V
Gama de ajuste	0,2 A.....0,5A

**Proporcionado por:** Celec E.p

➤ **Relé de diferencial 87 (F302).**

En los ajustes del transformador sus pendiente son de 25% al 100%

Código ANSI: 87T

Slope 1: 25%

Slope 2: 100%

Ibias: 0.2

DI>>5

### 2.6.5.3 Datos del relé de protección de sobrecorriente 50/51 (F303).

**TABLA 18. DATOS DEL RELÉ DE SOBRECORRIENTE 50/51**

<b>Fabricación.</b>	<b>AEG</b>
Tipo.	RS2Z3yk
Tensión de accionamiento.	125 V
Corriente nominal.	5 A
Frecuencia nominal.	60 Hz
Gama de ajustes.	I> 4A.....10A T2 2s.....10s I>> 12A.....35A T1 0.5s.....3s

Proporcionado por: Celec E.p

#### ➤ *Relé de sobrecorriente instantáneo 50 (F303)*

En la protección de pérdida de campo se calcula con un pickup de 4

#### *Setting instantáneo del primario*

#### **Ecuación 2.18**

Setting instantáneo = 4 \* In

Setting instantáneo = 4 \* 117.15A

Setting instantáneo = 468 A



*Setting instantáneo del secundario*

**Ecuación 2.19**

$$\text{Setting instantáneo} = 4 * I_{sec}$$

$$\text{Setting instantáneo} = 4 * 0.781A$$

$$\text{Setting instantáneo} = 3.12 A$$

*Tiempo de retraso del relé de sobrecorriente instantáneo*

El relé electromecánico está colocado con un tiempo de retraso de 0,2 segundos

- *Relé de sobrecorriente temporizado 51 (F303).*

En la protección de pérdida de campo se calcula con un pickup de 4.

*Setting temporizado del primario*

**Ecuación 2.20**

$$\text{Setting temporizado} = 1.4 * I_n$$

$$\text{Setting temporizado} = 1.4 * 117.15A$$

$$\text{Setting temporizado} = 163.5 A$$

*Setting temporizado del primario*

**Ecuación 2.21**

$$\text{Setting temporizado} = 1.4 * I_{sec}$$

$$\text{Setting temporizado} = 1.4 * 0.781A$$

$$\text{Setting temporizado} = 1.09 A$$

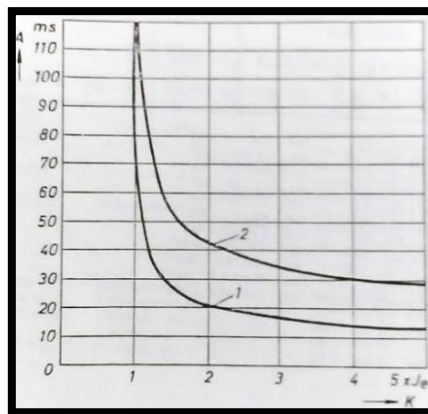
### *Tiempo de retraso del relé de sobrecorriente temporizado*

El relé electromecánico está colocado un tiempo de retraso de 2 segundos

### *Tipo de curva del relé de sobrecorriente temporizado*

En el relé electromecánico de sobrecorriente temporizado se toma la curva 1 de la figura 26, la que consta con el tipo de curva muy inversa donde se hace relación el tiempo con el valor ajustado de la respuesta.

**FIGURA 26. CURVA DE SOBRE CORRIENTE TEMPORIZADO BE1-11G (DIFERENCIAL)**



Proporcionado por: Celec E.p

### *2.6.5.4 Relé de protección de falla a tierra 64 (F304)*

**TABLA 19. DATOS DEL RELÉ DE FALLA A TIERRA 64**

<b>Fabricación.</b>	<b>AEG</b>
Tipo.	RSZy
Tensión de accionamiento.	125 V
Corriente nominal.	1 A
Frecuencia nominal.	60 Hz
Gama de ajustes.	I > 0.8A.....2A T 1s.....6s

Proporcionado por: Celec E.p

➤ **Relé de falla a tierra 64 (F304).**

**TABLA 20. VALORES DEL RELÉ DE FALLA A TIERRA 64**

Pickup primario (A)	Pickup secundario (A)	Tiempo (s)
120	0.8	0.1

**Proporcionado por:** Celec E.p

***Tiempo de retraso del relé de falla a tierra***

El relé electromecánico está colocado un tiempo de retraso de 1 segundos.

## ***2.7 Hipótesis***

Mediante un análisis de los parámetros del generador, transformador y relés electromecánicos de la Central Termoeléctrica Santa Rosa permitirá determinar los valores a ser seteados y poder ingresar a los relés digitales multifuncionales en el periodo 2015.

### ***2.7.1 Verificación de la hipótesis***

Considerando los valores de seteados de los relés electromecánicos se obtuvieron los cálculos de settings para programar en los nuevos relés digitales multifuncionales ya que se mantienen sus valores, tiempo y curvas por lo expuesto se evidencia en el cuadro que se detalla a continuación.

**TABLA 21. DATOS DE LOS SETTINGS DE LOS RELÉS.**

<b>PROTECCIÓN DEL GENERADOR</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Pickup</b>	<b>Valores en el primario</b>	<b>Valores en el secundario</b>	<b>Unidad</b>	<b>Time delay (s)</b>
Relé de sobrecorriente temporizado 51G (6e12)	1.2	1607	5.36	A	0.4
Relé de sobrecorriente temporizado compenso 51G (2e2)	0.9	1205	4.02	A	0.1
Relé de sobrecorriente instantáneo 50G (6e12)	3.9	5220	17.40	A	0.5
Relé de sobrecorriente instantáneo compenso 50G (2e2)	2.25	3012	10.04	A	0.2
Relé de sobrevoltaje 59G (6e19)	1.2	16.560	120	V	0.5
Relé de bajo voltaje 27G	0.8	11.040		V	10
Relé de potencia inversa 32G (6e13)	Nn(%)1.5%		15	W	6
Relé de secuencia negativa 46 (6e15)	20% desbalance de carga	267.6	0.892	A	2
Relé de pérdida de campo 40G (6e14)		314		A	0.5
<b>Descripción</b>		<b>Slope 1</b>	<b>Slope 2</b>	<b>Slope de alarma</b>	
Relé diferencial 87G (6e11)		25%	50%	80%	
<b>PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Pickup</b>	<b>Valores en el primario</b>	<b>Valores en el secundario</b>	<b>Unidad</b>	<b>Time delay (s)</b>
Relé de sobrecorriente temporizado 51T (6e12)	4	163.5	1.09	A	2
Relé de sobrecorriente instantáneo 50T (6e12)	4	468	3.12	A	0.2
<b>Descripción</b>		<b>Slope 1</b>	<b>Slope 2</b>	<b>Slope de alarma</b>	
Relé diferencial 87T (6e11)		25%	100%	90%	

Proporcionado por: Celec E.p

## **CAPÍTULO III**

### **3 APLICACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA**

#### ***3.1 Tema***

“Implementación de un sistema de protección mediante relés digitales multifuncionales para el generador y transformador de la unidad #3 de la central termoeléctrica Santa Rosa, parroquia Cutuglagua, cantón Mejía de la provincia de Pichincha en el periodo 2015”

#### ***3.2 Presentación de la propuesta***

El generador es la máquina más costosa dentro del sistema eléctrico de potencia así como también es la parte más importante del mismo, y como lo es el transformador de potencia por la cual es vital protegerlas tanto de las perturbaciones como de fallas graves que representen el deterioro parcial o total del generador y transformador como de sus componentes dejándolo en algunos casos fuera de servicio. Las condiciones anormales que pueden producirse para que exista un desequilibrio en el funcionamiento del generador y transformador suelen ser internas, y, sus protecciones como tales deben ser selectivas, rápidas, y eficaces para poder despejar el problema que provocará después un paro inesperado de la máquina por daños que a la larga se pueden tornar irreversibles.

Durante la investigación en el campo y de acuerdo a las protecciones más significativas del grupo del generador y transformador de la #3 de la Central Térmica Santa Rosa perteneciente a la empresa CELEC E.P de la unidad de negocios TERMOPICHINCHA tenemos las siguientes especificaciones.

**TABLA 22. RELÉS ELECTROMECÁNICOS DE PROTECCIÓN DEL GENERADOR**

DESCRIPCIÓN		CODIGO ANSI
6 e 12	Relé de sobrecorriente temporizado e instantáneo	50/51G
6 e 13	Relé de potencia inversa	32G
6 e 14	Relé de pérdida de excitación	40G
6 e 15	Relé de carga asimétrica	46G
*2 e 2	Relé de compensador sincrónico	
6 e 11	Relé diferencial de generador	87G
6 e 19	Relé de sobrevoltaje	59G

**Elaborado por:** El postulante.

**TABLA 23. RELÉS ELECTROMECÁNICOS DE PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR**

DESCRIPCIÓN		CODIGO ANSI
F-301	Relé de sobrecorriente temporizado e instantáneo	50/51T
F-303	Relé de cortocircuito	
F-302	Relé diferencial del transformador	87T
F-304	Relé de falla a tierra	64T

**Elaborado por:** El postulante.

Estos relés de protección serán absorbidos por tres relés digitales multifuncionales un relé digital multifunción BE1-11g para todas protecciones del generador pero se tiene en cuenta que un relé digital multifunción BE1-11g va solo con la protección diferencial del generador por lo que es más factible y seguro ya que esta protección me compara y protege de los dos lados del generador y transformador mientras que el tercer relé digital multifunción BE1-11t absorbe todas las protecciones del transformador de potencia.

Estos relés digitales multifuncionales de protección tanto del generador BE1-11g como del transformador BE1-11t son instalados por su rapidez y estabilidad ante una falla en el sistema.

### ***3.3 Objetivos.***

#### ***3.3.1 Objetivo principal***

- Se realizó la implementación de los relés digitales multifuncionales por medio de los setting proporcionados por la empresa Celec E.P Termopichincha de la Central Termoeléctrica Santa Rosa para mejorar el tiempo de respuesta ante falla internas en el sistema de generación.

#### ***3.3.2 Objetivos específicos***

- Analizar el funcionamiento de las señales de excitación, apertura del interruptor y de control del generador y transformador para proporcionar a los relés digitales multifuncionales para su mayor seguridad y estabilidad.
- Verificar los settings mediante los cálculos de los relés electromecánicos para poder aplicarlos en las entradas y salidas programables de los relés digitales multifuncionales tanto para el generador y transformador.
- Realizar la programación del software en función de los parámetros necesarios mediante la información obtenida como: tiempos, curvas, voltajes y corrientes para proteger al generador de cualquier falla eléctrica.



### ***3.4 Análisis de factibilidad.***

#### ***3.4.1 Necesidades de la empresa***

De acuerdo con la utilidad de cada una de las protecciones mencionadas en el cuadro anterior y tomando en cuenta que los relés electromecánicos instalados tienen varias falencias que ponen en riesgo el funcionamiento de la máquina.

La central Termoeléctrica Santa Rosa de la unidad de negocios TERMOPICHINCHA de CELEC EP realiza el concurso de la provisión de dos relés de protección de generador y un relé de protección de transformador que cumplan con las expectativas de las máquinas de generación existentes, las propiedades eléctricas al igual que la rapidez en cuanto a tiempo de respuesta hacia el sistema. Estos relés de protección deben ser enfocados a la optimización de espacio y cabe redundar en la eficiencia de protección tanto a generadores como a los transformadores ya que de otro modo puede sufrir desperfectos o disminución en la vida útil del generador y transformador que es lo que menos se busca.

#### ***3.4.2 Requerimientos principales de los relés digitales de protección***

En la presentación de la necesidad expuesta en los pliegos de subasta inversa publicados por la unidad de negocios TERMOPICHINCHA y como requerimientos principales se encuentran las siguientes especificaciones técnicas que deberán tener los equipos a instalar:

- Los relés deberán tener contactos de disparo capaces de responder instantáneamente a cualquier perturbación o falla detectada, además de tener la capacidad de selectividad y confiabilidad al instante de producirse un evento.

- Estos equipos deberán ser robustos, para soportar climas extremos y condiciones atmosféricas iguales, de tal manera que bajo condiciones de polvo, vibraciones, temperaturas ambiente altas o bajas, entre otras, puedan responder con la misma exactitud como en condiciones normales.
- Contarán con software libre y totalmente amigable para el administrador tanto en parametrización de ajustes, como en lógicas programables; de la misma manera, que tenga acceso restringido para usuarios ya que es de mucha importancia el manejo correcto del software ya que una parametrización errónea puede provocar el deterioro del generador.
- La comunicación con la red será a través de un puerto Ethernet o un puerto RS-485 y un puerto USB para configuraciones locales.
- Los protocolos de comunicación con los que se maneje la red industrial interna son lo DNP3, IEC 61850, o MODBUS TCP/IP Y Sincronización en tiempo real IRIG B.
- Según modo de trabajo (como generador o como compensador) debe ser capaz de cambiar el criterio de protección.
- Permitirá la configuración de salidas de alarma y disparo de acuerdo a necesidades.
- Será capaz de registrar eventos en tiempo real para dar lecturas de registro de alarmas o disparos a los operadores en el momento exacto para despejar fallas.
- La alimentación de dichos relés deberá ser de 48 a 125 voltios AC o DC

### ***3.4.3 Relés de protección digitales multifuncionales que cumplen con lo requerido***

Los relés multifunción más confiables para protección que cumple con las características técnicas descritas en párrafos anteriores son los correspondientes a

los modelos BE 1-11g y BE1-11t de BASLER Electric que tienen representación en Ecuador por la empresa GRETEK Tecnologías de Potencia Cía. Ltda. Luego de la realización del concurso la propuesta que cumplió con los requerimientos técnicos se dio a conocer por el portal y a través de la página web de la empresa GRETEK Tecnologías de potencia Cía. Ltda. Con los relés multifunción BE1-11 de los modelos BE1-11g para protección de generador e diferencial y BE1-11t para protección transformador.

### ***3.5 Desarrollo de la propuesta***

#### ***3.5.1 Diseño esquemático o implementación de la propuesta***

Para la implementación de los nuevos relés digitales multifuncionales se debe tener en cuenta algunas señales por lo cual se procedió a revisar los planos eléctricos del generador y transformador y obtener las señales teniendo en cuenta que algunos contactos de los relés electromecánicos que se deshabilitara tiene conectados otros contactos medición, de sincronización como subir y bajar voltaje y carga. Todas las señales se pondrán en paralelo mediante borneras donde se mantendrán las protecciones antiguas y las nuevas protecciones. Hay que recalcar que la señal del transformador de corriente para la señal del relé de falla a tierra se mantiene ya que este relé tiene un permisivo con el relé de localización de fallas en barras del generador.

#### ***3.5.2 Señales del generador***

Las señales del generador son los disparos que necesita el relé digital multifunción para que cuando detecte una falla de una señal de paro a la máquina.

- Señal del contacto de disparo de la excitación Off
- Señal de contacto de disparo del interruptor de potencia Off

- Señal de los transformadores de corriente TC`s para el generador
- Señal de los transformadores de corriente TC`s para el diferencial
- Señal de los transformadores de potencia TP`s para censado de voltaje
- Señal del disparo de la turbina
- Señal de cambio de grupo de generador a compensador
- Señal de alarmas.

#### ***3.5.2.1 Señal del contacto de disparo de la excitación Off.***

Para esta señal encontramos los contactos de los relés auxiliares del diferencial, sobrecorriente, potencia inversa, pérdida de excitación y sobre voltaje. El contacto del relé de falla a tierra se mantiene.

Para poner las señales en paralelo se desconectó de los puntos 15 y 16 del relé auxiliar diferencial y se llevó a la bornera G13-1 donde cuenta con 6 bloques de borneras cortocircuitables las cuales está conectado en los puntos 3 y 5, de los puntos 15 y 14 del relé auxiliar 4d1 se llevó a las borneras G13-1 en los puntos 2 y 4 para que funcione tanto para las protecciones anteriores como las nuevas donde se lleva a otras borneras simples llamadas RMC (relé multifunción de corriente) que conectan al relé digital multifuncional BE1-11g. (Ver anexos 17).

#### ***3.5.2.2 Señal de contacto de disparo del interruptor de potencia Off.***

Para esta señal encontramos los contactos de los relés auxiliares del diferencial, sobrecorriente, potencia inversa, pérdida de excitación y sobre voltaje. El contacto del relé de falla a tierra se mantiene. Para poner las señales en paralelo se desconectó de los puntos 3 y 4 del relé auxiliar diferencial y se llevó a la bornera G13-1 donde cuenta con 6 bloques de borneras cortocircuitables las cuales está conectado en los puntos 9 y 11, de los puntos 3 y 2 del relé auxiliar 4d1 se llevó a las borneras G13-1 en los puntos 8 y 10 para que funcione tanto para las protecciones anteriores como las nuevas donde se lleva a otras borneras simples

llamadas RMC (relé multifunción de corriente) que conectan al relé digital multifuncional BE1-11g. (Ver anexos 18).

### ***3.5.2.3 Señal de los TC`s para el generador.***

Para obtener estas señales de los TC`s se deshabilita de los relés electromecánicos de sobrecorriente, potencia inversa, pérdida de excitación, carga asimétrica y compensador.

