



REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



**DESARROLLO DE UN PROTOCOLO PARA LAS PRUEBAS DE LOS RELÉS
EATON IQ-500 SERIES, MP-3000, Y VAMP 200 SERIES USANDO EL
SIMULADOR DE POTENCIA DOBLE F6150 EN LA REFINERÍA “EL PALITO”
PDVSA.**

Tutor Académico:

Prof. Juan Carlos Ataya

Tutor Industrial:

Ing. Jorge Villarroel

Autor:

Br. Héctor Trosel

Valencia, Carabobo



REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



**DESARROLLO DE UN PROTOCOLO PARA LAS PRUEBAS DE LOS RELÉS
EATON IQ-500 SERIES, MP-3000, Y VAMP 200 SERIES USANDO EL
SIMULADOR DE POTENCIA DOBLE F6150 EN LA REFINERÍA “EL PALITO”
PDVSA.**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD DE CARABOBO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO
ELECTRICISTA

Tutor Académico:

Prof. Juan Carlos Ataya

Tutor Industrial:

Ing. Jorge Villarroel

Autor:

Br. Héctor Trosel

Valencia, Carabobo



REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



CERTIFICADO DE APROBACION

Quienes suscriben, miembros del jurado evaluador designado por el Departamento de Potencia de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Carabobo, para la evaluación del Trabajo Especial de Grado presentado por el bachiller: Héctor A. Trosel C. CI:19.688.929 , titulado **“DESARROLLO DE UN PROTOCOLO PARA LAS PRUEBAS DE LOS RELÉS EATON IQ-500 SERIES, MP-3000, Y VAMP 200 SERIES USANDO EL SIMULADOR DE POTENCIA DOBLE F6150 EN LA REFINERÍA “EL PALITO” PDVSA”**, para optar al título de Ingeniero Electricista; Consideramos que dicho trabajo cumple con los requisitos para tal efecto y por lo tanto lo declaramos APROBADO.

En Valencia, Estado Carabobo a los 10 días del mes de Julio de 2017

Prof. Juan Carlos Ataya
TUTOR

Prof. Eva Monagas
JURADO

Prof. Cesar Ruiz
JURADO

**DESARROLLO DE UN PROTOCOLO PARA LAS PRUEBAS DE LOS RELÉS
EATON IQ-500 SERIES, MP-3000, Y VAMP 200 SERIES USANDO EL
SIMULADOR DE POTENCIA DOBLE F6150 EN LA REFINERÍA “EL PALITO”
PDVSA.**

RESUMEN

Autor: Br. Héctor Trosel

Tutor Académico: Prof. Juan Carlos Ataya

Tutor Industrial: Jorge Villarroel

Fecha: Junio 2017

El propósito de este trabajo de grado es desarrollar en la Refinería “El Palito” PDVSA, un protocolo de pruebas utilizando el sistema automatizado del DOBLE F6150 para la optimización del proceso de certificación de los relés IQ-500 Series y la implementación de las pruebas de los relés MP-3000 y VAMP 200 Series.

Las principales bases teóricas abordan definiciones básicas sobre el análisis de las fallas en equipos rotatorios (motores de inducción), sus clasificaciones, el estudio de los relés de protección asociados a estos tipos de fallas y sus características básicas como, funciones asociadas y curvas de disparo.

Adicionalmente se presenta un resumen en la teoría del análisis de fallas mediante componentes simétricas, conocimiento requerido para desarrollar las características de la inyección bajo parámetros controlados, que arrojen la operación deseada del relé de protección según la configuración del equipo. Los resultados serán analizados mediante una comparación estadística de los tiempos de operación observándose la viabilidad de la misma.

La investigación implementada es descriptiva, documental tipo proyecto factible, con diseño metodológico comprendido por cuatro fases, donde estas contemplan los requerimientos que en primera instancia son necesarios para la ejecución del trabajo.

Palabras Clave: Protocolo de pruebas, relés de protección, análisis de fallas, DOBLE F6150.

Línea de Investigación: Ingeniería Eléctrica Aplicada.

Área prioritaria UC: Tecnología.

DEDICATORIA

Primeramente a **Dios** y a la **Virgen**, quienes bajo su Manto Sagrado me Bendijeron con la oportunidad de estar presente para lograr esta meta con salud y la dicha de estar rodeado de personas maravillosas que me brindaron su apoyo durante esta implacable travesía. A mi angelito **JG#22** que me ilumina siempre desde lo más alto, y a quien siempre tendré presente en alma y corazón.

A mi Madre **Rosa Camejo**, madre y padre ejemplar, dedicada y amorosa, quien fue mi pilar, mi sustento y mi apoyo, te sacrificaste todo este tiempo quitándote el pan de la boca para permitirme lograr esta meta, esto es para ti mama.

A mi pequeña pero muy amorosa **Familia**, que estuvo presente en todo momento apoyándome de forma incondicional brindándome siempre las mejores bendiciones. En especial a mi hermano **Hernán Trosel** quien siempre se preocupó por mí y se responsabilizó sobre mi futuro.

A mis **amigos** y **compañeros**, quienes formaron un grupo motivacional y académico ejemplar, siempre apoyándonos en momentos de dificultad, grandes amistades para el resto de mi vida quedaron de esta experiencia.

Finalmente a mi futura esposa **Daniela Ramos**, gracias mi Bella por brindarme amor incondicional, por apoyarme, por orientarme y creer en mí a lo largo de todos estos años, Te amo.

AGRADECIMIENTO

Gracias a la contribución de estas personas se logró desarrollar este proyecto:

PDVSA Refinería “El Palito”

Ing. Julio Rodríguez.

Ing. Jorge Villarroel.

Ing. José Muñoz.

Ing. Frank Arias

Ing. Orlando Esquivel.

Tec. Deivis Estrada.

Universidad de Carabobo

Profesor Juan Carlos Ataya.

Profesora Eva Monagas.

Profesora Milagros Peña.

Profesor Cesar Rodolfo Ruiz.

Profesor Leopoldo Romero.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
INDICE GENERAL.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	XI
INDICE DE TABLAS.....	XV
INTRODUCCION.....	XVII
CAPITULO I.....	1
EL PROBLEMA.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Delimitaciones.....	5
1.4.1 Contenido.....	5
1.4.2 Espacio.....	5
1.4.3 Tiempo.....	5
CAPITULO II.....	6
MARCO TEORICO.....	6
2.1 Antecedentes.....	6
2.2 Fundamentos Teóricos.....	8
2.2.1 Componentes Simétricas.....	8
2.2.2 Fallas en motores de Inducción.....	10
2.2.3 Tipo de fallas eléctricas.....	10
2.2.4 Relés de Protección.....	12
2.2.5 Tipos de Relés de Protección en Base a su Función.....	13
CAPITULO III.....	17
MARCO METODOLOGICO.....	17
3.1 Tipo de investigación.....	17

3.2	Procedimiento Metodológico.....	18
3.3	Diagrama de Flujo del Plan Metodológico	21
CAPITULO IV		22
RESULTADOS		22
4.1	Seleccionar las pruebas requeridas para la certificación de los relés EATON IQ-500 Series, EATON MP-3000, y VAMP 200 Series.	22
4.1.1	Determinar los criterios utilizados para las pruebas realizadas en el Laboratorio de Protecciones de la Refinería “El Palito”	22
4.1.1.1	Criterios implementados para las pruebas de los IQ-500 series.....	23
4.1.1.2	Criterios implementados para las pruebas del MP-3000.....	29
4.1.1.3	Criterios implementados para las pruebas de los VAMP 200 Series.....	29
4.1.2	Revisar los manuales de operación, mantenimiento y pruebas de los relés EATON IQ-500 series, EATON MP 3000 y VAMP 200 Series y seleccionar los ajustes para el modo de pruebas.	30
4.1.2.1	Manual de mantenimiento y operación de los relés de protección IQ-500 Series.	30
4.1.2.2	Función de protección contra Sobrecarga.	31
4.1.2.3	Selección del ajuste para la prueba de protección de Sobrecarga.	33
4.1.2.4	Función de protección contra Desbalance de Corrientes de Fases.....	34
4.1.2.5	Selección del ajuste para la prueba de desbalance de corrientes de fases... ..	35
4.1.2.6	Función de Protección contra Falla a Tierra	35
4.1.2.7	Selección del ajuste para la prueba de Falla a Tierra.	36
4.1.2.8	Tabla de ajustes para las pruebas del IQ-500 series.....	37
4.1.2.9	Relé de Protección MP-3000.....	37
4.1.2.10	Característica de protección para función I2t	39
4.1.2.11	Características de protección de Corriente de secuencia negativa/desbalance de fase y protección de inversión de fase (46).	40
4.1.2.12	Característica de protección de falla a tierra (50G).....	40
4.1.2.13	Ajustes para las pruebas del MP-3000 para función I2t	40
4.1.2.14	Ajustes para las pruebas del MP-3000 de Falla a Tierra (GF)	42
4.1.2.15	Ajustes para las pruebas del MP-3000 desbalance de corrientes (UB)...	42
4.1.2.16	Ajustes para las pruebas del MP-3000 Subcarga (UL)	42

4.1.2.17	Tabla de Ajustes para las pruebas del MP 3000.....	43
4.1.2.18	Relé de Protección VAMP 200 Series	43
4.1.2.19	Funciones de Protección.....	46
4.1.2.20	Curvas de protección de sobrecorriente I_2^*t	47
4.1.2.21	Curva de tiempo Inverso según IEC	47
4.1.2.22	Curvas de tiempo Inverso según ANSI/IEEE	48
4.1.2.23	Curvas de tiempo Inverso según IEEE2.....	49
4.1.2.24	Software de Interface de Usuario VAMPSET versión 2.2.177.....	50
4.1.2.25	Selección de los Ajustes para las Pruebas de VAMP 200 Series.....	51
4.1.2.26	Ajustes de las pruebas del VAMP para protección contra sobrecorriente.	52
4.1.2.27	Ajustes de las pruebas del VAMP para la protección contra desbalance de corriente. 52	
4.1.2.28	Ajustes de las pruebas del VAMP para la protección contra falla a tierra..	52
4.1.2.29	Ajustes de las pruebas del VAMP para la protección contra Baja tensión.	53
4.1.3	Construir las curvas de disparo y los fenómenos eléctricos requeridos para la simulación de las fallas mediante el uso de modelos matemáticos.	54
4.1.3.1	Construcción de la curva de disparo los relés IQ500 series	54
4.1.3.2	Construcción de las fallas.....	56
4.1.3.3	Coordinación entre ajustes:	59
4.1.3.4	Construcción de la curva de disparo del relé de protección MP-3000... 62	
4.1.3.5	Construcción de las fallas del relé MP3000	64
4.1.3.6	Construcción de la curva de disparo de los relés de protección VAMP-200 Series. 67	
4.1.4	Construcción de las fallas de los relés de protección VAMP-200 Series.....	68
4.2	Programar el DOBLE F6150 utilizando el software de automatización de pruebas F6TesT versión 2.18 Build 1006.	71
4.2.1	Revisar los manuales de operación, mantenimiento y pruebas del simulador de potencia Doble F6150.....	71
4.2.1.1	Doble F6150.....	71
4.2.1.2	Especificaciones técnicas:	72

4.2.1.3	Doble F6Test versión 2.18 build 1006.....	74
4.2.1.4	Base de datos.....	75
4.2.1.5	Ubicación	76
4.2.1.6	Registro de los relés.	76
4.2.1.7	Planes de prueba.....	77
4.2.1.8	Parámetros del relé.....	78
4.2.1.9	Funciones del relé.....	78
4.2.1.10	Funciones de las características de tiempo.....	79
4.2.1.11	Conexiones y señales	80
4.2.1.12	Característica del Relé.....	81
4.2.1.13	Módulos de prueba	83
4.2.1.14	Definiciones de prueba.....	84
4.2.1.15	Descripción del módulo I-Char	85
4.2.1.16	Descripción módulo de Rampa de voltaje, corriente, ángulo de fase o frecuencia	88
4.2.1.17	Descripción módulo SSIMUL – Prueba de simulación de estado.	90
4.2.1.18	Ficha Informes.....	91
4.2.1.19	Ejecución de la prueba	91
4.2.2	Programar el simulador de potencia Doble F6150 y adecuar las características requeridas para la realización de las pruebas.....	93
4.2.2.1	Desarrollo de las pruebas de los IQ500 series.....	96
4.2.2.2	Preventivo Detección de Pickups.....	99
4.2.2.3	Preventivo Tiempo de respuesta.	100
4.2.2.4	Desarrollo de las pruebas del relé MP3000.....	104
4.2.2.5	Preventivo Detección de Pickup.	105
4.2.2.6	Preventivo Tiempos de Respuestas.	108
4.2.2.7	Desarrollo de las pruebas de los relés VAMP 200 Series	112
4.2.2.8	Preventivo Detección de Pickup.	114
4.2.2.9	Preventivo Tiempos de Respuestas.	115
4.3	Ejecutar las pruebas a los relés EATON IQ-500 Series, EATON MP-3000, y VAMP 200 Series implementando el Simulador de Potencia DOBLE F6150.....	118

4.3.1	Desarrollar los esquemas de conexión de los relés IQ-500 series, MP-3000 y VAMP 200 series al Doble F6150.....	118
4.3.2	Ejecutar pruebas para la certificación de los ajustes y las configuraciones realizadas.....	120
4.3.2.1	Prueba N°1 (15-03-2016) Comprobación del tiempo de restablecimiento térmico IQ500 series.....	120
4.3.2.2	Prueba N°2 (17-03-2016) Determinación del tiempo de restablecimiento térmico IQ500 series.....	122
4.3.2.3	Prueba N°3 (28-04-2016) Determinación del tiempo de restablecimiento térmico MP3000.....	123
4.3.2.4	Prueba N°4 (05-2016 a 07-2016) Criterio de aceptación de la prueba de sobrecarga en los relés IQ500 Series.....	124
4.3.2.5	Prueba N°5 (05-2016 a 07-2016) Criterio de aceptación de la prueba de desbalance en los relés IQ500 Series.....	128
4.4	Desarrollar el protocolo de pruebas para los relés EATON IQ-500 Series, EATON MP-3000, y VAMP 200 Series, usando el simulador de potencia Doble F6150e.	129
4.4.1	Elaborar el protocolo de pruebas.....	129
4.4.2	Evaluar la viabilidad de la propuesta.....	129
CONCLUSIONES.....		133
RECOMENDACIONES		135
BIBLIOGRAFIA		136
Anexo A. Ilustraciones de los equipos implementados.....		138
Anexo B. Características técnicas y tolerancias de los relés.....		143
Anexo C. Tabla de datos y procesamiento de las pruebas.....		148
Anexo D. Protocolo de pruebas de los relés Eaton IQ500 Series, MP3000, y VAMP 200 Series implementado el simulador de potencia Doble F6150.		164

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 REPRESENTACIÓN DE VECTORES EN SUS COMPONENTES SIMÉTRICAS.	8
FIGURA 2.2 SECUENCIA POSITIVA(A), SECUENCIA NEGATIVA (B), SECUENCIA CERO(C)	9
FIGURA 2.3 REPRESENTACIÓN DE LA SECUENCIA POSITIVA Y NEGATIVA EN UN ROTOR.	11
FIGURA 2.4 GRÁFICAS DE LAS CURVAS DE DISPARO: MODERADAMENTE INVERSA (A), MUY INVERSA (B), EXTREMADAMENTE INVERSA (C).	15
FIGURA 2.5 CONEXIÓN DE RELÉ DE FALLA A TIERRA: CONEXIÓN SENSOR DE NEUTRO (A), CONEXIÓN SENSOR DE LÍNEAS (B), CONEXIÓN RESIDUAL (C).....	16
FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE DESARROLLO DEL PROYECTO.	21
FIGURA 4.1 DISTRIBUCIÓN NORMAL PRUEBA DE SOBRECARGA 200% I-Q504.	25
FIGURA 4.2 DISTRIBUCIÓN NORMAL PRUEBA DE SOBRECARGA 200% IQ-502.	25
FIGURA 4.3 DISTRIBUCIÓN NORMAL PRUEBA DE SOBRECARGA 300% IQ502.	25
FIGURA 4.4 DISTRIBUCIÓN NORMAL PRUEBA DE DESBALANCE 20% IQ-500 SERIES.....	27
FIGURA 4.5 DISTRIBUCIÓN NORMAL PRUEBA DE FALLA A TIERRA IQ500 SERIES.....	28
FIGURA 4.6 ESTRUCTURA DEL RELÉ DE PROTECCIÓN IQ-500L DE CUTLERHAMER EATON. 30	
FIGURA 4.7: CARACTERÍSTICA TIEMPO-CORRIENTE (ARRANQUE EN FRÍO) IQ500 SERIES.	31
FIGURA 4.8 PANEL FRONTAL (A) Y TRASERO (B) DEL RELÉ DE PROTECCIÓN MP-3000.	38
FIGURA 4.9 EJEMPLO DE CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA DE PROTECCIÓN DEL MP-3000.	39
FIGURA 4.10 PANEL FRONTAL DEL RELÉ DE PROTECCIÓN VAMP 257.....	44
FIGURA 4.11 PANEL TRASERO DEL RELÉ DE PROTECCIÓN VAMP 257.	45
FIGURA 4.12 PARÁMETROS TIPO DE RETARDO ESTÁNDAR IEC (A) Y CURVA CARACTERÍSTICA IEC NI (B).....	47
FIGURA 4.13 PARÁMETROS TIPO DE RETARDO ESTÁNDAR ANSI/IEEE (A), CURVA CARACTERÍSTICA IEEE NI (B) Y CARACTERÍSTICA IEEE STEI (C).	48
FIGURA 4.14 PARÁMETROS TIPO DE RETARDO ESTÁNDAR IEEE2 (A), CURVA CARACTERÍSTICA IEEE2 MI (B) Y CARACTERÍSTICA IEEE2 NI (C).....	49
FIGURA 4.15 SOFTWARE DE INTERFAZ DE USUARIO VAMPSET 2.2.177.	50
FIGURA 4.16 COMPARACIÓN DE CURVA DE TIEMPO INVERSO DEL MANUAL DE OPERACIÓN VS LA CREADA POR REGRESIONES NO LINEALES.....	56
FIGURA 4.17 CARACTERÍSTICA TIEMPO-CORRIENTE DE SECUENCIA CERO ENTRE AJUSTES DE DESBALANCE Y FALLA A TIERRA IQ 500L.....	60
FIGURA 4.18 CARACTERÍSTICA TIEMPO-CORRIENTE DE SECUENCIA CERO ENTRE AJUSTES DE DESBALANCE Y FALLA A TIERRA IQ 502.	60
FIGURA 4.19 CARACTERÍSTICA TIEMPO-CORRIENTE DE SECUENCIA CERO ENTRE AJUSTES DE DESBALANCE Y FALLA A TIERRA IQ 504.	61
FIGURA 4.20 CARACTERÍSTICA TIEMPO-CORRIENTE DE SECUENCIA CERO ENTRE AJUSTES DE DESBALANCE Y FALLA A TIERRA IQ 500 SERIES.	62
FIGURA 4.21 CARACTERÍSTICA DE DISPARO DEL RELÉ MP 3000.	63
FIGURA 4.22 PANEL FRONTAL SIMULADOR DE POTENCIA DOBLE F6150.....	71
FIGURA 4.23 ESQUEMA DE BASE DE DATOS F6TEST.....	74

FIGURA 4.24 INTERFAZ VENTANA DE SELECCIÓN DE BASE DE DATOS F6TEST.....	75
FIGURA 4.25 INTERFAZ VENTANA DE SELECCIÓN DE UBICACIÓN DE RELÉS.....	76
FIGURA 4.26 INTERFAZ DE VENTANA DE CREACIÓN DE RELÉS.	77
FIGURA 4.27 INTERFAZ VENTANA DE CREACIÓN DE PLAN DE PRUEBAS.....	77
FIGURA 4.28 INTERFAZ VENTANA DE PARÁMETROS DE RELÉS.	78
FIGURA 4.29 INTERFAZ FUNCIÓN DE CORRIENTE TIEMPO DEL RELÉ.	79
FIGURA 4.30 INTERFAZ CASILLA DE SELECCIÓN DE CURVA TIEMPO VS CORRIENTE.	79
FIGURA 4.31 INTERFAZ CURVA DE TIEMPO VS CORRIENTE CON TOLERANCIAS ADMITIDAS. ...	80
FIGURA 4.32 INTERFAZ CASILLA DE CONEXIONES Y SEÑALES (ENTRADAS DIGITALES Y ACTIVADORES).	80
FIGURA 4.33 INTERFAZ EDITAR CARACTERÍSTICAS DE FÁBRICA DE LOS RELÉS.....	81
FIGURA 4.34 INTERFAZ CASILLA DE INSERCIÓN DE ECUACIÓN CARACTERÍSTICA.....	81
FIGURA 4.35 INTERFAZ CASILLA DE INSERCIÓN DE CONSTANTES DE LA CARACTERÍSTICA....	82
FIGURA 4.36 INTERFAZ CASILLA DE TABLA DE BÚSQUEDA.....	82
FIGURA 4.37 INTERFAZ VENTANA DE DEFINICIONES DE PRUEBA.....	84
FIGURA 4.38 INTERFAZ CASILLA ELEMENTOS DE PRUEBA FUNCIÓN I-CHAR.	85
FIGURA 4.39 INTERFAZ CASILLA CONFIGURACIÓN DE PRUEBA FUNCIÓN I-CHAR (CÁLCULO DE FALLA).....	86
FIGURA 4.40 INTERFAZ CASILLA CONFIGURACIÓN DE PRUEBA FUNCIÓN I-CHAR (SINCRONIZACIÓN DE PRUEBA Y SELECCIÓN DE DISPARADORES).	86
FIGURA 4.41 INTERFAZ CASILLA PUNTOS DE PRUEBAS FUNCIÓN I-CHAR.	87
FIGURA 4.42 INTERFAZ CASILLA PRUEBA FUNCIÓN I-CHAR.	88
FIGURA 4.43 INTERFAZ CASILLA PRUEBA FUNCIÓN RAMPA.	89
FIGURA 4.44 A) INYECCIÓN DE RAMPA ESCALONADA. B) INYECCIÓN DE RAMPA PULSANTE. .	89
FIGURA 4.45 INTERFAZ CASILLA PRUEBA SSIMUL.	90
FIGURA 4.46 INTERFAZ CASILLA INFORME.	91
FIGURA 4.47 INTERFAZ CASILLA PRUEBA FUNCIÓN I-CHAR.	92
FIGURA 4.48 INTERFAZ VENTANA DE PRUEBA SELECCIÓN AUTOMÁTICA.....	93
FIGURA 4.49 CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS <i>REP ACTUALIZACIÓN 2017</i>	93
FIGURA 4.50 CREACIÓN DE CURVA CARACTERÍSTICA DE OPERACIÓN DE LOS IQ500 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST.	94
FIGURA 4.51 CREACIÓN DE CURVA CARACTERÍSTICA DE OPERACIÓN DEL MP3000 EN EL SOFTWARE F6TEST.....	94
FIGURA 4.52 CREACIÓN DE CURVA CARACTERÍSTICA DE OPERACIÓN DE LOS VAMP 200 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST.....	95
FIGURA 4.53 DISTRIBUCIÓN DE LA BASE DE DATOS EN EL SOFTWARE F6TEST.	95
FIGURA 4.54 CREACIÓN DE LA CARPETA <i>RELÉS CREADOS</i> EN EL SOFTWARE F6TEST.	96
FIGURA 4.55 INSERCIÓN DE LAS FUNCIONES DE PROTECCIÓN DE LOS IQ500 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST.....	97
FIGURA 4.56 SELECCIÓN DE LA CURVA CARACTERÍSTICA DE SOBRECARGA DE LOS IQ500 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST.	97

FIGURA 4.57 SELECCIÓN DE LA CURVA CARACTERÍSTICA DESBALANCE DE FASES DE LOS IQ500 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST.	98
FIGURA 4.58 SELECCIÓN DE CURVA CARACTERÍSTICA FALLA A TIERRA DE LOS IQ500 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST.	98
FIGURA 4.59 CREACIÓN DE LAS PRUEBAS DE DETECCIÓN DE PICKUPS DE LOS IQ500 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST.	99
FIGURA 4.60 INSERCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA DE DETECCIÓN DE PICKUP DE FALLA A TIERRA DE LOS IQ500 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST.	100
FIGURA 4.61 INSERCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA DE DETECCIÓN DE PICKUP DE DESBALANCE DE FASES DE LOS IQ500 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST.	100
FIGURA 4.62 CREACIÓN DE LAS PRUEBAS DE <i>TIEMPO DE RESPUESTA</i> DE LOS IQ500 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST.	101
FIGURA 4.63 INSERCIÓN DE LOS PUNTOS DE INYECCIÓN AL 150% Y 200% DE LAS PRUEBAS DE <i>TIEMPO DE RESPUESTA</i> DE LOS IQ500 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST.	102
FIGURA 4.64 INSERCIÓN DE LOS PUNTOS DE INYECCIÓN DE DESBALANCE DE CORRIENTE DE LAS PRUEBAS DE <i>TIEMPO DE RESPUESTA</i> DE LOS IQ500 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST.	103
FIGURA 4.65 INSERCIÓN DE LOS PUNTOS DE INYECCIÓN DE FALLA A TIERRA DE LAS PRUEBAS DE <i>TIEMPO DE RESPUESTA</i> DE LOS IQ500 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST.	103
FIGURA 4.66 INSERCIÓN DE LAS FUNCIONES DE PROTECCIÓN DEL MP3000 EN EL SOFTWARE F6TEST.	104
FIGURA 4.67 CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA DE OPERACIÓN DE SOBRECORRIENTE DEL MP3000 EN EL SOFTWARE F6TEST.	105
FIGURA 4.68 CREACIÓN DE LAS PRUEBAS DE <i>DETECCIÓN DE PICKUP</i> DEL MP3000 EN EL SOFTWARE F6TEST.	106
FIGURA 4.69 COMPORTAMIENTO DE LA RAMPA DE DETECCIÓN DE PICKUP DE LA FUNCIÓN DE IOC DEL MP3000 EN EL SOFTWARE F6TEST.	107
FIGURA 4.70 COMPORTAMIENTO DE LA RAMPA DE DETECCIÓN DE PICKUP DE LA FUNCIÓN DE FALLA A TIERRA DEL MP3000 EN EL SOFTWARE F6TEST.	107
FIGURA 4.71 COMPORTAMIENTO DE LA RAMPA DE DETECCIÓN DE PICKUP DE LA FUNCIÓN DE SUBCARGA DEL MP3000 EN EL SOFTWARE F6TEST.	108
FIGURA 4.72 SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE INYECCIÓN DE LA PRUEBA DE SOBRECORRIENTES DEL PLAN <i>TIEMPO DE RESPUESTA</i> DEL MP3000 EN EL SOFTWARE F6TEST.	109
FIGURA 4.73 SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE PRUEBA 3I0 PARA LA PRUEBA DE FALLA A TIERRA DEL PLAN <i>TIEMPO DE RESPUESTA</i> DEL MP3000 EN EL SOFTWARE F6TEST.	109
FIGURA 4.74 SELECCIÓN DE LA CASILLA <i>FUENTE DISTINTA DE ENTRADA MONOFÁSICA</i> PARA LA PRUEBA DE FALLA A TIERRA DEL PLAN <i>TIEMPO DE RESPUESTA</i> DEL MP3000 EN EL SOFTWARE F6TEST.	110
FIGURA 4.75 CONSTRUCCIÓN DE LA FALLA POR SSIMUL PARA LA PRUEBA DE SUBCARGA TIERRA DEL PLAN <i>TIEMPO DE RESPUESTA</i> DEL MP3000 EN EL SOFTWARE F6TEST.	111

FIGURA 4.76 SELECCIÓN DE LA CARACTERÍSTICA DE DISPARO POR SSIMUL PARA LA PRUEBA DE SUBCARGA DEL PLAN <i>TIEMPO DE RESPUESTA</i> DEL MP3000 EN EL SOFTWARE F6TEST.	111
FIGURA 4.77 CONSTRUCCIÓN DE LOS ESTADOS EN EL SSIMUL PARA LA PRUEBA DE DESBALANCE DE FASES DEL PLAN <i>TIEMPO DE RESPUESTA</i> DEL MP3000 EN EL SOFTWARE F6TEST.	112
FIGURA 4.78 SELECCIÓN DE LAS FUNCIONES DE PROTECCIÓN DEL VAMP 200 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST.	113
FIGURA 4.79 SELECCIÓN DE LOS PICKUPS DE SOBRECORRIENTE DE LA CURVA DE OPERACIÓN DEL VAMP 200 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST.	113
FIGURA 4.80 COMPORTAMIENTO DE LA RAMPA DE BAJA TENSIÓN PARA EL VAMP 200 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST.	114
FIGURA 4.81 CONSTRUCCIÓN DE LAS PRUEBAS DEL PLAN DE <i>DETECCIÓN DE TIEMPO DE RESPUESTA</i> DEL VAMP 200 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST.	115
FIGURA 4.82 SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE INYECCIÓN EN LA PRUEBA DE SOBRECORRIENTE DEL PLAN DE TIEMPO DE RESPUESTA DEL VAMP 200 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST-	116
FIGURA 4.83 CONSTRUCCIÓN DE LOS ESTADOS EN SSIMUL DE LA FUNCIÓN DE PÉRDIDA DE FASE PARA EL VAMP 200 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST.	116
FIGURA 4.84 SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE INYECCIÓN EN LA PRUEBA DE BAJA TENSIÓN DEL PLAN DE TIEMPO DE RESPUESTA DEL VAMP 200 SERIES EN EL SOFTWARE F6TEST....	117
FIGURA 4.85 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL F6150 AL COMPUTADOR.	118
FIGURA 4.86 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LOS RELÉS IQ500 SERIES CON EL DOBLE F6150.	118
FIGURA 4.87 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LOS MP3000 CON EL DOBLE F6150.	119
FIGURA 4.88 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LOS RELÉS VAMP 200 SERIES CON EL DOBLE F6150.	119
FIGURA 4.89 GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL DE SOBRECARGA 150% IQ504.	124
FIGURA 4.90 GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL PRUEBA DE SOBRECARGA 200% IQ504.	125
FIGURA 4.91 GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL PRUEBA DE SOBRECARGA 150% IQ502.	125
FIGURA 4.92 GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL PRUEBA DE SOBRECARGA 200% IQ502.	126
FIGURA 4.93 GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL PRUEBA DE SOBRECARGA 150% IQ500L.	126
FIGURA 4.94 GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL PRUEBA DE SOBRECARGA 200% IQ500L	127
FIGURA 4.95 GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL PRUEBA DE DESBALANCE IQ500 SERIES.	128

INDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 SUMARIO DE LAS CAUSAS DE AVERÍA MÁS FRECUENTES EN MOTORES, SU EXTENSIÓN Y LOS POSIBLES DAÑOS CAUSADOS.....	10
TABLA 2.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS CURVAS DE OPERACIÓN EN FUNCIÓN DE LOS PARÁMETROS DEFINIDOS POR EL ESTÁNDAR C37.112 ANSI/IEEE.....	15
TABLA 4.1 TOLERANCIAS ESTABLECIDAS PARA LAS FUNCIONES DE PROTECCIÓN DE LOS IQ-500 SERIES.	24
TABLA 4.2 PICKUP Y PUNTOS DE INYECCIÓN PARA LA PRUEBA DE SOBRECARGA IQ-500 SERIES.	24
TABLA 4.3 PICKUP Y PUNTOS DE INYECCIÓN PARA LA PRUEBA DE DESBALANCE DE FASES IQ-500 SERIES.	27
TABLA 4.4 PICKUP DE AJUSTE DE LAS PRUEBAS DE FALLA A TIERRA DE LOS IQ-500 SERIES.	28
TABLA 4.5 COMBINACIÓN BOOLEANA DE LOS PINES 6 Y 7 PARA LA SELECCIÓN DE LA CLASE.	32
TABLA 4.6 COMBINACIÓN BOOLEANA DE LOS PINES 1, 2, 3, 4, 5 PARA LA SELECCIÓN DE LA <i>CORRIENTE NOMINAL DE DISPARO</i> DE LOS RELÉS IQ-500L(A), IQ-502 (B) Y IQ-504(C).	32
TABLA 4.7 COMBINACIÓN BOOLEANA DE LOS PINES 5 Y 6 PARA EL AJUSTE DE LA PROTECCIÓN DE DESBALANCE DE CORRIENTE.	34
TABLA 4.8 COMBINACIÓN BOOLEANA DE LOS PINES 3, 4 PARA LA SELECCIÓN DEL RETARDO DE DISPARO POR FALLA A TIERRA (A) Y COMBINACIÓN BOOLEANA DE LOS PINES 1 Y 2 PARA AJUSTE DEL PICKUP DE FALLA A TIERRA (B).	35
TABLA 4.9 AJUSTE DEL TIEMPO DE RESETEO DEL DISPARO (AUTOMÁTICO), RESETEO MANUAL O ELÉCTRICO Y FRECUENCIA DEL SISTEMA.....	36
TABLA 4.10 AJUSTES DE LOS SWITCH 1 Y 2 PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DE INYECCIÓN AUTOMATIZADAS.....	37
TABLA 4.11 AJUSTES DE LOS SUB MENÚS SP MOTOR, SP TRIP Y SP START PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS AUTOMATIZADAS.	43
TABLA 4.12 FUNCIONES DE PROTECCIÓN VAMP 200 SERIES.	46
TABLA 4.13 SELECCIÓN DEL PICKUP Y TIEMPOS DE OPERACIÓN DE LAS FUNCIONES DE PROTECCIÓN PARA LAS PRUEBAS AUTOMATIZADAS.	53
TABLA 4.14 COMPORTAMIENTO PUNTO A PUNTO DE LA CURVA DE DISPARO DE LOS IQ500 SERIES.	54
TABLA 4.15 DESVIACIONES DEL TIEMPO DESEADO VS EL TIEMPO CALCULADO MEDIANTE LA HERRAMIENTA <i>SOLVER</i> DE MICROSOFT EXCEL.	55
TABLA 4.16 CORRIENTE DE INYECCIÓN Y RESPECTIVO TIEMPO DE REPUESTA DESEADO PRUEBA DE SOBRECARGA.....	57
TABLA 4.17 CORRIENTE DE INYECCIÓN Y RESPECTIVO TIEMPO DE REPUESTA DESEADO PRUEBA DE DESBALANCE. (A). IQ500L, (B). IQ502, (C). IQ504.	58
TABLA 4.18 CORRIENTE DE INYECCIÓN Y RESPECTIVO TIEMPO DE REPUESTA DESEADO PRUEBA DE FALLA A TIERRA(A). IQ500L, (B). IQ502 Y IQ504.	59

TABLA 4.19 CORRIENTE DE INYECCIÓN Y RESPECTIVO TIEMPO DE REPUESTA DESEADO PRUEBA DE SOBRECORRIENTE MP3000.....	64
TABLA 4.20 CORRIENTE DE INYECCIÓN Y RESPECTIVO TIEMPO DE REPUESTA DESEADO PRUEBA DE FALLA A TIERRA MP3000.....	65
TABLA 4.21 CORRIENTE DE INYECCIÓN Y RESPECTIVO TIEMPO DE REPUESTA DESEADO PRUEBA DE DESBALANCE DE FASES MP3000.....	67
TABLA 4.22 ETAPA DE PROTECCIÓN Y CURVA CARACTERÍSTICA DE OPERACIÓN DE SOBRECORRIENTE VAMP 200 SERIES.	68
TABLA 4.23 PUNTOS DE PRUEBAS DE SOBRECORRIENTES VAMP 200 SERIES.	68
TABLA 4.24 ETAPA DE PROTECCIÓN Y CURVA CARACTERÍSTICA DE OPERACIÓN AJUSTE DE FALLA A TIERRA VAMP 200 SERIES.....	68
TABLA 4.25 PUNTOS DE INYECCIÓN DE PRUEBA DE FUNCIÓN FALLA A TIERRA VAMP 200 SERIES.	69
TABLA 4.26 ETAPA DE PROTECCIÓN Y CURVA CARACTERÍSTICA DE OPERACIÓN DESBALANCE DE FASES VAMP 200 SERIES.	69
TABLA 4.27 PUNTOS DE INYECCIÓN DE PRUEBA DE FUNCIÓN DESBALANCE DE FASES VAMP 200 SERIES.	70
TABLA 4.28 PUNTOS DE INYECCIÓN DE PRUEBA DE FUNCIÓN BAJO VOLTAJE VAMP 200 SERIES.	70
TABLA 4.29 TOLERANCIAS DE LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS IQ500 SERIES.....	127
TABLA 4.30 TOLERANCIAS DE LA PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS IQ500 SERIES.....	128
TABLA 4.31 TIEMPO ESTIMADO DE INYECCIÓN DE TODAS LAS PRUEBAS A LOS RELÉS IQ500 SERIES.	130
TABLA 4.32 TIEMPO ESTIMADO DE INYECCIÓN DE TODAS LAS PRUEBAS A LOS RELÉS MP3000	130
TABLA 4.33 TIEMPO ESTIMADO DE INYECCIÓN DE TODAS LAS PRUEBAS A LOS RELÉS VAMP 200 SERIES.	131

INTRODUCCION

La Refinería “El Palito” es un complejo petroquímico ubicado en la región norte del Estado Carabobo. El complejo cuenta en sus instalaciones con un laboratorio de protecciones encargado de la supervisión constante de los relés de protección para el resguardo de los equipos (Motores) y alimentadores.

La Gerencia de Mantenimiento de la empresa dispone de planes de mantenimiento formado por protocolos de pruebas para la detección de fallas en los relés mediante la inyección de corrientes y voltajes en condiciones controladas. El Laboratorio de Protecciones cuenta con un equipo de inyección de avanzada tecnología como lo es el DOBLE F6150, que tiene la capacidad de ejecutar planes automatizados sobre una base de datos de la empresa, que permite evaluar múltiples fallas con diferentes rutinas para un mismo relé y todo esto de forma precargada. Sin embargo la configuración del mismo y la elaboración de un plan de pruebas que abarque el desarrollo de la falla para la evaluación de la función del relé, requiere un nivel teórico avanzado en el análisis de fallas, construcción de curvas de disparo y las funciones de amplio espectro que son implementadas por algunos relés numéricos.

La iniciativa del equipo de trabajo de Mantenimiento Eléctrico, propone el desarrollo de un protocolo de pruebas implementado el sistema automatizado de este equipo, para tres tipos de relés, los IQ-500 Series (Relés de estado sólido protección de motor), MP-3000 (Relé de protección de motor numérico) y los VAMP 200 Series (Relés numérico multifuncional de protección de alimentador y motor), estos dos últimos no cuentan con planes de pruebas funcionales para su evaluación.

Para el desarrollo de este protocolo de pruebas, el presente proyecto de investigación dispondrá de una estructura sistematizada definida por los siguientes capítulos:

Capítulo I. El cual presentará las características de la problemática planteada y el argumento que justifica su elaboración bajo una definición sus limitaciones en contenido, espacio y tiempo.

Capítulo II. En él, se soportará el proyecto basándose en antecedentes académicos que representen investigaciones referentes al área de estudio, además de desarrollarse ciertas bases teóricas requeridas para el dominio de los fenómenos eléctricos y manejo de los equipos que están en evidencia a lo largo de la continuidad del trabajo.

Capítulo III. En este capítulo se presentará el marco metodológico que afianzará el tipo de proyecto planteado soportado por las técnicas de investigación reconocidas. Se dispondrá de forma secuencial la metodología sugerida para lograr de forma eficiente la meta planteada.

Capítulo IV. Constará de la ejecución de cada una de las fases para el desarrollo del protocolo de pruebas. De forma resumida en este capítulo se identificarán las variables procedimentales que intervienen en la ejecución de las pruebas, además mostrar los criterios implementados actualmente y sus repercusiones en los resultados obtenidos.

Posteriormente se realizará una revisión sintetizada de los manuales de operación de los relés de interés para la correcta selección de los ajustes y posteriormente el desarrollo de los fenómenos eléctricos implementando modelos matemáticos. Se revisará el manual del simulador Doble F6150 con el software F6Test versión 2.18 para realizar una efectiva configuración en la ejecución de las pruebas deseadas. Finalmente se elaborará el protocolo para la realización de las pruebas siendo los resultados del mismo comparados de forma estadística con los obtenidos anteriormente.

Capítulo V. Es el capítulo final, en él se concluirá sobre la viabilidad y factibilidad del proyecto planteado. En esta etapa se presentaran las recomendaciones pertinentes de acuerdo a los conocimientos adquiridos a lo largo del desarrollo de este trabajo.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La Refinería “El Palito” ubicada en la región central del país es una planta procesadora de 140 MBD (Mil Barriles Diarios) de crudo mediano, sus instalaciones cuentan con un servicio de auto suministro eléctrico proporcionado por tres turbinas a vapor y una turbina a gas. Además de una interconexión con CADAPE PLANTA CENTRO a través de dos líneas de 115kV usadas como referencia para la sincronización y respaldo de la refinería. Su carga eléctrica primordial está basada en la puesta en marcha de motores para el traslado de fluidos, compresores, accionamiento de válvulas y ventiladores. El resguardo de cada uno de estos equipos en caso de alguna falla es una labor exhaustiva e indispensable, por lo cual la refinería cuenta con un laboratorio de pruebas encargado del mantenimiento preventivo y correctivo de las protecciones eléctricas.

Este laboratorio de protecciones cuenta con múltiples equipos para la prueba, calibración y certificación de los relés de protección, entre estas unidades se encuentra el DOBLE F6150, herramienta de última generación que permite realizar de forma automática y precisa las diferentes pruebas a los relés.

Lamentablemente a causa de la presencia de equipos discretos de inyección de corriente presentes en el laboratorio, a la complejidad en el momento de la configuración del DOBLE F6150 y a la falta de capacitación del personal técnico en el uso del instrumento, no se ha desarrollado un protocolo de pruebas usando el sistema automatizado del F6150, trayendo como consecuencia demoras en las pruebas de los relés, alta probabilidad de incurrir en el error en la inserción de datos y la utilización de criterios de pruebas no unificados por parte del personal técnico en los diferentes turnos de trabajo.

Este hecho se agrava al momento de una parada de planta, ya que hay un aumento exponencial del número de relés a probar, en un periodo de tiempo reducido y bajo un ambiente de mucho estrés. Además, al instante de realizar las pruebas para la certificación de relés numéricos como lo son el MP-3000 y los VAMP 200 Series, la metodología implementada se queda limitada, ya que no cuentan con un protocolo lo suficientemente preciso y que evalúe de forma eficiente el comportamiento del relé.

Adicionalmente la firma DOBLE en su crecimiento tecnológico ha descontinuado el software de simulación F6Test versión 2.18 Build 1006, y para poder capacitar al personal se requiere de la implementación de nuevos softwares como el DOBLE Protection Suit, y el RTS Protection Testing con planes de prueba ya construidos y predefinidos por los fabricantes, sin embargo, para la adquisición de los mismos se requiere un cambio de hardware para el

modelo DOBLE F6150sv por medio de un intercambio de equipos a un descuento de 60% del costo más gastos de envío. Además de adicionar el costo por actualización anual de los softwares adquiridos.

Toda esta problemática se resume en un periodo de tiempo sin acceso al equipo, tramitación de la documentación para la salida del F6150 del país, la solicitud de las divisas para gastos de envío y la cuota restante, el alto costo que requiere la implementación del mismo y una dependencia comercial con la firma debido a las actualizaciones obligatorias anuales para el manejo del software del F6150.

De acuerdo a lo antes mencionado, se plantea desarrollar un protocolo para las pruebas de los relés IQ-500 Series, MP-3000 y VAMP 200 Series, utilizando el sistema automatizado del DOBLE F6150 con el software F6Test versión 2.18 Build 1006, optimizando el proceso de prueba de los relés de protección de la refinería y desarrollando un sistema de pruebas de libre acceso, fácil utilización y por tiempo ilimitado.

1.2 Justificación

Académicamente este trabajo de grado implica una incursión en el mundo de las protecciones eléctricas abarcando los estudios de las señales de fallas en fenómenos como desbalances de fases, fallas a tierras, sobrecorrientes, además de los ajustes y pruebas para calibración a relés numéricos, siendo estos conocimientos teóricos prácticos reservados a cursos a nivel de post grado, y su adquisición de difícil acceso, ya que en nuestro país es una especialización que pocos dominan.

Debido a esto, el desarrollo del mismo representa para la Universidad de Carabobo, específicamente para el Departamento de Potencia la Escuela de Ingeniería Eléctrica un gran paso en la adquisición de material especializado en esta rama, además, de ser realizado bajo la supervisión de PDVSA, abriendo las puertas a futuros trabajos con esta empresa.

Por otro lado, los equipos de la Firma Doble son muy exclusivos, contando con ellos las empresas del estado como CORPOELEC y PDVSA, siendo esta una oportunidad grandiosa para la estandarización y dominio de los pocos equipos distribuidos a nivel nacional en dichas empresas.

De igual manera la construcción de este protocolo implica para la empresa PDVSA la independencia comercial con la firma Doble, ya que el trabajo realizado es presentado por esta firma en versiones actualizadas del software pero, con un alto costo monetario y con restricciones de usuarios, problema que se acabaría al contar con un material para la configuración y ajuste del inyector adecuado a los relés de la compañía.

Representaría para la empresa un ahorro en gastos por contratación de un profesional en el área de Ingeniería Eléctrica con el fin de una dedicación exclusiva al desarrollo del protocolo y el estudio de los equipos involucrados, cuyo costo aproximado es representado en la siguiente tabla:

	Toma de muestras y revisión de manuales	Etapa de diseño	Etapa de pruebas	Evaluación de resultados	Total
Horas de Trabajo	220	260	120	200	800
Costo Directo (Bs/h)	Bs.251,350.00	Bs.297,050.00	Bs.137,100.00	Bs.228,500.00	Bs.914,000.00
Misceláneos (Bs/Día)	Bs.18,333.33	Bs.21,666.67	Bs.10,000.00	Bs.16,666.67	Bs.66,666.67
Viáticos (Bs/Día)	Bs.91,666.67	Bs.108,333.33	Bs.50,000.00	Bs.83,333.33	Bs.333,333.33
Totales	Bs.361,350.00	Bs.427,050.00	Bs.197,100.00	Bs.328,500.00	Bs.1,314,000.00

Tiempo estimado de ejecución de la propuesta (Semanas)	20
Jornada laboraria (h/Día)	8
Valor de la hora de trabajo Ing. P1 CIV (Bs/h)	1142.5
Gastos por misceláneos (Bs/Día)	2000
Viáticos (Alimento y Transporte) (Bs/Día)	10000

Donde el proyecto propuesto siendo ejecutado por un estudiante bajo la premisa de “Trabajo de Grado”, su remuneración no es obligatoria, y de ser efectuada queda a juicio facultativo de la empresa el monto a estipular para este.

Además, particularmente para la Refinería “El Palito” este trabajo permitiría la realización de pruebas para el personal con bajo nivel de experiencia, debido a que contarían con un protocolo paso a paso del proceso de prueba.

Se aprovecharía el F6150 en su máximo potencial incentivando la actualización tecnológica del Laboratorio de Protecciones, optimizando el proceso de pruebas de los relés de protección aumentando su eficiencia, su precisión y su calidad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General.

Desarrollar un protocolo para las pruebas de los relés IQ-500 Series, MP-3000, y VAMP 200 Series usando el Simulador de Potencia DOBLE F6150 en la Refinería “El Palito” PDVSA.

1.3.2 Objetivos Específicos

Seleccionar las pruebas requeridas para la certificación de los relés EATON IQ-500 Series, EATON MP-3000, y VAMP 200 Series.

Programar el DOBLE F6150 utilizando el software de automatización de pruebas F6TesT versión 2.18 Build 1006.

Ejecutar las pruebas a los relés EATON IQ-500 Series, EATON MP-3000, y VAMP 200 Series implementando el Simulador de Potencia DOBLE F6150.

Desarrollar el protocolo para la ejecución de las pruebas de los relés EATON IQ-500 Series, EATON MP-3000, y VAMP 200 Series implementando el Simulador de Potencia DOBLE F6150.

1.4 Delimitaciones

1.4.1 Contenido

Se desarrollará un protocolo para las pruebas de los relés IQ-500 Series, MP-3000, VAMP 200 Series usando el simulador de potencia DOBLE F6150 con el software de pruebas automatizadas F6Test versión 2.18. Build 1006.

Se abarcarán los relés IQ-500L, IQ-502, IQ-504, MP-3000, VAMP 255 y VAMP 257, MP-3000 que comprenden las series de cada modelo.

El protocolo constará en la realización de las pruebas funcionales más indispensables, refiriéndose este último término a aquellas funciones que el personal técnico considere pertinente realizar su prueba, en función de la aplicación de cada relé y de la disponibilidad de la prueba en el equipo de inyección.

Se evaluarán los requerimientos mínimos necesarios para su aprobación, tales como, confiabilidad, rapidez y selectividad, bajo tolerancias establecidas por los fabricantes o según el criterio técnico de implementación. La configuración y conexión del relé al F6150 por parte del personal técnico estarán establecidas por dicho protocolo.

La interpretación del informe de los resultados obtenidos por las pruebas arrojado por el simulador, queda a libre juicio del personal técnico encargado.

1.4.2 Espacio

El trabajo de campo para la recaudación de datos y pruebas tendrá lugar en Laboratorio de Protecciones de la Refinería “El Palito” PDVSA.

La interfaz a utilizarse será mediante un computador dispuesto para las pruebas en el laboratorio, donde el usuario podrá seleccionar las pruebas según el tipo de relé a certificar, las mismas se realizarán en un ambiente controlado como lo es el Laboratorio de Protecciones de la Refinería “El Palito”, con la disponibilidad de acceder a los relés a ser probados una vez sean desmontados del área de campo y llevado a las instalaciones.

1.4.3 Tiempo

El presente trabajo constará de un período de adquisición de datos, pruebas y análisis de campo en las Instalaciones del Laboratorio de Protecciones de la Refinería “El Palito” PDVSA, que tendrá una duración de 14 semanas. Y otro período académico enfocado en el desarrollo del informe final que tendrá un tiempo estipulado de 6 semanas. Total del período de trabajo 20 semanas.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes

Todo trabajo de investigación debe ser soportado por un conjunto de antecedentes que representen los diversos aportes involucrados en el tema de estudio a lo largo del tiempo, sirviendo como base para la elaboración del mismo, en la comparación de las técnicas utilizadas y para la percepción evolutiva del tema de interés.

A continuación se presentan una serie de antecedentes enmarcados en el contexto de la investigación a desarrollar, aplicándose estos como referencia según los criterios mencionados:

Carlos, Hidalgo N. (1990). Quito. Escuela Politécnica Nacional. “*Pruebas En Sistemas de Protección por Relés*”. Este proyecto consta de la elaboración de un protocolo de mantenimiento de esquemas de protección basados en relés electromecánicos, mediante pruebas de inyección primaria y secundaria, evaluando el funcionamiento y los ajustes de los relés en condiciones anormales de operación. Este planteamiento hace referencia a los tipos de pruebas que se requieren para la certificación de los relés, desde un punto de vista básico y elemental, enfocándose en los principios fundamentales y en los criterios estandarizados de las mismas.

Diego F. Freire C. (2011) Santiago de Cali, Universidad Del Valle. “Pruebas de Campo Para la Evaluación del desempeño de las Funciones de Protección Eléctrica en relés de protección Numéricos” Este trabajo de Investigación posee un enfoque detallado hacia el análisis del funcionamiento de los relés de protección, para así desarrollar un procedimiento de pruebas utilizando el OMICRON CMC 356 cuyas características de implementación son similares al del DOBLE F6150 que será utilizado, debido a esto, este material es una excelente referencia para el desarrollo metodológico del protocolo planteado.

González Sergio, Mendoza Jairo, (2000). Carabobo, Universidad de Carabobo. “*Desarrollo e Implementación de un Simulador Digital de Pruebas Monofásicas para los Relés Electromagnéticos de Baja Señal del Laboratorio de Protecciones Eléctricas*”. En esta Tesis de Grado se desarrolla un simulador de pruebas digital utilizando algunas funciones de la mesa de prueba RTT-6 MULTI-AMP, haciendo énfasis en la toma de datos y los errores presentes durante la adquisición de la información del comportamiento de los relés de protección, factor tomado en cuenta en la elaboración del protocolo de pruebas implementar.

Iván R. Ramírez D. (2002) Guayaquil, Escuela Superior Politécnica del Litoral. “Protección de Motores de Media Tensión Mediante Relés Utilizando Microprocesadores”.

Esta tesis se basa en el estudio de las protecciones de los motores de media tensión usando microprocesadores, para lo cual se requieren conocimientos avanzados en la teoría del análisis de fallas mediante componentes simétricas, siendo esta una herramienta útil y aplicable en el tema de estudio, ya que para la detección de averías en el sistema de protección, primero es de suma importancia saber cuáles son los tipos de fallas que hace que el relé de actúe.

Leander J. García S. (2012). Caracas, Universidad Simón Bolívar. *“Elaboración De Procedimientos y Registros Para Pruebas De Relé De Protección Para La Empresa Congede”*. El presente trabajo se enmarca dentro de la necesidad planteada para empresa Congede C.A. con el fin de ampliar sus capacidades de prueba y servicio. El cual comprende en la elaboración de protocolos de pruebas y sus registros de pruebas de Protección para: Protección de Transformador, Protección de Generador, Protección de Motor, Sistemas de Protección Industrial. Este proyecto posee un enfoque generalizado, trabajando bajo el principio de pruebas con simuladores de potencia avanzados, siendo en este caso el OMICRON CMC 356, aportando una referencia aproximada de las simulaciones para las pruebas automatizadas con el Doble F6150.

Matos Ana, Poletti Laura (2010). Carabobo, Universidad de Carabobo. *“Diseño e Implementación de un Sistema Probador de Protecciones Eléctricas Basado en Redes de Microprocesadores”*. Este proyecto se basa en el diseño de un sistema para probar un relé supervisor de tensión mediante la aplicación de microprocesadores para la obtención y manejo de señales. En el mismo se desglosa una estructura para el desarrollo del protocolo de pruebas del relé a implementar, obteniéndose un buen criterio como base para la elaboración del protocolo planteado.

Miguel A. Jaramillo R. (2003) Carabobo, Universidad de Carabobo. *“Métodos convencionales y no convencionales para la detección de fallas en motores de inducción”*. Este trabajo de investigación se enmarca en los métodos utilizados para la detección de las fallas en motores de inducción para la ejecución de un plan de mantenimiento predictivo, los métodos presentados son los convencionales (pruebas de megado, pruebas de resistencia de aislamiento, resistencia a tierra, análisis de vibraciones, etc.) y los no convencionales (análisis de las señales eléctricas mediante su descomposición por la Transformada Rápida de Fourier). Pudiéndose extraer de esta investigación las normas vigentes de condiciones de operación de los motores y las características de las fallas que aquí se presentan.

Ricardo J. Ocando R. (2003) Maracaibo, Venezuela, Universidad Rafael Urdaneta. *“Diseño de protocolos de pruebas de aceptación para relés numéricos de líneas de transmisión para la unidad de activos de transmisión de la empresa ENELDIS C.A.”* Trabajo de grado enfocado en el desarrollo de protocolos de pruebas para el relé diferencial de línea 356 de ABB para la empresa ENELDIS. C.A. Este material brinda un aporte en el desarrollo de

protocolos de pruebas, pudiéndose observar las pautas a seguir y los formatos a implementar en el mismo.

2.2 Fundamentos Teóricos.

Para el óptimo desenvolvimiento en la construcción del protocolo de pruebas, es necesario conocer o recordar ciertas bases teóricas en lo que concierne al tema de las protecciones eléctricas y el análisis de fallas en máquinas rotativas. Por consiguiente se presentarán a continuación un conjunto de conceptos y definiciones que serán de soporte en la comprensión de los fenómenos presentados a lo largo de la evolución del trabajo.

2.2.1 Componentes Simétricas

Este teorema fue desarrollado por Charles Fortescue en 1918 bajo el nombre de "*Method of Symmetrical Co-Ordinates Applied to the Solution of Polyphase Networks*" el cual consiste en que un sistema de N fases desequilibradas puede ser resuelto por la superposición de N sistemas equilibrados siempre y cuando el factor de proporcionalidad entre voltajes y corrientes (impedancias) sea lineal.

Cada fase se puede expresar como la sumatoria de 3 componentes balanceadas.

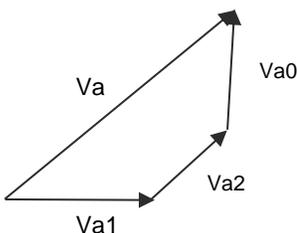
$$\begin{aligned} V_a &= V_{a_1} + V_{a_2} + V_{a_0} \\ V_b &= V_{b_1} + V_{b_2} + V_{b_0} \\ V_c &= V_{c_1} + V_{c_2} + V_{c_0} \end{aligned}$$


Figura 2.1 Representación de vectores en sus componentes simétricas.

Fuente: Material de apoyo Prof. Milagros Peña UC. (2015)

Donde definimos:

- **Componente de secuencia positiva (Va1)**

Tres fasores de igual magnitud separados a 120°, de secuencia igual al sistema de estudio. Figura 2.2 (a)

- **Componente de secuencia Negativa (Va2)**

Tres fasores de igual magnitud, desfasados a 120° de secuencia inversa al del sistema de estudio. Figura 2.2 (b)

- **Componente de secuencia cero (Va0)**

Tres fasores de igual magnitud con la misma fase. Figura 2.2 (c)

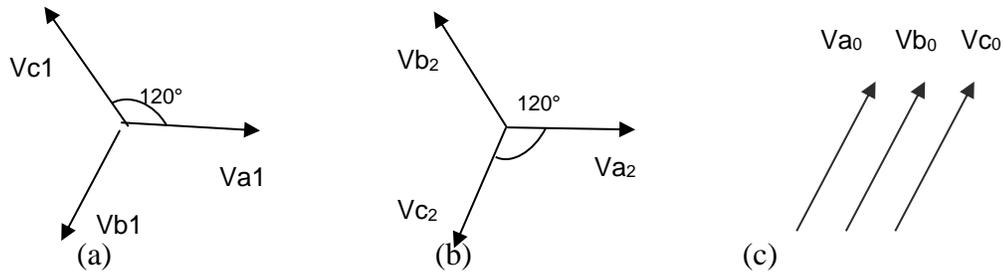


Figura 2.2 Secuencia positiva(a), Secuencia negativa (b), Secuencia cero(c)

Fuente: Material de apoyo Prof. Milagros Peña UC. (2015)

Cada fase del sistema propuesto puede transformarse en sus componentes simétricas mediante la aplicación del operador “a” que representa un fasor unitario con ángulo de 120° con las siguientes propiedades:

$$a = 1\angle 120^\circ; \quad a^2 = 1\angle 240^\circ; \quad a^3 = 1\angle 0^\circ$$

Mediante esta premisa se plantea la siguiente matriz de transformación:

$$\begin{bmatrix} Va \\ Vb \\ Vc \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Va_0 \\ Va_1 \\ Va_2 \end{bmatrix}; \quad \begin{bmatrix} Va_0 \\ Va_1 \\ Va_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Va \\ Vb \\ Vc \end{bmatrix}$$

Teniendo como resultados estos tres vectores:

$$Va_0 = \frac{1}{3}(Va + Vb + Vc)$$

$$Va_1 = \frac{1}{3}(Va + aVb + a^2Vc)$$

$$Va_2 = \frac{1}{3}(Va + a^2Vb + aVc)$$

Bajo el análisis de lo antes propuesto podemos percatarnos de ciertos aspectos importantes que serán de relevancia en el tema de estudio. Por ejemplo:

- La componente de secuencia cero es un tercio de la tensión o corriente que pasa por el neutro.
- La suma de las corrientes de secuencia cero da como resultado una corriente triple y, por tanto, exige un neutro de retorno, de no existir solo podrán retornar por tierra.
- También se puede concluir que no importa el grado de desbalance de la falla, si la componente de corriente de secuencia cero no tiene retorno no circulará.
- En un desbalance como la suma de tensiones no es cero, puede existir tensión de secuencia cero en un voltaje al neutro.

- La componente de secuencia positiva crece en magnitud a medida que el sistema es equilibrado.
- La componente de secuencia negativa crece en magnitud a medida que las fases son desbalanceadas, teniendo un máximo valor cuando dos de las fases son invertidas.

2.2.2 Fallas en motores de Inducción

Es asumible que los dispositivos motrices que han sido adecuadamente planificados, dimensionados, instalados, operados y mantenidos no han de sufrir averías. En la vida real, sin embargo, dichas condiciones rayan en lo ideal. La frecuencia de averías de los diferentes motores difiere, puesto que depende de las diferentes condiciones específicas de funcionamiento. La mayoría de los problemas son debidos a sobrecargas. Los fallos en el aislamiento de los conductores, defectos a tierra, cortocircuitos entre espiras o cortocircuitos en el bobinado, son debidos a una tensión excesiva, o también a la contaminación por humedad, aceite, grasa polvo o productos químicos.

2.2.3 Tipo de fallas eléctricas.

Causa	Efecto	Posible daño
Sobrecarga térmica: <ul style="list-style-type: none"> • Condiciones de arranque extremas • Rotor bloqueado • Alta sobrecarga • Baja tensión en • Operación intermitente 	sobreintensidad y, por tanto, inaceptable calentamiento en los bobinados	daños en empalmes soldados jaula del rotor bobinados quemados bobinados del estator
Problemas de enfriamiento: <ul style="list-style-type: none"> • Enfriamiento restringido • temperatura ambiente muy elevada 	inaceptable calentamiento	bobinados quemados bobinados del estator
Causas eléctricas: <ul style="list-style-type: none"> • condiciones de una sola fase • tensión desequilibrada • defecto a tierra • espiras cortocircuitadas • bobinado cortocircuitado 	desequilibrio sobreintensidad calentamiento dependiente del tamaño del motor	bobinados individuales o parte de los bobinados bobinados quemados carga por cojinete averiado
Causas mecánicas: <ul style="list-style-type: none"> • cabeceo • desalineamiento • dispositivo inadecuadamente instalado (ej., carga elevada en cojinetes a causa de correas trapecoidales demasiado tensas) 	desgaste de cojinetes desigual	cojinetes dañados

Tabla 2.1 Sumario de las causas de avería más frecuentes en motores, su extensión y los posibles daños causados.

Fuente: Fundamentos de protección de motores ROCKWEL Automation (1998).