Para poner las señales en paralelo se deshabilita los TC`s que están conectados en las borneras de la G61 de los puntos 40, 41, 42 y 43 y se lleva las señales a conectar a las borneras cortocircuitables de la GTC (generador transformador de corriente) a los puntos 1, 3, 5 y 7 donde se distribuye para las protecciones antiguas donde se lanza un nuevo cable para las borneras de la G61 de los puntos 40, 41, 42 y 43, para las nuevas protecciones que van a las borneras RMTC (relé multifunción de transformador de corriente) a los puntos 1, 2, 3 y 4, se conectan al relé digital multifunción BE1-11g. (Ver anexo 19).

### ***3.5.2.4 Señal de los TC`s para el diferencial.***

Para obtener estas señales de los TC`s para el diferencial se deshabilita el relé electromecánico de diferencial. Para poner las señales en paralelo se deshabilita los TC`s que están conectados en las borneras de la G62 de los puntos 1, 2, 3, 4 y 33, 34, 35, 36, se lleva las señales a conectar a las borneras cortocircuitables de la RDIF (relé diferencial) a los puntos 1, 3, 5, 7 y 9, 11, 13, 15 donde se distribuye para las protecciones antiguas donde se lanza un nuevo cable para las borneras de la G62 de los puntos 1, 2, 3, 4 y 33, 34, 35, 36, para las nuevas protecciones que van a las borneras RMDG (relé multifunción diferencial generador) a los puntos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y se conectan al relé digital multifunción BE1-11g del diferencial. (Ver anexo 20).

### ***3.5.2.5 Señal de los TP`s para censado de voltaje.***

Para obtener estas señales de los TP`s del generador se deshabilita los relés electromecánicos de potencia inversa, pérdida de excitación, sobre voltaje. Para poner las señales en paralelo se deshabilita los TP`s que están conectados en las borneras de la G65 de los puntos 6, 17, 20, 24 y se lleva las señales a conectar a las borneras cortocircuitables BTP (borneras de transformador de potencial) a los puntos 1, 3, 5, 7 donde se distribuye para las protecciones antiguas donde se lanza un nuevo cable para las borneras de la G65 de los puntos 6, 17, 20, 24 y para las nuevas protecciones que van a las borneras RMTP (relé multifunción transformador de potencia) a los puntos 1, 3, 4, 6, y se conectan al relé digital multifunción BE1-11g del diferencial de la bornera RMTP, de los puntos 2 y 5 se conecta con el relé de bajo voltaje que se mantiene. (Ver anexo 21).

### ***3.5.2.6 Señal del disparo de la turbina.***

Para esta señal encontramos los contactos de los relés auxiliares del diferencial y cabe recalcar que este tiene un permisivo. Para poner las señales en paralelo se desconectó de la bornera G32 del punto 70, 71 y del relé auxiliar diferencial del punto 7, 6 y se llevó a la bornera G13-1 donde cuenta con 4 bloques de borneras cortocircuitables las cuales están conectadas en los puntos 13 y 15 para que funcione tanto para las protecciones anteriores como las nuevas donde se lleva a otras borneras simples llamadas RTBR (relé trip de turbina) donde se conectan al relé digital multifuncional BE1-11g. (Ver anexos 22).

### ***3.5.2.7 Señal de cambio de grupo de generador a compensador.***

Para esta señal se colocó un relé denominado CDG (cambio de grupo) con una resistencia de 1.1 K $\Omega$  para bajar el voltaje ya que por la línea pasa 125 Vdc y el relé colocado es de 110 Vdc, se toma el positivo del relé 2d1 para la alimentación de la bobina A1. (Ver anexo 23).

### ***3.5.2.8 Señal de alarmas.***

En estas señales se deshabilitaron las alarmas de los relés electromecánicos los drops 19, 49, 58 hacia el panel de alarmas se tomó en cuenta dos alarmas el drop 56 para el generador y drop 40 para el diferencial de los relés digitales multifuncionales mientras que en las demás alarmas se colocó una resistencia de 1,1 K $\Omega$  con relación a DCOM para cerrar el circuito. (Ver anexos 24, 25, 26).

### ***3.5.3 Señales del transformador***

Las señales del transformador son los disparos que necesita el relé digital multifunción para cuando detecta una falla mande a parar la máquina.

- Señales de disparo de sobre Corriente, cortocircuito, diferencial y falla a tierra (disparos del disyuntor).
- Señales de alarmas.
- Señal del disparo del interruptor de potencia.
- Señal del disparo del interruptor de la excitación
- Señales del transformador de corriente de los relé de sobrecorriente y diferencial
- Señales del transformador de corriente del relé de falla a tierra.

#### ***3.5.3.1 Señales de disparo de sobrecorriente, cortocircuito, diferencial y falla a tierra (disparos del disyuntor).***

En estas señales se desconectó el relé diferencial F302, los contactos de los relés auxiliares de falla a tierra, sobrecorriente y corto circuito. Se deshabilita el relé diferencial (F302) del punto 28 que va a la bornera -X2.273 y de esta bornera se llevó 2 conductores donde el primer conductor se conecta al contacto del relé buchholz (K305) en el punto 12 y el segundo conductor se conecta a la bornera

TRIP/-X en el punto 4 y los positivos de toma de la bornera - X2.264 en donde se lleva a la bornera TRIP/-X en el punto 3 la cual lleva las señales para el nuevo relé digital multifuncional. Se deshabilita también los contactos de los relés auxiliares de sobrecorriente (F301) del punto 12 que va a la bornera -X2.274 de esta misma bornera va un conductor que se conecta con nuestra bornera TRIP/-X en el punto 2 y los positivos de toma de la bornera -X2.263 en donde se lleva a la bornera TRIP/-X en el punto 1 la cual lleva las señales para el nuevo relé digital multifuncional. (Ver anexo 27).

### ***3.5.3.2 Señales de alarmas.***

Para obtener las señales de alarma se deshabilito los siguientes relés de protección electromecánicos el relé de sobrecorriente (F301) del punto 13 y el contacto del relé auxiliar de cortocircuito del punto 15. Se desactiva la bobina A1 del relé DM14 y se llevó un conductor nuevo de dicha bobina hasta una bornera TRIP/-X en el punto 6 y el positivo se tomó de la bornera -X5.521 en donde se lleva a la bornera TRIP/-X en el punto 5 la cual lleva las señales para el nuevo relé digital multifuncional. Se deshabilito la alimentación del relé de protección electromecánico diferencial de los puntos 22 y 32, también la bobina A1 del relé DM25 de esta bobina se llevó un nuevo conductor hacia la bornera TRIP/-X en el punto 8 y el positivo se tomó de la bornera -X5.522 en donde se lleva a la bornera TRIP/-X en el punto 7 la cual lleva las señales para el nuevo relé digital multifuncional. (Ver anexo 28, 29).

### ***3.5.3.3 Señal del disparo del interruptor de potencia.***

Para obtener esta señal se deshabilito el contacto del relé diferencial del punto 26 que está conectado con la bornera -X2.227 la misma se lleva un nuevo conductor hacia la bornera TRIP/-X en el punto 10 y el positivo se tomó de la bornera -X2.211 donde se lleva a la bornera TRIP/-X en el punto 9 la cual lleva las señales para el nuevo relé digital multifuncional. (Ver anexo 30).



#### ***3.5.3.4 Señal del disparo del interruptor de la excitación.***

En esta señal se deshabilito el contacto del relé auxiliar de sobrecorriente del punto 7 que se conecta a la bornera –X5.563 y de dicha bornera se lanza dos nuevos conductores donde el primer conector se conecta al contacto del relé auxiliar buchholz (K305) en el punto 7, el segundo conductor se lleva hacia la bornera TRIP/-X en el punto 12 y el positivo se tomó de la bornera –X5.557 en donde se lleva a la bornera TRIP/-X en el punto 11 la cual lleva las señales para el nuevo relé digital multifuncional. (Ver anexo 31).

#### ***3.5.3.5 Señales de los TC`s de los relé de sobrecorriente y diferencial.***

En estas señales se tomó de un solo transformador de corriente para llevar las señales para la protección diferencial, sobrecorriente y cortocircuito. Para poner las señales en paralelo se deshabilita los TC`s que están conectados en las borneras de la –X3 de los puntos 341, 344, 347, 350 y 363, 366, 369, 372, se lleva las señales a conectar a las borneras cortocircuitables de la –X3-1 a los puntos 1, 3, 5, 7 y 9, 11, 13, 15 donde se distribuye para las protecciones antiguas donde se lanza un nuevo cable para las borneras de la –X3 de los puntos 341, 344, 347, 350 y 363, 366, 369, 372, para las nuevas protecciones que van a las borneras RMSCD (relé multifunción sobrecorriente, cortocircuito y diferencial) a los puntos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y se conectan al relé digital multifunción BE1-11t del transformador. (Ver anexo 32).

#### ***3.5.3.6 Señales del TC del relé de falla a tierra.***

En estas señales se tomó el transformador de corriente para llevar la señal para la protección de falla a tierra. Para poner las señales en paralelo se deshabilita los TC`s que están conectados en las borneras de la –X3 de los puntos 385, 386 y se lleva las señales a conectar a las borneras cortocircuitables de la –X3-1 a los

puntos 17, 19 de los cuales se distribuye para las protecciones antiguas, donde se lanza un nuevo cable para las borneras de la –X3 de los puntos 385, 386 y para las nuevas protecciones que van a las borneras RMSCD (relé multifunción sobrecorriente, cortocircuito y diferencial) a los puntos 12, 13 y se conectan al relé digital multifunción BE1-11t del transformador. (Ver anexo 33).

### ***3.5.4 Relé de protección digital multifunción be1-11***

Estos relés de protección son diseñados para brindar eficiencia, rapidez, seguridad, control y monitoreo a un sistema eléctrico la cual cuenta con varias funciones de medición que son flexibles y fiables para las maquinas eléctricas como generador y transformador. Todos los sistemas de protección cuentan con software totalmente libre y fácil de usar con la finalidad que cada operador sea capaz de programar los ajustes como las lógicas.

#### ***3.5.4.1 Tipos de comunicación.***

Este equipo tiene tres puertos de comunicación independientes que brindan acceso a todas las funciones para que el usuario ingrese con mayor facilidad a las configuraciones del programa.

- ***Comunicación por USB.-*** Es un conector que brinda comunicación local que se conecta a un ordenador en la que se ejecuta con el software BESTlogicPlus.

**FIGURA 27. CONECTOR DE COMUNICACIÓN USB**



**Fuente:** <http://uk.farnell.com/pro-signal/psg90044/lead-usb-2-0-am-bm-2m-white/dp/1494744>

- **Comunicación por RS-485.-** Es un conector de bloque de terminales de tres posiciones que se acoplan con un cable de comunicación estándar.

**FIGURA 28.** CONECTOR DE COMUNICACIÓN RS-485



**Fuente:** [http://spanish.ethernet-serialconverter.com/china-1\\_port\\_rs\\_232\\_serial\\_usb\\_cable\\_converters\\_for\\_digital\\_cameras-458920.html](http://spanish.ethernet-serialconverter.com/china-1_port_rs_232_serial_usb_cable_converters_for_digital_cameras-458920.html)

- **Comunicación por Ethernet.-** Es un conector RJ45 que se acopla con la red de la empresa donde debemos direccionar la IP de la red con la IP del equipo.

**FIGURA 29.** CONECTOR DE COMUNICACIÓN RJ45



**Fuente:** <http://w3.siemens.com/mcms/industrial-communication/es/ie/sistema-de-cableado/tp-cord/pages/patch-cables.aspx>

### **3.5.5 Parámetros de los relés de protección BE1-11g y BE1-11t**

Algunos parámetros básicos e importantes para la configuración de los relés digitales multifuncionales BE1-11g y BE1-11t son iguales como se detalla a continuación.

➤ ***Seguridad del dispositivo***

El equipo posee contraseñas de seguridad de acceso funcional para 6 áreas: lectura, control, operador, ajustes, diseño y administración. El usuario y contraseña viene por default en el equipo donde el nombre del usuario (A) y la clave (a) esta clave se la puede cambiar a criterio del usuario. La funcionalidad del usuario/contraseña es para que ninguna persona no autorizada manipule el equipo porque si se ingresa datos erróneos puede dejar sin protección y provocar daños al generador y otras máquinas eléctricas. En la central termoeléctrica Santa Rosa se cambió de usuario y de clave para tener mayor seguridad y no pueda ser manipulado por ninguna persona no autorizada de la empresa.

➤ ***Reloj***

El reloj es muy importante, se utiliza para tener un registro de hora y fecha de los eventos, tiene una batería adicional de reserva que tiene una expectativa de vida útil de más de cinco años, según las condiciones que sea utilizada. El reloj tiene dos métodos de sincronización por IRIG-B y NTP por lo cual la central Termoeléctrica Santa Rosa decidió por IRIG-B ya que recibe señales de sincronización automático de tiempo de un reloj maestro.

***3.5.6 Configuración y programación del relé BE1-11g (Generador)***

El relé multifunción tiene diferentes protecciones desde la protección de distancia de respaldo 21 hasta la protección diferencial de fases 87. Se pueden programar las protecciones que el usuario lo necesite. Se hace referencia a los valores obtenidos en el capítulo II y se mantienen para el ingreso al relé digital multifuncional BE1-11g

**TABLA 24. FUNCIONES DE PROTECCIÓN BE1-11G (GENERADOR)**

PROTECCIÓN DEL GENERADOR					
Descripción	Pickup	Valores en el primario	Valores en el secundario	Tipo de curva	Time delay (s)
Función de sobrecorriente temporizado 51G (6e12)	1.2	1607 A	5.36 A	Muy inversa	0.4
Función de sobrecorriente temporizado compenso 51G (2e2)	0.9	1205 A	4.02 A		0.1
Función de sobrecorriente instantáneo 50G (6e12)	3.9	5220 A	17.40 A		0.5
Función de sobrecorriente instantáneo compenso 50G (2e2)	2.25	3012 A	10.04 A		0.2
Función de sobrevoltaje 59G (6e19)	1.2	16.560 V	120 V	Tiempo definido	0.5
Función de bajo voltaje 27G	0.8	11.040 V			10
Función de potencia inversa 32G (6e13)	Nn(%)1.5%		15 W		6
Función de secuencia negativa 46 (6e15)	20% desbalance de carga	267.6 A	0.892 A		2
Función de pérdida de campo 40G (6e14)		314 A			0.5

**Elaborado por:** El postulante.

**FIGURA 30. RELÉ DIGITAL MULTIFUNCIÓN BE1-11G (GENERADOR)**



**Fuente:** [www.baslerelectric.com](http://www.baslerelectric.com)

### 3.5.6.1 Configuración del relé BE1-11g.

#### ➤ *Entrada del sistema de potencia para el BE1-11g*

En la figura 31 se muestra los valores de corrientes, voltajes, desfase de ángulos, secuencia de las fases y valores de la impedancia del generador.

**FIGURA 31. INGRESO DE DATOS DE POTENCIAS AL BE1-11G (GENERADOR)**

Elaborado por: El postulante

➤ ***Entrada de los transformadores de detección para el BE1-11g***

En la figura 32 se indica los ingresos de la relación de transformación de los transformadores para las protecciones del generador y voltajes del sistema.

**FIGURA 32. INGRESO DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN PARA BE1-11G (GENERADOR)**

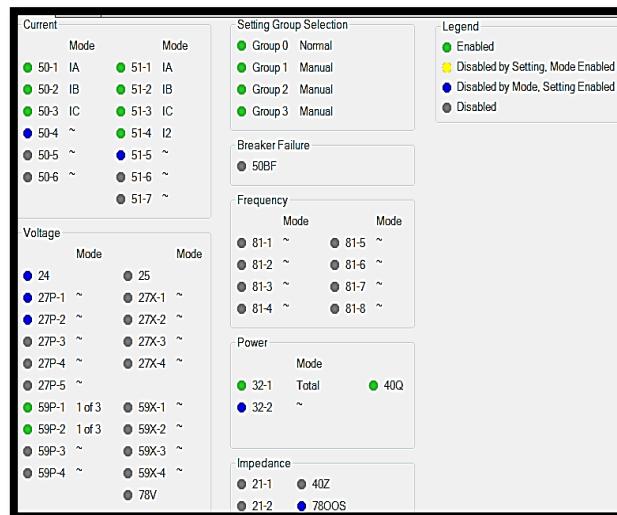
Elaborado por: El postulante

### 3.5.6.2 Programación del relé BE1-11g.

#### ➤ Activación de los relés de protección programados

En esta implementación se programará en el software BESTlogicPlus las protecciones de sobrecorriente 50/51, sobrevoltaje 59, potencia inversa 32 y pérdida de excitación 40. Las cuales se encuentran encendidas de color verde que nos indica que están activadas, las protecciones que se encuentran encendidas de color azul son protecciones que están programadas mas no están activadas como muestra la figura 33.

**FIGURA 33. PROTECCIONES DEL GENERADOR**

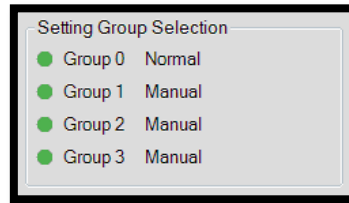


Elaborado por: El postulante

#### ➤ Grupos de ajustes

Existen cuatro grupos de ajustes que permiten la implementación del relé adaptable para optimizar los ajustes del BE1-11g para diversas condiciones de funcionamiento. Se puede implementar la lógica automática y externa para seleccionar el grupo de ajustes activos. En este caso se programa los cuatro grupos el grupo 0 se denomina normal y para los otros grupos 1, 2, 3 se les denomina manual y están todos activados.

**FIGURA 34. AJUSTES DE GRUPO DE GENERADOR**



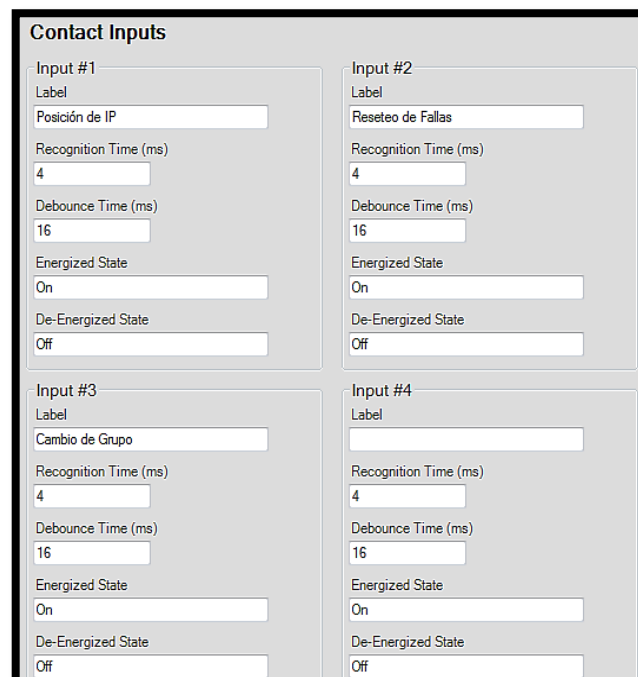
**Elaborado por:** El postulante

➤ ***Entradas programable.***

Son entradas que se pueden programar con interfaz de condicionamientos de señales mediante lógicas binarias para el sistema de protección. Estas entradas están distribuidas de la siguiente forma.

- Entrada #1. Posición del interruptor
- Entrada #2. Reseteo de fallas
- Entrada #3. Cambio de grupo

**FIGURA 35. ENTRADAS PROGRAMADAS DEL BE1-11G GENERADOR**



**Elaborado por:** El postulante



➤ **Salidas programables.**

Las salidas programadas se encuentran distribuidas de la siguiente forma.

- Salida de alarma. Watch dog BE1-11g
- Salida #1. Out 1
- Salida #1. Alarma disparo 11G generador
- Salida #3. Disparo de Excitación
- Salida #4. Cambio a grupo 1
- Salida #5. Disparo del interruptor de potencia

**FIGURA 36. SALIDAS PROGRAMADAS DEL BE1-11G GENERADOR**

Output	Label	Energized State	De-Energized State	Hold Attribute
Output Alarm	Watch dog BE1-11g	On	Off	<input type="checkbox"/>
Output #1	OUT 1	On	Off	<input checked="" type="checkbox"/>
Output #2	Alarma disparo 11G Generador	On	Off	<input checked="" type="checkbox"/>
Output #3	Disparo de Excitación	On	Off	<input checked="" type="checkbox"/>
Output #4	Cambio a Grupo 1	On	Off	<input checked="" type="checkbox"/>
Output #5	Disparo de IP	On	Off	<input checked="" type="checkbox"/>

**Elaborado por:** El postulante

➤ **Lógicas programables.**

➤ **Salida de alarma. Watch dog BE1-11g**

Es una protección sensible la cual se activa una alarma al detecta alguna falla interna del relé digital multifuncional.

**FIGURA 37. SALIDA WATCH DOG**

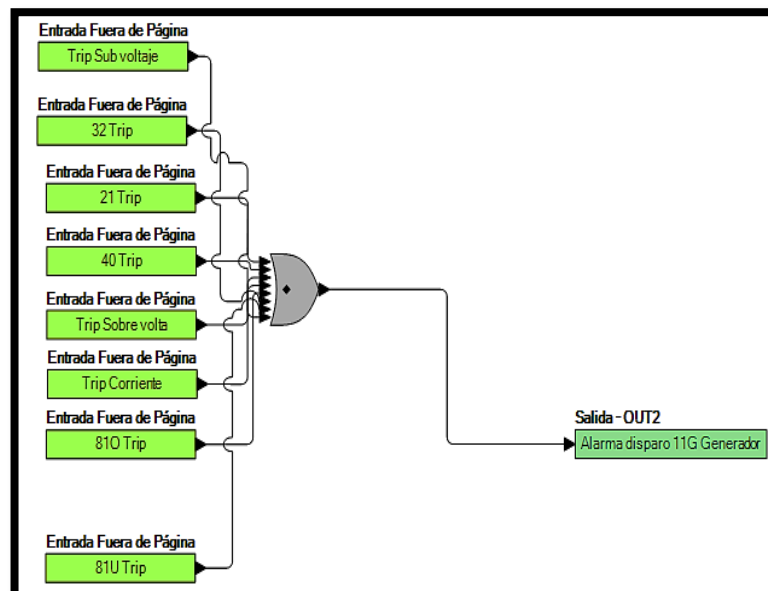


*Elaborado por: El postulante*

➤ **Salida #2. Alarma disparo del BE-11G generador**

En esta lógica se agrupa las entradas de los disparos de las protecciones la cual llega a una salida programable que activa una alarma e indica que la máquina fue disparada y nos permite observar en la pantalla la protección que identifico la falla.

**FIGURA 38. DISPARO 11G GENERADOR**

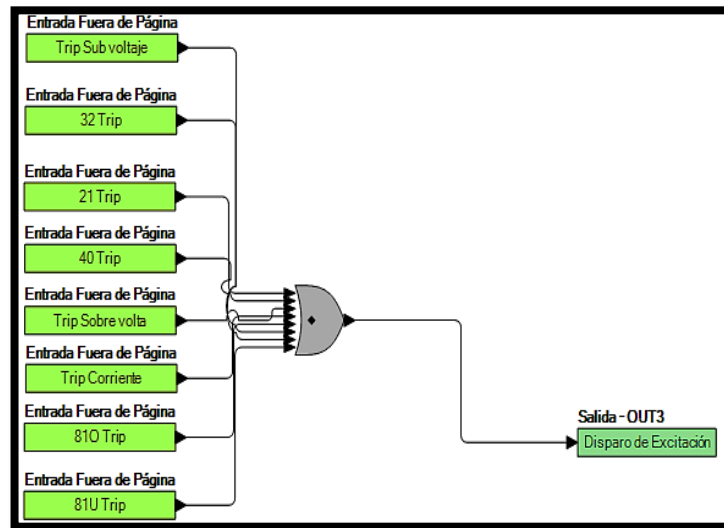


*Elaborado por: El postulante*

➤ **Salida #3. Disparo de Excitación**

Se agrupan las entradas de los disparos de las protecciones, si una de ellas detecta una falla inmediatamente manda a parar la máquina ya que tenemos la salida programada para disparar por medio de la excitación.

**FIGURA 39. DISPARO DE EXCITACIÓN**

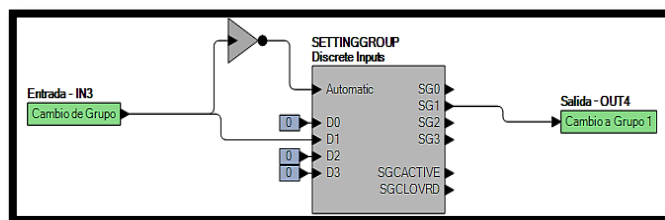


Elaborado por: El postulante

➤ **Salida #4. Cambio a grupo 1**

Esta lógica permite cambiar de grupo de compensador a generador o viceversa, para lo cual se colocó un bloque de ajustes de grupo utilizando el grupo 1 para compensador y el automático para generador, ésta activa la salida programada que nos indica que el cambio fue realizado.

**FIGURA 40. CAMBIO A GRUPO 1**

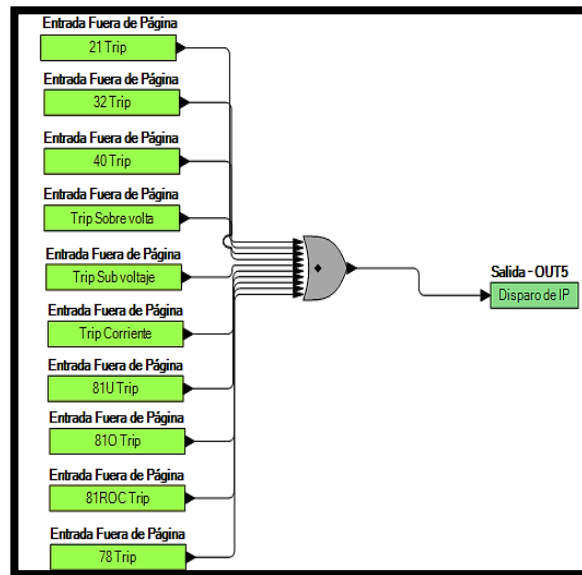


Elaborado por: El postulante

➤ **Salida #5. Disparo del interruptor de potencia**

Esta lógica agrupa las entradas de las protecciones y actúa cuando alguna de ellas detecte una falla y mande a parar la máquina por medio del interruptor de potencia.

**FIGURA 41. DISPARO DE IP**



Elaborado por: El postulante

**3.5.7 Programación y configuración del relé BE1-11g (Diferencial)**

La protección diferencial 87 es aquella que compara las corrientes que ingresan y salen de la zona de protección, ésta acción limita daños de los equipos y minimiza el impacto en el sistema de protección. De acuerdo a los cálculos obtenidos en el capítulo II se hace referencia en la tabla 25 y se mantienen los datos para ingresar al relé digital multifunción BE1-11g para la función del diferencial.

**TABLA 25. FUNCIONES DE PROTECCIÓN BE1-11G (DIFERENCIAL)**

PROTECCIÓN DEL GENERADOR					
Descripción	Slope 1	Slope 2	Slope de alarma	2th Armónico	5th Armónico
Función diferencial 87G (6e11)	25%	50%	80%	15%	15%

Proporcionado por: Celec E.p

En el relé digital multifunción BE1-11g que se muestra en la figura 42 está programado solo para la protección diferencial 87 para mayor seguridad y protección al sistema.

**FIGURA 42. RELÉ DIGITAL MULTIFUNCIÓN BE1-11G (DIFERENCIAL)**



Fuente: [www.baslerelectric.com](http://www.baslerelectric.com)

### 3.5.7.1 Configuración del relé BE1-11g.

➤ *Entrada del sistema de potencia para el BE1-11g*

En la figura 43 se mantienen los mismos valores asignados del generador como son: valores de corrientes, voltajes, desfase de ángulos, secuencia de las fases y valores de la impedancia del generador.

**FIGURA 43. INGRESO DE DATOS DE POTENCIAS AL BE1-11G (DIFERENCIAL)**

Power System		
<b>Nominal Settings</b>	<b>Power Line Parameters</b>	<b>Maximum Torque Angle</b>
Frequency 60 Hz	Positive Sequence Impedance	Positive Sequence
Secondary Phase Voltage (V) 57,73 V <sub>pn</sub>	Z1 Line Magnitude (Ohm) 24,00	Z1 Angle (°) 80,0
Secondary Phase Current CT1 (A) 0,89	Z1 Line Angle (°) 80,0	Zero Sequence
Secondary Phase Current CT2 (A) 0,89	Zero Sequence Impedance	Z0 Angle (°) 80,0
Secondary Aux Voltage (V) 100,00 V <sub>pp</sub>	Z0 Line Magnitude (Ohm) 8,00	Negative Sequence
Power Polarity Normal	Z0 Line Angle (°) 80,0	Z2 Angle (°) 80,0
Phase Rotation Setup	Line Length	
Rotation ABC	Line Length 100,00	

Elaborado por: E1 postulante

➤ **Entrada de los transformadores de detección para el BE1-11g**

En la figura 44, indica la configuración de ingresos de valores sobre la relación de transformación del transformador de corriente para la función de protección diferencial y voltajes del sistema.

**FIGURA 44. INGRESO DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN PARA BE1-11G (DIFERENCIAL)**

**Sensing Transformers**

**CT Setup**

**CT Circuit 1**

Phase CT Ratio: 1.500

Ground CT Ratio: 5

Unbalanced Calculation Method: Average

Connection: WYE

**CT Circuit 2**

Phase CT Ratio: 1.500

Ground CT Ratio: 5

Unbalanced Calculation Method: Average

Connection: WYE

**Bus CT Selection**

CT Source: CT1

**Phase VT Setup**

Phase VT Ratio: 138,00

Phase VT Connection: 4W-Y

27/59 Mode: PP

27R Mode: PP

**Auxiliary VT Setup**

Aux VT Ratio: 138,00

Aux VT Connection: AB

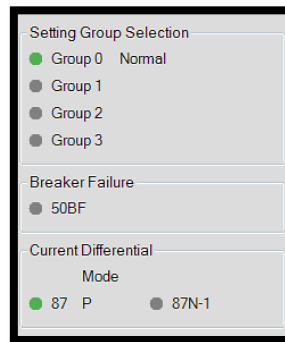
*Elaborado por: El postulante*

**3.5.7.2 Programación del relé BE1-11g.**

➤ **Activación del relé protección programado.**

En la figura 45 nos permite visualizar la función de la protección diferencial por fase 87 que se encuentra de color verde la cual indica que dicha protección esta está activa

**FIGURA 45. RELÉ DIGITAL MULTIFUNCIÓN BE1-11G (DIFERENCIAL)**

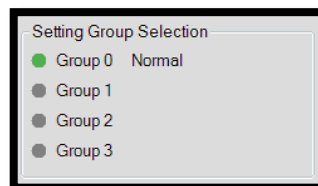


**Elaborado por:** El postulante

➤ ***Grupos de ajustes***

Los cuatro grupos para el diferencial está programado el grupo 0 denominado normal y se encuentra activado y los otros grupos 1, 2, 3 no están activados.

**FIGURA 46. AJUSTES DE GRUPO DEL DIFERENCIAL**



**Elaborado por:** El postulante

➤ ***Entradas programadas***

Las entradas programadas tienen dos ajustes y tres etiquetas las cuales describen el estado energizado e desenergizado y se encuentran distribuidas de la siguiente forma

- Entrada #1. Posición de interruptor de potencia
- Entrada #2. Habilitar sincronismo
- Entrada #3. Reseteo de fallas

**FIGURA 47. ENTRADAS PROGRAMADAS DEL BE1-11G (DIFERENCIAL)**

Input #1	Input #2	Input #3	Input #4
Label	Label	Label	Label
Posición de IP	Habilitar Sincronismo	Reseteo de Fallas	
Recognition Time (ms)	Recognition Time (ms)	Recognition Time (ms)	Recognition Time (ms)
4	4	4	4
Debounce Time (ms)	Debounce Time (ms)	Debounce Time (ms)	Debounce Time (ms)
16	16	16	16
Energized State	Energized State	Energized State	Energized State
On	On	On	On
De-Energized State	De-Energized State	De-Energized State	De-Energized State
Off	Off	Off	Off

**Elaborado por:** El postulante

➤ ***Salidas programables.***

Las salidas programadas se encuentran distribuidas de la siguiente forma.

- Salida de alarma. Watch dog BE1-11g
- Salida #1. Disparo de interruptor de potencia.
- Salida #2. Disparo de Turbina
- Salida #3. Disparo de Excitación
- Salida #4. Subir frecuencia
- Salida #5. Bajar frecuencia
- Salida #6. Subir voltaje
- Salida #7. Bajar voltaje
- Salida #8. Cierre de interruptor de potencia



**FIGURA 48. SALIDAS PROGRAMADAS DEL BE1-11G DIFERENCIAL**

Contact Outputs		
<b>Output Alarm</b> Label Watch dog BE1-11g Energized State On De-Energized State Off <input type="checkbox"/> Hold Attribute	<b>Output #1</b> Label Disparo IP Energized State On De-Energized State Off <input checked="" type="checkbox"/> Hold Attribute	<b>Output #2</b> Label Disparo de Turbina Energized State On De-Energized State Off <input checked="" type="checkbox"/> Hold Attribute
<b>Output #3</b> Label Disparo de Excitación Energized State On De-Energized State Off <input checked="" type="checkbox"/> Hold Attribute	<b>Output #4</b> Label Subir Frecuencia Energized State On De-Energized State Off <input type="checkbox"/> Hold Attribute	<b>Output #5</b> Label Bajar Frecuencia Energized State On De-Energized State Off <input type="checkbox"/> Hold Attribute
<b>Output #6</b> Label Subir Voltaje Energized State On De-Energized State Off	<b>Output #7</b> Label Bajar Voltaje Energized State On De-Energized State Off	<b>Output #8</b> Label Cierre IP Energized State On De-Energized State Off

Elaborado por: El postulante

➤ **Logicas programables**

➤ **Salida de alarma Watch dog BE1-11g**

La función de la lógica es activar un relé sensible para la detección de fallas internas del relé digital multifuncional haciendo que dispare la máquina por medio del watch dog.

**FIGURA 49. ALARMA WATCH DOG**

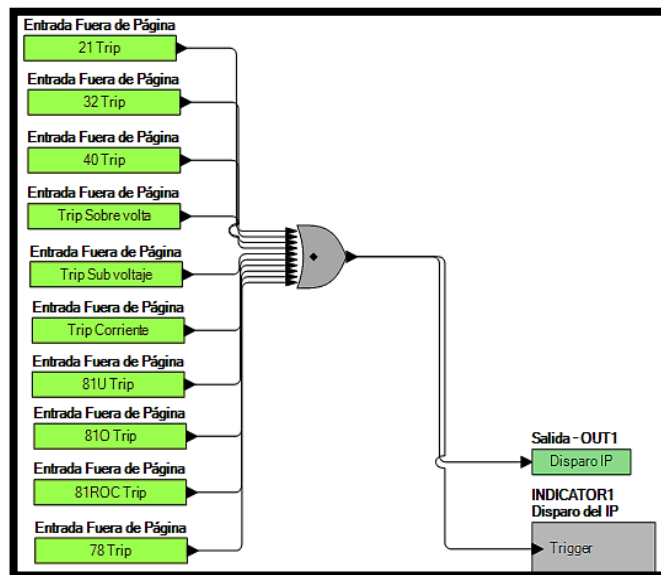


Elaborado por: El postulante

➤ **Salida #1. Disparo de interruptor de potencia IP.**

Las entradas lógicas tienen la funcionalidad de agrupar todas las protecciones, si cualquiera de ellas detecta una falla manda a parar la máquina por medio del interruptor de potencia dando una señal en el panel de alarmas del generador.