- **Sobrecargas**

Consiste en la sobre exigencia mecánica del trabajo del motor, ocasionando que aumente la corriente por encima de valores especificados por el fabricante siendo así su temperatura, causando un deterioro progresivo en el aislamiento del bobinado.

- **Rotor bloqueado**

Se presenta cuando el motor se traba o no puede vencer la inercia de la carga. Lo que origina la circulación de corrientes de nivel de cortocircuito a través del arrollado durante tiempos perjudiciales para el motor.

- **Fases desbalanceadas.**

Cuando los sistemas de tensión de un motor están en desequilibrio, se forman campos magnéticos de secuencia positiva y negativa en el estator que determinan torques opuestos sobre el rotor, en esta condición la maquina pierde eficiencia y la energía de pérdida se transforma en mayor cantidad de calor. Según se establece en la norma IEEE 1159 un desbalance de 3,5% en tensión puede resultar en un 25% de aumento del calentamiento en algunos motores.

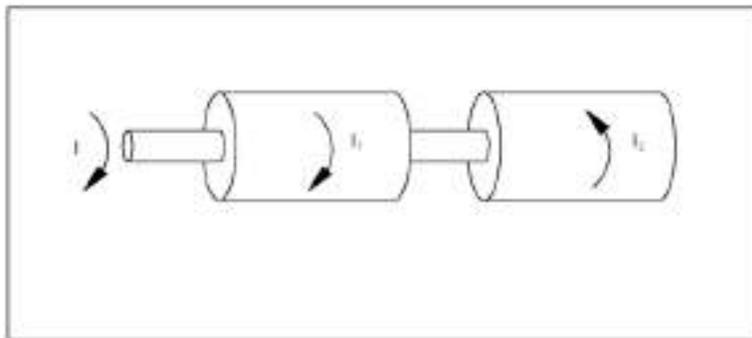


Figura 2.3 Representación de la secuencia Positiva y Negativa en un Rotor.

Fuente: Manual del fabricante del relé de protección de motor MP-3000. (2009)

- **Falla a tierra**

Es la más frecuente condición que se presenta por pérdida del aislamiento en motores, la vibración, el efecto joule, el rozamiento, la contaminación y el calor son la causa próxima en casi todos los casos de falla a tierra del arrollado. Esta falla viene representada por la circulación de altas corrientes de secuencia cero en las fases.

- **Bloqueo del rotor durante la marcha JAM**

Esta condición es especial, se representa mediante bloqueos bruscos durante la marcha de la unidad, esto se traduce en picos de corrientes transitorios de tipo rotor bloqueado de manera continua, teniendo como resultado una acumulación de temperatura en el equipo.

- **Marcha en vacío o subcarga**

La marcha en vacío se manifiesta por una sobre velocidad. Esto ocurre por una pérdida repentina o brusca de la carga mecánica. Los peligros debidos a las subcargas y a las correspondientes bajas sollicitaciones de corriente son posibles cuando los motores se refrigeran utilizando el mismo medio que bombean. Pueden darse problemas, por ejemplo, con ventiladores o con bombas sumergidas, debidos a una disminución o insuficiencia de volumen bombeado a causa de filtros obstruidos o de válvulas cerradas. Los dispositivos se pueden sobrecalentar a pesar de hallarse en régimen de subcarga. Tales máquinas se encuentran normalmente en lugares inaccesibles, tales como bombas en el interior de perforaciones, ocasionando reparaciones costosas cuando tienen lugar las averías.

- **Nº de arranques y paradas.**

Los arranques y las paradas continuas incrementan el calor acumulado en el arrollado. Los motores europeos se especifican para esta condición, no así en los americanos, sin embargo, unos y otros son afectados por el calentamiento acumulado que se produce en esta condición.

2.2.4 Relés de Protección

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) define un relé como “un dispositivo eléctrico que está diseñado para responder ante condiciones de entrada en una forma prescrita, y después que las condiciones especificadas son conocidas, originan la operación de un contacto o un cambio abrupto asociado a un circuito de control eléctrico.”

Se clasifican según su tipo constructivo y principio de operación en:

- Electromecánicos
- Estáticos
- De microprocesadores
- Numéricos

Sus principales características son:

Sensibilidad. Deben ser suficientemente sensibles como para operar cuando la corriente de falla es mínima.

Selectividad. Habilidad para reconocer y decidir cuándo debe operar un interruptor y minimizar el efecto de la falla.

Rapidez. En condiciones de falla, mientras, menor sea la duración de un disturbio, menor es su efecto, y en consecuencia, el daño en el equipo.

2.2.5 Tipos de Relés de Protección en Base a su Función.

En la actualidad existe una gran variedad de relés de protección, con funciones, tipos de accionamiento, y capacidades distintas, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) en conjunto con El Instituto Nacional Americano de Estándares (ANSI), clasificaron los relés de protección en base a su función a través de un código numérico, denominados popularmente Números ANSI, a continuación se desarrollaran una grupo de relés de protección con su respectiva codificación.

- **Dispositivo número 27— Relé de bajo voltaje.**

Es un dispositivo que opera cuando su voltaje de entrada es inferior a un valor predeterminado.

- **Dispositivo número 37— Relé de baja carga o baja potencia.**

Es un dispositivo que funciona cuando la corriente o el flujo de potencia decrece por debajo de un valor determinado.

- **Dispositivo número 46— Relé de Inversión de Fase o Balance de corriente de fase.**

Es un dispositivo en un circuito polifásico que opera cuando las corrientes polifásicas están en secuencia invertida, o cuando las corrientes están desbalanceadas, o cuando la corriente de secuencia negativa excede un valor programado.

El desbalance entre fases ha sido tema de múltiples discusiones ya que no existe un sistema estandarizado para su cálculo, las organizaciones e instituciones de estándares internacionales desarrollaron diferentes métodos de cálculo, que discrepan en los resultados con errores de hasta un 13%.

La IEEE 1159 estima el porcentaje de desbalance como la desviación máxima entre el valor de los voltajes de línea y el promedio de los voltajes de línea, dividida entre el promedio de los voltajes de línea.

$$\%U = \frac{\text{Desviación Máxima media}}{\text{Valor promedio}} * 100; \quad \%U = \frac{I_{ij} - I_{prom}}{I_{prom}} * 100$$

En cambio la IEC 61000.4-30 Establece el cálculo usando el método de las componente simétricas, como la magnitud de la relación entre la componente de secuencia negativa con respecto a la componente de secuencia positiva, expresado en por ciento.

$$\%U = \frac{I_2}{I_1} * 100$$

- **Dispositivo número 50 —Relé sobrecorriente Instantánea**

Es un dispositivo que intencionalmente no opera con tiempo de retardo cuando la corriente excede un valor programado. Su tiempo de operación ronda los 16 ms ya que generalmente es usado para una actuación casi instantánea en presencia de niveles de sobrecorrientes del tipo cortocircuito.

- **Dispositivo número 51— Relé de sobrecorriente Temporizado.**

Estos tipos de relés se caracterizan por tener un retardo generalmente ajustable entre el arranque de la detección de la falla y la acción de disparo. Trabajan bajo dos tipos de curvas características:

Tiempo definido: Se caracteriza por ser una curva constate ajustable en tiempo, la cual representa un mismo tiempo de respuesta para todo valor de corriente de falla que supere el umbral seleccionado.

Tiempo inverso: Está basado en una curva característica donde el comportamiento de la corriente y el tiempo de repuesta están inversamente relacionados, interpretándose, que para valores bajos de corriente, se posee un tiempo de respuesta lento y a medida que la misma aumenta en magnitud se obtienen tiempos de respuestas muchos más rápidos.

Las curvas de Tiempo Inverso para la función (51) se encuentran definidas por diversos estándares como ANSI/ IEEE y IEC mediante ecuaciones paramétricas, que a su vez, definen familias de curvas en función del ajuste de la protección. Esto se hace con el fin de simular el comportamiento de los discos de inducción de los relés electromecánicos, en relés de tecnología en base a microprocesadores. Ejemplo, para la ANSI/ IEEE tenemos:

Ecuación de tiempo Inverso según ANSI/IEEE C37.112:

$$t(I) = \left(\frac{A}{M^p - 1} + B \right)$$

$t(I)$: Tiempo de disparo de la protección

M : Relación $I_{entrada} / I_{pickup}$ donde

I_{pickup} : es la corriente del set-point

A, B, p : Parámetros de la ecuación.

Characteristic	A	B	p	t_r
Moderately inverse	0.0515	0.1140	0.02000	4.85
Very inverse	19.61	0.491	2.0000	21.6
Extremely inverse	28.2	0.1217	2.0000	29.1

Tabla 2.2 Características de las curvas de operación en función de los parámetros definidos por el estándar C37.112 ANSI/IEEE.

Fuente: IEEE Std C37.112-1996.

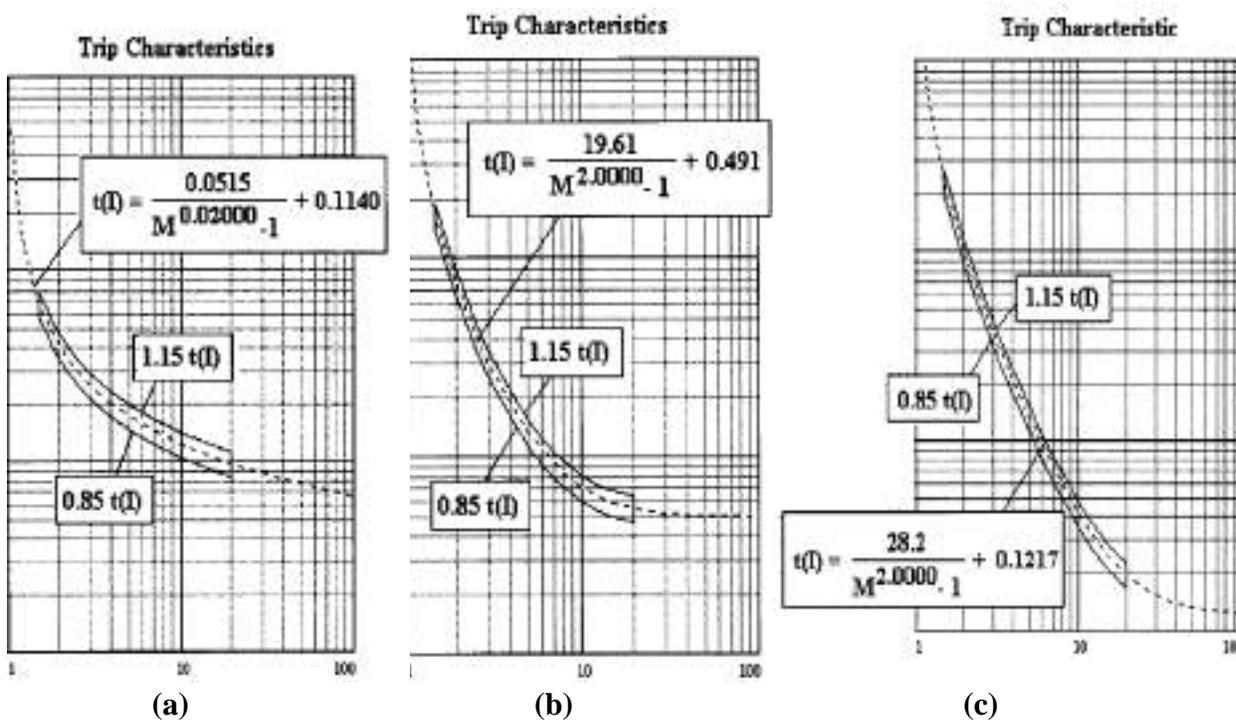


Figura 2.4 Gráficas de las curvas de disparo: Moderadamente Inversa (a), Muy Inversa (b), Extremadamente Inversa (c).

Fuente IEEE Std C37.112-1996.

- **Dispositivo número 59 — Relé de sobre voltaje**

Es un dispositivo que opera cuando los voltajes de entrada exceden un valor, generalmente desarrollado con una característica de disparo de tiempo instantáneo o definido.

- **Dispositivo número 50/51N/50G/51G — Relé de falla a tierra**

Es un relé de sobrecorriente instantánea o temporizado que supervisa corrientes monofásicas con alto contenidos de componente de secuencia 0, su conexión se puede realizar por sensor de corriente de neutro, sensor de corriente de fase (sin presencia de neutro) o por conexión residual.

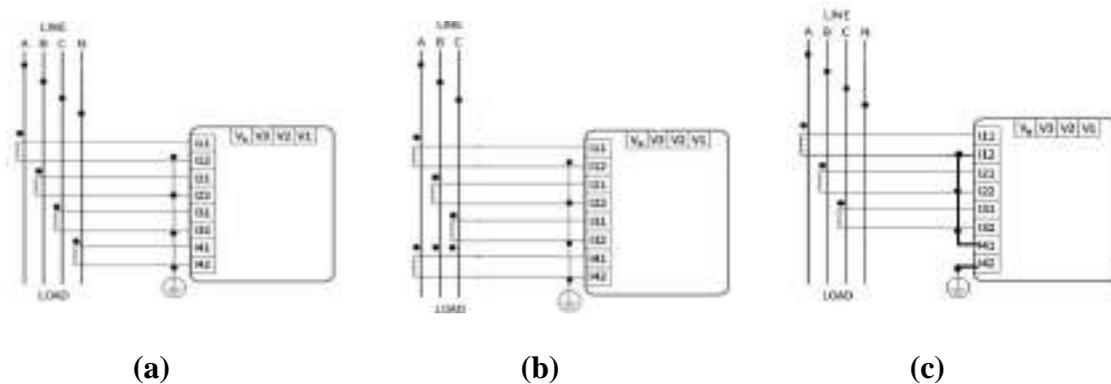


Figura 2.5 Conexión de relé de falla a tierra: Conexión sensor de neutro (a), Conexión sensor de líneas (b), Conexión residual (c).

Fuente: Elaboración propia basada en información disponible en el relé de falla a tierra.

- **Dispositivo número (49S/51) — Relé de rotor bloqueado.**

Es un relé térmico por sobrecorriente que actúa en primera etapa al de sobrecarga en niveles de corriente de 4 a 8 veces la nominal, generalmente conformado por un tiempo definido ajustable. Algunos relés definen la función de rotor bloqueado como una mala secuencia de arranque con disparo instantáneo o con tiempo de retardo.

- **Dispositivo número (51R) — Relé de disparo por JAM.**

Es un relé que actúa bajo características similares al rotor bloqueado pero en una etapa más lenta para niveles de corrientes de 2 a 4 veces la nominal. Se caracteriza por un modo de operación de tiempo definido.

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1 Tipo de investigación

El proyecto propuesto tiene como finalidad “Desarrollar un protocolo de pruebas para los relés EATON IQ-500 Series, EATON MP-3000 y VAMP 200 Series usando el simulador de potencia DOBLE F6150e en la Refinería “El Palito” (PDVSA).

Tal como redacta M.Sc. José Caraballo Villa (2015) en las *“Normas Intitucionales para la elaboración y presentación de trabajos escritos”*, el tema desarrollado pertenece a la categoría de **“Proyecto Factible”**, ya que el mismo *“consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos, o necesidades, de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos”*.

“El Proyecto Factible comprende las siguientes etapas generales: diagnóstico, planificación y fundamentación teórica de la propuesta; procedimientos metodológico, actividades y recursos necesarios para su ejecución; análisis y conclusiones sobre la viabilidad y realización del proyecto; y en caso de su desarrollo, la ejecución de la propuesta y evaluación tanto del proceso como resultado.”

Según la referencia de Barrueta de Hurtado, J. (1998), *“se ubica como **proyactiva** todas aquellas investigaciones que conducen a inventos, a programas, a diseños o a creaciones dirigidas a cubrir una determinada necesidad y basadas en conocimientos anteriores.”*

Abarcando este trabajo de investigación la definición presentada, ya que se está desarrollando una investigación para la construcción de un sistema o procedimiento innovador bajo conocimientos técnicos obtenidos en la carrera de Ingeniería Eléctrica, y así solventar una necesidad para la empresa PDVSA en la Refinería “El Palito”.

3.2 Procedimiento Metodológico

El trabajo presentado se basa en el desarrollo de un protocolo de pruebas implementando el Simulador de Potencia Doble F6150, del cual se requiere un dominio sistematizado de todas sus partes y funciones, además de las características, ajustes y principios de operación de los relés a evaluar. Esto se resume en el estudio de los manuales tanto del equipo de prueba, así como los relés a ser probados, además de incorporar toda la teoría de protecciones y las normas necesarias para la certificación de los relés. Por consiguiente a continuación se presentan una serie de estrategias metodológicas para llegar al objetivo deseado.

Desarrollar el protocolo para la ejecución de las pruebas de los relés EATON IQ-500 Series, EATON MP-3000, y VAMP 200 Series implementando el Simulador de Potencia DOBLE F6150.

Fase N°1 Seleccionar las pruebas requeridas para la certificación de los relés EATON IQ-500 Series, EATON MP-3000, y VAMP 200 Series.

- **Sub-Fase 1.1. Determinar los criterios implementados para las pruebas realizadas en el Laboratorio de Protecciones de la Refinería “El Palito”.**

Los criterios y los tipos de pruebas implementados por el personal técnico del Laboratorio de Protecciones forman una base referencial para el punto de partida en la elaboración del protocolo de pruebas, la obtención de estos datos se realizará mediante una inmersión práctica y documentada en dicho proceso de prueba, además de realizarse un estudio estadístico de los resultados obtenidos de acuerdo a la base de datos disponible por el DOBLE F6150.

Resultado esperado: Una breve descripción de los criterios de ejecución de las pruebas implementadas, tablas que reflejen el comportamiento estadístico de los resultados de las pruebas realizadas hasta la actualidad para la evaluación de los mismos.

- **Sub-Fase 1.2. Revisar los manuales de operación, mantenimiento y pruebas de los relés EATON IQ-500 series, EATON MP 3000 y VAMP 200 Series y seleccionar los ajustes para el modo de pruebas.**

Para la correcta maniobra de los equipos de protección es necesario una revisión concisa de los manuales de operación y mantenimiento, obteniéndose las características esenciales para la comprensión y manejo de estos equipos, y así seleccionar los ajustes requeridos para el buen funcionamiento del mismo, mediante un criterio de prueba basado en la ficha técnica de los fabricantes y referenciando los criterios ya implementados

Resultado esperado: Un condesado de los manuales de operación y mantenimiento de cada relé, donde se pueda apreciar sus características básicas como, funciones de protección, curvas de operación y tolerancias, una tabla de los ajustes seleccionados para los relés al momento de las pruebas.

- **Sub-Fase 1.3. Construir las curvas de disparo y los fenómenos eléctricos requeridos para la simulación de las fallas mediante el uso de modelos matemáticos.**

Para la simulación en el DOBLE F6150, es necesario construir las curvas de disparo de los relés no estandarizados mediante modelos matemáticos, además de los fenómenos eléctricos que son requeridos para el accionamiento de los relés según los ajustes y funciones de protección seleccionados en la Sub Fase anterior, apoyándose en la teoría de análisis de fallas.

Resultado esperado: Las estructuras matemáticas de las curvas de disparo de los relés de estudio, las tablas con las variables eléctricas a introducir en el inyector que den como resultado una falla controlada que origine el disparo de cada relé.

Fase N°2 Programar el DOBLE F6150 utilizando el software de automatización de pruebas F6TesT versión 2.18 Build 1006.

- **Sub-Fase 2.1. Revisar los manuales de operación, mantenimiento y pruebas del simulador de potencia Doble F6150.**

Para el dominio del equipo de inyección y la simulación de las fallas diseñadas, es necesario realizar una revisión del manual de usuario del Doble F6150, extrayendo su función, sus partes constitutivas y rangos de operación. Además del manejo del software de simulación Doble F6Test versión 2.18 Build 1006 y las configuraciones necesarias para realizar las pruebas automatizadas.

Resultado esperado: Una breve reseña del equipo de inyección DOBLE F6150 representando sus partes, su función y tolerancias. Una descripción de la interfaz, configuración y manejo del software F6Test versión 2,18 Build 1006.

- **Sub-Fase 2.2. Programar el simulador de potencia Doble F6150 y adecuar las características requeridas para la realización de las pruebas.**

Una vez adquiridos los conocimientos necesarios para la operación del inyector, los tipos de pruebas para cada relé y las variables de las fallas a realizar, se procede a descargar toda esta información en el software F6Test.

Resultado esperado: Un procedimiento paso a paso donde se aprecie el proceso de configuración, diseño y descarga de las características construidas para realizar las pruebas de acuerdo a cada relé.

Fase N°3 Ejecutar las pruebas a los relés EATON IQ-500 Series, EATON MP-3000, y VAMP 200 Series implementando el Simulador de Potencia DOBLE F6150.

- **Sub-Fase 3.1. Desarrollar los esquemas de conexión de los relés IQ-500 series, MP-3000 y VAMP 200 series al Doble F6150.**

De acuerdo con cada relé a certificar, diseñar las conexiones y el cableado del relé con el inyector, mediante las características ofrecidas por los manuales de operación y las virtudes presentadas por el DOBLE F6150 en su panel de conexiones.

Resultado esperado: Conjunto de diagramas de conexión que permitan la identificación de los terminales conectados entre el F6150 y el relé en el modo de pruebas.

- **Sub-Fase 3.2. Ejecutar pruebas para la certificación de los ajustes y las configuraciones realizadas.**

Realizar inyecciones de pruebas con el plan de pruebas automatizado del Doble F6150, documentar su comportamiento y ejecutar los ajustes pertinentes para su correcta operación.

Resultado esperado: Reportar las pruebas pilotos a realizar para afinar los ajustes que aseguren un buen desempeño de la configuración del F6150, a través de una descripción resumida del procedimiento y la utilización de tablas representativas de los resultados.

Fase N°4 Desarrollar el protocolo de pruebas para los relés EATON IQ-500 Series, EATON MP-3000, y VAMP 200 Series, usando el simulador de potencia Doble F6150.

- **Sub-Fase 4.1. Elaborar el protocolo de pruebas.**

Desarrollar un protocolo que contenga el procedimiento para la ejecución de las pruebas, mediante la recaudación de todas las características diseñadas en las fases anteriores.

Resultado esperado: Un protocolo de pruebas donde se vea expresado de forma concisa y resumida el proceso de ejecución de las mismas, las conexiones y ajustes de los relés

- **Sub-Fase 4.2. Evaluar la viabilidad de la propuesta.**

Elaborar las conclusiones pertinentes sobre la viabilidad de la propuesta en base al estudio realizado.

Resultados esperados: Conjunto de conclusiones y recomendaciones de acuerdo a la comparación de la Fase 1 y Fase 4 que expresen los resultados obtenidos, ventajas, desventajas, y sugerencias para una buena certificación de los relés.

3.3 Diagrama de Flujo del Plan Metodológico

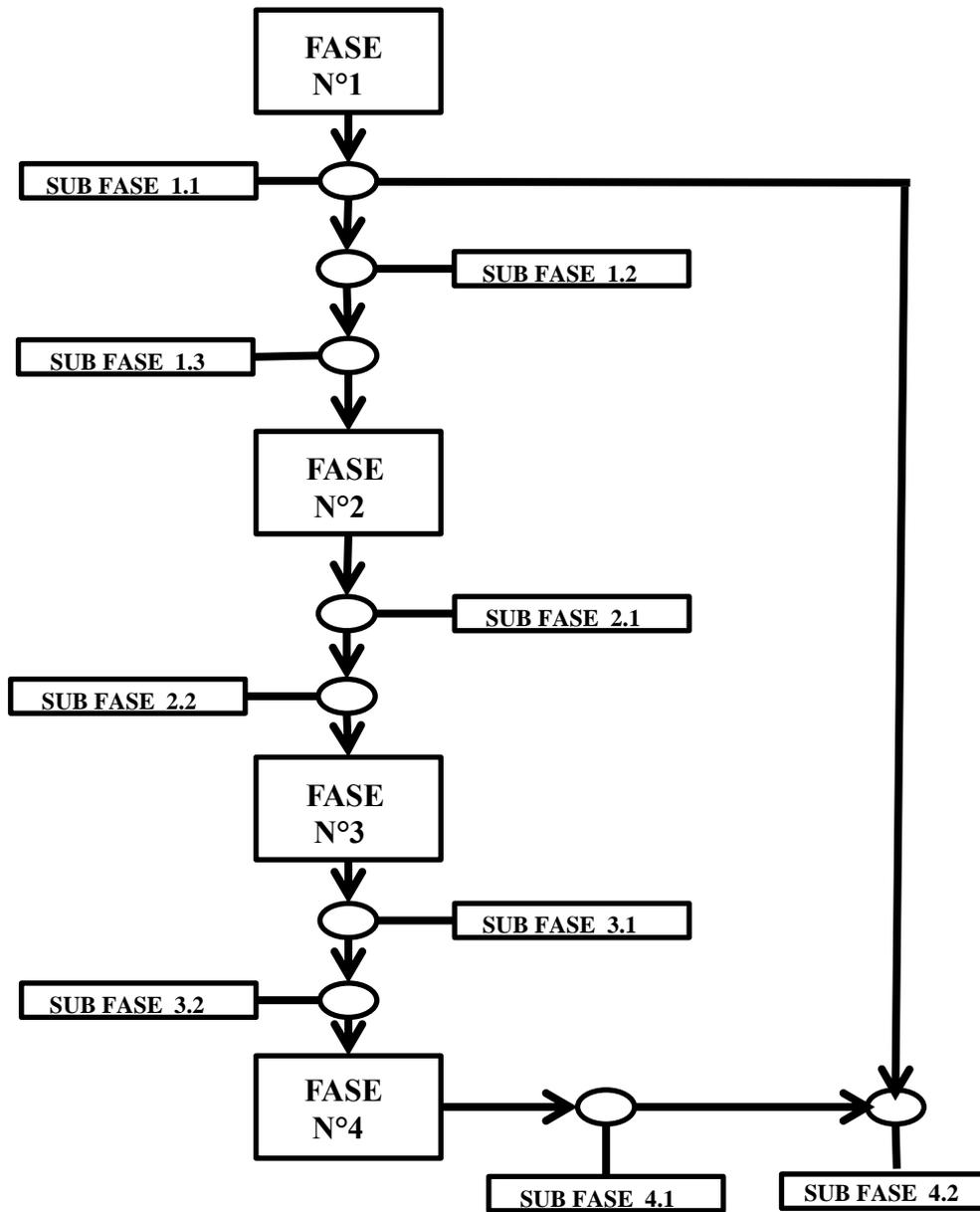


Figura 3.1 Diagrama de flujo del proceso de desarrollo del Proyecto.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 Seleccionar las pruebas requeridas para la certificación de los relés EATON IQ-500 Series, EATON MP-3000, y VAMP 200 Series.

4.1.1 Determinar los criterios implementados para las pruebas realizadas en el Laboratorio de Protecciones de la Refinería “El Palito”.

El Laboratorio de Protecciones de la Refinería “El Palito” es un espacio dentro de las instalaciones destinado a la ejecución de las pruebas de mantenimiento a los relés de protección, arrancadores y transformadores, además de ser un punto estratégico para la coordinación de los equipos de trabajo y planes de mantenimiento. El Coordinador del Laboratorio junto con el Técnico de pruebas, conforman la jefatura directa del mismo, es responsabilidad de ellos el manejo de los equipos de inyección para la certificación de los relés de protección y demás.

Para la ejecución de estas pruebas se disponen de 3 equipos, el Megger Sverker 750 (inyector monofásico), el Omicron CMC 356 (No operativo) y el Doble F6150. Para la buena ejecución del plan de mantenimiento, es indispensable realizar un conjunto de pasos diseñados por el equipo de trabajo, siendo este supervisado por el Ing. Jorge Villarroel para llevar el control y registro de los equipos ingresados al Laboratorio.

Esta serie de pasos conforman:

- 1) Ingreso del relé, contactor o guarda motor al laboratorio por parte del personal encargado del desmontaje de la gaveta. Al ingresar el o los equipos, se registrarán en un cuaderno la fecha, el TAG, la ubicación y el plan de mantenimiento (Preventivo, Correctivo), firmando el usuario encargado de su desmontaje, y luego dejar el relé en la zona delimitada como “Equipos Entrantes” para su posterior prueba.
- 2) Ubicación de la carpeta de configuración e historial de mantenimiento del relé por parte del personal del laboratorio. Buscar el historial de mantenimiento y los documentos referenciales de la vida útil del equipo, basándose en el TAG y la ubicación de la subestación del equipo en los archivos dispuestos para el almacenamiento de este.
- 3) Configuración del relé para el proceso de pruebas. Para ello, el relé es ajustado según los documentos referenciales en una disposición que se encuentre dentro de los rangos de trabajo de los equipos de inyección y conductores, garantizando la buena coordinación entre sus funciones de protección.

- 4) Configuración del equipo de pruebas. Introducir de forma manual cada uno de los valores de corrientes y/o voltaje por cada prueba a realizar (Sobrecarga, falla a tierra, desbalance, etc.). Insertar el tiempo de respuesta deseado según el ajuste predefinido bajo sus respectivos márgenes de tolerancia.
- 5) Ejecución de la prueba particular deseada. Activar el equipo de pruebas para la inyección de corriente y/o voltaje esperando la correcta actuación del relé según la curva característica del manual.
- 6) Toma de resultados. Registrar el tiempo de actuación del relé para dicha prueba. Si hay que realizar múltiples inyecciones para probar más de un punto de la curva de disparo, se debe realizar la secuencia desde el paso 4 tantos puntos se deseen probar, esperando entre cada inyección el respectivo tiempo de reposición o rearme de cada relé.
- 7) Elaboración del informe por parte del personal encargado descargando cada uno de los resultados en un formato y concluyendo sobre los mismos.
- 8) Aprobar o descartar el relé después de la evaluación de los resultados en función de los parámetros de tolerancias ofrecidos por el fabricante o criterio técnico, se descartará el equipo o se aprobará colocándose un adhesivo con la fecha de la prueba y los datos del mismo.
- 9) Colocar el relé certificado en la zona de “Equipos salientes”, para su posterior retiro por parte del personal encargado, sin obviar la confirmación de este mediante su acotación en el libro de registro.

El plan de mantenimiento del laboratorio de protecciones consiste en un ingreso de máximo de 8 relés por día (caso presentado generalmente en una parada de planta), estimando un tiempo de mantenimiento por relé de 4 horas desde que este ingresa a la instalación, hasta que es certificado, pasando por cada uno de los pasos descritos anteriormente.

Algunos criterios implementados son procedentes de antiguas supervisiones y grupos de trabajo, siendo estos adquiridos por la enseñanza de nóminas antiguas, resumiéndose en una iniciativa del nuevo grupo de trabajo en la evaluación de éstos y su adecuación a la implementación del sistema automatizado del Doble F6150. Cabe destacar que el criterio de prueba es particular de cada relé.

4.1.1.1 Criterios implementados para las pruebas de los IQ-500 series

Según referencia el personal técnico este relé se caracteriza por ser impreciso y sumándose a esto, el manual del fabricante no ofrece las tolerancias de algunas de sus funciones para su

correcta evaluación, teniendo como resultado la implementación de criterios técnicos particulares para su certificación, siendo utilizadas las tolerancias de la siguiente tabla:

Relé	Tolerancia OL (s)	Tolerancia Desb. (s)	Tolerancia FG (s)
IQ500 Series	+/- 10	+/-5	+1.3/-0.5

Tabla 4.1 Tolerancias establecidas para las funciones de protección de los IQ-500 Series.

Para la inyección en la prueba de sobrecarga el personal toma los pickups mostrados en la Tabla 4.2 donde se utilizan dos puntos para la determinación del comportamiento normalizado según la curva de disparo, siendo estos 200% y 300% de los pickups para los modelos IQ-500L e IQ-502, y para el modelo IQ-504 solo 200% debido a que la del 300% supera la corriente máxima de inyección de F6150.

Modelo	Pickup (A)	200% \times Ip (A)	T disp. (s) 200%	300% \times Ip (A)	T disp. (s) 300%
IQ500L	2.4	4.8	70	7.2	30
IQ502	3.45	6.9		10.38	
IQ504	10.8	21.6		-----	

Tabla 4.2 Pickup y puntos de inyección para la prueba de sobrecarga IQ-500 Series.

Es importante mencionar que para la ejecución de la prueba de múltiples puntos en sobrecarga, debido que el relé presenta una simulación de acumulación térmica que acelera el tiempo de respuesta del mismo, se tiende esperar un tiempo de restauración o rearme no definido en el manual, implementándose un tiempo de espera entre pruebas alrededor de los 6 min.

Para la evaluación de estos criterios de prueba en dicha función, se procedió a levantar una tabla estadística de los tiempos de operación de los relés certificados, gracias a la base de datos del Doble F6150 en la ejecución de pruebas manuales de sobrecarga de un tiempo aproximado de un año Tabla C.1, observándose las desviaciones de los resultados alrededor de los puntos de la curva arrojando los valores mostrados en la Tabla C.16. Y permitiendo construir curvas de distribución normal que permitan apreciar de forma gráfica la dispersión de dichos resultados.

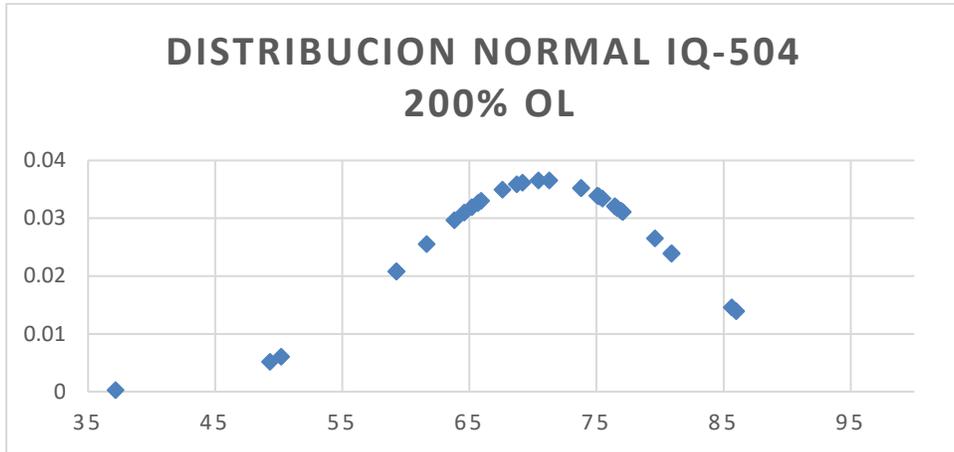


Figura 4.1 Distribución normal prueba de sobrecarga 200% I-Q504.

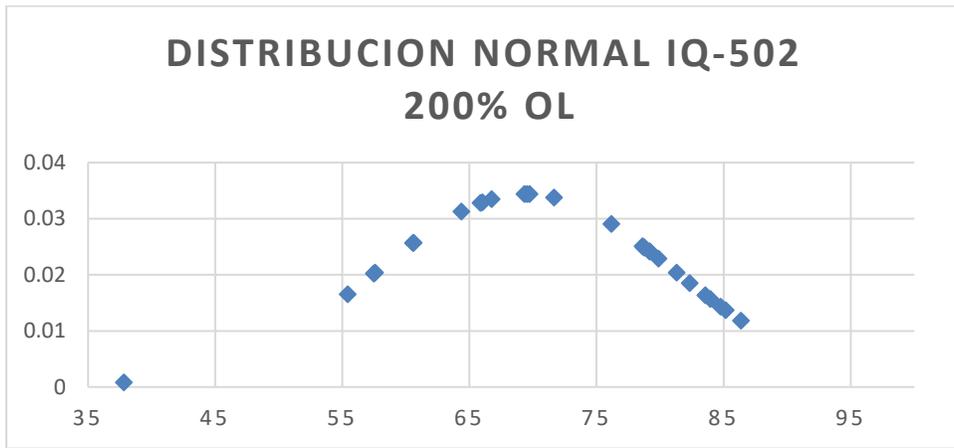


Figura 4.2 Distribución normal prueba de sobrecarga 200% IQ-502.

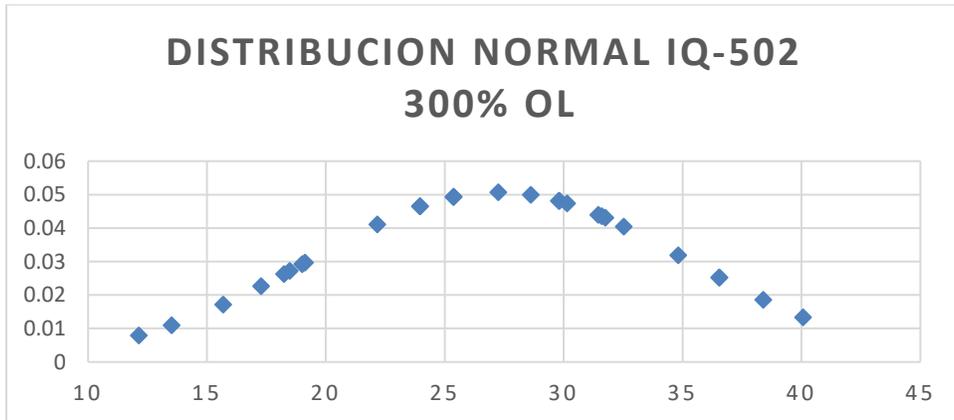


Figura 4.3 Distribución normal prueba de sobrecarga 300% IQ502.

Con un análisis de estos datos podemos interpretar lo siguiente:

1) Según la tabla C.16 el promedio general de los modelos se encuentra alrededor del punto deseado, y efectivamente la desviación promedio tanto por encima y por debajo de la curva se encuentran dentro de las tolerancias definidas. Es curioso que criterio implementado interpreta una tolerancia de 10 (s) por encima del tiempo establecido por el manual, sin ningún fundamento técnico, solo estadístico.

2) Para el modelo IQ-500L se aprecia un promedio de disparo alrededor de 6 (s) y 7 (s) por encima del tiempo requerido, aunque está dentro de la tolerancia establecida. También, se puede observar como la desviación de los resultados esta desplazada hacia la zona superior de la curva, alrededor de 16 (s) por encima, quedando la misma por fuera del rango de aprobación. Sin embargo, debido a la poca presencia de este equipo en el modelo estadístico no se ofrece una base sustentable en los promedios arrojados.

3) Para el modelo IQ-502, dicha desviación se desplaza en sentido opuesto al anterior, acercándose al valor deseado bajo un margen de oscilación de 8 (s). Es de enfatizar que el promedio de los tiempos de disparo para la prueba al 300% decrece casi 6 (s) por debajo del deseado, sospechándose de un síntoma de disparo fuera de tiempo debido a la simulación de carga térmica por parte del relé, en pocas palabras, se realiza esta prueba sin cumplir el tiempo de reposición térmica.

4) Para el modelo IQ-504, el promedio de disparos decrece aproximadamente 1 (s) por debajo de la curva, desplazándose las desviaciones en igual proporción.

5) La desviación promedio de todos los modelos oscila casi a dos segundos del umbral de tolerancia dando como resultado el descarte de múltiples relés.

Cabe destacar que aunque el porcentaje de relés aprobados ronde el 57% según el criterio de tolerancias predispuesto, en la práctica no se aplica estrictamente, ya que existe un segundo criterio de evaluación adicional más apreciativo debido al alto índice de equipos rechazados por la imprecisión del relé.

Para la función de desbalance de igual manera, no se presenta en el manual de operación y mantenimiento las tolerancias para la evaluación de los relés a la hora de las pruebas. Sin embargo el personal técnico ha implementado un criterio de acuerdo a su experiencia, asignándole una tolerancia de +/- 5 (s) para un tiempo de actuación definido de 15 (s).

Al momento de la inyección se implementó un cálculo matemático para conseguir los parámetros de corriente de desbalance a un 20%, siendo este tomado como, el aumento porcentual de una de las fases respecto a las otras que están en equilibrio. Es decir, se inyecta una corriente trifásica en la cual una de las fases se multiplica por 1.2 para desbalancearla por encima o 0.8 para desbalancearla por abajo en un 20% de la nominal.

$$I_{Desb\ 20\% \ encima} = I_{Línea} * 1.2$$

$$I_{Desb\ 20\% \ Abajo} = I_{Línea} * 0.8$$

Modelo	Pickup (A)	Fase Desbalanceada 20% Arriba/Abajo (A)
IQ500L	2.4	1.2*2.4 / 0.8*2.4
IQ502	3.45	1.2*3.45 / 0.8*3.45
IQ504	10.8	1.2*10.8 / 0.8*10.8

Tabla 4.3 Pickup y puntos de inyección para la prueba de desbalance de fases IQ-500 Series.

De igual manera, para la evaluación de esta característica se realizó un levantamiento de los tiempos de actuación gracias a la base de datos del Doble F6150 de inyecciones discretas realizados en un tiempo aproximado de un año Tabla C.6, arrojando como resultado la Tabla C.17. Pudiéndose representar los valores de dispersión en una gráfica de distribución normal al igual que la función anterior.

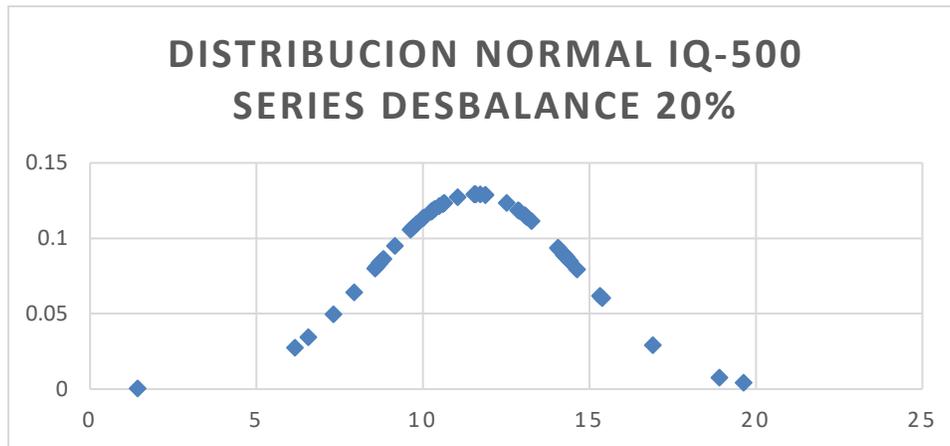


Figura 4.4 Distribución normal prueba de Desbalance 20% IQ-500 series.

Con esta información podemos concluir lo siguiente:

- 1) El promedio de los disparos por desbalance está por debajo del tiempo deseado en alrededor de 3 (s).
- 2) La desviación promedio de las operaciones de este equipo están dentro del rango de tolerancia establecido por el personal técnico. Se presenta el mismo factor de tolerancia no soportada por encima del tiempo establecido por el manual.
- 3) El tiempo promedio de disparos del modelo IQ-500L concuerda con el general, concentrándose la desviación por debajo del tiempo deseado.
- 4) El tiempo promedio de disparos de los IQ-502 también se encuentran dentro de los parámetros generales, observándose una desviación distribuida tanto por encima como por debajo del punto deseado.

- 5) El tiempo promedio de los IQ-504 está por encima del promedio general, con una desviación dentro de la tolerancia establecida.
- 6) En la Figura 4.4, se puede apreciar el grado de imprecisión de la actuación del relé.
- 7) En la Tabla C.17. se puede apreciar algo curioso, las corrientes pickup para esta característica varían en función de cada prueba, este comportamiento es característico en relés de protección cuya sensibilidad del ajuste de pickup se ve desajustada.
- 8) Las desviaciones del ajuste pickup para los modelos IQ-500L e IQ-502 son similares alrededor de 0,5 (A), caso contrario para los IQ504, estando su desviación muy por encima de esta, arrojando cerca de los 2 (A).

La función de falla a tierra es probada con la inyección de una corriente monofásica en uno de los sensores, mediante la configuración del inyector asignándole 0 (A) a las otras dos fases restantes. La corriente de prueba depende del ajuste de cada modelo representándose las mimas en la Tabla 4.4:

Modelo	I GF (A)
IQ-500L	3
IQ-502	5
IQ-504	5

Tabla 4.4 Pickup de ajuste de las pruebas de falla a tierra de los IQ-500 Series.

Para los tres modelos se le asigna un tiempo de respuesta del relé de 2 (s), cuya tolerancia se encuentra definida en el manual dentro del intervalo de +1.3 (s) a -0.5 (s), el comportamiento de las pruebas de esta función se encuentra representado en la Tabla C.18 mediante el análisis estadístico de la Tabla C.7.

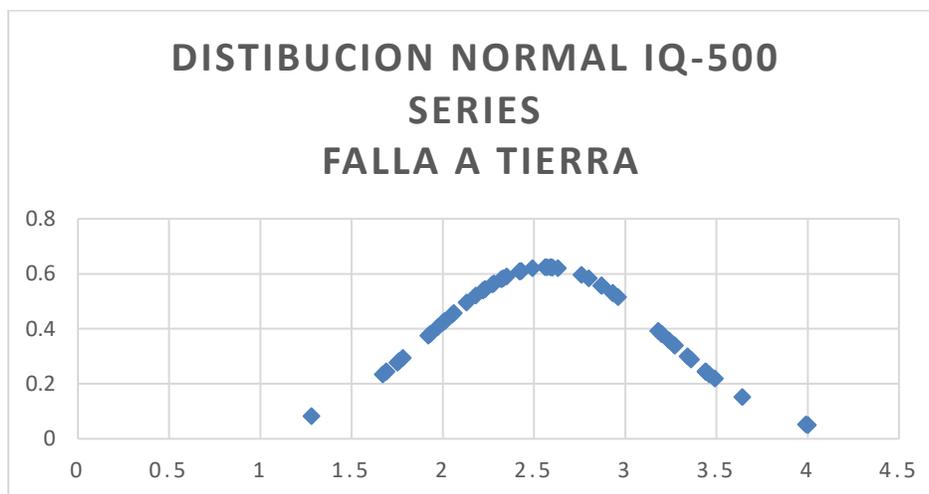


Figura 4.5 Distribución normal prueba de Falla a Tierra IQ500 series.

Observando estas referencias podemos sacar las siguientes conclusiones:

- 1) El tiempo de disparo general se encuentra por encima del tiempo deseado, sin embargo esta dentro de la tolerancia establecida por el manual al igual que sus respectivas desviaciones.
- 2) El modelo IQ-500L se encuentra dentro de un rango de operación satisfactorio tanto en tiempo de actuación como en la sensibilidad del pickup.
- 3) El modelo IQ-502 posee una pequeña desviación del pickup en 0.5 (A).
- 4) El promedio de tiempo de actuación de los IQ502 se encuentra por encima del tiempo deseado, pero aun así se localiza dentro de los márgenes de tolerancia preestablecidos.
- 5) Los IQ-504 presentan un alto desajuste en el pickup de falla a tierra llegando a una desviación de casi 2 (A), no obstante, su tiempo de actuación se encuentra dentro de los parámetros “normales”.

4.1.1.2 Criterios implementados para las pruebas del MP-3000.

El relé de protección MP-3000 actualmente no posee protocolo de prueba para el mantenimiento preventivo, esto se debe a la complejidad en su instalación y a las múltiples funciones que este presenta.

Para cerciorarse de la buena operatividad del relé se presenta un plan de monitoreo, esto consiste en la movilización de una cuadrilla por parte del personal del Laboratorio de Protecciones al sitio donde se encuentra ubicado el equipo, luego mediante la manipulación y navegación del panel frontal del mismo se cercioran de los ajustes que este posee, esto gracias a la planilla de ajustes que ofrece el manual del MP-3000 Tabla B.8. Además, se realiza una inspección visual de las conexiones y estado físico del relé.

En el caso que se presente una avería en algún MP-3000, este es desinstalado y llevado al laboratorio para ejecutarse las pruebas pertinentes que confirmen su operatividad. Sin embargo no se pudo obtener un registro en la base de datos del Doble de estos eventos, ya que para este tipo de pruebas se realizan inyecciones de forma manual bajo una configuración rápida que no almacena la información arrojada.

4.1.1.3 Criterios implementados para las pruebas de los VAMP 200 Series.

De igual manera al caso anterior estos relés no poseen protocolos de pruebas para el mantenimiento preventivo, ejecutándose el mismo procedimiento de monitoreo en campo que el relé anterior pero, soportándose los ajustes asociados al relé mediante el registro de este en la base de datos del software VAMP SET que detallaremos más adelante.

Los relés VAMP 200 Series poseen una gran variedad de funciones haciendo dificultoso su simulación al momento de la ejecución de las pruebas. Sin embargo, al presentar fallas, el equipo de trabajo del laboratorio se encuentra en la capacidad de realizar pruebas para la certificación del mismo trabajando con el Doble F6150 bajo una configuración de inyección rápida (Panel de Control), pero sin almacenarse en el registro de la base de datos del software.

4.1.2 Revisar los manuales de operación, mantenimiento y pruebas de los relés EATON IQ-500 series, EATON MP 3000 y VAMP 200 Series y seleccionar los ajustes para el modo de pruebas.

4.1.2.1 Manual de mantenimiento y operación de los relés de protección IQ-500 Series.

Es un relé de sobrecarga modular de estado sólido con sensores de corrientes incorporados, desarrollado por Westinghouse y posteriormente adquirido por EATON en la división Cutlerhamer, tiene una capacidad de monitoreo en función de los 3 modelos IQ-500L, IQ-502, IQ-504.

Este módulo posee 3 funciones las cuales contempla la protección contra sobrecarga, desbalance de fases y falla a tierra, que son definidas por 8 pines en su parte frontal y 8 en su parte lateral, su acción es indicada por la intermitencia de un led ubicado en la parte delantera junto a un pulsador de reseteo, además de ofrecer tres contactos, los cuales se conforman por dos de disparo (Normalmente abierto y otro Normalmente cerrado) y un tercero para una alarma (Normalmente abierto).

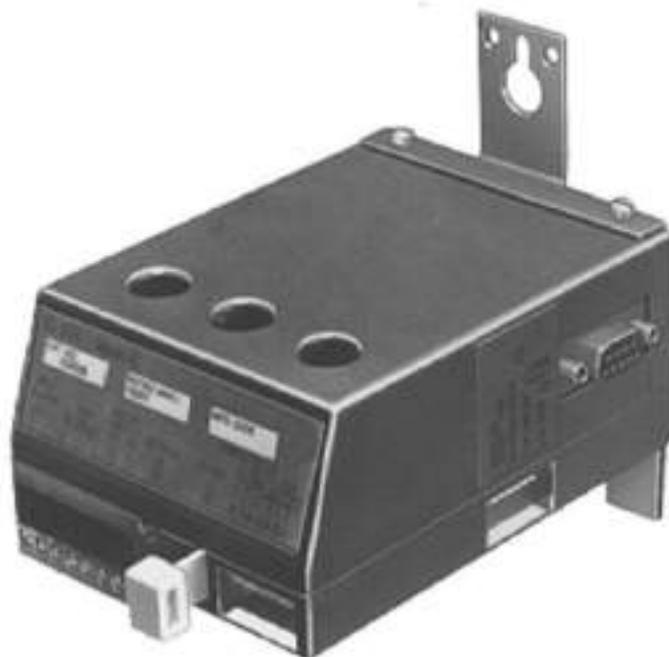


Figura 4.6 Estructura del relé de protección IQ-500L de Cutlerhamer EATON.

**Fuente: Manual de operación y configuración IQ-500 Overload Protection Relay.
(Fecha desconocida).**

4.1.2.2 Función de protección contra Sobrecarga.

La curva característica de disparo por sobrecarga no se encuentra definida por algún estándar bajo una ecuación paramétrica, según el catálogo del fabricante esta viene representada solo de forma gráfica y está formada por 4 Clases según la norma NEMA ICS2-2000 como se muestra en la Figura 4.7.

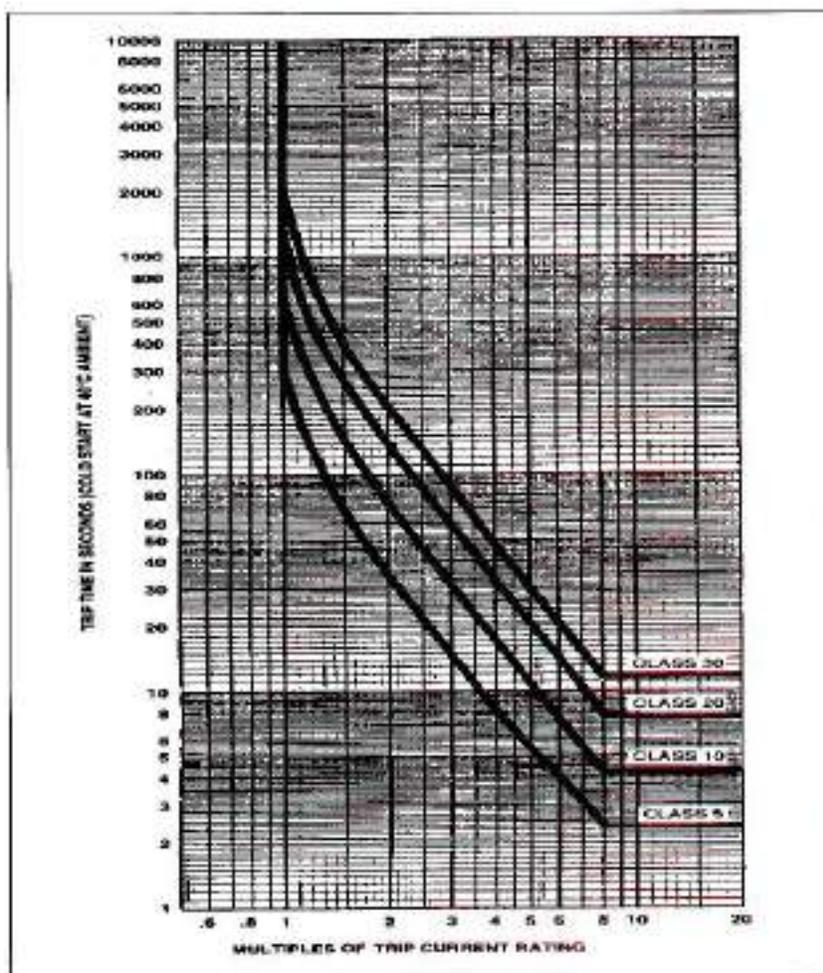


Fig. 2 Time-Current Characteristic (cold start)

Figura 4.7: Característica Tiempo-Corriente (arranque en frío) IQ500 Series.

Fuente: Manual de operación y configuración IQ-500 Overload Protection Relay.
(Fecha desconocida).

Estas “Clases” permiten ajustar las curvas de disparo en función de las características del arranque de los motores, y pueden ser seleccionadas por los pines 6 y 7 ubicados en la parte frontal del equipo donde son calibradas para los tiempos de disparo de una corriente 6 veces la *Corriente Nominal De Disparo (Trip Current Rating)* mediante las siguientes combinaciones:

Overload Class	Setting for Position 7	Setting for Position 6	Maximum Tripping Time When Carrying 600% of Rated Trip Current
5	0	0	5 seconds
10	0	1	10 seconds
20	1	0	20 seconds
30	1	1	30 seconds

Tabla 4.5 Combinación booleana de los pines 6 y 7 para la selección de la clase.

Fuente: Manual de operación y configuración IQ-500 Overload Protection Relay. (Fecha desconocida).

La *Corriente Nominal De Disparo (Trip Current Rating)* está ajustada en relación a cada modelo de la serie (IQ-500L, IQ-502 y IQ-504), ya que cada uno está diseñado para un nivel de operación de corriente, esto se debe a que al tener los sensores incorporados, éstos están limitados por el diámetro del conductor. La *Corriente Nominal De Disparo* se ajusta mediante la combinación de los pines 1, 2, 3, 4, 5 ubicados en el panel frontal y se rige mediante las siguientes tablas:

TABLE A: OVERCURRENT PROTECTION FOR IQ500L DIP SWITCH POSITIONS 5 THROUGH 1 FROM LEFT TO RIGHT 1 = ON & 0 = OFF

Trip Rating * (Amperes)	Service Factor 1.0	Service Factor 1.15 - 1.25	Setting for Position (54321)
20	20 - 20	20 - 21	00000
25	26 - 30	32 - 36	00001
30	30 - 40	35 - 37	00010
40	41 - 44	38 - 40	00011
50	45 - 46	41 - 44	00100
60	49 - 53	45 - 48	00101
70	54 - 58	49 - 53	00110
80	59 - 63	54 - 58	00111
90	64 - 69	59 - 63	01000
100	70 - 76	64 - 70	01001
120	77 - 83	71 - 76	01010
150	84 - 91	77 - 83	01011
175	92 - 99	84 - 91	01100
200	100 - 109	89 - 100	01101
250	110 - 119	111 - 120	01110
300	120 - 131	111 - 120	01111
350	132 - 144	121 - 132	10000
400	145 - 158	133 - 145	10001
450	159 - 173	146 - 159	10010
500	174 - 191	160 - 175	10011
600	192 - 210	176 - 193	10100
700	211 - 231	194 - 212	10101
800	232 - 253	213 - 233	10110
900	254 - 279	234 - 256	10111
1000	279 - 306	257 - 282	11000
1200	307 - 337	283 - 310	11001
1500	338 - 370	311 - 341	11010
1750	371 - 408	342 - 379	11011
2000	409 - 449	370 - 413	11100
2500	450 - 493	414 - 454	11101
3000	494 - 542	455 - 498	11110
3500	543 - 593	500 - 543	11111

* Fuses on circuit breaker and motor must be per the National Electrical Code.

(a)

TABLE B: OVERCURRENT PROTECTION FOR IQ502 DIP SWITCH 1, POSITIONS 5 THROUGH 1 FROM LEFT TO RIGHT 1 = ON & 0 = OFF

Trip Rating * (Amperes)	Service Factor 1.0	Service Factor 1.15 - 1.25	Setting for Position (54321)
3.00	3.45 - 3.75	3.15 - 3.40	00000
4.00	3.70 - 4.10	3.47 - 3.91	00001
4.77	4.14 - 4.55	3.92 - 4.19	00010
5.25	4.58 - 4.99	4.28 - 4.45	00011
5.77	5.0 - 5.4	4.62 - 5.0	00100
6.25	5.4 - 5.8	5.1 - 5.5	00101
6.9	5.8 - 6.2	5.6 - 6.0	00110
7.7	6.2 - 7.2	6.1 - 6.8	00111
8.4	7.3 - 8.0	6.7 - 7.3	01000
9.3	8.1 - 8.8	7.4 - 8.1	01001
10.2	8.9 - 9.6	8.2 - 8.9	01010
11.2	9.7 - 10.6	9.0 - 9.8	01011
12.4	10.7 - 11.7	9.9 - 10.8	01100
13.6	11.8 - 12.9	10.9 - 11.9	01101
15.0	13.0 - 14.2	12.0 - 13.1	01110
16.5	14.3 - 15.7	13.2 - 14.4	01111
18.1	15.6 - 17.2	14.5 - 16.0	10000
19.9	16.9 - 18.6	15.8 - 17.4	10001
21.9	18.2 - 20.0	17.1 - 18.9	10010
24.1	21.0 - 22.8	20.2 - 22.0	10011
26.5	23.3 - 25.2	22.3 - 25.0	10100
29.1	25.6 - 27.8	24.4 - 27.0	10101
32.1	27.9 - 30.6	26.7 - 28.1	10110
35.3	30.7 - 33.7	29.0 - 31.0	10111
38.8	33.0 - 37.1	31.1 - 34.1	11000
42.8	37.2 - 40.8	34.2 - 37.8	11001
47.0	40.9 - 44.8	37.6 - 41.2	11010
52	44.9 - 49.4	41.3 - 45.4	11011
57	48.9 - 53	45.3 - 49.9	11100
63	54 - 59	50 - 54	11101
69	60 - 66	56 - 60	11110
76	66 - 72	62 - 66	11111
84	73 - 78	69 - 72	10000
91	79 - 87	75 - 80	10001
101	88 - 96	81 - 88	10010
111	97 - 104	89 - 96	10011
121	106 - 115	97 - 106	10100
134	116 - 127	107 - 117	10101
148	128 - 140	118 - 129	10110
163	141 - 154	130 - 142	10111
179	155 - 170	143 - 156	11000
196	171 - 187	157 - 172	11001
218	188 - 206	173 - 185	11010
238	207 - 226	190 - 208	11011

* Fuses on circuit breaker and motor must be per the National Electrical Code.

(b)

(c)

Tabla 4.6 Combinación booleana de los pines 1, 2, 3, 4, 5 para la selección de la Corriente Nominal de Disparo de los relés IQ-500L(a), IQ-502 (b) y IQ-504(c).

Fuente: Manual de operación y configuración IQ-500 Overload Protection Relay. (Fecha desconocida).

Es de resaltar que la curva de disparo de esta función está diseñada en base a los múltiplos de la “Trip Current Rating” es decir los múltiplos de la *Corriente Nominal de Disparo (pickup)*, no de la corriente nominal de operación como en otros equipos, siendo basada el cálculo de la misma en la Sección 430 del Código Eléctrico Nacional Americano para los tres modelos que conforman el IQ-500 Series.

4.1.2.3 Selección del ajuste para la prueba de protección de Sobrecarga.

Como se ha observado en las tablas anteriores la característica de protección contra sobrecarga depende del modelo de la serie IQ500, ya que la estructura de las mismas corresponde a la capacidad de corriente a la cual están diseñados.

La selección de la clase está relacionada directamente al tiempo de actuación del relé y viene delimitada por la curva de arranque característica del motor protegido. Para escoger la clase que se utilizará en la fase de prueba, se tomó un criterio propuesto por el personal técnico encargado, acerca de trabajar con la Clase proveniente del motor asociado al relé a probar, para así realizar la prueba directamente sobre la curva de actuación del equipo instalado en campo que peculiarmente son ajustados en su gran mayoría con la curva Clase 10.

Modelo IQ-504

Es el modelo de mayor capacidad partiendo desde un mínimo rango de operación para un motor de 10,8 a 11,7 (A) a un $F_s=1$ y de 9,9 a 10,8 (A) para un $F_s=1.15-1.25$ a plena carga, obteniéndose una corriente nominal de disparo de 12,4 A, por otro lado posee un máximo rango de ajuste de corriente de operación para un motor a plena carga de 207 a 226 (A) con un $F_s=1$ y de 190 a 206 (A) a un $F_s=1.15-1.25$ con una corriente mínima de disparo de 238 (A) tal como se muestra en la Tabla 4.6. (c).

Para la selección del ajuste de la *Trip Current Rating* se tomó como premisa la operación con una corriente manejable y cuyos múltiplos se encuentren dentro del rango de capacidad de los conductores y del inyector, arrojando como resultado la mínima corriente del *Trip Current Rating* para este modelo de **12.4 (A)**.