**FIGURA 50. DISPARO DE IP**

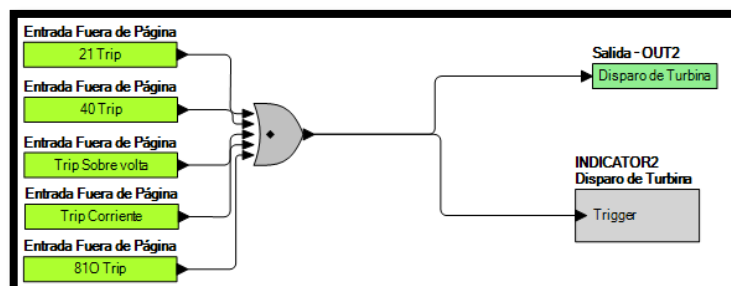


Elaborado por: El postulante

➤ **Salida #2. Disparo de Turbina**

Esta lógica permite que la protección detecte fallas y mande a para la máquina por medio de la turbina enviando una señal al panel de alarmas del generador.

**FIGURA 51. DISPARO DE TURBINA**

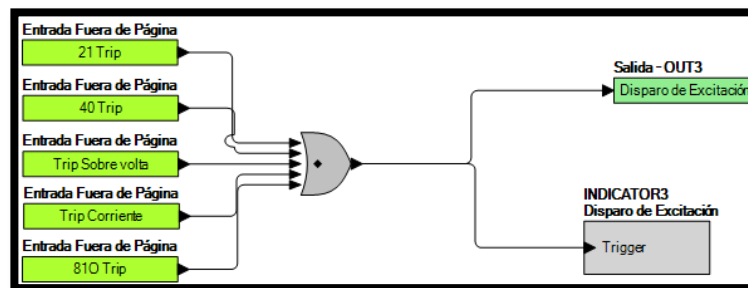


Elaborado por: El postulante

➤ **Salida #3. Disparo de Excitación**

Esta lógica permite que si una de las protecciones detecte alguna falla, mande a parar la máquina por medio de la excitación enviando una señal al panel de alarmas del generador.

**FIGURA 52. DISPARO DE EXCITACIÓN**



Elaborado por: El postulante

**3.5.8 Configuración y programación del relé BE1-11t (Transformador)**

En el relé digital multifunción BE1-11t que se muestra en la figura 53 está programado para las protecciones del transformador la cual está diseñada con diversas funciones de protección. Se hace referencia a los datos mencionados en el capítulo II y se mantienen para el ingreso al relé digital multifunción BE1-11t del transformador como muestra en la tabla 26.

**FIGURA 53. RELÉ DIGITAL MULTIFUNCIÓN BE1-11T (TRANSFORMADOR)**



Fuente: [www.basler.com](http://www.basler.com)

**TABLA 26. FUNCIONES DE PROTECCIÓN BE1-11T (TRANSFORMADOR)**

PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR					
Descripción	Pickup	Valores en el primario	Valores en el secundario	Tipo de curva	Time delay (s)
Relé de sobrecorriente temporizado 51T (6e12)	4	163.5	1.09	Muy inversa	2
Relé de sobrecorriente instantáneo 50T (6e12)	4	468	3.12		0.2
Descripción	Slope 1	Slope 2	Slope de alarma	2th Armónico	5th Armónico
Función diferencial 87T (6e11)	25%	100%	90%	20%	15%

Proporcionado por: Celec E.p

### 3.5.8.1 Configuración del relé BE1-11t

➤ *Entrada del sistema de potencia para el BE1-11t*

En la figura 54 indica el ingreso de los valores de corrientes, voltajes, desfase de ángulos, secuencia de las fases y valores de la impedancia del generador.

**FIGURA 54. INGRESO DE DATOS DE POTENCIAS AL BE1-11G (TRANSFORMADOR)**

The screenshot shows a software interface for configuring a power system. It is divided into several sections:

- Nominal Settings:**
  - Frequency: 60 Hz (dropdown)
  - Secondary Phase Voltage (V): 57.80 V<sub>pn</sub>
  - Secondary Phase Current CT1 (A): 0.78
  - Secondary Phase Current CT2 (A): 0.78
  - Secondary Aux Voltage (V): 100.00 V<sub>pp</sub>
  - Power Polarity: Normal (dropdown)
  - Phase Rotation Setup:
    - Rotation: ABC (dropdown)
- Power Line Parameters:**
  - Positive Sequence Impedance:**
    - Z1 Line Magnitude (Ohm): 24.00
    - Z1 Line Angle (°): 80.0
  - Zero Sequence Impedance:**
    - Z0 Line Magnitude (Ohm): 8.00
    - Z0 Line Angle (°): 80.0
  - Line Length:**
    - Line Length: 100.00
- Maximum Torque Angle:**
  - Positive Sequence:**
    - Z1 Angle (°): 80.0
  - Zero Sequence:**
    - Z0 Angle (°): 80.0
  - Negative Sequence:**
    - Z2 Angle (°): 80.0

Elaborado por: El postulante

➤ ***Entrada de los transformadores de detección para el BE1-11t***

En la figura 55 se indica los ingresos de la relación de transformación de los transformadores para la protección del mismo y voltajes del sistema.

**FIGURA 55. INGRESO DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN BE1-11T (TRANSFORMADOR)**

The screenshot shows the 'Sensing Transformers' configuration window. It is organized into several sections:

- CT Setup:** Contains two columns for 'CT Circuit 1' and 'CT Circuit 2'. Each column has input fields for 'Phase CT Ratio' (150 and 1.500), 'Ground CT Ratio' (150 and 150), and 'Unbalanced Calculation Method' (I2/I1). Both circuits have a 'Connection' dropdown set to 'WYE'.
- Bus CT Selection:** A dropdown menu on the right side, currently set to 'CT1'.
- Phase VT Setup:** Includes a 'Phase VT Ratio' field (138.00) and three dropdown menus for 'Phase VT Connection' (4W-Y), '27/59 Mode' (PP), and '27R Mode' (PP).
- Auxiliary VT Setup:** Includes an 'Aux VT Ratio' field (1.380,00) and an 'Aux VT Connection' dropdown (AB).

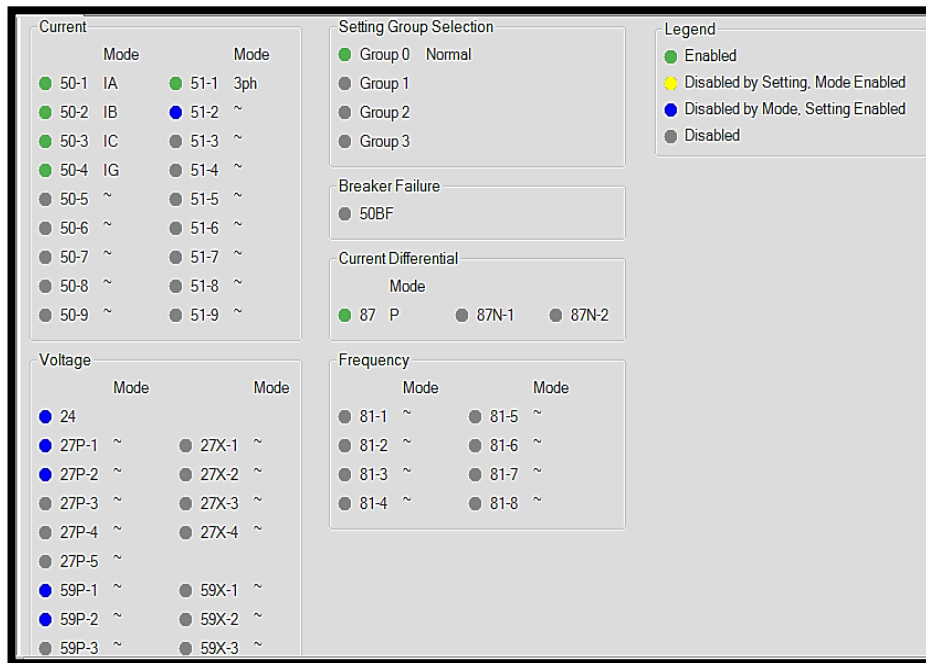
**Elaborado por:** El postulante

**3.5.8.2 Programación del relé BE1-11t.**

➤ ***Activación de los relés de protección programados.***

En nuestra implementación programaremos en el software BESTlogicPlus las protecciones de sobrecorriente 50/51 y diferencial 87, las cuales se encuentran encendidos de color verde que nos indica que están activadas, las protecciones que se encuentran encendidas de color azul son protecciones que están programadas mas no están activadas como muestra la figura 56

**FIGURA 56. PROTECCIONES DEL TRANSFORMADOR**



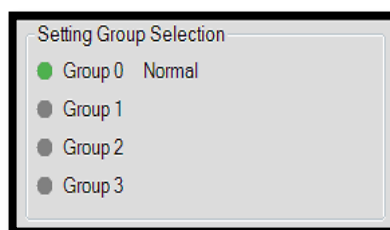
**Elaborado por:** El postulante

➤ **Grupos de ajustes**

Existen cuatro grupos de ajustes que permiten la implementación del relé adaptable para optimizar los ajustes del BE1-11t para diversas condiciones de funcionamiento.

Se puede implementar la lógica automática y externa para seleccionar el grupo de ajustes activos. En este caso se programa solo el grupo 0 y se lo denomina normal, mientras que los otros grupos no se encuentran activados

**FIGURA 57. AJUSTES DE GRUPO DE TRANSFORMADOR**



**Elaborado por:** El postulante

➤ ***Entradas programables.***

Estas entradas están distribuidas de la siguiente forma.

- Entrada #1. Posición del interruptor
- Entrada #2. Reseteo de fallas
- Entrada #3. Reset
- Entrada #4. Alarma en transformador de Potencia

**FIGURA 58. ENTRADAS PROGRAMADAS DEL BE1-11T  
(TRANSFORMADOR)**

The image shows a screenshot of a configuration interface titled "Contact Inputs". It is divided into four quadrants, each representing an input channel:

- Input #1:** Label: Posicion de IP; Recognition Time (ms): 4; Debounce Time (ms): 16; Energized State: On; De-Energized State: Off.
- Input #2:** Label: Reseteo de Fallas; Recognition Time (ms): 4; Debounce Time (ms): 16; Energized State: On; De-Energized State: Off.
- Input #3:** Label: Reset; Recognition Time (ms): 4; Debounce Time (ms): 16; Energized State: On; De-Energized State: Off.
- Input #4:** Label: Alarma en transformador de Potencia; Recognition Time (ms): 4; Debounce Time (ms): 16; Energized State: On; De-Energized State: Off.

**Elaborado por:** El postulante

➤ ***Salidas programables.***

Las salidas programadas se encuentran distribuidas de la siguiente forma.

- Salida de alarma. Watch dog BE1-11t
- Salida #1. Sobrecorriente – Corto circuito

- Salida #2. Diferencial - Falla Tierra
- Salida #3. Excitación
- Salida #4. Disparo Interruptor

**FIGURA 59. SALIDAS PROGRAMADAS DEL BE1-11T (TRANSFORMADOR)**

Contact Outputs		
<b>Output Alarm</b> Label <input type="text" value="Watch dog BE1-11t"/> Energized State <input type="text" value="On"/> De-Energized State <input type="text" value="Off"/> <input type="checkbox"/> Hold Attribute	<b>Output #1</b> Label <input type="text" value="Sobrecorriente - Corto Circuito"/> Energized State <input type="text" value="On"/> De-Energized State <input type="text" value="Off"/> <input checked="" type="checkbox"/> Hold Attribute	<b>Output #2</b> Label <input type="text" value="Diferencial - Falla Tierra"/> Energized State <input type="text" value="On"/> De-Energized State <input type="text" value="Off"/> <input checked="" type="checkbox"/> Hold Attribute
<b>Output #3</b> Label <input type="text" value="Excitación"/> Energized State <input type="text" value="On"/> De-Energized State <input type="text" value="Off"/> <input checked="" type="checkbox"/> Hold Attribute	<b>Output #4</b> Label <input type="text" value="Disparo Interruptor"/> Energized State <input type="text" value="On"/> De-Energized State <input type="text" value="Off"/> <input checked="" type="checkbox"/> Hold Attribute	<b>Output #5</b> Label <input type="text" value="Reserva"/> Energized State <input type="text" value="On"/> De-Energized State <input type="text" value="Off"/> <input type="checkbox"/> Hold Attribute

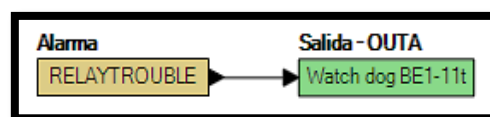
Elaborado por: El postulante

- **Lógicas programables.**

- **Entrada y Salida de alarma. Watch dog BE1-11t**

La función de la lógica es activar un relé sensible para la detección de fallas internas del relé digital multifuncional haciendo que dispare la maquina por medio del watch dog.

**FIGURA 60. SALIDA WATCH DOG**



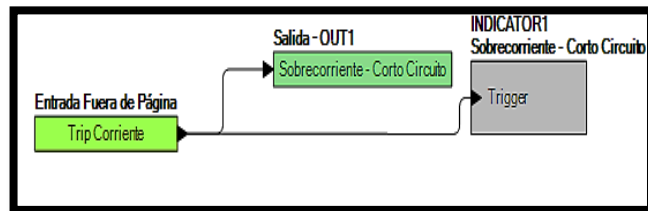
Elaborado por: El postulante



➤ **Entrada y Salida #1. Sobrecorriente – Corto circuito**

Esta lógica hace que cuando actué la protección de sobrecorriente mande a parar la máquina por medio de corto circuito enviando una señal al panel de alarmas del transformador.

**FIGURA 61. SOBRECORRIENTE-CORTO CIRCUITO**

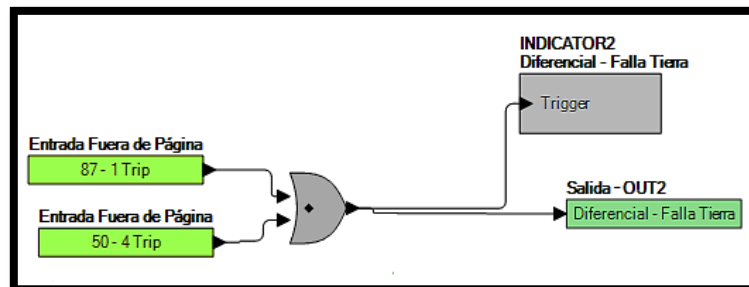


Elaborado por: El postulante

➤ **Entrada y Salida #2. Diferencial - Falla Tierra**

Las entradas de las protecciones son agrupadas, cuando una de ellas detecte una falla actué y pare la máquina por medio del diferencial de falla a tierra.

**FIGURA 62. DIFERENCIAL - FALLA TIERRA**

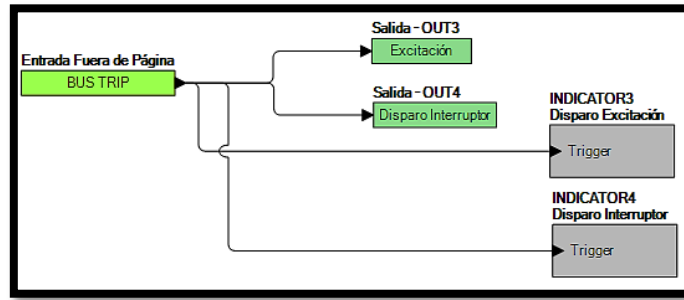


Elaborado por: El postulante

➤ **Entrada y Salida #3 y 4. Excitación y Disparo Interruptor**

Esta lógica permite que el disparo mande a parar la máquina por excitación o disparo del interruptor enviando una señal al panel de alarmas del transformador.

**FIGURA 63. EXCITACIÓN Y DISPARO INTERRUPTOR**



Elaborado por: El postulante

**3.5.9 Ejemplo de programación de la función de sobrevoltaje 59G en el relé BE1-11g (Generador)**

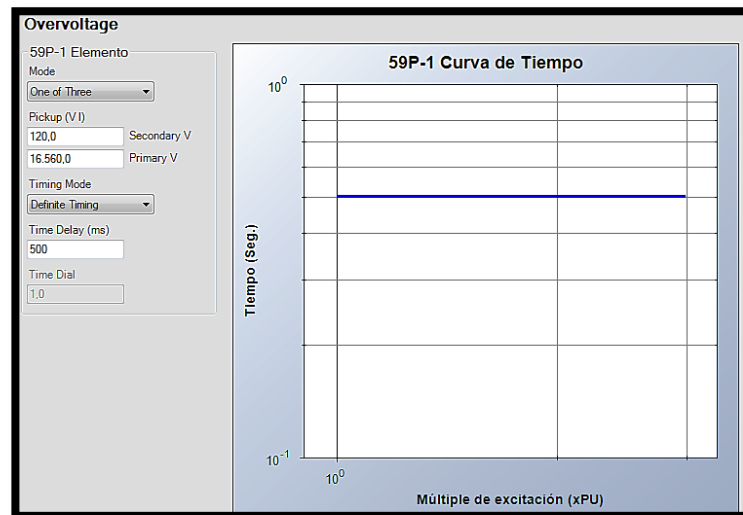
Una vez obtenido los setting del relé electromecánico antiguo como nos indica en el capítulo II se procede a colocar los datos en el relé digital multifuncional de protección BE1-11g.

**TABLA 27. DATOS DEL RELÉ DE SOBREVOLTAJE**

Descripción	Primario	Secundario	Tiempo	Curva
Relé de sobrevoltaje 59	16560 V	120 V	0,5	Tiempo definido

Elaborado por: El postulante

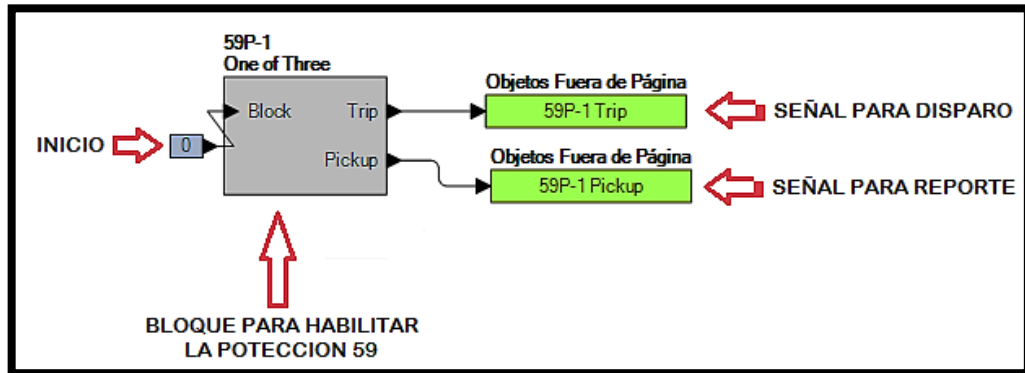
**FIGURA 64. INGRESO DE DATOS AL RELÉ BE1-11G**



Elaborado por: El postulante

Una vez ingresado los datos procedemos a realizar las lógicas programables en las cuales primero habilitamos la protección como nos muestra la figura 65.

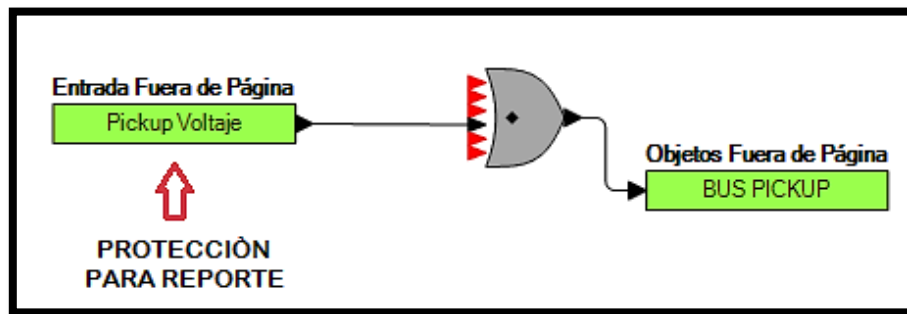
**FIGURA 65. HABILITACIÓN DE LA PROTECCIÓN**



Elaborado por: El postulante

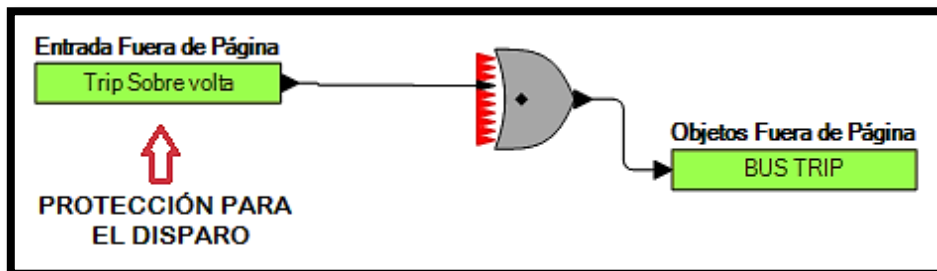
Procedemos a programar las entradas para el reporte y el disparo de la máquina de la protección 59 como nos muestra la figura.

**FIGURA 66. LÓGICA DE INICIO DE REPORTES.**



Elaborado por: El postulante

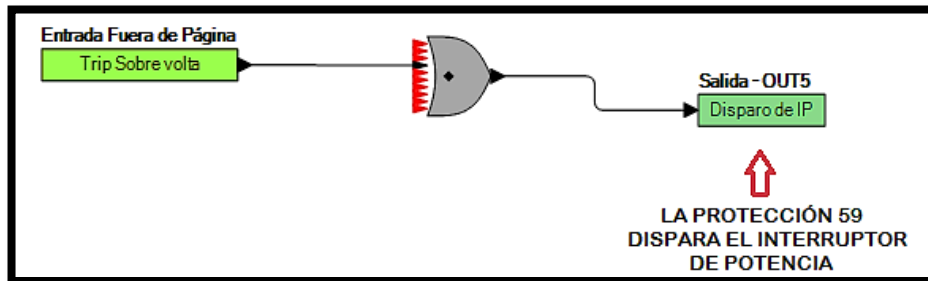
**FIGURA 67. PROTECCIÓN PARA DISPARO.**



Elaborado por: El postulante

Tenemos que la protección de sobrevoltaje nos hace disparar la maquina por medio del interruptor de potencia en el cual lo colocamos en la salida número 5.

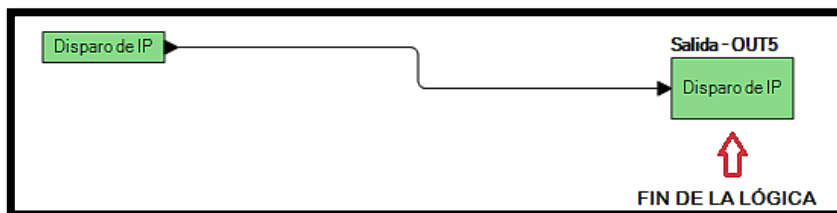
**FIGURA 68. PROTECCIÓN PARA DISPARO DEL INTERRUPTOR DE POTENCIA.**



Elaborado por: El postulante

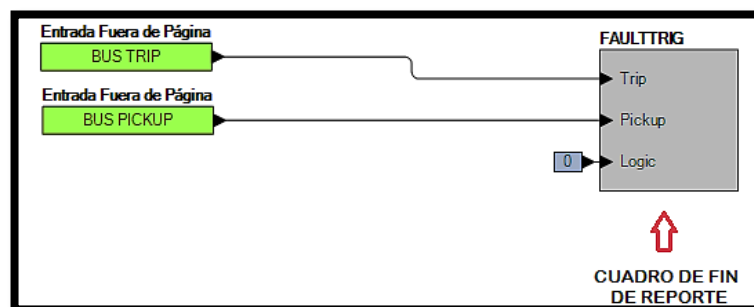
Finalmente tenemos que cerrar el circuito de lógicas, se lo realiza con un final de la lógica para el disparo y el reporte en el relé BE1-11g como muestra la figura 69.

**FIGURA 69. CIERRE DE LÓGICA DEL DISPARO DEL INTERRUPTOR DE POTENCIA.**



Elaborado por: El postulante

**FIGURA 70. LÓGICA DE FIN DE REPORTE.**



Elaborado por: El postulante

### ***3.6 Costo/beneficio***

En los beneficios que presenta la implementación de los relés digitales multifuncionales podemos mencionar, que se minimiza el espacio físico y proporcionan una mayor eficiencia la cual mejora las protecciones del sistema, brindando una mejor rapidez de respuesta ante una falla. Cabe destacar que los costos económicos fueron proporcionados por la empresa CELEC E.P Termopichincha, como son los tres equipos de protección para el generador y transformador de la unidad #3 de la Central Termoeléctrica Santa Rosa la cual estima un monto de 18.000 dólares.

### ***3.7 Conclusiones y Recomendaciones***

#### ***3.7.1 Conclusiones***

- Se llegó a la conclusión que los relés de protección electromecánicos de sobrecorriente 50/51G, potencia inversa 32G, secuencia negativa 46G, perdida de campo 40G, sobrevoltaje 59G y diferencial 87G del generador y las protecciones de sobrecorriente 50/51T, falla a tierra 64T y diferencial 87T para el transformador, llegaron a culminar su vida útil según los manuales por lo que fue necesario reemplazar con los relés digitales multifuncionales BE1-11g y BE1-11t.
- En el compartimiento de control del generador se instalaron dos relés digitales multifuncionales BE1-11G, el primero que abarca todas las funciones de protecciones de sobrecorriente 50/51G, potencia inversa 32G, secuencia negativa 46G, pérdida de campo 40G y sobrevoltaje 59G; el segundo que abarca solo la función de protección diferencial 87G para mayor protección puesto que, la protección diferencial compara los valores de voltaje del generador y transformador.
- Mediante el levantamiento de información de los planos eléctricos se llegó a concluir que las señales del contacto de disparo del interruptor de potencia Off (52) y disparo de la excitación Off del generador no coinciden con lo instalado, por lo que, hubo cambios en la unidad Generadora #3 de la Central Termoeléctrica Santa Rosa.
- Los settings de las protecciones de potencia inversa 32G, pérdida de campo 40G y carga asimétrica 46G del generador se obtuvieron por medio de registros de documentación que fueron establecidos por medio de la empresa Celec E.P de la Central termoeléctrica Santa Rosa, que instalaron los relés electromecánicos que se sometieron a pruebas y establecieron rangos de tiempos de actuación, valores de potencias y corrientes con lo que coincide con la información obtenido.

- En los relés de protección electromecánicos del generador y transformador se deben mantener los tiempos de actuación, disparos, voltaje y corrientes por valores establecidos en las protecciones que están destinadas a la unidad generadora #3 y conservar, para la implementación de los relés digitales multifuncionales BE1-11g y BE1-11t.
- Debido que los relés digitales multifuncionales BE1-11g y BE1-11t trabajan con el software BESTCOMSPlus que son lógicas programables que tienen funciones de protección desde la 21 (relé de distancia) hasta la 87 (relé diferencial) y se puede configurar según las necesidades del usuario.
- Las señales de los relés digitales multifuncionales BE1-11g y BE1-11t se direcciono al programa SCADA mediante una dirección IP que fue proporcionada por la Central Termoeléctrica Santa Rosa para que el operador pueda ver los valores de voltaje y corrientes.
- La implementación de los relés digitales multifuncionales BE1-11g y BE1-11t minimizó el espacio físico en los tableros del generador, transformador y se procederá a retirar los relés electromecánicos.

### **3.7.2 Recomendaciones**

- Es recomendable que el usuario coloque una clave para el ingreso a la programación de los relés digitales multifuncionales BE1-11g y BE1-11t para que otras personas no puedan manipular los settings y puedan provocar inconvenientes en el sistema de la unidad generadora.
- Se recomienda a la Central Termoeléctrica Santa Rosa que la implementación de los relés digitales multifuncionales en la unidad generadora #3 se desarrolle en las unidades #1 y #2 ya que sus relés de protección electromecánicos cumplieron con su vida útil.
- Para realizar cambios de tiempos, actuación, voltajes, corrientes y potencias en los relés digitales multifuncionales BE1-11g BE1-11t no es recomendable realizarlos en modo vivo por lo que puede producir daños internos a los relés y dar una parada de emergencia a la máquina.
- El relé digital multifunción BE1-11g del generador tiene la función de sincronismo automático (25A), por lo que es recomendable activar esta protección para dar una mejor supervisión del cierre del disyuntor al comparar la magnitud de la tensión, el ángulo y la frecuencia de la tensión.
- Se recomienda que el relé de protección electromecánico de falla a tierra del generador se mantenga ya que tiene una secuencia con el relé de localización de fallas en la barra del generador, con tiempo definido por lo que el relé digital multifunción BE1-11g no tiene dicha función de protección.
- Se recomienda que para la instalación de los relés digitales multifuncionales BE1-11g en las unidades generadoras #1 y #2, se debe tomar en cuenta al momento de obtener las señales de disparo de turbina que permite el contacto de relé de protección electromecánico diferencial, éste consta con una cadena de secuencias con distintos contactos de otros equipos; si se tiene deshabilitada esta señal no podrá arrancar la máquina.



- Se recomienda a los operadores de la Central termoeléctrica Santa Rosa que cuando actué una de las funciones de protección de los relés digitales multifuncionales BE1-11g y BE1-11t por cualquier falla realicen un seguimiento y verifiquen, por que actuó dicha función de protección.
- Se recomienda que en la unidad generadora #3 las señales del disparo del interruptor de potencia off (52), disparo de la excitación off, transformadores de corriente del generador y diferencial; transformadores de potencia para el censado de voltaje, disparo de turbina, cambio de grupo de generador a compensador, se encuentran con borneras cortocircuitables en paralelo para dar el paso a los relés digitales multifuncionales BE1-11g o a los relés electromecánicos.
- Es recomendable conectar el patch cord RJ45 a un switch o router industrial para brindar una buena señal de comunicación Ethernet a los relés digitales multifuncionales BE1-11g y BE1-11t

### ***3.8 Definición de términos***

**Campo magnético.-** Los campos magnéticos son producidos por cualquier carga eléctrica en movimiento y el momento magnético intrínseco de las partículas elementales asociadas con una propiedad cuántica fundamental. Las fuerzas magnéticas dan información sobre la carga que lleva un material a través del efecto.

**Corriente nominal.-** En una máquina, el valor de la corriente nominal es la cantidad de corriente que consumirá en condiciones normales de operación.

**Dial.-** Permite obtener diferentes tiempos de operación para un mismo tipo de curva y una corriente dada. En relés modernos los pasos de dial son muy cercanos entre sí. Por ejemplo, 0.1 a 1 en pasos de 0.05 que equivale a 18 curvas.

**Falla eléctrica.-** Anormalidad que causa disminución del aislamiento entre conductores de fases o entre conductores y tierra, por debajo de los valores normales de la impedancia de carga.

**Fuerza electromotriz.-** Es toda causa capaz de mantener una diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito abierto o de producir una corriente eléctrica en un circuito cerrado. Es una característica de cada generador eléctrico.

**Interruptor de potencia (IP)-** Tipo de interruptor que tiene gran capacidad de ruptura y al contrario de los contactores y de la mayor parte de los interruptores de motores, que diariamente son maniobrados varias veces, quedan conectados en ciertas circunstancias durante semanas y aun durante meses.

**Ley de Faraday.-** Es una relación fundamental basada en las ecuaciones de Maxwell. Sirve como un sumario abreviado de las formas en que se puede generar un voltaje (o fem), por medio del cambio del entorno magnético.

**Factor de potencia:** Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente.

**Potencia nominal.-** Es la potencia máxima que demanda una máquina o aparato en condiciones de uso normales; esto quiere decir que el aparato está diseñado para soportar esa cantidad de potencia.

**Conductor eléctrico:** Cualquier material que ofrezca mínima resistencia al paso de una corriente eléctrica. Los conductores más comunes son de cobre o de aluminio y pueden estar aislados o desnudos.

**Curva de Carga.** Será la que representa el comportamiento de la carga durante el período en estudio.

**Frecuencia:** Número de veces que la señal alterna se repite en un segundo. Su unidad de medida es el hertz (Hz).

**Voltaje nominal (Vn):** Es el valor del voltaje utilizado para identificar el voltaje de referencia de una red eléctrica.

**Protección eléctrica.-** Conjunto de relés y aparatos asociados que abren los interruptores para separar un elemento del sistema de transmisión en falla, con la finalidad de evitar daños en estos elementos.

**Sistema de protecciones.-** Conjunto de dispositivos que permiten la detección de situaciones anómalas en el sistema eléctrico y que permiten la eliminación de fallas, evitando daños en las instalaciones.

### ***3.9 Referencias Bibliográficas***

#### ***3.9.1 Bibliografía Citada***

- 1) CHAPMAN Stephen, Máquinas Eléctricas, Editorial Mc Graw Hill, 3ra. Edición, 2000.
- 2) PERNÌA Marino A., Núcleo de Electricidad Unidad Curricular Tecnología Eléctrica, 2011.
- 3) HENRIQUEZ HARPER Gilberto, El Libro Práctico de los Generadores, Transformadores y Motores Eléctricos, Editorial Limusa, México 2004.
- 4) RAMIREZ CASTAÑO Samuel, Protección de Sistemas Eléctricos, primera edición, 2003.
- 5) RAMIREZ CASTAÑO Samuel, Protección de Sistemas Eléctricos, primera edición, 2003.
- 6) Guía para el Buen Ajuste y la Coordinación de Protecciones del STN, Itagüí, 2000.
- 7) VALAREZO ERAS Dario Javier, Universidad Politécnica Salesiana, proyecto de tesis Análisis y descripción de los dispositivos electrónicos empleados en la protección de los sistemas eléctricos de potencia, Quito, 2015.
- 8) VALAREZO ERAS Dario Javier, Universidad Politécnica Salesiana, proyecto de tesis Análisis y descripción de los dispositivos electrónicos empleados en la protección de los sistemas eléctricos de potencia, Quito, 2015.
- 9) Tutorial de Protección de Generadores Síncronos, presentado por The Power Engineering Education Committee. Power System Relaying.