Modelo IQ-502

Es el segundo en magnitud de corriente de operación teniéndose como rangos mínimos 3.43 a 3.75 (A) para un $F_s=1$ y de 3.15 a 3.46 (A) para un $F_s=1.15-1.25$ con una corriente mínima de disparo de 3.93 (A), de igual manera posee un máximo rango de operación conformado por 66 a 71 (A) para un $F_s=1$ y de 61 a 66 (A) para un $F_s=1.15-1.25$ con una corriente de disparo de 76.2 (A), información dada en la Tabla 4.6. (b).

En este modelo se tomó la misma premisa que en el modelo anterior y por la facilidad del ajuste se seleccionó como corriente de disparo para la curva la mínima de 3.93 (A).

Modelo IQ-500L

Este es el modelo de menor capacidad partiendo de un mínimo rango de operación para un motor de corriente a plena carga de 0.32 a 0.33 (A) $F_s=1$ y de 0.29 a 0.31 (A) $F_s=1.15-1.25$ con una corriente mínima de disparo de 0,63 (A) y por otro lado un máximo rango de corriente para un motor constituido por 5,43 a 5,75 (A) para un $F_s=1$ y 5.00 a 5.50 (A) para un $F_s=1.15-1.25$ con una corriente de disparo de 6.25 (A) datos mostrados de la Tabla 4.6 (a).

Como la mínima Trip Current Rating es mucho menor a un Amper, para una mejor precisión al momento de la prueba e interpretación de la misma, se seleccionó un ajuste mayor tomándose el valor de 2 (A), siendo este un número redondo y fácil de interpretar en sus variaciones.

Se implementarán dos puntos de prueba en los tres modelos para correcta evaluación de la curva de operación, tomándose como referencia del Trabajo de Grado propuesto por Carlos Hidalgo Nieto en *Pruebas en sistemas de protección por relés*, seleccionándose los valores de 150% y 200%, siendo una selección viable ya que permite la ejecución de ambos puntos en el modelo IQ504, el cual era limitado por las altas corrientes con que este trabaja.

4.1.2.4 Función de protección contra Desbalance de Corrientes de Fases.

La función de Desbalance de Corrientes de Fase es analizada por el microprocesador mediante una ecuación definida por el fabricante como, la desviación máxima porcentual entre los valores RMS de la fase de mínima corriente y la fase de máxima corriente, todo esto respecto al valor RMS de la fase de máxima corriente.

$$\%Desb = \frac{(I_{max} - I_{min})}{I_{max}} * 100$$

El ajuste de esta función de protección se encuentra determinado por los pines laterales 6 y 5, donde la combinación booleana de estos conforma 4 estados de protección de desbalance de fases definidos en forma porcentual como se muestra en la Tabla 4.7, y su tiempo de actuación viene predefinido para 15 (s):

PHASE UNBALANCE	Position 6	Position 5
Phase Unbalance		
Inhibited	0	0
10%	0	1
20%	1	0
50%	1	1

Tabla 4.7 Combinación booleana de los pines 5 y 6 para el ajuste de la protección de Desbalance de Corriente.

Fuente: Manual de operación y configuración IQ-500 Overload Protection Relay.
(Fecha desconocida).

4.1.2.5 Selección del ajuste para la prueba de desbalance de corrientes de fases.

El Departamento de Ingeniería de Instalaciones, dentro de su trabajo de coordinación y ajustes a los equipos de protección, ha asignado un máximo valor permisivo de un desbalance del 20% para motores que porten este relé de protección, tomándose esta referencia como punto de configuración para las pruebas de desbalance de fases, al ser un valor de ajuste común para todos los modelos de la serie IQ500.

4.1.2.6 Función de Protección contra Falla a Tierra

La protección de falla a tierra es procesada mediante la suma vectorial de las corrientes que circulan por los sensores de las fases, es decir, por corriente residual, la misma es ajustada en magnitud por los pines laterales 1 y 2 variando éste en función del modelo del relé, por otro lado, el tiempo de disparo es ajustado por los pines 3 y 4 cuya combinación booleana conforma la siguiente tabla.

GROUND-FAULT TRIP DELAY Ground-Fault Current	Position 4	Position 3
2 Seconds	0	0
3 Seconds	0	1
4 Seconds	1	0
5 Seconds	1	1

(a)

Ground Fault Current		Setting for Position 2	Setting for Position 1
IQ500L	IQ502 and IQ504		
Inhibited (no ground-fault sensing)	Inhibited (no ground-fault sensing)	0	0
3 amperes	5 amperes	0	1
5 amperes	7 amperes	1	0
7 amperes	12 amperes	1	1

NOTES: (A) Ground-fault should be inhibited when the relay is used with external CT's.

(B) The ground-fault trip can only be reset manually.

Ground-Fault Trip Delay – Use Positions 4 and 3 to select the time delay appropriate for the ground-fault trip current selected. Tolerance on trip time is -.5 secs. to +1.3 secs.

(b)

Tabla 4.8 Combinación booleana de los pines 3, 4 para la selección del retardo de disparo por Falla a Tierra (a) y combinación booleana de los pines 1 y 2 para ajuste del pick-up de Falla a Tierra (b).

Fuente: Manual de operación y configuración IQ-500 Overload Protection Relay. (Fecha desconocida).

Es indispensable mencionar que la tolerancia del tiempo de disparo de esta función de protección es mencionada en el manual tal como se muestra en la Tabla 4.8, siendo extrañamente la única información de tolerancias ofrecida por el fabricante en todo el manual para cualquiera de las tres funciones ya antes mencionadas.

4.1.2.7 Selección del ajuste para la prueba de Falla a Tierra.

De igual manera que para la función de desbalance, el Departamento de Ingeniería de Instalaciones de la Gerencia Técnica ha seleccionado un ajuste para la protección contra falla a tierra de los equipos que porten este relé, asignando el menor valor de corriente permisivo por cada modelo de la serie, es decir, 3 (A) para el modelo IQ500L y 5 (A) para los IQ502 e IQ504, aprovechándose estos valores para las pruebas a realizar.

Finalmente todos los modelos de la serie IQ500 poseen habilidades para la configuración del tipo de reseteo, tiempo de reseteo y frecuencia del sistema como se muestra en la Tabla 4.9. Utilizándose para la prueba de sobrecarga multipuntos un reseteo automático y para la prueba de falla a tierra un reseteo manual ya que el mismo no presenta la otra opción.

TRIP RESEET TIME			
Applies when position 8 on DIP Switch 1 is ON (1)			
Reset Time	Position 7	Reset Time	Position 7
10 Seconds	0	90 Seconds	1
If position 8 on DIP Switch 1 is OFF (0), then position 7 on DIP switch 2 is electrical reset when ON (1) and is true local manual when OFF (0).			
FREQUENCY NOTE: Frequency must be selected before power-up.			
Frequency	Position 8	Frequency	Position 8
60 Hz	0	50 Hz	1

Tabla 4.9 Ajuste del tiempo de reseteo del disparo (automático), reseteo manual o eléctrico y frecuencia del sistema.

Fuente: Manual de operación y configuración IQ-500 Overload Protection Relay. (Fecha desconocida)

A continuación se presenta la tabla de ajustes de los pines frontales y laterales para configurar los relés IQ500 series en el modo de pruebas y así ofrecer una estructura genérica que permita la estandarización de las pruebas bajo parámetros admisibles a los equipos encargados de las mismas.

4.1.2.8 Tabla de ajustes para las pruebas del IQ-500 series

Prueba de Sobrecarga clase 10, Desbalance 20 % y Falla a Tierra de 3 y 5 (A)

Switch 1:

IQ-500L

8	7	6	5	4	3	2	1
1	0	1	1	0	0	1	1

IQ-502 e IQ-504

8	7	6	5	4	3	2	1
1	0	1	0	0	0	0	0

Switch 2:

IQ-500L, IQ-502 e IQ-504

8	7	6	5	4	3	2	1
0	0	1	0	0	0	0	1

Tabla 4.10 Ajustes de los Switch 1 y 2 para la realización de las pruebas de inyección automatizadas.

4.1.2.9 Relé de Protección MP-3000

Es un relé de protección para motores trifásicos diseñado con una tecnología a base de un microprocesador Intel, con análisis de señal a través de sensores externos, contando con avanzados algoritmos para la detección y accionamiento ante los diversos eventos para los cuales está configurado. Posee múltiples funciones entre las cuales podemos nombrar:

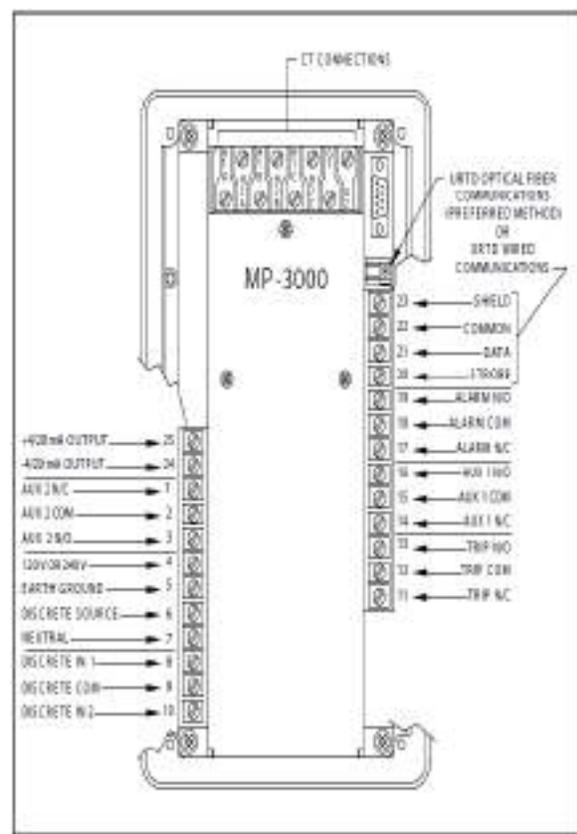
- Protección de sobrecarga I2t (**49/51**)
- Protección de rotor bloqueado (**49S/51**)
- Disparo por sobrecorriente temporizada (**51**)
- Corriente de secuencia negativa/desbalance de fase y protección de inversión de fase (**46**)
- Disparo por sobrecorriente instantánea (**50**)
- Protección de falla a tierra (**50G**)
- Disparo por RTD con accesorio de módulo URTD (**49/38**)
- Baja carga de potencia y corriente (**37**)
- Arranques por límite de tiempo (**66**)
- Jam o disparo por parada (**51R**)
- Disparo por switch de Zero-speed (**14**)

Además, posee funciones especiales en el análisis de arranque de motores como: Número de arranques sucesivos, tiempo entre arranques sucesivos, número de arranques en frío, temporizador de arranque, temporizador de aceleración larga y secuencia de arranque incompleta.

Su estructura está conformada por un panel frontal con un display que resume el ajuste de las funciones, configuración, memoria de eventos y medición de señales al momento de la operación del equipo, todo esto junto con una botonera de navegación para acceder a los diferentes sub menús. Figura 4.8. En la parte trasera se localizan las borneras para las conexiones de alimentación del equipo, entrada de las señales de potencia proveniente de los sensores, contactos de disparo (normalmente abierto y normalmente cerrado), salidas y entradas analógicas/digitales y puertos de comunicación.



(a)



(b)

Figura 4.8 Panel frontal (a) y trasero (b) del relé de protección MP-3000.

Fuente: Datos Técnicos Relé de Protección de Motor MP-3000 (2009)

4.1.2.10 Característica de protección para función I^2t

En la Figura 4.9 podemos observar la curva característica de la corriente de arranque de un motor desde su punto de encendido hasta llegar al régimen estacionario. Por encima de esta se desarrolla la curva de protección del relé, la cual está formada por líneas rectas cuyas características pueden ser ajustadas en función de parámetros nominales que ofrezca el fabricante del motor. Cabe destacar que el MP-3000 no posee para esta función una curva de disparo definida por algún estándar internacional.

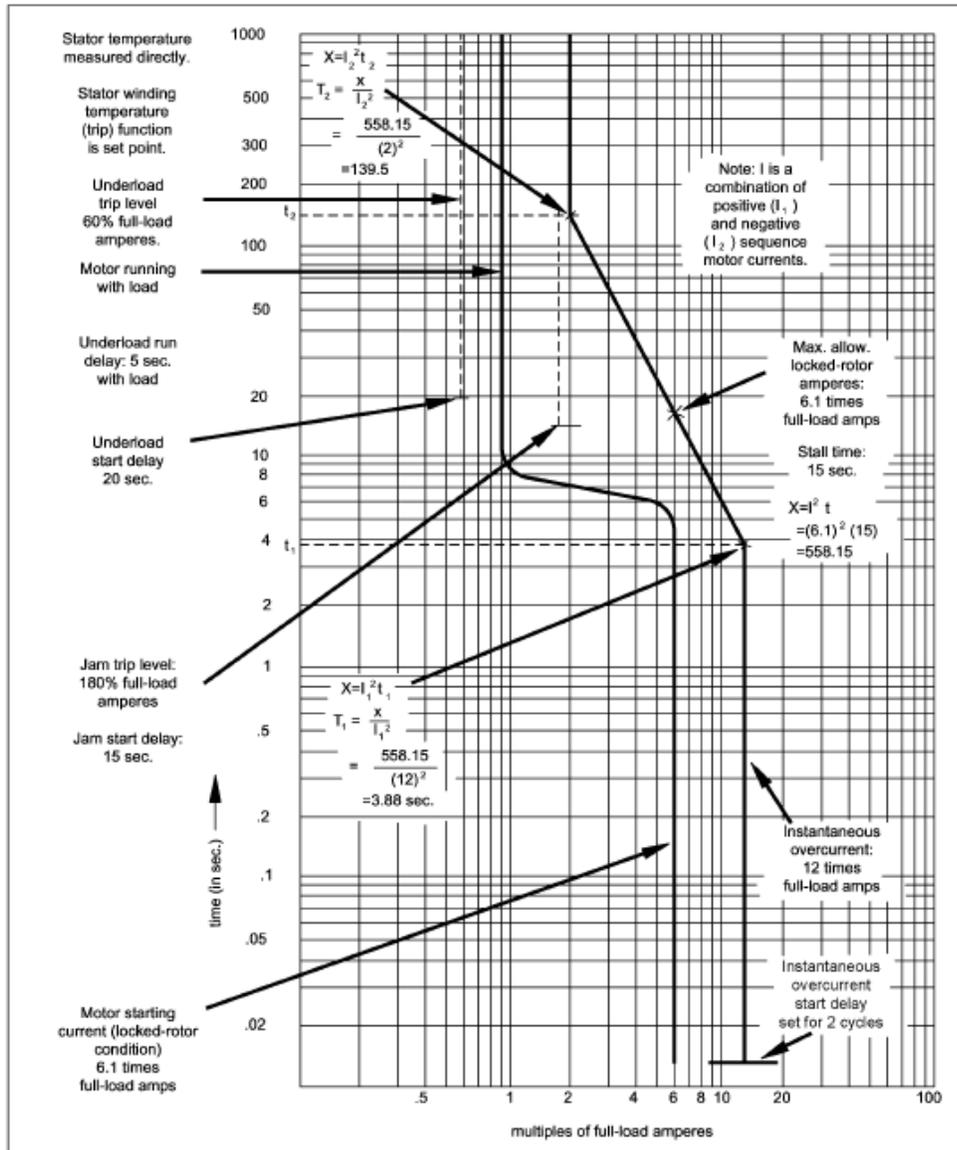


Figura 4.9 Ejemplo de Construcción de la Curva de Protección del MP-3000.

Fuente: Datos Técnicos Relé de Protección de Motor MP-3000 (2009)

Para diseñar la curva principal de protección es necesario ejecutar una serie de ecuaciones partiendo de lo siguiente:

La curva de disparo es definida por la ecuación $X = I^2 * t$, donde el valor de X lo obtenemos sustituyendo la corriente nominal del motor (I_n) y los ajustes de la protección a rotor bloqueado, corriente (I_{lr}) y el tiempo (t_{lr}) en la siguiente ecuación:

$$X = \left(\frac{I_{lr}}{I_n}\right)^2 * t_{lr}$$

Luego conseguimos el tiempo de disparo por sobrecorriente instantánea (t_{cc}) con la intersección de la curva anterior, y la curva de disparo por corriente de cortocircuito (I_{cc}) mediante la siguiente ecuación:

$$t_{cc} = \frac{X}{\left(\frac{I_{cc}}{I_n}\right)^2}$$

Finalmente para el tiempo pickup en régimen permanente (t_{ol}) se realiza el mismo paso anterior solo que para los valores de corriente de sobrecarga (I_{ol}).

$$t_{ol} = \frac{X}{\left(\frac{I_{ol}}{I_n}\right)^2}$$

4.1.2.11 Características de protección de Corriente de secuencia negativa/desbalance de fase y protección de inversión de fase (46).

El procesador Intel del relé MP-3000 realiza el cálculo del desbalance de fases en base a la descomposición de las señales provenientes de los sensores en sus componentes simétricas, analizando especialmente la relación de la componente de secuencia negativa de la corriente respecto a la positiva.

$$\%Desb = \frac{I_2}{I_1} * 100$$

4.1.2.12 Característica de protección de falla a tierra (50G)

Esta característica es procesada también mediante la descomposición de la señal en sus componentes simétricas, estudiando el contenido de componente de secuencia cero. La conexión del equipo para la obtención de esta señal puede realizarse mediante tres esquemas: por corriente residual, por sensor de tres fases (si no hay presencia de neutro) y por un sensor de corriente de neutro (aconsejada por el fabricante).

4.1.2.13 Ajustes para las pruebas del MP-3000 para función I^2t

Al configurar este equipo es recomendable realizar una descarga de las características del motor y los ajustes de protección requeridos bajo un formato de tablas que representan los diferentes sub menús de ajuste que el MP-3000 incorpora, tal como se muestra en la Tabla B.8.

Como para cada relé hay una curva característica asociado a su motor, se propone construir una curva “genérica” que cumpla con los principales parámetros de protección, y evitar la tediosa configuración y construcción de las curvas por cada relé, optándose solo por un rápido cambio de ajustes del mismo al modo de pruebas.

Para realizar el ajuste se debe procurar además de conocer las características del motor, tener una buena coordinación de los pickups y tiempos de disparos entre las distintas funciones de sobrecorriente que este incorpora como lo son, el disparo por sobrecarga, Jam, rotor bloqueado y cortocircuito para construir una curva de sobrecorriente coherente. Como criterio en la construcción de la curva para las pruebas se parte de los siguientes pasos:

- 1) Asignar la característica de protección de cortocircuito siendo esta la de mayor magnitud y menor tiempo (Ciclos).

$$I_{Pickup-IOC} : \%In \qquad T_{OP-IOC} : IOCS$$

Curva de operación: Tiempo definido

- 2) Le sigue la protección contra rotor bloqueado siendo esta la segunda en magnitud, ya que la misma representa corrientes de nivel de cortocircuito pero bajo un ajuste que no debe superarla para que no se presente interferencia entre los mismos, de igual manera el tiempo de disparo para esta función debe ser más largo, tomada en función de la característica de arranque del motor.

$$I_{Pickup-LR} : \%In \qquad T_{OP-LR} : LRT$$

Curva de operación: Tiempo definido

- 3) La protección de Jam es la tercera en magnitud, considerándose atasques sucesivos sin llegar a un rotor bloqueado franco, con un tiempo más largo que este.

$$I_{Pickup-jam} : \%In \qquad T_{OP-Jam} : JMSD + JMTR$$

Curva de operación: Tiempo definido

- 4) Finalmente la protección de sobrecarga es tomada como el 100% de la In, ofreciendo facilidad en la construcción de la curva y sin presentar mayor complicación a la hora del ajuste.

4.1.2.14 Ajustes para las pruebas del MP-3000 de Falla a Tierra (GF)

Para la función de falla a tierra se selecciona el ajuste tomado por el Departamento de Ingeniería de Instalaciones para la protección de los motores en campo, siendo este un punto en común para todos los equipos, teniendo como valor del 10% de rango del sensor de FG.

$$I_{Pickup-GF} : \% \text{ primario del TC GFC} \qquad T_{OP-GF}: GFSD + GFRD$$

Curva de operación: Tiempo definido

4.1.2.15 Ajustes para las pruebas del MP-3000 desbalance de corrientes (UB).

El ajuste de desbalance de fases es seleccionada por el Departamento de Ingeniería de Instalaciones de forma igualitaria para todos los equipos con este relé instalado, tomándose esta referencia para el ajuste de la prueba, siendo el mismo conformado por el 10% de la relación I2/I1%.

$$I_{Pickup-UBT} : \% I2/I1 \qquad T_{OP-UBT}: UBSD + UBTR$$

Curva de operación: Tiempo definido

4.1.2.16 Ajustes para las pruebas del MP-3000 Subcarga (UL)

La función de Subcarga se caracteriza por actuar cuando hay presencia de un valor de corriente menor a la nominal, tomándose este ajuste de las características de operación en vacío del motor protegido, asignándose un valor estándar de 40% xIn.

$$I_{Pickup-ULT} : \% I_n \qquad T_{OP-ULT}: ULSD+ULTR$$

Curva de operación: Tiempo definido

Siguiendo el formato de la Tabla B.8 se deben escoger las relaciones de transformación de los sensores de corriente, tanto los de fases y los de corriente por neutro, teniendo como criterio para la selección de los mismos, que la corriente nominal secundaria arrojada por la relación de transformación de la nominal primaria, sea capaz de ser inyectada para la prueba de cortocircuito sin superar la capacidad de los conductores y del Doble F6150.

Para la ejecución de las pruebas es necesario desactivar las funciones de protección de arranques del MP-3000 tales como tiempo entre arranques y número mínimo de arranques sucesivos, para que no se presenten disparos no deseados en las pruebas de multipuntos automatizadas.

Finalmente para corroborar en óptimo funcionamiento del relé, se certificarán los resultados de acuerdo a las tolerancias estipuladas por el manual del fabricante representadas en las Tablas B.1, B.2, B.3, B.4.

4.1.2.17 Tabla de Ajustes para las pruebas del MP 3000

Sub menú: SP MOTOR

FLA	Corriente a plena carga (A)	80
LRC	Corriente de rotor bloqueado % In	300
LRT	Tiempo de rotor bloqueado (s)	20
UTC	Minima corriente de disparo % In	100
PCT	Primario de TC de fases.	200
GCT	Primario de TC de falla a tierra	50

Sub menú: SP START

T/ST	Tiempo entre arranques	OFF
TBS	Numero mínimos de arranques sucesivos	OFF

Sub menú: SP TRIP

GFT	%TC primario de falla a tierra	10
GFSD	Retardo de detección de falla a tierra (Ciclos)	10
GFRD	Retardo del disparo (Ciclos)	5
IOC	Sobrecorriente instantánea	900
IOCS	Retardo de ^o IOC (Ciclos)	5
JMT	Ajuste del Jam %In	200
JMSD	Retardo de detección del jam (s)	20
JMTR	Retardo de disparo del jam (s)	5
ULT	Sub Carga %In	40
ULTR	Retardo de detección de la sub carga (s)	5
ULTR	Retardo de disparo de la sub carga (s)	10
UBT	Porcentaje de desbalance I2/I1*100	10
UBSD	Retardo de detección del Desbalance (s)	10
UBTR	Retardo de disparo de la sub carga (s)	5

Tabla 4.11 Ajustes de los sub menús SP MOTOR, SP TRIP y SP START para la realización de las pruebas automatizadas.

4.1.2.18 Relé de Protección VAMP 200 Series

Es un relé numérico de alta tecnología desarrollado por la empresa VAMP, luego es adquirido por Schneider Electric. Diseñado para la protección de alimentadores en distribución, alimentadores para industrias, protección para motores y plantas generadoras de energía. Al

ser una protección numérica indica que su tecnología se basa en circuitos digitales, actuando un conversor Analógico/ Digital y un microcontrolador de 16 bits que implementa la “Transformada de Fourier Rápida” siglas en inglés (FFT) como método numérico para el análisis de las señales, además de la descomposición de las mismas en sus componentes simétricas.

Entre sus múltiples virtudes se encuentra:

- Amplios rangos de ajustes para las funciones de protección.
- Ubicación de fallas integrada para fallas de cortocircuito.
- Posibilidades de control y bloqueo flexibles.
- Fácil adaptabilidad a subestaciones y sistemas de alarma.
- Posibilidad de controlar 6 objetos (Interruptores, desconectadores, etc.).
- Registro de eventos y valores de falla, por medio de la interfaz de usuario VAMPSET.
- Fácil configuración, parametrización y lectura por medio de HMI local o interfaz de usuario VAMPSET.
- Registro de disturbios.

El panel frontal cuenta con una pantalla LCD, teclas de navegación y configuración, leds indicadores y un puerto de comunicación RS-232 como se muestra en la Figura 4.10.



Figura 4.10 Panel frontal del relé de protección VAMP 257.

**Fuente: Instrucciones de operación y configuración del VAMP 257
(Fecha desconocida).**

En su parte trasera Figura 4.11 se encuentra las borneras, donde su número y cualidades dependerán del modelo de la serie 200, sin embargo se pueden apreciar sus principales características como:

- Entradas y salidas de corriente de fase.

- Entradas y salidas de tensión de fase.
- Entradas y salidas de corriente de neutro para 1A y 5A.
- Entradas y salidas de tensión de neutro.
- Relé de alarmas NA/NC.
- Relé de falla interna NA/NC.
- Salidas analógicas
- Entradas Digitales
- Relés de disparo NA/NC
- Sensores de arco.
- Tensión auxiliar.

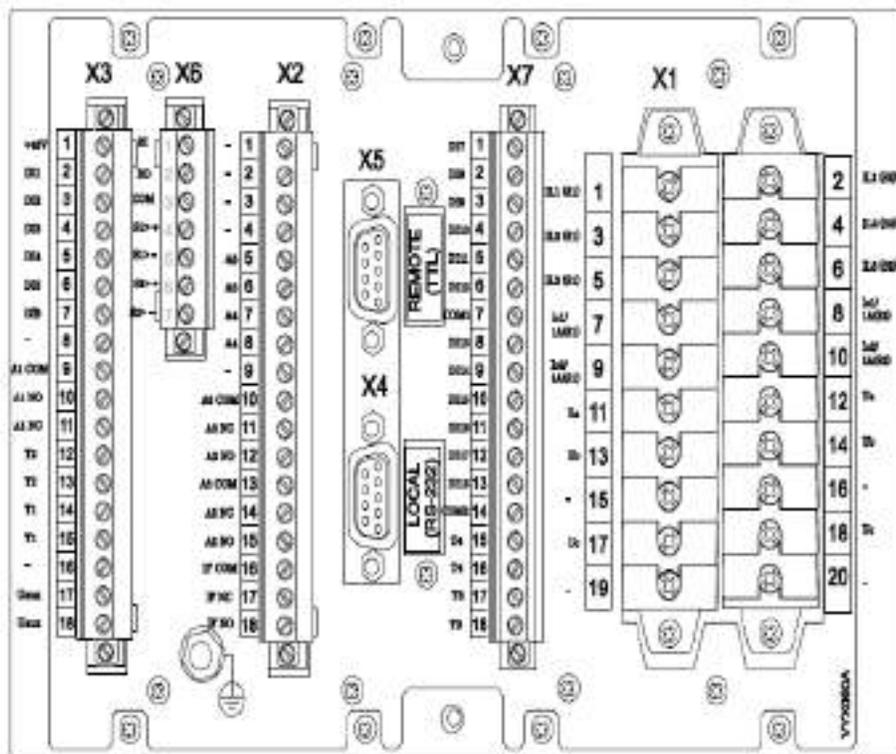


Figura 4.11 Panel trasero del relé de protección VAMP 257.

Fuente: Instrucciones de operación y configuración del VAMP 257 (Fecha desconocida).

4.1.2.19 Funciones de Protección

Algunas funciones de los relés de protección VAMP 200 series varían entre los modelos 255 y 257. Sin embargo podemos nombrar las principales en la siguiente lista.

Lista de funciones

Código IEEE/ANSI	Símbolo IEC	Nombre de la función
Funciones de protección		
50/51	$3I^{>}, 3I^{>>}, 3I^{>>>}$	Protección de sobrecorriente
67	$I_{dir}^{>}, I_{dir}^{>>}, I_{dir}^{>>>}, I_{dir}^{>>>>}$	Protección de sobrecorriente direccional
46	$I_2^{>}$	Protección de desbalance de corriente en modo de alimentación
46	$I_2^{>}$	Protección de desbalance de corriente en modo de motor
47	$I_2^{>>}$	Protección incorrecta de secuencia de fase
48	$I_{rot}^{>}$	Protección de rotor bloqueado
66	$N^{>}$	Protección de arranque frecuente
37	$I^{<}$	Protección de baja corriente
67N	$I_{0d}^{>}, I_{0d}^{>>}$	Protección de falla a tierra direccional
50N/51N	$I_0^{>}, I_0^{>>}, I_0^{>>>}, I_0^{>>>>}$	Protección de falla a tierra
67NT	$I_{0t}^{>}$	Protección intermitente de fallas en tierra transitorias
		Protección de desbalance del banco del condensador
59C	$U_d^{>}$	Protección de sobretensión del condensador
59N	$U_0^{>}, U_0^{>>}$	Protección de tensión de secuencia cero
49	$T^{>}$	Protección de sobrecarga térmica
59	$U^{>}, U^{>>}, U^{>>>}$	Protección de sobretensión
27	$U^{<}, U^{<<}, U^{<<<}$	Protección de baja tensión
32	$P^{<}, P^{<<}$	Protección de potencia inversa y potencia baja
81H/81L	$f^{<}, f^{<<<}$	Protección de sobrefrecuencia y baja frecuencia
81L	$f^{<}, f^{<<}$	Protección de baja frecuencia
81R	df/dt	Protección de velocidad de cambio de frecuencia (ROCOF)
25	$\Delta f, \Delta U, \Delta \phi$	Verificación de sincronismo
51F2	$I_{2d}^{>}$	Etapas O/C del segundo armónico
50BF	CBFP	Protección de falla del interruptor de circuito
99	Prg L...8	Etapas programables
50ARC/ 50NARC	$ArcI^{>}, ArcI_{01}^{>}, ArcI_{02}^{>}$	Protección opcional de falla de arco

Tabla 4.12 Funciones de protección VAMP 200 series.

Fuente: Instrucciones de operación y configuración del VAMP 257 (Fecha desconocida).

4.1.2.20 Curvas de protección de sobrecorriente $I^2 * t$

Las curvas de disparo de la serie 200 se encuentran normadas por los estándares ANSI/IEE, IEC, IEE2 y RI, con diferentes tipos de retardo. Cada curva viene diseñada bajo su propia ecuación paramétrica que representa la curva de tiempo inverso según la definición de cada estándar.

4.1.2.21 Curva de tiempo Inverso según IEC

Las curvas de tiempo inverso definidas por la IEC 60255-3 se encuentran estructuradas bajo la ecuación mostrada, donde la variación de los parámetros da origen a los 4 tipos de curvas: Normalmente Inverso (NI), Extremadamente Inverso (EI), Muy Inverso (VI) e Inverso de Tiempo Largo (LTI).

$$t = \frac{k A}{\left(\frac{I}{I_{pickup}} \right)^B - 1}$$

t: Tiempo de operación en segundos

K: Multiplicador del usuario

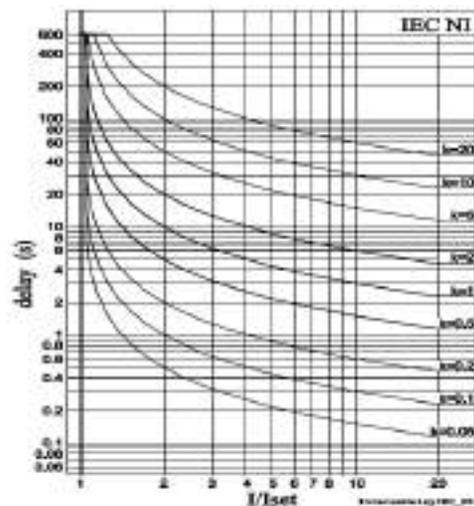
I: Valor medido

I pickup: Configuración de activación del usuario.