- 10) FAREZ Juan Pablo, MENDIETA William, Universidad de Cuenca, proyecto de tesis Estudio de definición del Sistema de Protecciones de la central hidroeléctrica Saymirín y su Coordinación, Cuenca 2013.
- 11) CALERO Iván, Escuela Politécnica Nacional, proyecto de tesis Protección de Generadores Eléctricos mediante Relés Microprocesados Multifuncionales, Quito, 2008.
- 12) RODRIGUEZ Yeinier, Teoría de transformadores, 2011
- 13) TAMASCO AMADOR Renzo, artículo de Protecciones Eléctricas, 2007.
- 14) VALAREZO ERAS Darío Javier, Universidad Politécnica Salesiana, proyecto de tesis Análisis y descripción de los dispositivos electrónicos empleados en la protección de los sistemas eléctricos de potencia, Quito, 2015.
- 15) FAREZ Juan Pablo, MENDIETA William, Universidad de Cuenca, proyecto de tesis Estudio de definición del Sistema de Protecciones de la central hidroeléctrica Saymirín y su Coordinación, Cuenca 2013.

### ***3.9.2 Bibliografía Consultadas***

- a) SANDOVAL, Ramón, “Dynamic Simulations Help Improve Generator Protection”, Comisión Federal de Electricidad, 2006.
- b) ENRIQUEZ HARPER, Gilberto, “Fundamentos de Protección de Sistemas Eléctricos por Relevadores, Limusa, Mexico, 1987.
- c) GRAHAM, D.J., “Generator Protection with a New Static Negative Sequence Relay”, General Electric Company, Philadelphia.
- d) MOZINA, Charles, “Mejoramiento de la Protección de Generadores Usando Tecnología Digital”, Canadian Electrical Association, Vancouver, Marzo 1995.

### 3.9.2 Bibliografía Virtual

- WILIAM D. STEVENSON, Análisis de sistemas eléctricos de potencia, Universidad del Estado de Carolina del Norte Segunda Edición. [ref. 1979]. Disponible en la Web:

*[http://blog.espol.edu.ec/econde/files/2012/08/analisis\\_de\\_sistemas\\_electricos\\_de\\_potencia\\_stevenson\\_.pdf](http://blog.espol.edu.ec/econde/files/2012/08/analisis_de_sistemas_electricos_de_potencia_stevenson_.pdf)*

- BLACKBURN Lewis J. y DOMIN Thomas J., Protective Relaying; Principles and Applications Primera Edición. [ref. Agosto del 2007]. Disponible en la Web:

*<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1279/14/UPS-CT002213.pdf>*

- IEEE Std.C37.91-2000 “IEEE Guide for Protective Relay Applications to Power Transformers”. Disponible en la Web:

*[http://www.leonardo-energy.org/sites/leonardo-energy/files/root/EPQU/2007\\_conference/6211\\_ProtectingPower\\_AK\\_20050916.pdf](http://www.leonardo-energy.org/sites/leonardo-energy/files/root/EPQU/2007_conference/6211_ProtectingPower_AK_20050916.pdf)*

- ENRIQUEZ HARPER, Gilberto, “Fundamentos de Protección de Sistemas Eléctricos por Relevadores”, [ref. México - 187].disponible en la Web.

*<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1279/14/UPS-CT002213.pdf>*

- AGUILAR RÍOS Edgar A., “Generadores Síncronos”. 2010. Disponible en Web:

*[http://www.monografias.com/trabajos82/generadores\\_sincronos /generadores-sincronos.shtml#ixzz314AJ1hwA](http://www.monografias.com/trabajos82/generadores_sincronos /generadores-sincronos.shtml#ixzz314AJ1hwA)*

- ING. ALVAREZ, “Máquina Sincrónica”, 2009. Disponible en Web:

<https://es.scribd.com/doc/289524419/Capitulo-9-Maquina-Sincronica>

- VILLANUEVA MAYO Oscar Daniel, CAMARILLO BARRAGAN Uciel, VAZQUEZ GARCIA Daniel Alberto, tesis, “Normas, Instalación, Operación y Mantenimiento de los Transformadores de Distribución”, 2010, disponible en la Web:

<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/30523/1/CamarilloVazquezVillanueva.pdf>

# **ANEXOS**



## ANEXO 1. RELÉS DE PROTECCIÓN ELECTROMECÁNICOS



**Elaborado por:** El postulante

## ANEXO 2. PERFORACIONES EN LA PUERTA PARA EL ANCLAJE DE LOS RELÉS DIGITALES MULTIFUNCIONALES



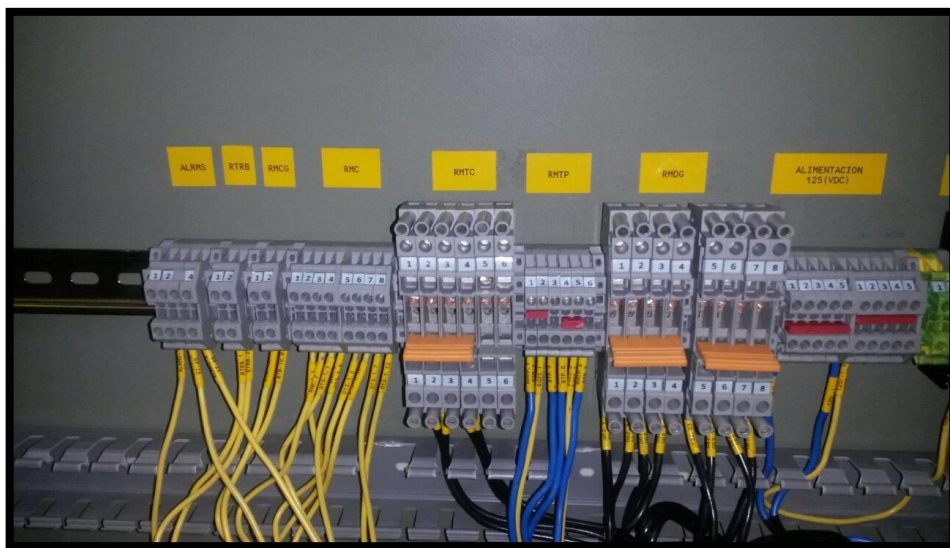
**Elaborado por:** El postulante

### ANEXO 3. SEÑALES IDENTIFICADAS Y LLEVADAS A BORNERAS



Elaborado por: El postulante

### ANEXO 4. SEÑALES LLEVADAS A BORNERA PARA TABLERO DE PROTECCIÓN DE LOS RELÉS DIGITALES MULTIFUNCIONALES



Elaborado por: El postulante

**ANEXO 5. TABLERO DE PROTECCIÓN PARA LOS RELÉS DIGITALES  
MULTIFUNCIONALES**



**Elaborado por:** El postulante

**ANEXO 6. ANCLAJE DEL RELÉ DIGITAL MULTIFUNCIONAL  
DIFERENCIAL**



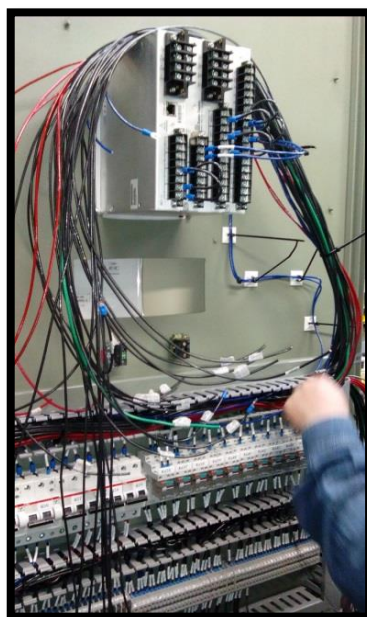
**Elaborado por:** El postulante

**ANEXO 7. ANCLAJE DE LOS RELÉS DIGITALES MULTIFUNCIONALES  
DIFERENCIA Y GENERADOR**



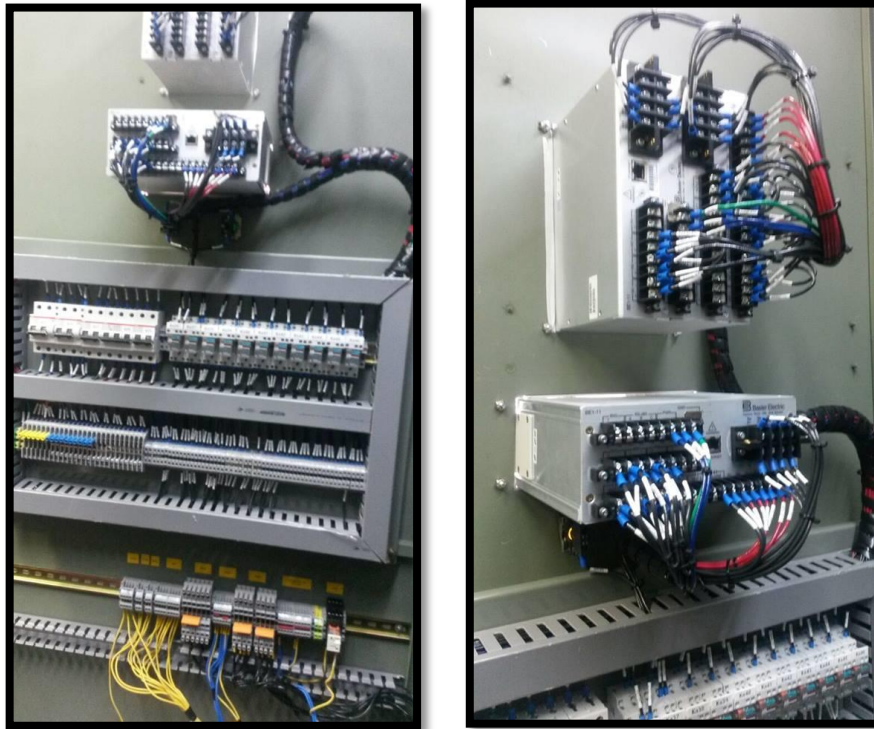
**Elaborado por:** El postulante

**ANEXO 8. CONEXIÓN DE LOS RELÉS DIGITALES  
MULTIFUNCIONALES DIFERENCIAL Y GENERADOR**



**Elaborado por:** El postulante

**ANEXO 9. INSTALACIÓN LOS RELÉS DIGITALES  
MULTIFUNCIONALES DIFERENCIAL Y GENERADOR**



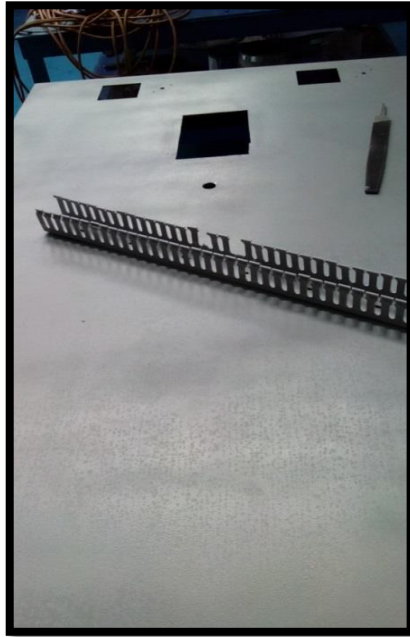
**Elaborado por:** El postulante

**ANEXO 10. RELÉS ELECTROMECÁNICOS DEL TRANSFORMADOR**



**Elaborado por:** El postulante

**ANEXO 11. PERFORACIONES EN LA PUERTA PARA EL ANCLAJE DEL  
RELÉ DIGITAL MULTIFUNCIÓN**



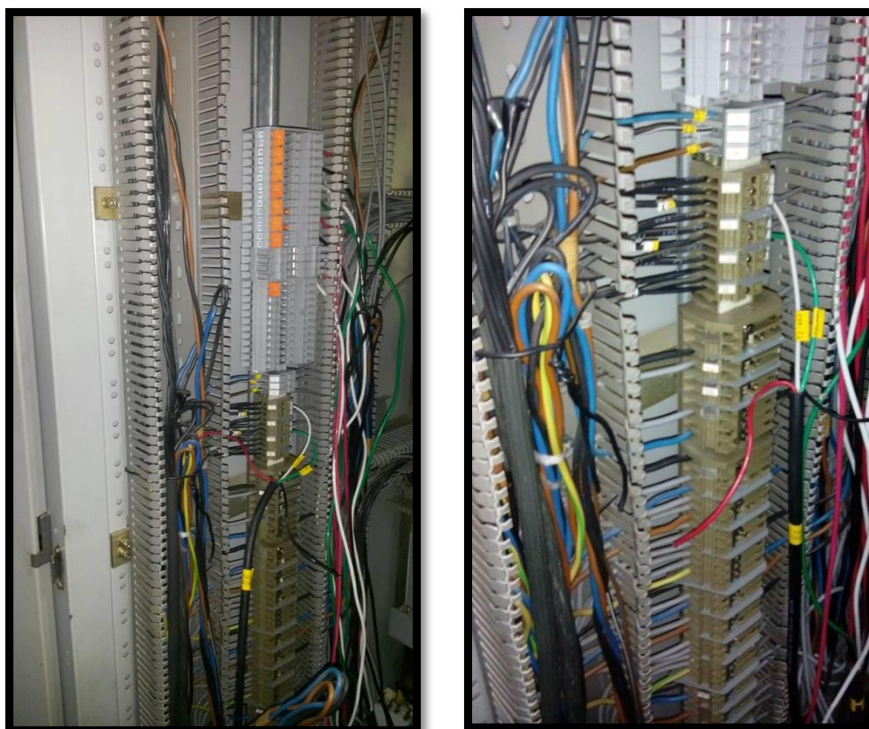
**Elaborado por:** El postulante

**ANEXO 12. ANCLAJE DEL RELÉ DIGITAL MULTIFUNCIÓN**



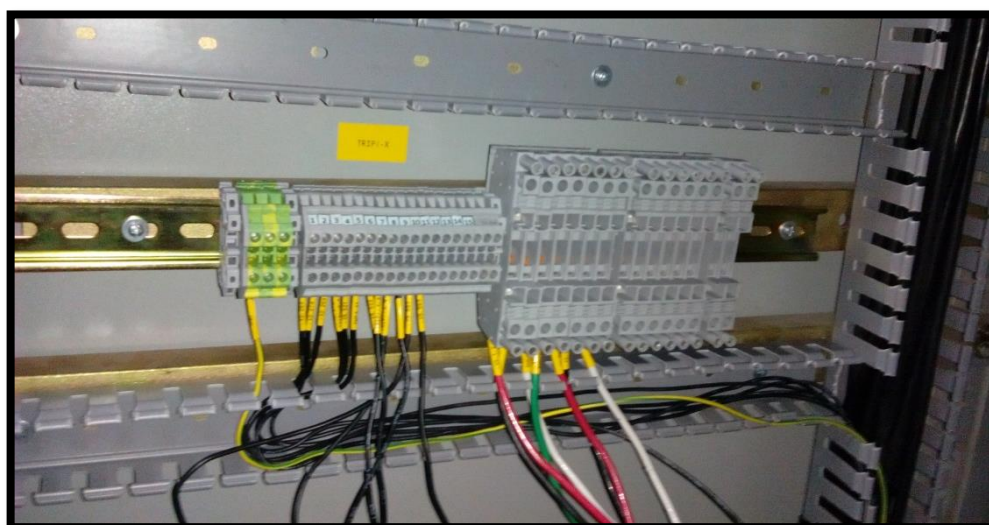
**Elaborado por:** El postulante

### ANEXO 13. IDENTIFICACIÓN DE SEÑALES LLEVADAS A BORNERAS



Elaborado por: El postulante

### ANEXO 14. IDENTIFICACIÓN DE SEÑALES LLEVADAS A BORNERAS PARA EL TABLERO DE PROTECCIÓN DEL RELÉ DIGITAL MULTIFUNCIÓN DEL TRANSFORMADOR