A, B: Parámetros según la tabla.

Tipo de retardo		Parámetro	
		A	B
NI	Inverso normal	0.14	0.02
EI	Extremadamente inverso	80	2
VI	Muy inverso	15.5	1
LTI	Inverso de largo tiempo	120	1

(a)



(b)

Figura 4.12 Parámetros Tipo de Retardo Estándar IEC (a) y Curva Característica IEC NI (b).

Fuente: Instrucciones de operación y configuración del VAMP 257
(Fecha desconocida).

4.1.2.22 Curvas de tiempo Inverso según ANSI/IEEE

A diferencia de la IEC, la ecuación de la ANSI/IEEE C37.112-1996 viene definida por 3 parámetros que le dan mayor grado de libertad al momento del diseño de las curvas. Según este estándar se definen 3 curvas principales: Moderadamente Inversa (IM), Muy Inversa (VI) y Extremadamente Inversa (EI), sin embargo, los relés VAMP de la serie 200 desarrollan otras versiones en base a la misma ecuación.

$$t = k \left[\frac{A}{\left(\frac{I}{I_{pickup}} \right)^C - 1} + B \right]$$

K: Multiplicador del usuario

I: Valor medido

Ipickup: Configuración de activación del usuario

A,B,C: Parámetros según la Tabla.

t: Tiempo de operación en segundos

Tipo de retardo		Parámetro		
		A	B	C
LTI	Inverso de largo tiempo	0.086	0.185	0.02
LTVI	Muy inverso de largo tiempo	28.55	0.712	2
LTEI	Extremadamente inverso de largo tiempo	64.07	0.250	2
IM	Moderadamente inverso	0.0515	0.1140	0.02
VI	Muy inverso	19.61	0.491	2
EI	Extremadamente inverso	28.2	0.1217	2
STI	Inverso de corto tiempo	0.16758	0.11858	0.02
STEI	Extremadamente inverso de corto tiempo	1.281	0.005	2

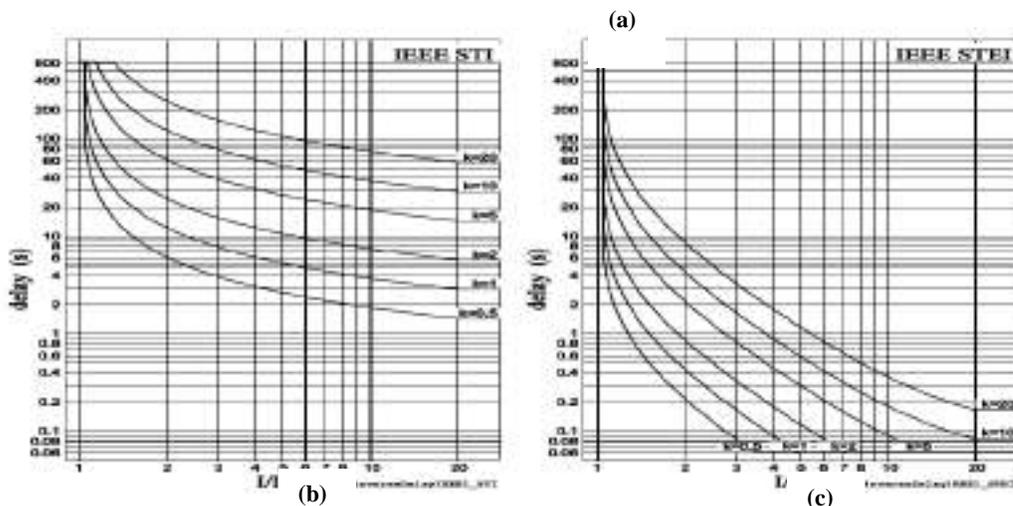


Figura 4.13 Parámetros Tipo de Retardo Estándar ANSI/IEEE (a), Curva Característica IEEE NI (b) Y Característica IEEE STEI (c).

Fuente: Instrucciones de operación y configuración del VAMP 257 (Fecha desconocida).

4.1.2.23 Curvas de tiempo Inverso según IEEE2

Se basa en los primeros pasos que se dieron para modelación matemática de los discos de inducción, consta de 4 parámetros, lo que le da una buena flexibilidad a la hora de diseño de la curva.

$$t = k \left[A + \frac{B}{\left(\frac{I}{I_{pickup}} - C \right)} + \frac{D}{\left(\frac{I}{I_{pickup}} - C \right)^2} + \frac{E}{\left(\frac{I}{I_{pickup}} - C \right)^3} \right]$$

t: Tiempo de operación en segundos.

K: Multiplicador del usuario.

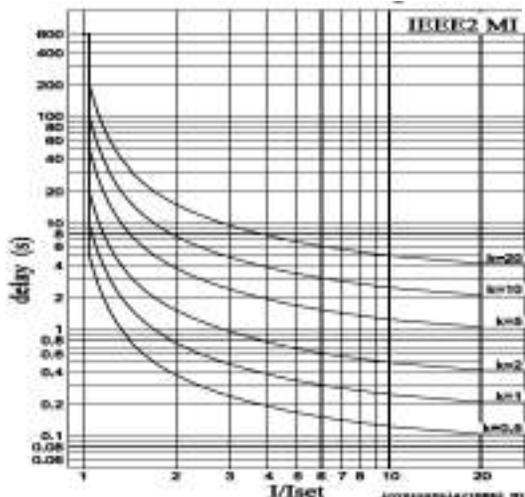
I: Valor medido.

A, B, C, D: Parámetros según la Tabla.

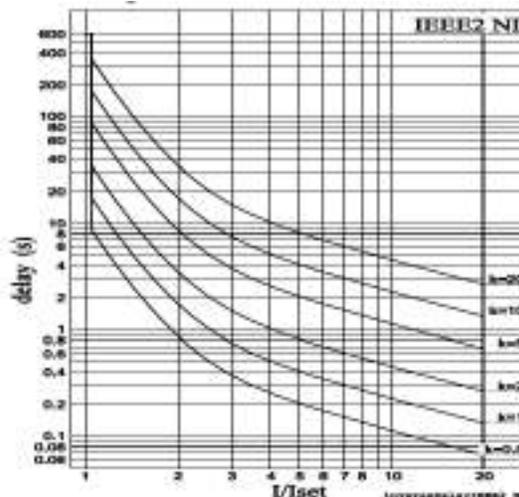
I pickup: Configuración de activación del usuario.

Tipo de retardo		Parámetro				
		A	B	C	D	E
IM	Moderadamente inverso	0.1735	0.6791	0.8	-0.08	0.1271
NI	Normalmente inverso	0.0274	2.2614	0.3	-1.899	9.1272
VI	Muy inverso	0.0615	0.7989	0.34	0.284	4.0505
EI	Extremadamente inverso	0.03	0.2294	0.5	3.0094	0.7222

(a)



(b)



(c)

Figura 4.14 Parámetros Tipo de Retardo Estándar IEEE2 (a), Curva Característica IEEE2 MI (b) Y Característica IEEE2 NI (c).

Fuente: Instrucciones de operación y configuración del VAMP 257 (Fecha desconocida).

4.1.2.24 Software de Interface de Usuario VAMPSET versión 2.2.177

Los relés de protección de la serie 200 de VAMP cuentan con dos interfaces de usuario para su ajuste y monitoreo, una es a través del display LDC que se encuentra en su panel frontal que permite una configuración rápida y accesible sin la necesidad de equipos externos, esta es manipulada por los botones de navegación adyacente a la misma. La otra es por medio del software VAMPSET Figura 4.15, que ofrece una interfaz gráfica de alto desempeño por puertos de comunicación RS-232 o comunicación Ethernet, también puede ser configurado bajo protocolos SPA-bus, Modbus TPC, Modbus RTU, Profibus DP, IEC 60870-5-103, IEC 60870-5-101, IEC 61850, que permiten monitorear las variables en tiempo real, programación a través C++, configuración de funciones de protección, accesibilidad al espectro de señales, oscilografías y memoria de eventos ocurridos.

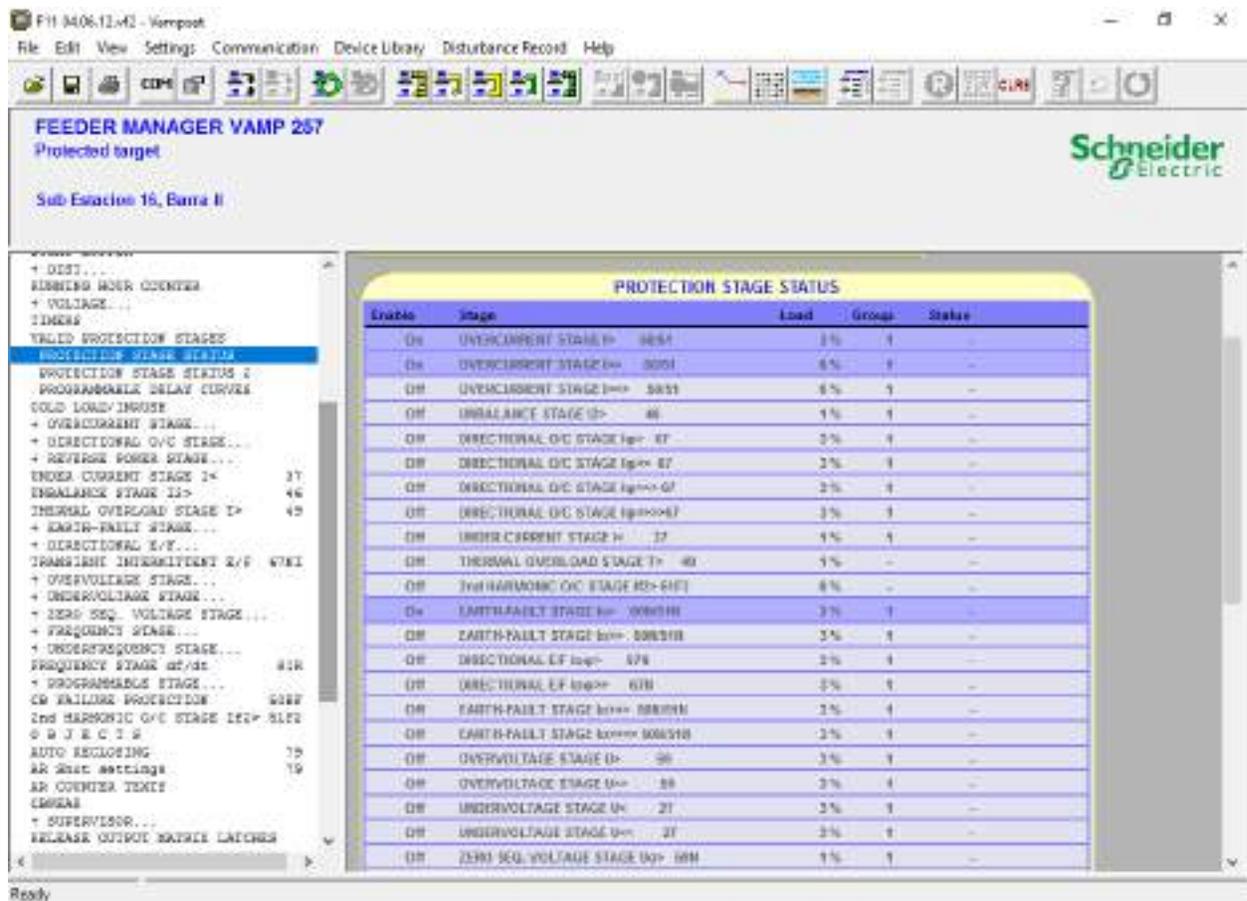


Figura 4.15 Software de Interfaz de usuario VAMPSET 2.2.177.

Fuente: VAMPSET 2.2.177 (2017)

4.1.2.25 Selección de los Ajustes para las Pruebas de VAMP 200 Series

Para la selección de las pruebas a realizar al VAMP, primero se deben escoger las funciones a ser evaluadas, para ello se levantó la Tabla C.19 con todos los relés VAMP instalados en la refinería “El Palito” y sus funciones de protección activas, esto gracias a las bondades del software VAMP SET, arrojando las siguientes funciones como las más indispensables:

Sobrecorrientes (50/51)

Función activa en los 9 equipos instalados, la misma está distribuida de acuerdo a la siguiente estructura:

- Sobrecorrientes en primera etapa I> (7/9) equipos
- Sobrecorrientes en segunda Etapa I>> (7/9) equipos
- Sobrecorrientes en tercera etapa I>>> (3/9) equipos

Desbalance de corriente (46)

Función activa en 5 de los 9 equipos instalados, presentada de acuerdo a la siguiente distribución:

- Corriente de secuencia negativa primera etapa I2> (5/9) equipos
- Corriente de secuencia negativa segunda etapa I2>> (2/9) equipos

Falla a Tierra (50/51G - 50/51N)

Función activa en los 9 equipos instalados, desglosados en:

- Corriente de secuencia cero en primera etapa I0> (7/9) equipos
- Corriente de secuencia cero en segunda etapa I0>> (5/9) equipos

Baja tensión (27)

Función activa en 7 de los 9 equipos instalados, distribuidos en:

- Baja tensión en primera etapa U< (6/9) equipos
- Baja tensión en tercera etapa U<< (2/9) equipos

Las funciones a probar fueron seleccionadas bajo un criterio de pruebas de mantenimiento preventivo y predictivo que pueda ser ejecutado por el Doble F6150 y que el mismo determine el funcionamiento exitoso en primera instancia del relé, por lo que se descarta pruebas de falla de arco, sincronismo, térmica y aquellas que no representen una función prioritaria según el criterio técnico de la empresa.

De igual manera la selección de los ajustes que se presentaran a continuación se obtendrán bajo un criterio de similitud con los equipos instalados en campo, obteniéndose referencias de instalación de acuerdo a la base de datos, construyendo con estos un ajuste multifuncional genérico para el desarrollo de las pruebas, pudiéndose cargar mediante el software VAMPSET en el relé a ser probado.

4.1.2.26 Ajustes de las pruebas del VAMP para protección contra sobrecorriente.

Para la protección en la primera etapa de sobrecorriente, el software VAMPSET ofrece un rango de ajuste de 1 a 5 veces la corriente pickup. Se selecciona un ajuste de $1.3xI_n$, indicando un 30% de sobrecarga bajo una curva IEC Normalmente Inversa. Valor escogido como solicitud del personal técnico para la prueba del VAMP 257 del alimentador F-10 de la subestación 16 por fallas presentadas en mismo, razón por la cual se establecieron estos ajustes como punto de partida para el desarrollo de las pruebas.

De igual manera para protección en segunda etapa se selecciona un pickup de $2.5xI_n$ con un tiempo de disparo de 0.6 (s) de tiempo definido (DT), y tercera etapa de sobrecorriente $5xI_n$ a 0.1 (s) DT, condiciones que son arbitrarias pero que no juegan un papel crítico en la prueba siempre y cuando su operación muestre el perfecto funcionamiento del relé probado.

4.1.2.27 Ajustes de las pruebas del VAMP para la protección contra desbalance de corriente.

Para la corriente de secuencia negativa se toma el valor ofrecido por los dos únicos relés que ofrecen esta configuración (S/E #10), tomándose el valor de un 10% de circulación de corriente de secuencia negativa en primera etapa con un tiempo de disparo de 5 (s) DT y para la segunda etapa de 80% representado virtualmente la pérdida de una fase con un tiempo casi instantáneo de 0.1 (s).

4.1.2.28 Ajustes de las pruebas del VAMP para la protección contra falla a tierra.

La selección del ajuste de la protección de falla a tierra depende directamente del sensor de corriente de neutro, usando como referencia para esta, el VAMP 257 ubicado en la S/E #16 en el alimentador F-10, siendo uno de los pocos con la activación de protección de falla a tierra en primera y segunda etapa, ofreciendo la información necesaria para una correcta configuración de la función deseada, poseyendo este un sensor de corriente de 50 a 5 (A), con un ajuste para la primera etapa de una corriente pickup de 1 p.u. con una característica de disparo Inversa de Tiempo Largo LTI de IEC, y para la segunda etapa de protección tenemos un pickup de 4 p.u. con un tiempo de disparo de 0.08 (s) de tiempo definido.

4.1.2.29 Ajustes de las pruebas del VAMP para la protección contra Baja tensión.

Al igual que la función anterior se implementará como referencia para la selección de los valores de ajustes para las pruebas la configuración ofrecida por un equipo instalado en campo que cumpla con los requerimientos en protección de bajo voltaje en primera y segunda etapa, siendo seleccionado el VAMP 255 ubicado en el Barra A de CD8-BTX bajo los valores de pickup en primera etapa de un 90% del voltaje nominal con un tiempo de disparo de 3 (s) DT y para la segunda etapa un pickup de 70% del voltaje nominal con un tiempo instantáneo de disparo de 0.06 (s).

El correcto funcionamiento de los relés será corroborado de acuerdo a las tolerancias estipuladas en el respectivo manual de operación y mantenimiento expresados en la Tabla B.5, B.6, B.7.

SCALING

CT Primary	600 (A)
CT Secondary	5 (A)
VT Primary	13.800 (V)
VT Secondary	120 (V)
Io2 CT Primary	50 (A)
Io2 CT Secondary	5 (A)

OVERCURRENT STAGE

Función de protección (50/51)	Pickup	Tiempo de operación (s)
I>	1.3x In	IEC-NI
I>>	2.5x In	0.6
I>>>	5x In	0.1

UNBALANCE STAGE

Función de protección (46)	Pickup	Tiempo de operación (s)
I2>	10%	5
I2>>	80%	0.1

EARTH-FAULT STAGE

Función de protección (50N/51N)	Pickup Io2 salida de 5 (A)	Tiempo de operación (s)
Io2>	1x Io2	IEC-LTI
Io2>>	4x Io2	0.08

UNDERVOLTAGE STAGE

Función de protección (27)	Pickup Io2 salida de 5 (A)	Tiempo de operación (s)
U<	90%	3
U<<	70%	0.06

Tabla 4.13 Selección del pickup y tiempos de operación de las funciones de protección para las pruebas automatizadas.

Fuente: Instrucciones de operación y configuración del VAMP 257 (Fecha desconocida).

4.1.3 Construir las curvas de disparo y los fenómenos eléctricos requeridos para la simulación de las fallas mediante el uso de modelos matemáticos.

4.1.3.1 Construcción de la curva de disparo los relés IQ500 series

Las curvas de disparo de este relé están basadas en la norma NEMA ICS2-2000 donde se establece que las curvas de tiempo inverso para la protección contra sobrecorriente en motores NEMA MG-1 deben ser clasificadas en Clases, estas Clases establecen el tiempo de disparo para una corriente de un 600% de la corriente nominal.

En nuestro caso para los modelos IQ500 Series trabajaremos con la Clase 10, es decir, para una corriente del 6 veces la nominal obtendremos un disparo en 10 (s). Esta curva de tiempo inverso no posee una ecuación característica, solo una representación gráfica mostrada en la Figura 4. 2.

Para la obtención de la ecuación que rige dicho comportamiento haremos de utilidad del método de *Regresiones no lineales*, que por medio de una ecuación paramétrica similar a la de la estructura, podemos conseguir la mejor aproximación a la curva mediante la variación de sus parámetros. El software Microsoft Office, en su herramienta de cálculo Excel, ofrece un complemento llamado *Solver*, que permite ejecutar regresiones lineales y no lineales con excelente precisión bajo restricciones definidas por el usuario.

Comenzando con la construcción de la ecuación de tiempo inverso de los relés IQ500 Series Clase 10, primero extraemos de su curva característica los puntos que conforman el comportamiento de la misma:

I Trip Rating	TGraf (s)
1.01	640
1.1	400
1.2	290
1.3	220
1.4	170
1.5	140
1.6	120
1.7	100
1.8	85
1.9	75
2	70
2.5	45
3	30
3.5	21
4	16
4.5	13
5	10
6	7
7	5
8	4.2

Tabla 4.14 Comportamiento punto a punto de la curva de disparo de los IQ500 Series.

Es de recordar que los múltiplos establecidos en la curva, están pautados para la corriente de disparo *Trip Current rating* no para la corriente nominal, en consecuencia no se ve expresado en la misma la característica de la norma NEMA ISC2-2000, aunque si está documentada en el manual tal como se observa en la Tabla 4.5.

Una vez que tenemos los puntos que rigen el comportamiento, es hora de escoger una ecuación paramétrica aproximada a la estructura de la curva deseada. Para ello se seleccionó la ecuación del estándar ANSI/IEEE para tiempo inverso, por su practicidad y variedad de parámetros:

$$t = K * \left[\frac{A}{M^B - C} - D \right]$$

Haciendo utilidad de la herramienta *Solver*, variamos los parámetros de la ecuación usando como restricción el mínimo valor de la desviación promedio entre la curva patrón y la resultante, obteniendo la siguiente aproximación:

I Trip rating	TGraf (s)	TSimul (s)	Desviación
1.01	640	638.2777567	2.966121922
1.1	400	407.3291835	53.7169315
1.2	290	284.6516402	28.60495275
1.3	220	215.2974938	22.11356503
1.4	170	170.971178	0.943186693
1.5	140	140.3569524	0.127415017
1.6	120	118.0484507	3.808544542
1.7	100	101.1394468	1.298338929
1.8	85	87.93016419	8.585862203
1.9	75	77.36123318	5.575422111
2	70	68.7388014	1.59062191
2.5	45	42.28021851	7.397211379
3	30	29.09116396	0.825982947
3.5	21	21.42607988	0.181544068
4	16	16.52595116	0.276624619
4.5	13	13.18102397	0.032769679
5	10	10.78497837	0.616191045
6	7	7.640361651	0.410063044
7	5	5.715939744	0.512569717
8	4.2	4.445913118	0.060473261
Desviación Promedio=			6.982219619

Tabla 4.15 Desviaciones del tiempo deseado vs el tiempo calculado mediante la herramienta *Solver* de Microsoft Excel.

Arrojando finalmente los parámetros de la ecuación característica deseada:

A	45.43950842
B	1.80356126
C	0.719161772
D	0.028026474

$$t = \left[\frac{45.4395}{M^{1.8035} - 0.7191} - 0.0280 \right] * 4.2$$

Curva resultante:

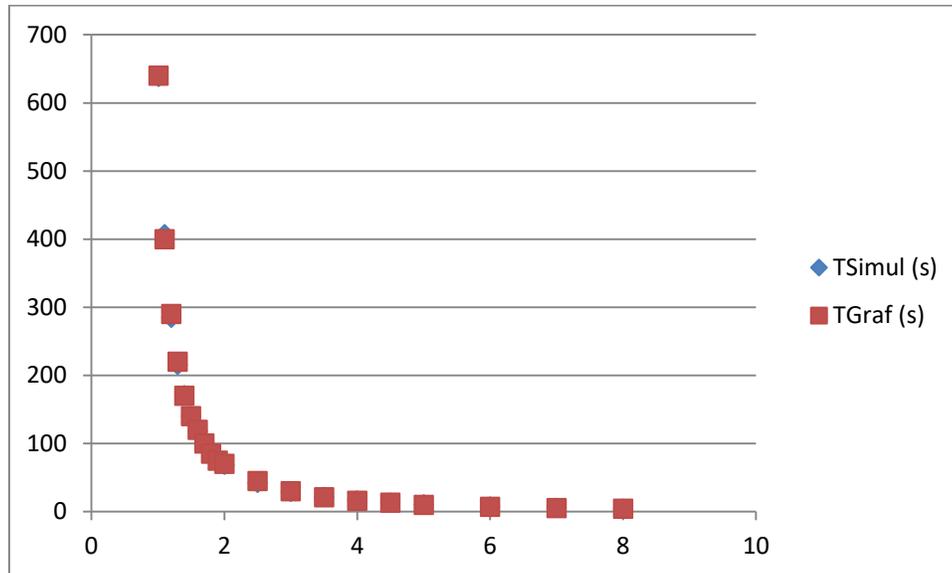


Figura 4.16 Comparación de curva de tiempo inverso del manual de operación vs la creada por regresiones no lineales.

Esta curva resultante ofrece una muy buena aproximación para la simulación ya que en los puntos de interés de la prueba que son 150% y 200% se posee una desviación de 0.12 (s) y 1.59 (s) respectivamente, discrepancia aceptable para un relé térmico bajo esas condiciones de operación.

4.1.3.2 Construcción de las fallas.

Sobrecarga:

IQ-500L $I_{pickup}: 2(A)$

Punto de prueba	Corriente Trifásica (A)	Tiempo de respuesta (s)
150%	3	140
200%	4	70

(a)

IQ-502 $I_{Pickup}: 3.93(A)$

Punto de prueba	Corriente Trifásica (A)	Tiempo de respuesta (s)
150%	5.895	140
200%	7.86	70

(b)

IQ-504 $I_{Pickup}: 12.4(A)$

Punto de prueba	Corriente Trifásica (A)	Tiempo de respuesta (s)
150%	18.6	140
200%	24.8	70

(C)

Tabla 4.16 Corriente de inyección y respectivo tiempo de repuesta deseado prueba de sobrecarga.

(a). IQ500L, (b). IQ502, (c). IQ504.

Desbalance:

$$\%Desb = \frac{(I_{max} - I_{min})}{I_{max}} * 100$$

La función de desbalance es calculada por medio de la máxima diferencia de corrientes entre 2 de las 3 fases, por lo cual es indiferente la fase a desbalancear. Asumiendo que la mínima corriente es la nominal, buscamos la máxima corriente de desbalance:

$$I_{max} * \%Desb = (I_{max} - I_{min}) * 100 \quad ; \quad I_{max} = \frac{I_{min}}{\left(1 - \frac{\%Desb}{100}\right)}$$

Finalmente seleccionando un ajuste para un 20% de desbalance sustituimos en la ecuación:

$$I_{max} = \frac{I_{min}}{(1-0.2)} \quad ; \quad I_{max} = 1.25 * I_{min}$$

IQ-500L $I_{Pickup}: 2(A)$

Porcentaje de Desbalance	Fase Desbalanceada	Corriente de Desbalance (A)	Tiempo de respuesta (s)
19%	A	2.47	15
20%		2.5	
21%		2.53	
22%		2.56	
23%		2.59	
24%		2.63	

(a)

IQ-502 $I_{Pickup}: 3.93(A)$

Porcentaje de Desbalance	Fase Desbalanceada	Corriente de Desbalance (A)	Tiempo de respuesta (s)
19%	A	4.85	15
20%		4.91	
21%		4.97	
22%		5.03	
23%		5.1	
24%		5.17	

(b)

IQ-504 $I_{Pickup}: 12.4(A)$

Porcentaje de Desbalance	Fase Desbalanceada	Corriente de Desbalance (A)	Tiempo de respuesta (s)
19%	A	15.3	15
20%		15.5	
21%		15.7	
22%		15.9	
23%		16.1	
24%		16.3	

(c)

Tabla 4.17 Corriente de inyección y respectivo tiempo de repuesta deseado prueba de desbalance. (a). IQ500L, (b). IQ502, (c). IQ504.

Falla a tierra:

La característica de falla a tierra es ajustada similarmente para los modelos IQ502 e IQ504, no obstante para los IQ500L al ser el modelo de menor capacidad se diferencia de estos, ofreciendo una sensibilidad mayor para corrientes de falla pequeñas.

La serie IQ500 de Cutlerhammer no posee sensor de falla a tierra independiente, y esta medición es obtenida mediante sus sensores de fase de acuerdo a la suma vectorial de las mismas, es decir, corriente residual. Debido a esto si cualquiera de los sensores de las fases presenta alguna descalibración puede afectar a la lectura de la falla en dicha fase, por consiguiente se sugiere realizar una falla monofásica por fase.

Para la construcción de la falla monofásica se debe tomar en cuenta que la suma vectorial de las tres fases debe ser la corriente de ajuste del relé, debido a esto, por practicidad se asumen 2 fases iguales a cero (sistema en vacío) y una energizada. Según la teoría de componentes simétricas podemos definir que:

$$IF_{L-T} = 3 * I_0 = I_A + I_B + I_C ; IF_{L-T} = 3 * I_0 = I_A + I_B + I_C ; IF_{L-T} = 3 * I_0 = I_A$$

Pickup IQ-500L

Fases	Corriente de Falla a Tierra Fase A (A)	Corriente de Falla a Tierra Fase B (A)	Corriente de Falla a Tierra Fase C (A)	Tiempo de respuesta (s)
A	3	0	0	2
B	0	3	0	
C	0	0	3	

(a)

Pickup IQ-502 y IQ-504

Fases	Corriente de Falla a Tierra Fase A (A)	Corriente de Falla a Tierra Fase B (A)	Corriente de Falla a Tierra Fase C (A)	Tiempo de respuesta (s)
A	5	0	0	2
B	0	5	0	
C	0	0	5	

(b)

Tabla 4.18 Corriente de inyección y respectivo tiempo de respuesta deseado prueba de Falla a Tierra(a). IQ500L, (b). IQ502 y IQ504.

4.1.3.3 Coordinación entre ajustes:

Para la correcta ejecución de las pruebas es necesario cerciorarse que no se realicen disparos errados por mal coordinación entre los ajustes del equipo en el caso de la protección de desbalance y falla a tierra, ya que un desbalance posee una circulación de corriente residual, y a su vez una falla a tierra origina un desbalance, por ello se aplicará la teoría de componente simétricas para certificar esto.

Descoordinación debido al contenido de componente de secuencia cero en el desbalance:

IQ-500L

Fases desbalanceadas: $I_A = 2.5 (A)$; $I_B = 2 (A)$; $I_C = 2 (A)$

$$IF_{L-T} = 3 * I_0 = I_A + I_B + I_C \quad ; \quad IF_{L-T} = 3 * I_0 = 2.5\angle 0^\circ + 2\angle 120^\circ + 2\angle 240^\circ$$

$$IF_{L-T} = 3 * I_0 = 0.5\angle 0^\circ$$

Tiempo de disparo por desbalance $T_{Desb.} = 15 (s)$

Tiempo de disparo por falla a tierra $T_{FG.} = 2 (s)$

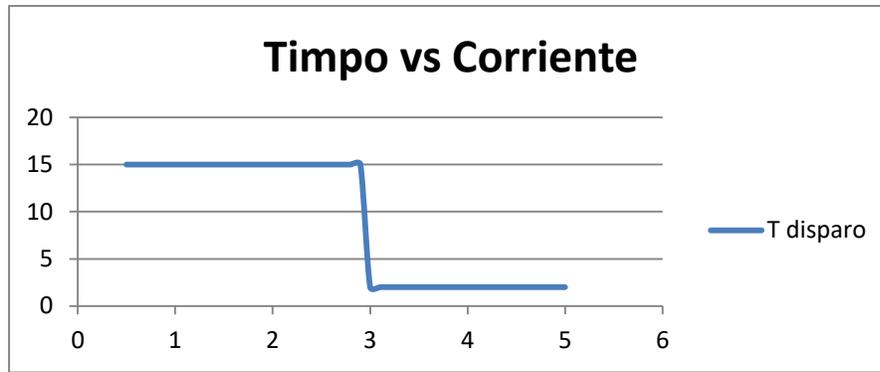


Figura 4.17 Característica Tempo-Corrente de sequencia zero entre ajustes de desbalance y falla a tierra IQ 500L.