Elaborado por: El postulante

**ANEXO 15. TABLERO DE PROTECCIÓN PARA EL RELÉ DIGITAL  
MULTIFUNCIÓN DE TRANSFORMADOR**



**Elaborado por:** El postulante

**ANEXO 16. CONEXIÓN E INSTALACIÓN DEL RELÉ DIGITAL  
MULTIFUNCIONAL**



**Elaborado por:** El postulante

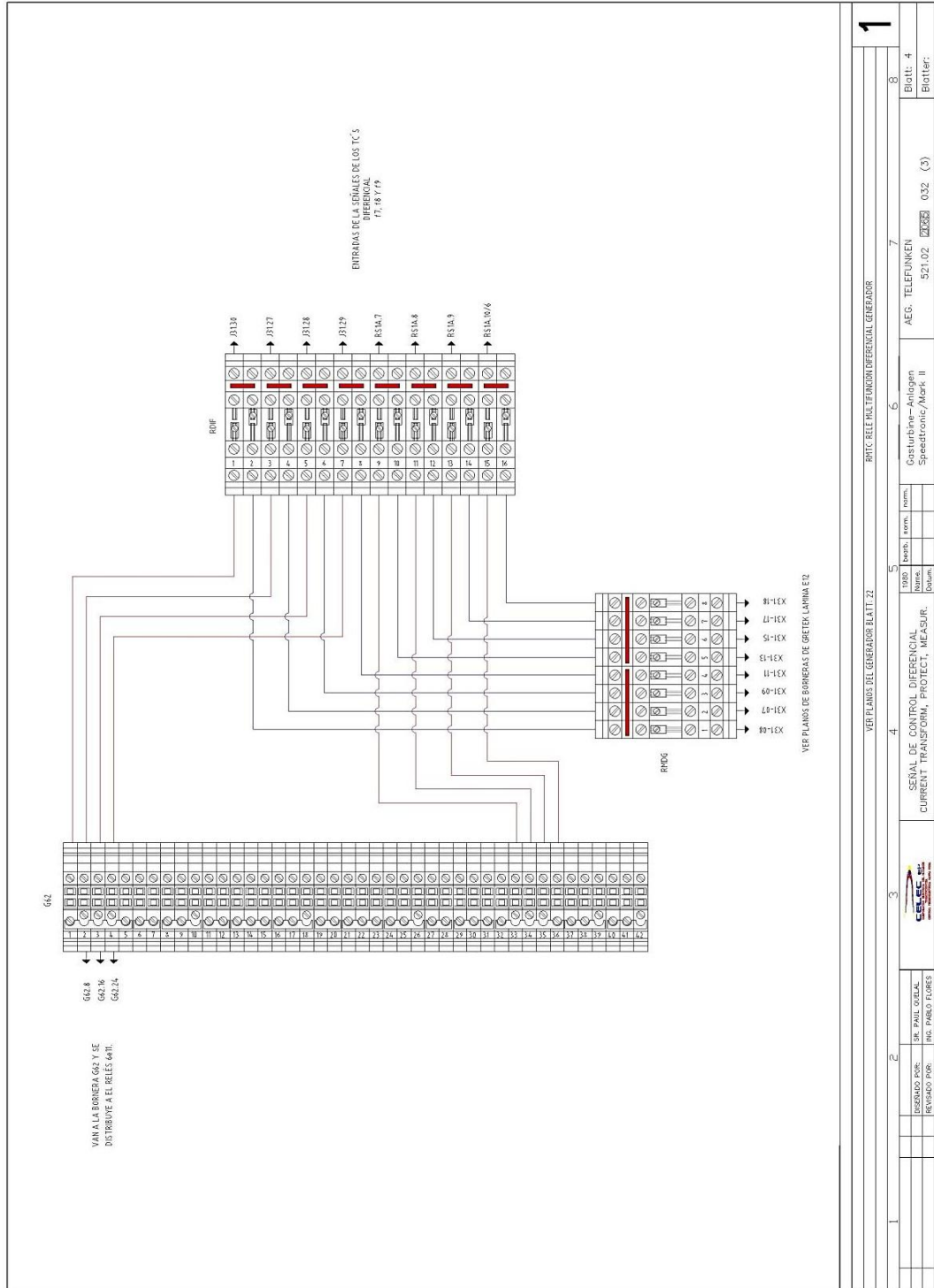






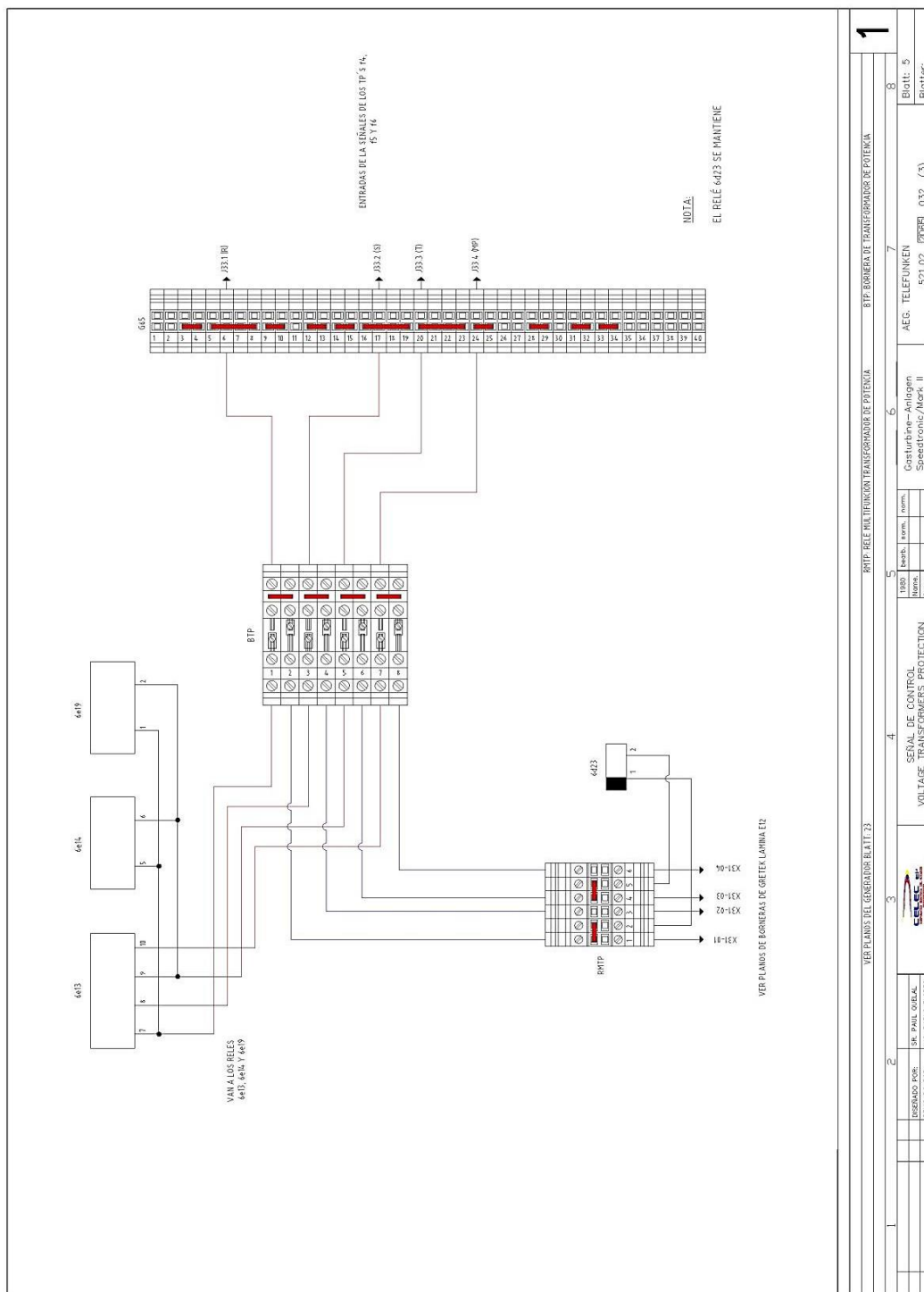


## ANEXO 20. SEÑAL DE LOS TC'S PARA EL DIFERENCIAL



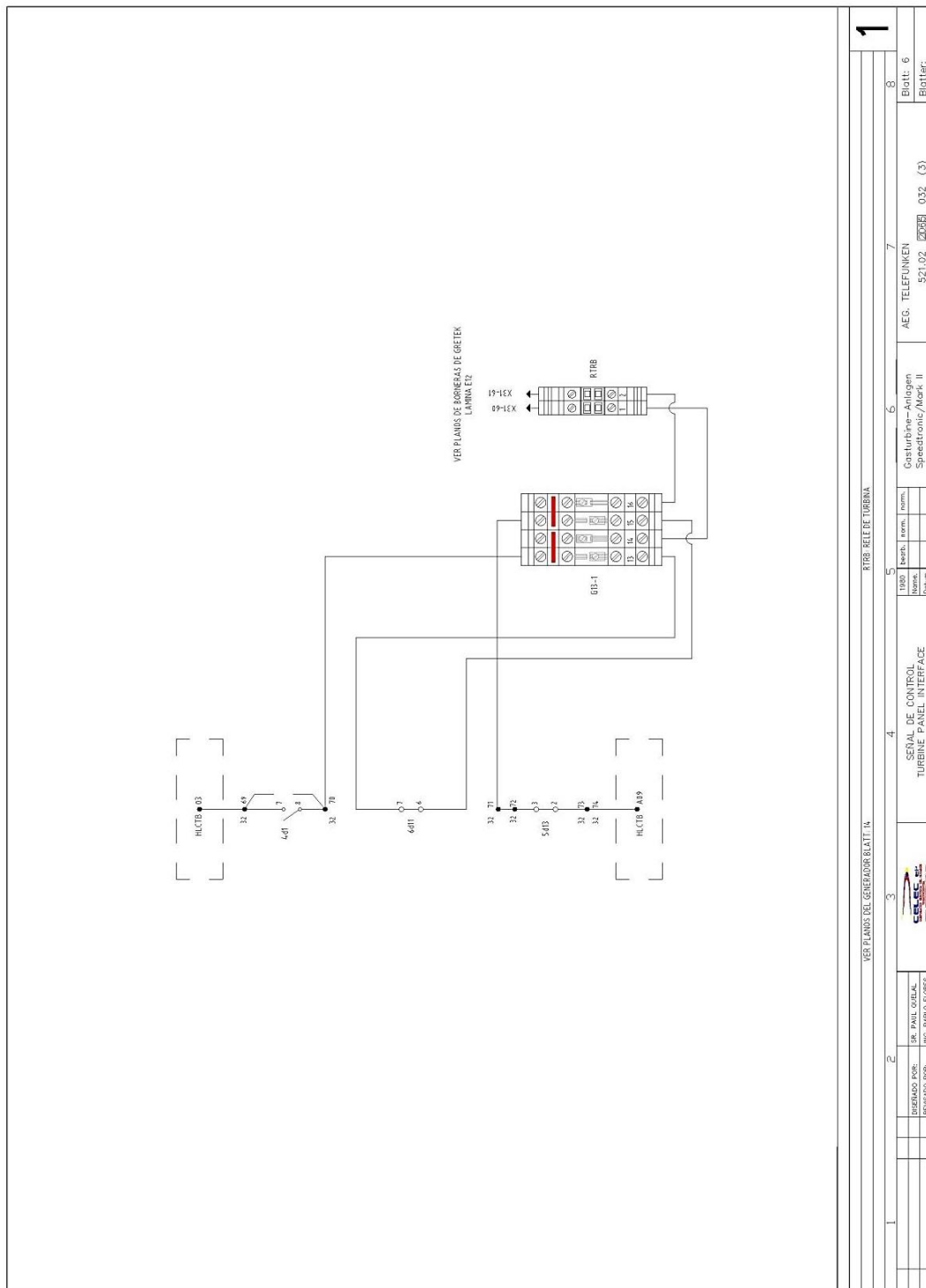
**Elaborado por:** El postulante

# ANEXO 21. SEÑAL DE LOS TP'S PARA CENSADO DE VOLTAJE



Elaborado por: El postulante

## ANEXO 22. SEÑAL DEL DISPARO DE TURBINA



**Elaborado por:** El postulante

VER PLAUAS DEL GENERADOR RELATI N.		RTTB-RELE DE TURBINA	
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100
101	102	103	104
105	106	107	108
109	110	111	112
113	114	115	116
117	118	119	120
121	122	123	124
125	126	127	128
129	130	131	132
133	134	135	136
137	138	139	140
141	142	143	144
145	146	147	148
149	150	151	152
153	154	155	156
157	158	159	160
161	162	163	164
165	166	167	168
169	170	171	172
173	174	175	176
177	178	179	180
181	182	183	184
185	186	187	188
189	190	191	192
193	194	195	196
197	198	199	200
201	202	203	204
205	206	207	208
209	210	211	212
213	214	215	216
217	218	219	220
221	222	223	224
225	226	227	228
229	230	231	232
233	234	235	236
237	238	239	240
241	242	243	244
245	246	247	248
249	250	251	252
253	254	255	256
257	258	259	260
261	262	263	264
265	266	267	268
269	270	271	272
273	274	275	276
277	278	279	280
281	282	283	284
285	286	287	288
289	290	291	292
293	294	295	296
297	298	299	300
301	302	303	304
305	306	307	308
309	310	311	312
313	314	315	316
317	318	319	320
321	322	323	324
325	326	327	328
329	330	331	332
333	334	335	336
337	338	339	340
341	342	343	344
345	346	347	348
349	350	351	352
353	354	355	356
357	358	359	360
361	362	363	364
365	366	367	368
369	370	371	372
373	374	375	376
377	378	379	380
381	382	383	384
385	386	387	388
389	390	391	392
393	394	395	396
397	398	399	400
401	402	403	404
405	406	407	408
409	410	411	412
413	414	415	416
417	418	419	420
421	422	423	424
425	426	427	428
429	430	431	432
433	434	435	436
437	438	439	440
441	442	443	444
445	446	447	448
449	450	451	452
453	454	455	456
457	458	459	460
461	462	463	464
465	466	467	468
469	470	471	472
473	474	475	476
477	478	479	480
481	482	483	484
485	486	487	488
489	490	491	492
493	494	495	496
497	498	499	500
501	502	503	504
505	506	507	508
509	510	511	512
513	514	515	516
517	518	519	520
521	522	523	524
525	526	527	528
529	530	531	532
533	534	535	536
537	538	539	540
541	542	543	544
545	546	547	548
549	550	551	552
553	554	555	556
557	558	559	560
561	562	563	564
565	566	567	568
569	570	571	572
573	574	575	576
577	578	579	580
581	582	583	584
585	586	587	588
589	590	591	592
593	594	595	596
597	598	599	600
601	602	603	604
605	606	607	608
609	610	611	612
613	614	615	616
617	618	619	620
621	622	623	624
625	626	627	628
629	630	631	632
633	634	635	636
637	638	639	640
641	642	643	644
645	646	647	648
649	650	651	652
653	654	655	656
657	658	659	660
661	662	663	664
665	666	667	668
669	670	671	672
673	674	675	676
677	678	679	680
681	682	683	684
685	686	687	688
689	690	691	692
693	694	695	696
697	698	699	700
701	702	703	704
705	706	707	708
709	710	711	712

## ANEXO 23. SEÑAL DE CAMBIO DE GRUPO DE GENERADOR A COMPENSADOR

NOTA:  
SE IMPLEMENTO UN NUEVO RELÉ  
DE 125VDC DENOMINADO CGD  
PARA EL CAMBIO DE GRUPO,  
PARA LA ALIMENTACIÓN DEL RELÉ  
CGD SE TOPO DEL RELÉ 241  
CONTACTO H4 QUE LLEVA LA  
SEÑAL POSITIVA

1

2

3

4

5

6

7

8

VEF PLANOS DEL GENERADOR RELAT 941

006 CARRER DE GRUPO

Blatt: 7

Blätter: 8

AEC, TELEFUNKEN

521.02. 032 (3)

0328

Speidronic/Mark II

Gas turbine-Anlagen

1

2

3

4

5

6

7

8

SEÑAL DE CONTROL

SEÑAL CONDENSER SELECT AND INDICATION

Blatt: 7

Blätter: 8

AEC, TELEFUNKEN

521.02. 032 (3)

0328

Speidronic/Mark II

Gas turbine-Anlagen

1

2

3

4

5

6

7

8

SEÑAL DE CONTROL

SEÑAL CONDENSER SELECT AND INDICATION

Blatt: 7

Blätter: 8

AEC, TELEFUNKEN

521.02. 032 (3)