IQ-502

$$I_A = 4.91 (A); I_B = 3.93 (A); I_C = 3.93 (A)$$

$$IF_{L-T} = 3 * I_0 = I_A + I_B + I_C \quad ; \quad IF_{L-T} = 3 * I_0 = 4.91\angle 0^\circ + 3.93\angle 120^\circ + 3.93\angle 240^\circ$$

$$IF_{L-T} = 3 * I_0 = 0.98\angle 0^\circ$$

Tiempo de disparo por desbalance $T_{Desb.} = 15 (s)$

Tiempo de disparo por falla a tierra $T_{FG.} = 2 (s)$

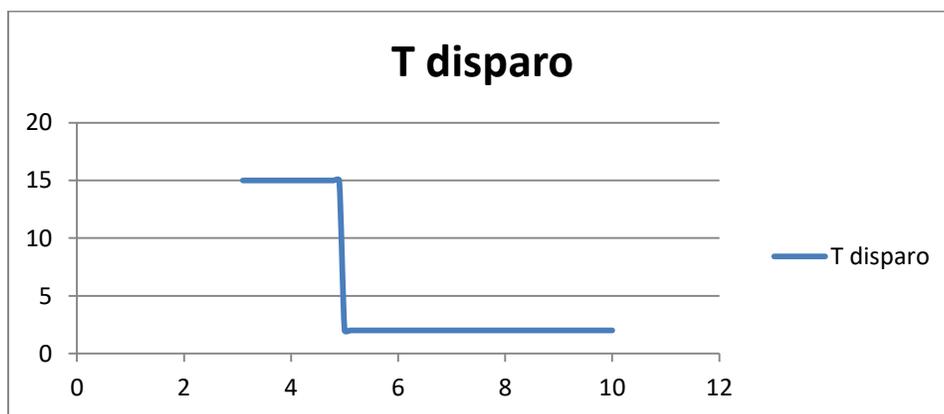


Figura 4.18 Característica Tempo-Corrente de sequencia zero entre ajustes de desbalance y falla a tierra IQ 502.

IQ-504

$$I_A = 15.5 (A); I_B = 12.4 (A); I_C = 12.4 (A)$$

$$IF_{L-T} = 3 * I_0 = I_A + I_B + I_C \quad ; \quad IF_{L-T} = 3 * I_0 = 15.5\angle 0^\circ + 12.4\angle 120^\circ + 12.4\angle 240^\circ$$

$$IF_{L-T} = 3 * I_0 = 3.1\angle 0^\circ$$

$$\text{Tiempo de disparo por desbalance } T_{Desb.} = 15 (s)$$

$$\text{Tiempo de disparo por falla a tierra } T_{FG.} = 2 (s)$$

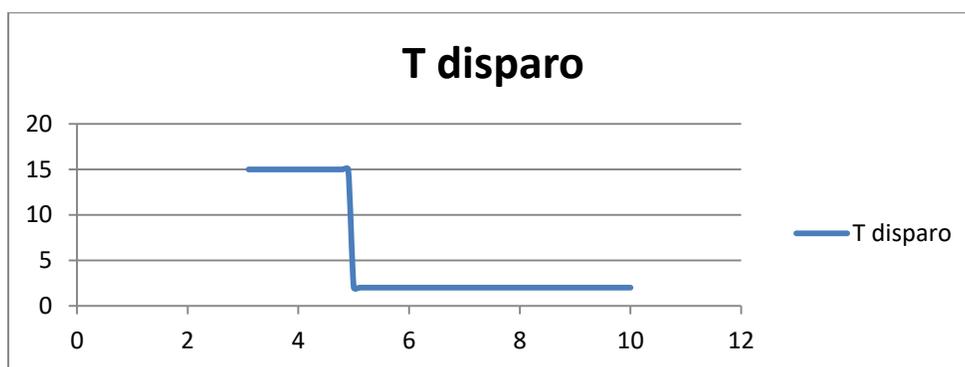


Figura 4.19 Característica Tiempo-Corriente de secuencia cero entre ajustes de desbalance y falla a tierra IQ 504.

Analizando los gráficos podemos cerciorarnos de la buena coordinación de los ajustes, ya que no hay ningún solapamiento en los tiempos de disparo para ambas funciones de protección debido a la circulación de corriente residual $3I_0$.

Descoordinación debido al desbalance presente en la falla a tierra:

IQ500L

$$I_A = 3 (A) \quad ; \quad I_B = 0 (A) \quad ; \quad I_C = 0 (A)$$

$$\%Desb = \frac{(I_{max}-I_{min})}{I_{max}} * 100 \quad ; \quad \%Desb = \frac{(3-0)}{3} * 100 \quad ; \quad \%Desb = 100 \%$$

IQ502 e IQ504

$$I_A = 5 (A) \quad ; \quad I_B = 0 (A) \quad ; \quad I_C = 0 (A)$$

$$\%Desb = \frac{(I_{max}-I_{min})}{I_{max}} * 100 \quad ; \quad \%Desb = \frac{(5-0)}{5} * 100 \quad ; \quad \%Desb = 100 \%$$

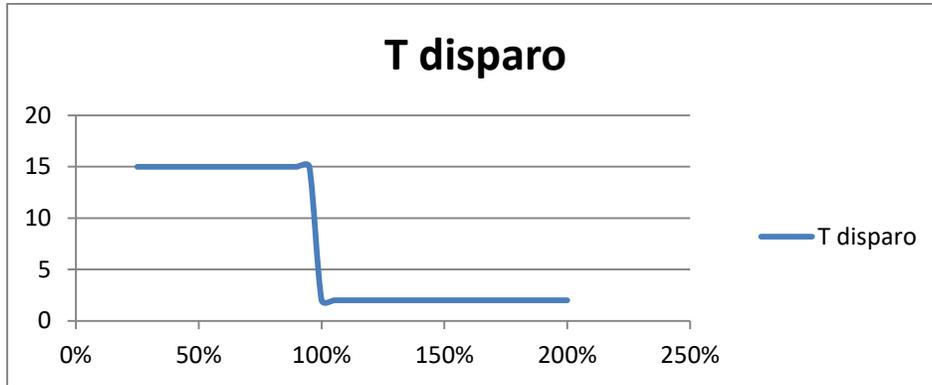


Figura 4.20 Característica Tiempo-Corriente de secuencia cero entre ajustes de desbalance y falla a tierra IQ 500 Series.

En el gráfico se puede observar que no existe ningún problema en la coordinación de los ajustes seleccionados, ya que no hay solapamiento por presencia del desbalance en el ajuste de falla a tierra.

4.1.3.4 Construcción de la curva de disparo del relé de protección MP-3000.

La curva de disparo del relé MP-3000 es diseñada en base las siguientes características de los ajustes seleccionados:

- 1) Rotor bloqueado (lr)

$$X = \left(\frac{I_{lr}}{I_n}\right)^2 * t_{lr}; \quad X = (3)^2 * 20 = 120$$

- 2) Corriente de cortocircuito (cc ó IOC)

$$t_{cc} = \frac{X}{\left(\frac{I_{cc}}{I_n}\right)^2}; \quad t_{cc} = \frac{120}{(9)^2} = 1.48 \text{ (s)}$$

- 3) Sobrecarga (ol)

$$t_{ol} = \frac{X}{\left(\frac{I_{ol}}{I_n}\right)^2}; \quad t_{ol} = \frac{120}{(1)^2} = 120 \text{ (s)}$$

- 4) Jam

$$Jam = 2 * I_n ; t_{Jam} = 25 \text{ (s)}$$

- 5) Baja Carga (Ul)

$$Ul = 0.4 * I_n ; t_{Ul} = 15 \text{ (s)}$$

Como las curvas de tiempo inverso vienen representadas en formato bilogarítmico, se tiene que conseguir la ecuación de disparo en esta escala según la siguiente estructura:

$$y = bx^m$$

Donde m viene expresada como:

$$m = \frac{\log_{10} y_2 - \log_{10} y_1}{\log_{10} x_2 - \log_{10} x_1}$$

Debido a que el manual establece que los puntos que rigen esta curva los conforma el pickup y la IOC, utilizaremos estos dos para conseguir la pendiente:

$$y_2 = 120 \quad ; \quad y_1 = 1.48$$

$$x_2 = 1 \quad ; \quad x_1 = 9$$

Sustituyendo tenemos:

$$m = \frac{\log_{10} 120 - \log_{10} 1.48}{\log_{10} 1 - \log_{10} 9} \quad ; \quad m = -2$$

Para conseguir el punto de intersección b sustituimos los parámetros en la ecuación y despejamos:

$$b = \frac{y}{x^m} \quad ; \quad b = \frac{120}{1^{-2}} \quad ; \quad b = 120$$

Finalmente la ecuación característica para sobrecarga del MP 3000 para los ajustes escogidos es:

$$y = 120x^{-2}$$

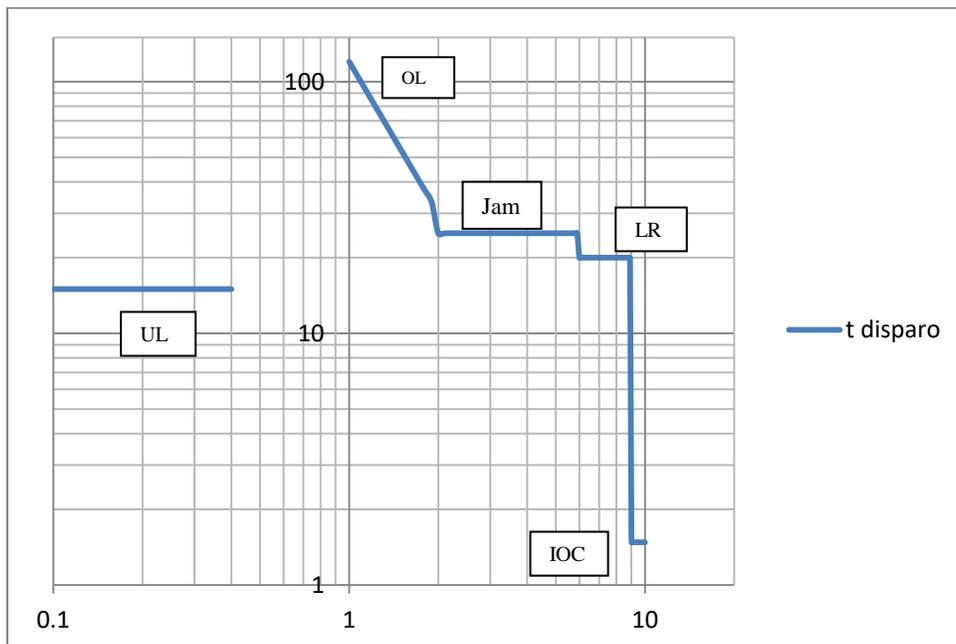


Figura 4.21 Característica de disparo del relé MP 3000.

4.1.3.5 Construcción de las fallas del relé MP3000

Corriente nominal (FLA)

$$FLA_{primario}=80 \text{ (A)}; \quad PCT=200/5; \quad FLA_{secundario} = \frac{80 \cdot 5}{200} = 2 \text{ (A)}$$

Sobrecarga(*ol*):

Punto de prueba	Corriente Trifásica (A)	Tiempo de respuesta (s)
125%	2.5	76.8
180%	3.6	37.03

Jam:

Punto de prueba	Corriente Trifásica (A)	Tiempo de respuesta (s)
Pickup 200%	4	25
250%	5	25

Rotor bloqueado (*lr*):

Punto de prueba	Corriente Trifásica (A)	Tiempo de respuesta (s)
Pickup 300%	6	20
350%	7	20

Sobrecorriente Instantánea (*IOC*):

Punto de prueba	Corriente Trifásica (A)	Tiempo de respuesta (s)
Pickup 900%	18	0.083
950%	19	0.083

Baja Carga (*Ul*):

Punto de prueba	Corriente Trifásica (A)	Tiempo de respuesta (s)
Pickup 40%	0.8	15

Tabla 4.19 Corriente de inyección y respectivo tiempo de repuesta deseado prueba de Sobrecorriente MP3000.

Falla a Tierra (FG):

El ajuste de la protección contra falla a tierra es referenciado por la relación del sensor de tierra.

$$I_{FG} = 10\% \text{ GTC}$$

Siendo sensor de relación $\text{GTC} = 50/5$

$$I_{FG-Primario} = 0.1 * 50 = 5 \text{ (A)} \quad ; \quad I_{FG-Segundario} = 0.1 * 5 = 0.5 \text{ (A)}$$

Para el desarrollo de la falla se inyectará una corriente monofásica en dicho sensor de la magnitud especificada:

Punto de prueba	Corriente Monofásica (A)	Tiempo de respuesta (s)
Pickup 10%	0.5	0.25
20%	1	0.25

Tabla 4.20 Corriente de inyección y respectivo tiempo de repuesta deseado prueba de Falla a Tierra MP3000.

Desbalance de corrientes:

La protección contra desbalance de corrientes es analizada mediante la descomposición de las señales en sus componentes simétricas, y será calculada mediante la relación entre la componente de secuencia negativa y la positiva expresada porcentualmente.

$$\%Desb = \frac{I_2}{I_1} * 100$$

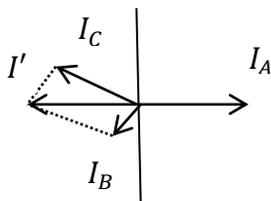
Esta relación nos ofrece un infinito rango de combinación de señales de inyección que cumplan con esta condición. Pero sin embargo, como no se desea un problema de coordinación entre la prueba de falla a tierra y desbalance de corrientes, es necesario construir un desbalance cuya componente de secuencia cero sea nulo o menor al ajuste de la protección de falla a tierra.

Para diseñar esta característica, el fasor resultante de la suma vectorial de las fases desbalanceadas B y C debe tener un valor tal que, su magnitud sea lo más aproximada a la fase A y su ángulo esté en contrafase a esta, es decir, tiene que resultar la conjugada de la fase A.

Para ello, definimos al fasor I' que cumple con la condición dada.

$$I' = I_B + I_C \quad \therefore \quad I_B \neq I_C$$

$$I' = I_A^*$$



Trabajando con valores en p.u para la generalización del criterio de diseño tenemos que:

$$I_A = 1\angle 0^\circ$$

Por consiguiente:

$$I' = 1\angle 180^\circ$$

Luego se restringirán los grados de libertad asignándole un ángulo de 120° a la fase I_C y variaremos su magnitud hasta que dicha ecuación arroje un valor del fasor I_B cuyo desbalance sea aproximado a un 10% mediante la relación $\frac{I_2}{I_1}$.

Despejando I_B tenemos:

$$I_B = I' - I_C$$

Esta aplicación matemática abre puertas a líneas de investigación en el estudio de análisis fallas para la comprensión de los desbalances de fases en sistemas de potencia y maquinas rotativas.

1) Aproximación. (Balance) $I_C = 1\angle 120^\circ$

$$I_B = 1\angle 180^\circ - 1\angle 120^\circ; \quad I_B = 1\angle 240^\circ$$

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} * \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1\angle 120^\circ & 1\angle 240^\circ \\ 1 & 1\angle 240^\circ & 1\angle 120^\circ \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1\angle 0^\circ \\ 1\angle 240^\circ \\ 1\angle 120^\circ \end{bmatrix}; \quad \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0\angle 0^\circ \\ 1\angle 0^\circ \\ 0\angle 0^\circ \end{bmatrix};$$

$$\%Desb = \frac{I_2}{I_1} * 100 = 0$$

2) Aproximación. Desbalancear I_C un 10% en magnitud. $I_C = 1.1\angle 120^\circ$

$$I_B = 1\angle 180^\circ - 1.1\angle 120^\circ; \quad I_B = 1.0535\angle -115.28^\circ$$

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} * \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1\angle 120^\circ & 1\angle 240^\circ \\ 1 & 1\angle 240^\circ & 1\angle 120^\circ \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1\angle 0^\circ \\ 1.0535\angle -115.28^\circ \\ 1.1\angle 120^\circ \end{bmatrix}; \quad \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6.46E^{-4}\angle -19.46^\circ \\ 3.1510\angle 1.58^\circ \\ 0.1738\angle -149.96^\circ \end{bmatrix}$$

$$\%Desb = \frac{I_2}{I_1} * 100 = \frac{0.1738}{3.1510} * 100;$$

$$\%Desb = \frac{I_2}{I_1} = 5.51\%$$

3) Aproximación. Desbalancear I_C un 20% en magnitud. $I_C = 1.2\angle 120^\circ$

$$I_B = 1\angle 180^\circ - 1.2\angle 120^\circ; \quad I_B = 1.1135\angle -111.05^\circ$$

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} * \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1\angle 120^\circ & 1\angle 240^\circ \\ 1 & 1\angle 240^\circ & 1\angle 120^\circ \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1\angle 0^\circ \\ 1.1135\angle -111.05^\circ \\ 1.2\angle 120^\circ \end{bmatrix}; \quad \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5.47E^{-4}\angle 54.03^\circ \\ 3.3044\angle 3.00^\circ \\ 0.3464\angle -149.99^\circ \end{bmatrix}$$

$$\%Desb = \frac{I_2}{I_1} * 100 = \frac{0.3464}{3.3044} * 100;$$

$$\%Desb = \frac{I_2}{I_1} = 10.48\%$$

4) Aproximación. Desbalancear I_C un 30% en magnitud. $I_C = 1.3\angle 120^\circ$

$$I_B = 1\angle 180^\circ - 1.3\angle 120^\circ; \quad I_B = 1.1789\angle -107.26^\circ$$

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} * \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1\angle 120^\circ & 1\angle 240^\circ \\ 1 & 1\angle 240^\circ & 1\angle 120^\circ \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1\angle 0^\circ \\ 1.1789\angle -107.26^\circ \\ 1.3\angle 120^\circ \end{bmatrix}; \quad \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.11E^{-4}\angle 5.70^\circ \\ 3.4596\angle 4.30^\circ \\ 0.5197\angle -149.99^\circ \end{bmatrix}$$

$$\%Desb = \frac{I_2}{I_1} * 100 = \frac{0.5197}{3.4596} * 100;$$

$$\%Desb = \frac{I_2}{I_1} = 15.02\%$$

En base a estos cálculos, seleccionamos las 3 aproximaciones realizadas como puntos de prueba para evaluar la función de desbalance de corriente.

Corriente nominal: 2 (A)

Porcentaje de Desbalance	Fases	Corriente de Desbalance (p.u)	Corriente de Desbalance (A)	Tiempo de respuesta (s)
5.51%	A	1∠0°	2∠0°	15
	B	1.0535∠-115.28°	2.106∠-115.28°	
	C	1.1∠120°	2.2∠120°	
Pickup 10.48%	A	1∠0°	2∠0°	15
	B	1.1135∠-111.05°	2.227∠-111.05°	
	C	1.2∠120°	2.4∠120°	
15.02%	A	1∠0°	2∠0°	15
	B	1.1789∠-107.26°	2.3578∠-107.26°	
	C	1.3∠120°	2.6∠120°	

Tabla 4.21 Corriente de inyección y respectivo tiempo de repuesta deseado prueba de Desbalance de Fases MP3000.

4.1.3.6 Construcción de la curva de disparo de los relés de protección VAMP-200 Series.

Los relés de protección VAMP poseen sus curvas de disparos definidas por los estándares internacionales, en nuestro caso trabajaremos para la función contra sobrecorriente con la curva Normalmente Inversa del Estándar IEC y para la protección contra falla a tierra la curva del estándar IEC Inverso de Tiempo Largo (LTI). Estas características están construidas bajo una ecuación cuyos parámetros están definidos por el estándar según su comportamiento.

El factor k de la ecuación es la representación matemática del DIAL del relé, es decir, el ajuste del retardo de la curva, éste desplaza la curva en forma vertical obteniéndose diferentes tiempos de respuesta para un mismo comportamiento. Por practicidad a la hora del manejo, se seleccionó un factor de $k = 1$.

Gracias a la estandarización de las curvas de disparo de los relés no es necesario aplicar métodos matemáticos y aproximaciones numéricas para su implementación, trabajándose directamente con las ecuaciones que estas ofrecen.

4.1.4 Construcción de las fallas de los relés de protección VAMP-200 Series.

Sobrecorriente (OC)

En función de los ajustes seleccionados, existen 3 etapas de protección para la función de sobrecorriente:

Etapas de protección	Tipo de retardo	Tiempo de respuesta (s)
$I >$	Tiempo Inverso	IEC-NI
$I >>$	Tiempo definido	0.6
$I >>>$	Instantáneo	0.1

Tabla 4.22 Etapa de protección y curva característica de operación de sobrecorriente VAMP 200 Series.

Tal como se tomó para la función de tiempo inverso de los IQ500, se asignarán 2 puntos de prueba, uno a 150% y otro al 200% de la corriente nominal, es de enfatizar que estos dos puntos representan la mínima trayectoria de la curva con un mínimo tiempo de inyección. Para la etapa $I >>$ se evaluará el punto del pickup al 250% y 300%. Y finalmente para la etapa $I >>>$ se probará su pickup respectivo a un 500%.

Corriente nominal en el secundario del TC: 5 (A)

Etapas de protección	Punto de prueba (%)	Corriente Trifásica (A)	Tiempo de respuesta (s)
$I >$	150	7.5	17.19
	200	10	10.02
$I >>$	250	12.5	0.6
	300	15	0.6
$I >>>$	500	25	0.1

Tabla 4.23 Puntos de pruebas de sobrecorrientes VAMP 200 Series.

Falla a Tierra (FG)

La protección contra falla a tierra se divide en dos etapas, la primera etapa $I_0 >$ posee un tipo de retardo según el estándar IEC Inverso de Tiempo Largo (LTI), y la segunda etapa $I_0 >>$ un tiempo instantáneo de 0.08 (s).

Etapas de protección	Tipo de retardo	Tiempo de respuesta (s)
$I_0 >$	Tiempo Inverso	IEC-LTI
$I_0 >>$	Tiempo instantáneo	0.08

Tabla 4.24 Etapa de protección y curva característica de operación ajuste de Falla a Tierra VAMP 200 Series.

Los relés VAMP poseen la capacidad para 2 sensores de corriente independientes I_{01} de entrada de 1 (A) e I_{02} de entrada de 5 (A) siendo seleccionado este último para las pruebas. En la falla a tierra se inyectará una corriente monofásica tal como se especificó en los casos anteriores, en la primera etapa $I_0 >$ se utilizará el mismo criterio de dos puntos de prueba al 150% y 200% y para la segunda etapa $I_0 \gg$ se tomará el pickup de 400% y al 500%.

Etapa	$1.5x I_{02}$ (A)	Tiempo de respuesta (s)	$2x I_{02}$ (A)	Tiempo de respuesta (s)
$I_0 >$	7.5	240	10	120
Etapa	$4x I_{02}$ (A)	Tiempo de respuesta (s)	$5x I_{02}$ (A)	Tiempo de respuesta (s)
$I_0 \gg$	20	0.8	25	0.8

Tabla 4.25 Puntos de inyección de prueba de función Falla a Tierra VAMP 200 Series.

Desbalance de Fases (UB)

La protección contra desbalance de fases se divide en dos etapas, donde para la primera etapa $I_2 >$ el tipo de disparo es de tiempo definido de 5 (s), y para la segunda etapa $I_2 \gg$ un tiempo instantáneo de 0.1 (s).

Etapas de protección	Tipo de retardo	Tiempo de respuesta (s)
$I_2 >$	Tiempo definido	5
$I_2 \gg$	Tiempo instantáneo	0.1

Tabla 4.26 Etapa de protección y curva característica de operación Desbalance de Fases VAMP 200 Series.

En la función de desbalance de fases en los relés VAMP 200 series, la característica $I_2 >$ es medida de forma similar al del MP-3000, pudiéndose aprovechar, ya que poseen el mismo ajuste al 10% de desbalance.

Sin embargo, se adiciona una segunda etapa de desbalance (Pérdida de fase) $I_2 \gg$ ajustada a un 80%, siendo necesario calcularla mediante una nueva aproximación.

5) Aproximación (Pérdida de fase). Presencia de I_C a un 10% de su magnitud.

$$I_C = 0.1 \angle 120^\circ$$

$$I_B = 1 \angle 180^\circ - 0.1 \angle 120^\circ ; \quad I_B = 0.9539 \angle -174.79^\circ$$

$$\begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} * \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 \angle 120^\circ & 1 \angle 240^\circ \\ 1 & 1 \angle 240^\circ & 1 \angle 120^\circ \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 \angle 0^\circ \\ 0.9539 \angle -174.79^\circ \\ 0.1 \angle 120^\circ \end{bmatrix} ; \quad \begin{bmatrix} I_0 \\ I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4.46E^{-4} \angle -23.3^\circ \\ 1.8248 \angle -25.2^\circ \\ 1.5588 \angle 30^\circ \end{bmatrix}$$

$$\%Desb = \frac{I_2}{I_1} * 100 = \frac{1.5588}{1.8248} * 100;$$

$$\%Desb = \frac{I_2}{I_1} = 85\%$$

Porcentaje de Desbalance	Fases	Corriente de Desbalance (p.u)	Corriente de Desbalance (A)	Tiempo de respuesta (s)
5.51%	A	1L0°	5L0°	5
	B	1.0535L -115.28°	5.2675L -115.28°	
	C	1.1L120°	5.5L120°	
Pickup 10.48%	A	1L0°	5L0°	5
	B	1.1135L -111.05°	5.5675L -111.05°	
	C	1.2L120°	6L120°	
15.02%	A	1L0°	5L0°	5
	B	1.1789L -107.26°	5.8945L -107.26°	
	C	1.3L120°	6.5L120°	
85%	A	1L0°	5L0°	0.1
	B	0.9539L - 174.79°	4.7695L - 174.79°	
	C	0.1L120°	0.5L120°	

Tabla 4.27 Puntos de inyección de prueba de función desbalance de Fases VAMP 200 Series.

Bajo voltaje (UV)

Según el ajuste seleccionado para esta función, tenemos dos etapas de protección contra bajo voltaje, una primera etapa $U <$ a un 90% de tiempo definido y una segunda $U \ll$ a un 70% de tiempo instantáneo, y siendo la tensión línea – línea nominal de la bobina de voltaje del relé 120 (V) tenemos:

Etapas de protección	Ajuste (% x V_n)	Tensión L-L de prueba (V)	Tipo de retardo	Tiempo de respuesta (s)
$U <$	90	108	Tiempo definido	3
$U \ll$	70	84	Tiempo instantáneo	0.06

Tabla 4.28 Puntos de inyección de prueba de función Bajo Voltaje VAMP 200 Series.

4.2 Programar el DOBLE F6150 utilizando el software de automatización de pruebas F6TesT versión 2.18 Build 1006.

4.2.1 Revisar los manuales de operación, mantenimiento y pruebas del simulador de potencia Doble F6150.

4.2.1.1 Doble F6150

El Simulador de Potencia F6150 es una potente caja de inyección para realizar pruebas de relés y esquemas de protección de forma automatizada, diseñada por la empresa Doble Engineering Company con el fin de brindar versatilidad, confianza, flexibilidad y potencia a la hora de realizar estas pruebas, cuenta con hardware potente formado por módulos interconectados que ofrecen un fácil mantenimiento y detección de averías.

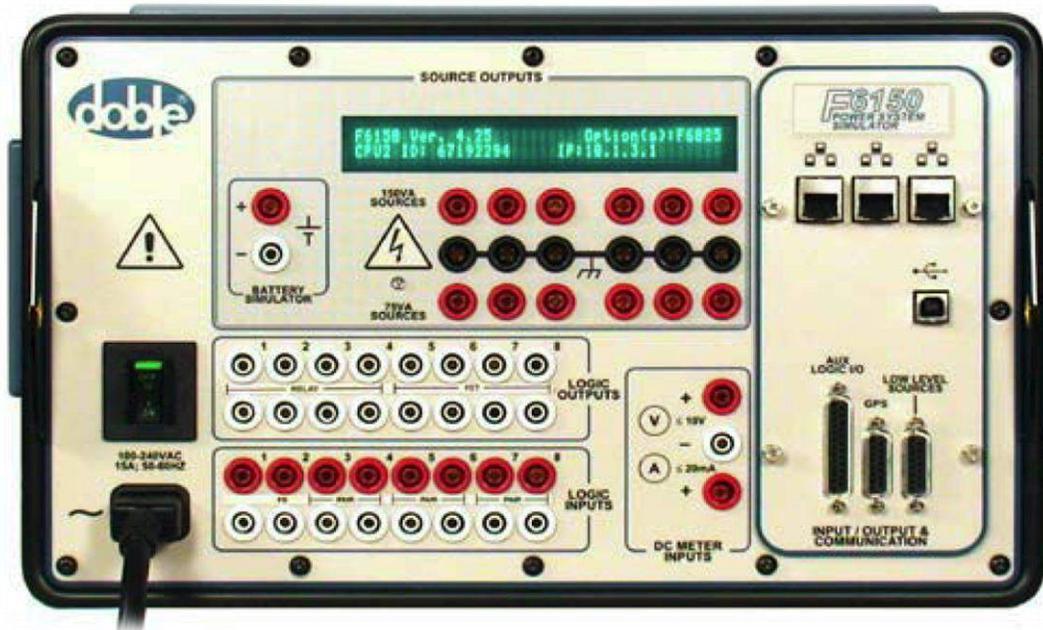


Figura 4.22 Panel Frontal Simulador de Potencia Doble F6150

Fuente: Catálogo Doble Power System Simulator F6150. (Fecha desconocida)

Físicamente cuenta con las siguientes características:

- 6 Fuentes de corrientes de 3x150VA y 3x75VA
- 6 Fuentes de corrientes de 3x150VA y 3x75VA
- Fuente de Voltaje DC
- 8 Entradas lógicas
- 8 Salidas lógicas
- Un amperímetro y un voltímetro DC
- 3 Puertos de comunicación Ethernet
- Puerto USB
- 3 Puertos Seriales
- Display

Entre los aspectos técnicos más resaltantes podemos nombrar:

- Módulo de control de simulación y automatización para comunicación con las pruebas automatizadas del software F6Test y similares.
- Interface de transductores para mediciones.
- Fuente convertible de voltaje/ baja corriente para pruebas de relés electromagnéticos de alto burden y entradas de 1 A.
- Cada fuente de tensión/corriente de 150 VA se puede dividir en 2 fuentes de 75 VA; 12 fuentes en total.
- Cada amplificador de corriente de 175/262,5 VA se puede dividir en 2 fuentes de 87,5/131,25 VA; 6 fuentes en total.
- Soporte para protocolo de comunicación IEC 61850 GSE.
- Interfaz de Sistema de Posicionamiento Global GPS.
- Sincronizador de tiempo universal GPS.

4.2.1.2 Especificaciones técnicas:

El F6150 ha sido probado por todas las referentes pruebas IEC y ANSI.

Potencia de Entrada: 90-264 VAC

47-63 Hz

Configuración de las fuentes:

Fuentes de voltaje:

Potencia y Rango: 3 x 150 VA 75, 150, 300V

6 x 75 VA 75, 150 V

Fuentes de Voltaje configuradas para fuente de baja corriente.