0328

Speidronic/Mark II

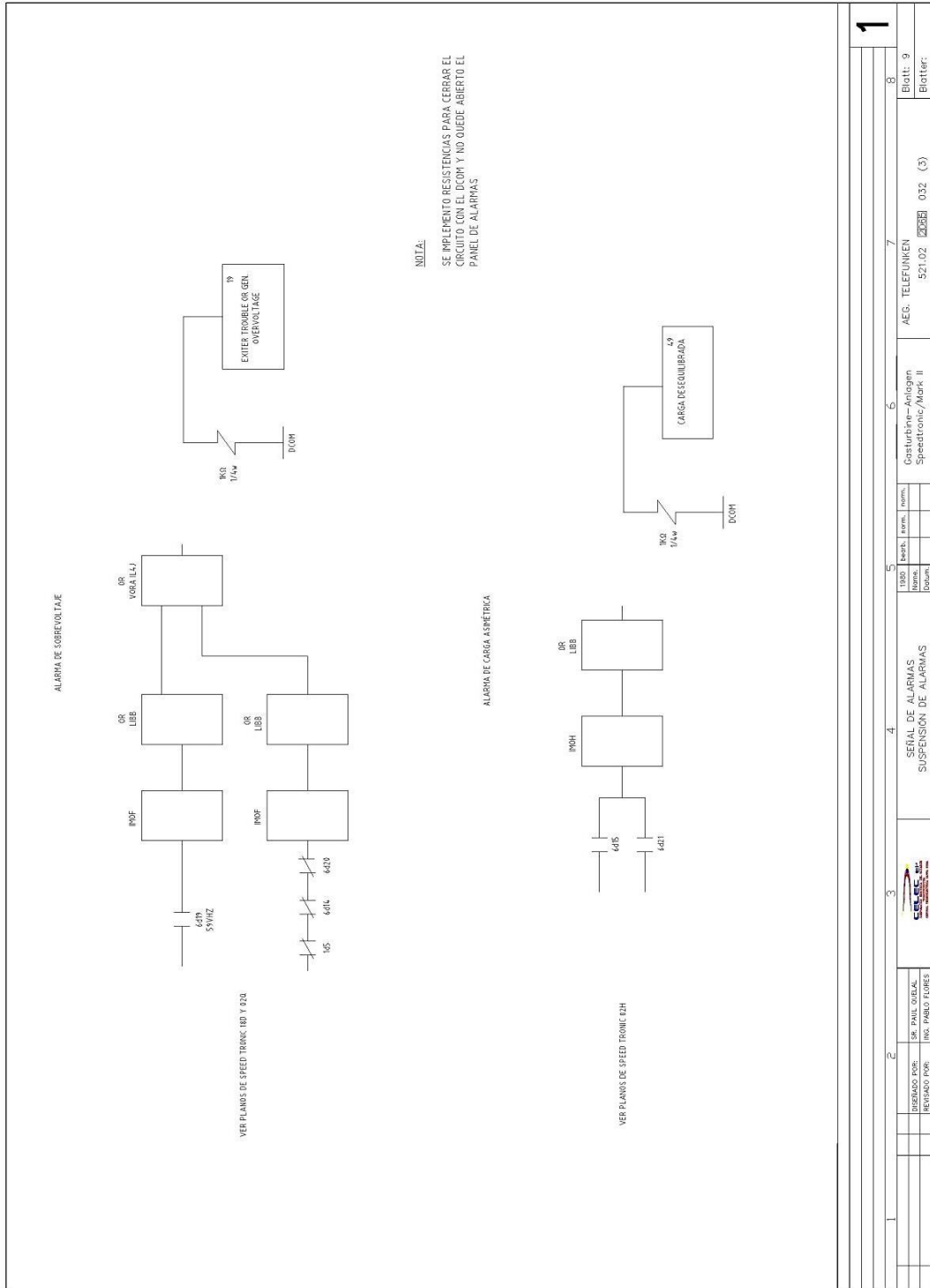
Gas turbine-Anlagen

Elaborado por: El postulante





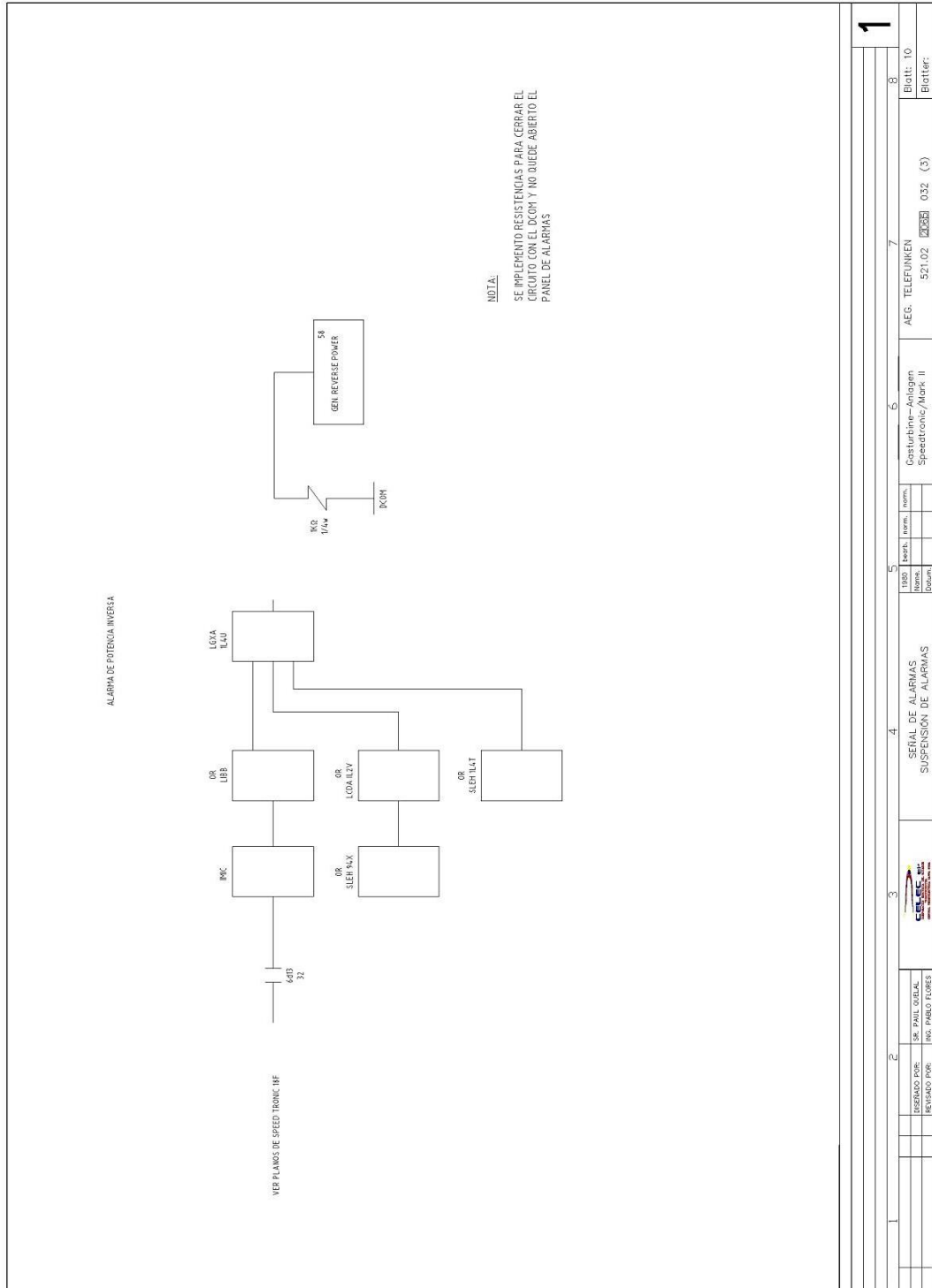
# ANEXO 25. SEÑAL DE ALARMAS



Elaborado por: El postulante

1	2	3	4	5	6	7	8								
			SEÑAL DE ALARMAS SUSPENSIÓN DE ALARMAS	<table border="1"> <tr> <th>180</th> <th>180B</th> <th>180C</th> <th>180D</th> </tr> <tr> <td>norm.</td> <td>norm.</td> <td>norm.</td> <td>norm.</td> </tr> </table>	180	180B	180C	180D	norm.	norm.	norm.	norm.	Conturbine—Antigarr Speedtronic/Mark II	AEG: TELEFUNKEN 521.02. <del>032</del> 032 (3)	Blott: 9 Blotter:
180	180B	180C	180D												
norm.	norm.	norm.	norm.												

# ANEXO 26. SEÑAL DE ALARMAS



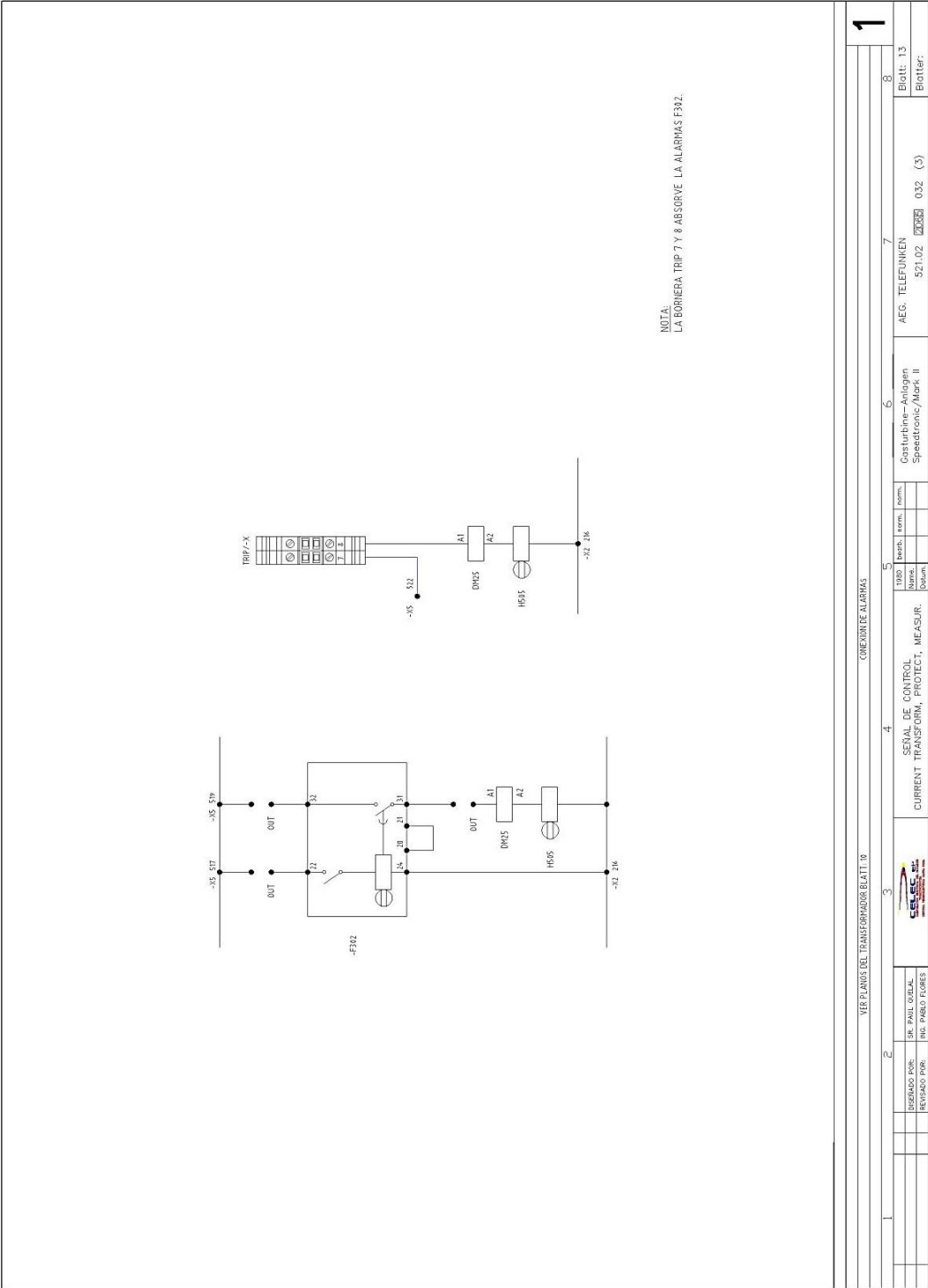
Elaborado por: El postulante

1	2	3	4	5	6	7	8
			SEÑAL DE ALARMAS SUSPENSION DE ALARMAS	1980 Revisión	Revisión	Revisión	Revisión
		DISEÑADO POR: ING. PAUL GUILLET			Conturbine—Antigarr Speedtronic/Mark II	AEG: TELEFUNKEN	Blott: 10
						521.02. 032 (3)	Blotter:





# ANEXO 29. SEÑAL DE ALARMAS



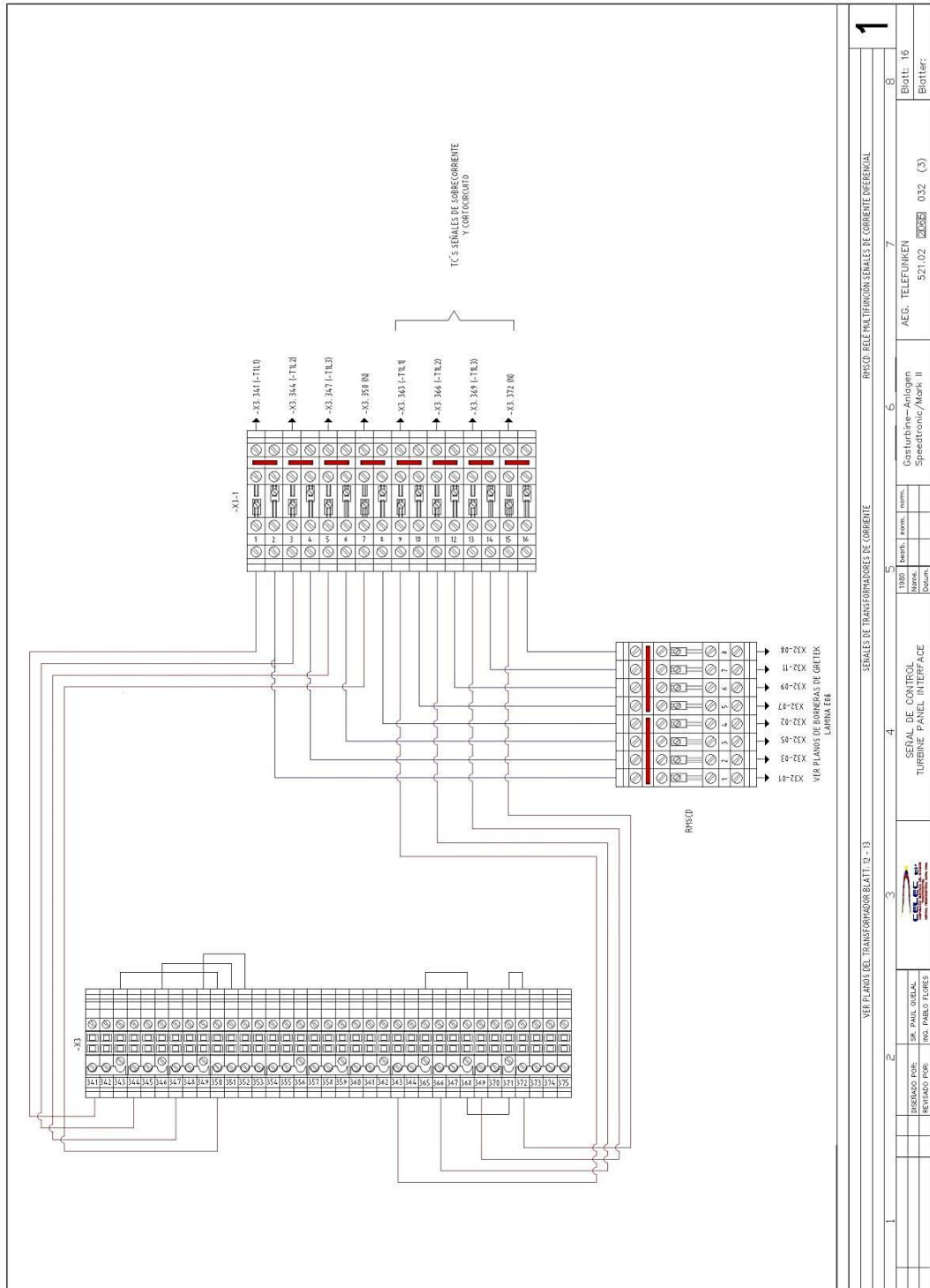
Elaborado por: El postulante

1		8	
VER PLANOS DEL TRANSFORMADOR BLATT 10		CONEXIONES ALARMAS	
3		5	
SEÑAL DE CONTROL CURRENT TRANSFORM, PROTECT, MEASURE.		Disturbie-Anlagen Speectronic/Mark II	
4		6	
7		7	
AEG. TELEFUNKEN		521.02	
Blatt: 13		032 (3)	
Blotter:			





## ANEXO 32. SEÑAL DE LOS TC'S DE LOS RELÉS DE SOBRECORRIENTE Y DIFERENCIAL



Elaborado por: El postulante

1							
	2	3	4	5	6	7	8
	VER PLANOS DEL TRANSFORMADOR BLATTI 12 - 13	SEÑALES DE CONTROL TURBINE PANEL INTERFACE	SEÑALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	RMSCD	RMSCD	RMSCD	RMSCD
	DISEÑADO POR: ING. PABLO TORRES	SEÑAL DE CONTROL TURBINE PANEL INTERFACE	SEÑALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	RMSCD	RMSCD	RMSCD	RMSCD
	REVISADO POR: ING. PABLO TORRES	TURBINE PANEL INTERFACE	SEÑALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	RMSCD	RMSCD	RMSCD	RMSCD
		VER PLANOS DE BOMBAS DE GREITER LÁMINA 118	SEÑALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	RMSCD	RMSCD	RMSCD	RMSCD
		VER PLANOS DE BOMBAS DE GREITER LÁMINA 118	SEÑALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	RMSCD	RMSCD	RMSCD	RMSCD
		VER PLANOS DE BOMBAS DE GREITER LÁMINA 118	SEÑALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	RMSCD	RMSCD	RMSCD	RMSCD
		VER PLANOS DE BOMBAS DE GREITER LÁMINA 118	SEÑALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	RMSCD	RMSCD	RMSCD	RMSCD
		VER PLANOS DE BOMBAS DE GREITER LÁMINA 118	SEÑALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	RMSCD	RMSCD	RMSCD	RMSCD
		VER PLANOS DE BOMBAS DE GREITER LÁMINA 118	SEÑALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	RMSCD	RMSCD	RMSCD	RMSCD
		VER PLANOS DE BOMBAS DE GREITER LÁMINA 118	SEÑALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	RMSCD	RMSCD	RMSCD	RMSCD
		VER PLANOS DE BOMBAS DE GREITER LÁMINA 118	SEÑALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	RMSCD	RMSCD	RMSCD	RMSCD
		VER PLANOS DE BOMBAS DE GREITER LÁMINA 118	SEÑALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	RMSCD	RMSCD	RMSCD	RMSCD
		VER PLANOS DE BOMBAS DE GREITER LÁMINA 118	SEÑALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	RMSCD	RMSCD	RMSCD	RMSCD
		VER PLANOS DE BOMBAS DE GREITER LÁMINA 118	SEÑALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	RMSCD	RMSCD	RMSCD	RMSCD
		VER PLANOS DE BOMBAS DE GREITER LÁMINA 118	SEÑALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	RMSCD	RMSCD	RMSCD	RMSCD
		VER PLANOS DE BOMBAS DE GREITER LÁMINA 118	SEÑALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	RMSCD	RMSCD	RMSCD	RMSCD
		VER PLANOS DE BOMBAS DE GREITER LÁMINA 118	SEÑALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	RMSCD	RMSCD	RMSCD	RMSCD
		VER PLANOS DE BOMBAS DE GREITER LÁMINA 118	SEÑALES DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	RMSCD	RMSCD	RMSCD	RMSCD