Potencia y Rango: 3 x 150 VA 0.5, 1, 1.5 A

6 x 75 VA 0.5, 1 A

1 x 450 VA 1.5, 3, 6 A

Tolerancia: <0.02% Típicamente.

Fuentes de corrientes:

Potencia y Rango: 3 x 150 VA 7.5, 15, 30 A

6 x 75 VA 7.5, 15 A

1 x 450 VA 7.5, 15, 22.5, 30, 45, 90 A

Tolerancia: <0.02% Típicamente.

Ángulo de Fase: 0 a +359.9° (Adelantando)

0 a -359.9° (Atrasando)

Tolerancia < 0.1° típicamente.

Frecuencia:

Rango: DC a 3 kHz

Tolerancia: 0.5 PPM

Temporizadores

Número: 8

Precisión: $\pm 0,0005\%$ de lectura, ± 50 microsegundos

Resolución: 100 microsegundos

Entradas lógicas

Ocho entradas lógicas aisladas galvánicamente, configurables como sensor de voltaje o sensor de contacto.

Tensión de prueba de circuito abierto: 12 VCC nominal.

Corriente de prueba de cortocircuito: 20 mA VDC nominal

Tiempo de respuesta: 0.1 milisegundos máximo de recogida y abandono

Aislamiento: ± 500 V Pico**Salidas lógicas**

Ocho salidas lógicas galvánicamente aisladas configuradas como Interruptores Normalmente Abiertos (NO) o Normalmente Cerrados (NC).

Voltaje aplicado: 250 V DC o AC

Corriente de conmutación: 0.5 A marca o ruptura, máximo

Tiempo de respuesta: 0.1 milisegundos máximo de apertura y cierre.

Aislamiento: ± 500 V Pico**Temperatura:** 0° a 50°C / 32 a 122°F**Chasis:** Alto Impacto, moldeado, retardante al fuego ABS-
Bajo la Especificación No 1 A de la asociación de
De pruebas transitorias para la inmunidad de fuertes
Choques y vibraciones.**Dimensiones:** 15 x 9.5 x 18 pulgadas

38 x 24x 45.7 cm

Peso: 37.5 lb / 17 Kg

4.2.1.3 Doble F6Test versión 2.18 build 1006.

Es un software de prueba de relés de protección para una ejecución simple, rápida y automatizada, incluyendo la certificación de los sistemas de protección completos. La arquitectura de F6Test funciona con los relés multifunciones modernos, aunque puede usarse fácilmente con un relé simple o un relé complejo por medio de pocas funciones. En el F6Test, se asigna una o varias funciones a un relé y se puede asignar uno o varios elementos a cada función.

Características

- Permite crear rutinas estandarizadas
- Permite la ejecución de pruebas de mantenimiento confiables.
- Sistema de base de datos.
- Documentar y reportar.

Beneficios

- Reducir el tiempo de aprendizaje.
- Crear planes de prueba y las características complejas.
- Estandarizar las prácticas.
- Mejorar la precisión y repetitividad.

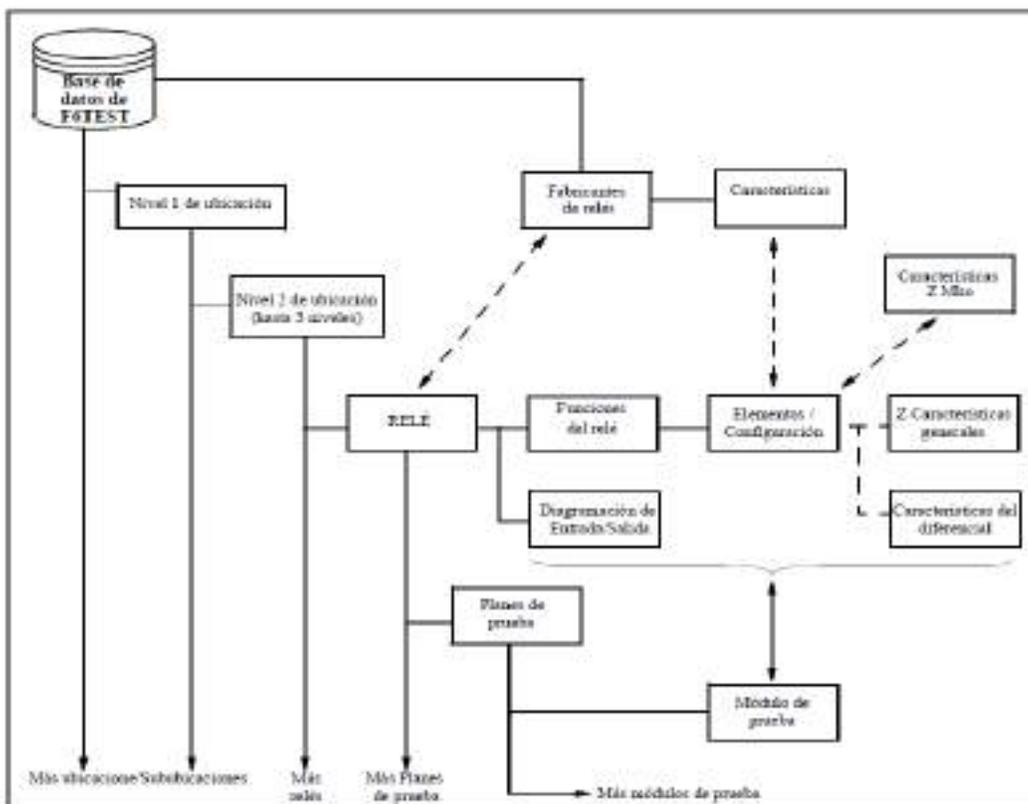


Figura 4.23 Esquema de Base de datos F6Test.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company. (2004)

4.2.1.4 Base de datos.

El F6Test almacena toda la información tal como ubicación, características de los relés, módulos de pruebas, planes de prueba y otras aplicaciones en bases de datos compatible con Microsoft Access.



Figura 4.24 Interfaz ventana de selección de Base de datos F6Test.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company. (2004)

Una vez se haya seleccionado la base de datos, el programa muestra la ventana principal de F6Test Figura 4.25.

La ventana F6Test consta de las siguientes áreas:

- La barra de menú situada en la parte superior de la ventana permite obtener acceso a las funciones del F6Test, entre las cuales está, comenzar la ejecución de la prueba, pasar a la siguiente prueba, pausa y detener la prueba, además de la inyección de la fuente DC y su ajuste.
- El árbol de ubicación situado a la izquierda muestra la organización de la base de datos en Ubicaciones, Relés y Planes de prueba.
- La vista de tabla situada a la derecha ofrece detalles sobre el elemento seleccionado en el árbol de ubicación. Hay cuatro tablas, unidas según una relación principal a secundaria:
 - 1) De ubicación, cuando se selecciona el nombre de la base de datos situado en la parte superior del árbol de ubicaciones.
 - 2) De relé, cuando se selecciona una ubicación.
 - 3) De plan de prueba, cuando se selecciona un relé.
 - 4) De prueba, cuando se selecciona un plan de prueba.

4.2.1.5 Ubicación

El primer nivel de un árbol de datos es siempre una *Ubicación*, la cual puede corresponder a una subestación o a un panel de protección de una subestación. Una ubicación contiene sub-ubicaciones o relés, pero no ambos. Pueden existir hasta un máximo de tres niveles.

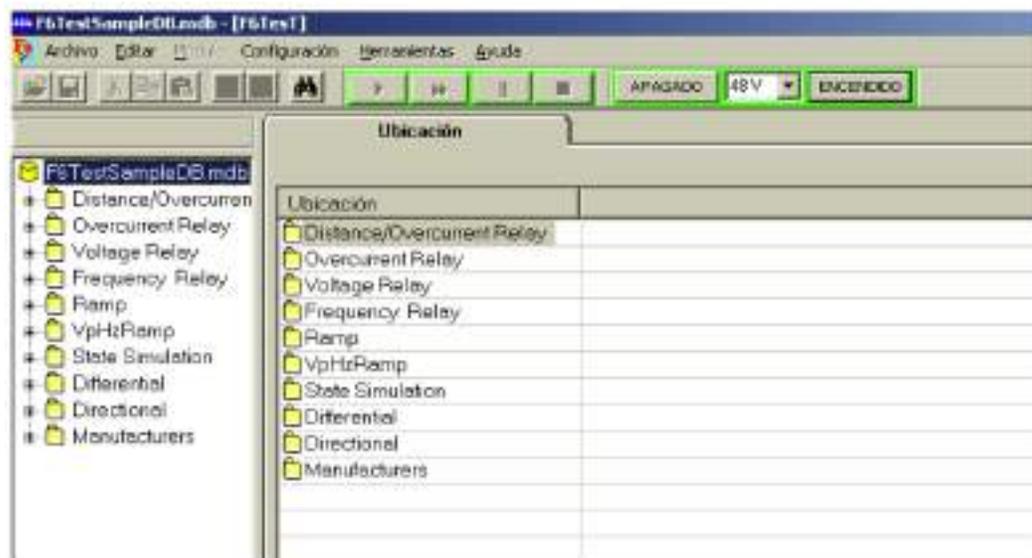


Figura 4.25 Interfaz ventana de selección de ubicación de relés.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company. (2004)

4.2.1.6 Registro de los relés.

Un registro de relé tiene un *ID de relé* asignado por el usuario, el cual puede identificar la línea o equipo que se está protegiendo y un número de serie opcional. Estos son arbitrarios y se pueden editar haciendo click en la tabla de entrada e introduciendo los cambios. Una marca de hora almacena los datos del registro de la creación original y el nombre de inicio del usuario que creó el mismo. No se pueden cambiar ni la marca de hora ni el autor.

El campo correspondiente al fabricante requiere seleccionar una opción de una lista de fabricantes de relés. Cada fabricante dispone de una lista de modelos de relé. Cuando se agrega un relé, el usuario puede seleccionar el nombre del fabricante en la lista desplegable o escribir un nombre. Si el nombre escrito no está en la lista, aparece un mensaje que le preguntará si desea agregar el nombre a la lista. Es aconsejable introducir todos los nombres de modelos de relé bajo el menú Fábrica y modelos de relé, para mantener la uniformidad de las convenciones de nombramiento de relés.

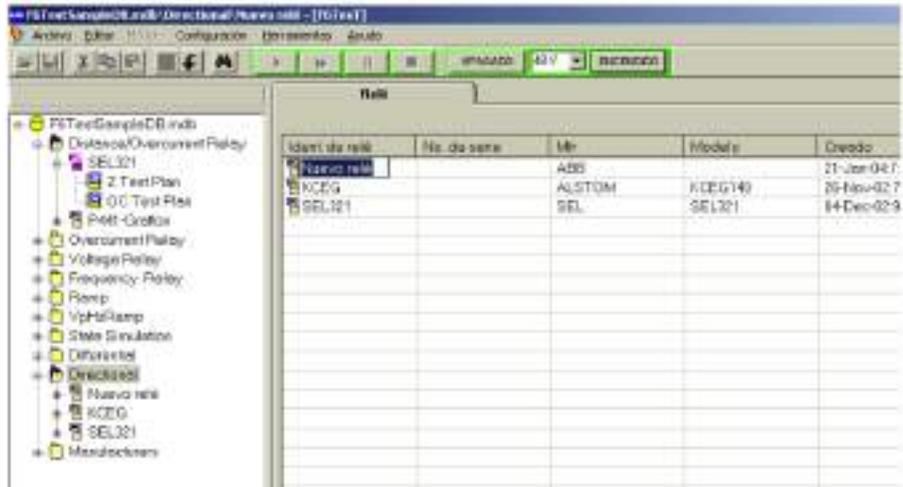


Figura 4.26 Interfaz de ventana de creación de relés.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company. (2004)

Una vez creado el relé en la base de datos se abre un menú conformado por las acciones pertinentes a realizar a dicho relé tal como, el plan de pruebas, los parámetros y funciones del relé, las conexiones y señales para la inyección y monitoreo de la prueba.

4.2.1.7 Planes de prueba

Cada plan de prueba tiene un nombre asignado por el usuario para describir el objetivo del plan. Los datos de creación y el nombre de inicio se registran cuando el plan de prueba se crea por primera vez. Estos campos no se pueden cambiar.

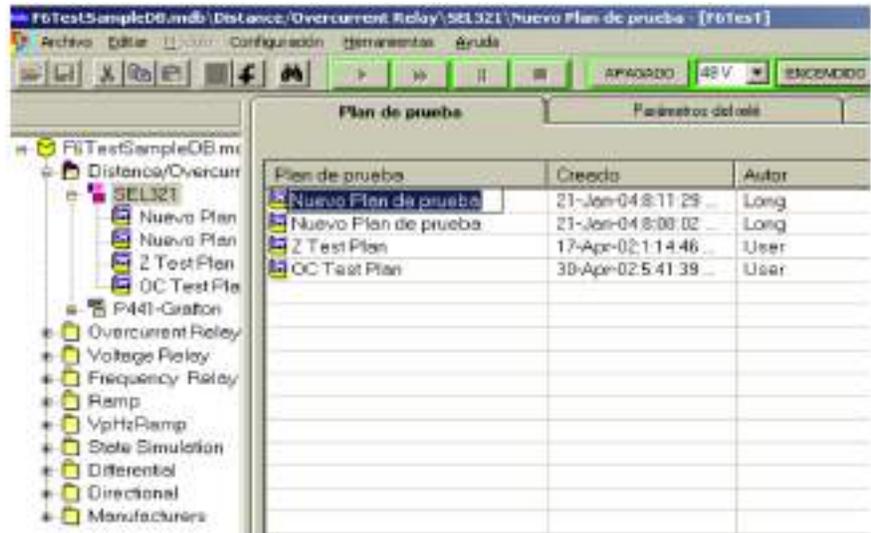


Figura 4.27 Interfaz ventana de creación de plan de pruebas.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company. (2004)

4.2.1.8 Parámetros del relé.

La ficha parámetros del relé permite introducir las características nominales tales como corriente, voltaje y frecuencia. Es preciso utilizar el máximo voltaje y corriente para limitar la prueba a los valores que se encuentran dentro del rango de fuentes de F6150. Recuerde que la corriente nominal, I_n , es la base para los múltiplos que determinan la operación de relé esperada.

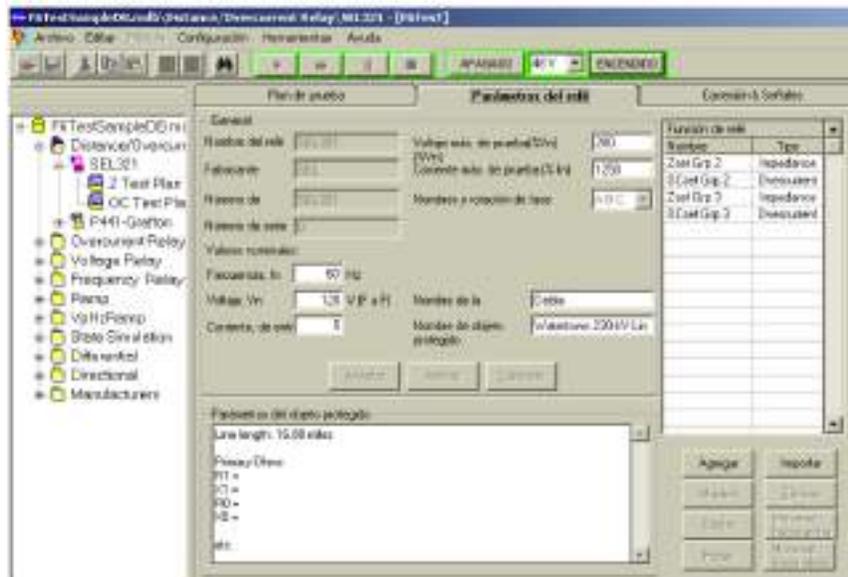


Figura 4.28 Interfaz ventana de parámetros de relés.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company. (2004)

4.2.1.9 Funciones del relé

Las funciones individuales de relé deben definirse antes de crear alguna prueba. Las funciones definidas se enumeran en la tabla situada a la derecha Figura 4.28. Los botones de función situados debajo de la tabla se aplican al elemento seleccionado. Existen cuatro tipos de funciones de relé:

- *Características de tiempo* (corriente, voltaje, frecuencia) unidas a las ecuaciones de característica definidas o a las características de la tabla de búsqueda.
- *Impedancia*, que utiliza una característica general o mho seleccionada para cada función.
- *Diferencial*, que puede estar vinculado a las características de la tabla de búsqueda.
- *Direccional*.

Nos enfocaremos en la *Características de tiempo* (corriente, voltaje, frecuencia) ya que los relés de interés están enmarcados dentro de esta categoría.

4.2.1.10 Funciones de las características de tiempo.

La ventana característica de tiempo Figura 4.29, consta de una tabla de configuración de captura situada en la esquina superior izquierda de la ventana que permite ajustar los pickups de las características de protección del relé implementado y de un gráfico situado a la derecha que muestra la configuración seleccionada. Los botones de función situados debajo de la tabla abren una ventana que permite crear y cambiar la configuración de la curva de disparo para dicha función.

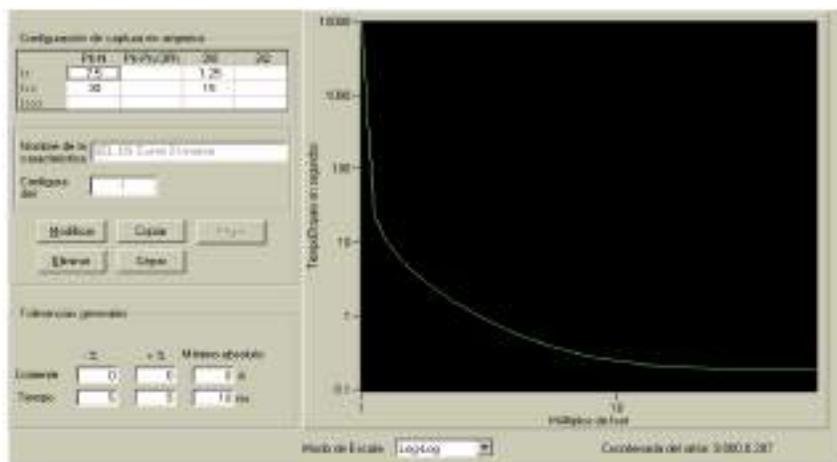


Figura 4.29 Interfaz función de corriente tiempo del relé.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company. (2004)

Al seleccionar modificar el nombre de la característica permite seleccionar el tipo de curva (creada anteriormente por la herramienta *Características del relé*), el factor de multiplicidad K de la ecuación (Dial) y el pickup para el ajuste seleccionado, además de la tolerancia establecida para el comportamiento de esa curva específica.

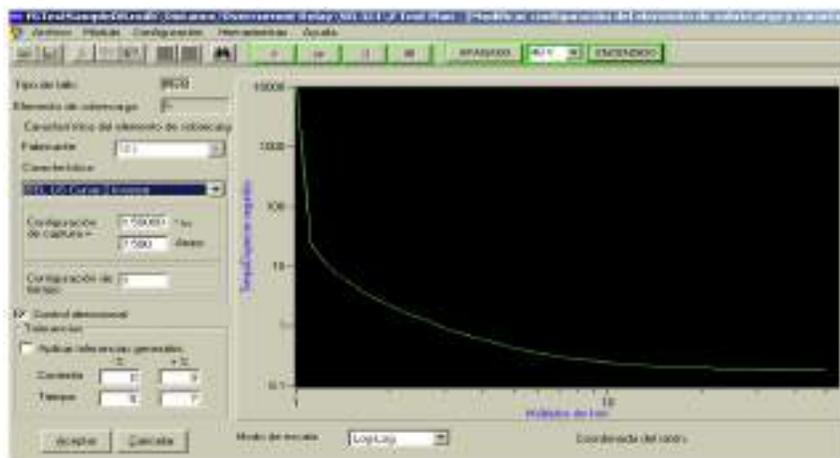


Figura 4.30 Interfaz casilla de selección de curva Tiempo vs corriente.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company. (2004)

Dicha tolerancia será el margen de error que definirá si el relé cumple con las condiciones mínimas de operación para ser certificado.

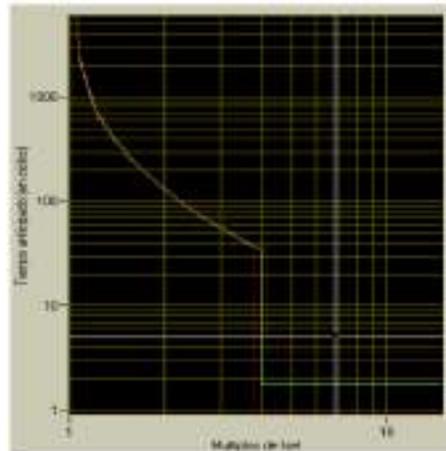


Figura 4.31 Interfaz curva de tiempo vs corriente con tolerancias admitidas.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company (2004).

4.2.1.11 Conexiones y señales

Permite la asignación y activación de las entradas y salidas del inyector, las entradas permiten la detección del disparo para su posterior comparación con la curva asociada al relé, ya sea que el mismo disponga de contactos normalmente cerrados o normalmente abiertos. Esta ficha también permite configurar las salidas, tales como las fuentes de inyección de voltaje y corriente, además de poder interconectar las mismas (Paralelo o serie) a través del software, permitiéndole al equipo al iniciar la prueba realizar una conexión automática interna.



Figura 4.32 Interfaz casilla de conexiones y señales (entradas digitales y activadores).

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company (2004).

4.2.1.12 Característica del Relé.

Los puntos de operación esperados se determinan mediante una fórmula o mediante una tabla de búsqueda, basadas en las especificaciones introducidas por el usuario o fabricante. Tal y como se ve en la Figura 4.34 hay tres tipos diferentes de características.

La biblioteca de características incluida en la base de datos de muestra se utiliza para definir las características de tiempo (comunes a las funciones de sobrecarga de corriente, alto/bajo voltaje, alta/baja frecuencia) y a las características del diferencial. Esto incluye las características definidas por las ecuaciones estándar o las ofrecidas por el fabricante, o bien las definidas por las tablas de búsqueda introducidas por el usuario (por ejemplo, valores transcritos a partir de curvas publicadas que no tienen ecuación). Cuando se crea un registro de relé, se selecciona una característica de la biblioteca para determinar los valores de operación esperados. La base de datos de muestra de F6Test incluye una biblioteca de características de diferencial y tiempo.



Figura 4.33 Interfaz editar características de fábrica de los relés.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company (2004).

Una vez ingresamos a *Editar característica* podemos seleccionar los 3 métodos de construcción de la misma. En la sección de *Ecuación Característica* se introduce la ecuación paramétrica que rige el comportamiento del disparo del relé Figura 4.31.

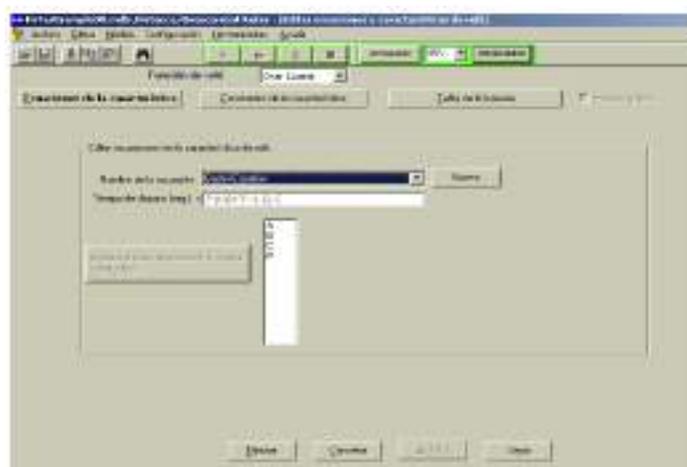


Figura 4.34 Interfaz casilla de inserción de ecuación característica.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company (2004).

La casilla de constantes características permite definir el fabricante, seleccionar el nombre de la de la curva creada en el ítem anterior, el valor de los parámetros que definen el tipo de comportamiento, el rango de valores que puede obtener el factor de multiplicidad K (Dial) y el punto de la característica que define el *short time trip* (*disparo de tiempo rápido*), es decir, el punto en que la pendiente de la curva de tiempo inverso se hace cero.

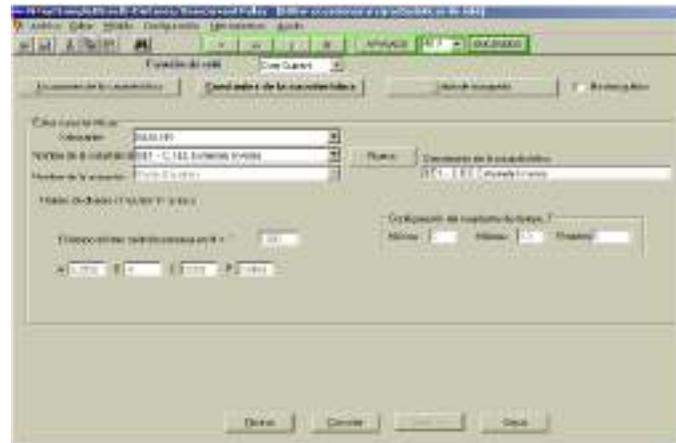


Figura 4.35 Interfaz casilla de inserción de constantes de la característica.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company (2004).

Finalmente la casilla *Tabla de Búsqueda* permite construir las curvas de disparo para relés que no poseen una ecuación característica que los defina, lamentablemente la aproximación que ofrece este método de construcción deja mucho que desear, ofreciendo un límite de puntos y una interpolación entre ellos que arroja un gran margen de error para curvas no lineales. Aunque una de sus virtudes es que permite importar datos desde una hoja de cálculo de Excel para una determinación precisa de los puntos de interés.

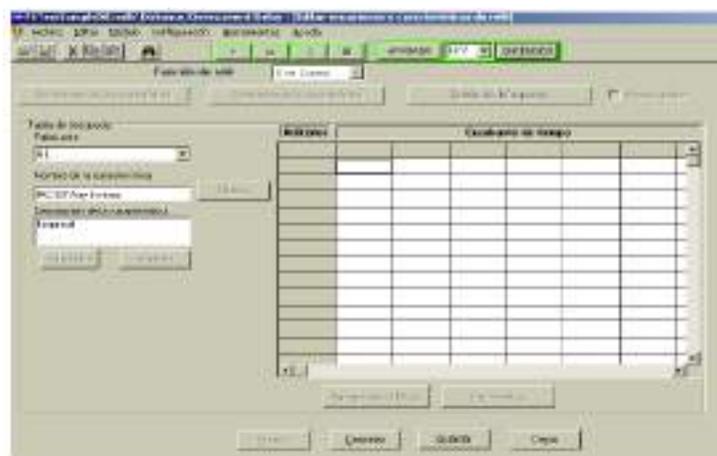


Figura 4.36 Interfaz casilla de Tabla de búsqueda.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company (2004).

4.2.1.13 Módulos de prueba

Una vez creado el plan de pruebas se procede a construir las mismas, para ello F6Test ofrece un conjunto de módulos de pruebas para abarcar todas las funciones posibles dispuestas por la gran variedad de relés de protección.

Entre los módulos de pruebas disponibles tenemos:

- **I-Char:** Mide el tiempo de operación de un elemento de sobrecarga en los puntos de prueba seleccionados, evaluando cada punto de prueba (aprobado/desaprobado) en función del tiempo esperado.
- **V-Char:** Mide el tiempo de operación de un elemento de bajo o sobre voltaje en los puntos de prueba seleccionados, evaluando cada punto de prueba (aprobado/desaprobado) en función del tiempo esperado.
- **F-Char:** Mide el tiempo de operación de un elemento de sobre o sub frecuencia en los puntos de prueba seleccionados, evaluando cada punto de prueba (aprobado/desaprobado) en función del tiempo esperado.
- **Z-Time:** Mide el tiempo de operación de un elemento de distancia de los puntos de prueba seleccionados y evalúa cada punto de prueba en función del tiempo esperado. Se utiliza para comprobar puntos de límite característicos de una zona de relés de distancia y para trazar el tiempo de operación para fallos que se producen a lo largo de un ángulo fijo.
- **Z-Char:** Busca las características de un elemento de distancia utilizando un método de búsqueda binario. En un determinado ángulo de prueba, una secuencia de puntos de prueba busca a lo largo de un radio desde el centro del plano R-X.
- **ZMTA:** El ángulo de torsión máximo de impedancia se aplica sólo a las características del tipo mho y es un tipo especial de la prueba Z-Char. La secuencia de los valores de prueba barre en forma de arcos circulares con su centro en el origen del diagrama R-X, en lugar de buscar a lo largo de las líneas radiales.
- **DiffChar:** Busca puntos de prueba límite utilizando las características de un relé del diferencial accionado por corriente.
- **Direccional:** Manipula cantidades de polarización y operación para buscar un ángulo de torsión máximo, principal y principal anterior direccional.

- **Rampa:** Utiliza la rampa lineal del valor de origen para buscar puntos de operación similares; por ejemplo, pruebas para la captura de relés, eliminación de relés, sincronización, prueba direccional o prueba del regulador de voltaje.
- **VpHzRamp:** Prueba la captura y la eliminación de los relés de voltios por hercios mostrando en rampa simultáneamente las amplitudes y la frecuencia del voltaje.
- **SSIMUL:** Prueba de simulación de estado que se aproxima a un fallo real con valores de estado con incrementos constantes de voltaje y corriente.
- **Libreta:** Libreta compuesta por dos secciones que puede usarse para las instrucciones de las pruebas, comentarios, etc. Los archivos pueden adjuntarse para que de este modo puedan visualizarse con otro software, por ejemplo, un documento de Microsoft Word o Adobe Acrobat que contenga diagramas esquemáticos o instrucciones del fabricante.

Los relés implementados en el desarrollo del protocolo de pruebas se clasifican dentro de la gama de relés de sobrecorriente, por lo cual, entre los diversos módulos de prueba que ofrece el software F6Test podemos identificar los módulos que contribuirán a realizar las pruebas necesarias para certificarlos, siendo estos el I-Char, Rampa, SSIMUL y V-Char, este último es escogido para la función de baja tensión ofrecida por el VAMP.

4.2.1.14 Definiciones de prueba

Después de crear una prueba, es necesario crear definiciones para esa prueba. Cuando hay varias definiciones, se selecciona una como predeterminada que será utilizada por la ejecución automática, cada vez que se ejecuta una prueba se crea una definición automáticamente con la fecha de ejecución y así mantener un registro de las configuraciones establecidas para dicha prueba.

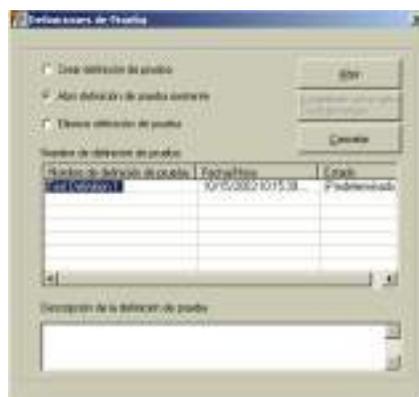


Figura 4.37 Interfaz ventada de Definiciones de Prueba.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company (2004).

4.2.1.15 Descripción del módulo I-Char.

- **Elementos de prueba.**

Una vez creada la definición de la prueba en I-Char, se ingresa al menú de configuración de la prueba, en la casilla de *Elementos de prueba* se seleccionan con un Check box las etapas de protección a probar de acuerdo a las funciones configuradas para el relé.

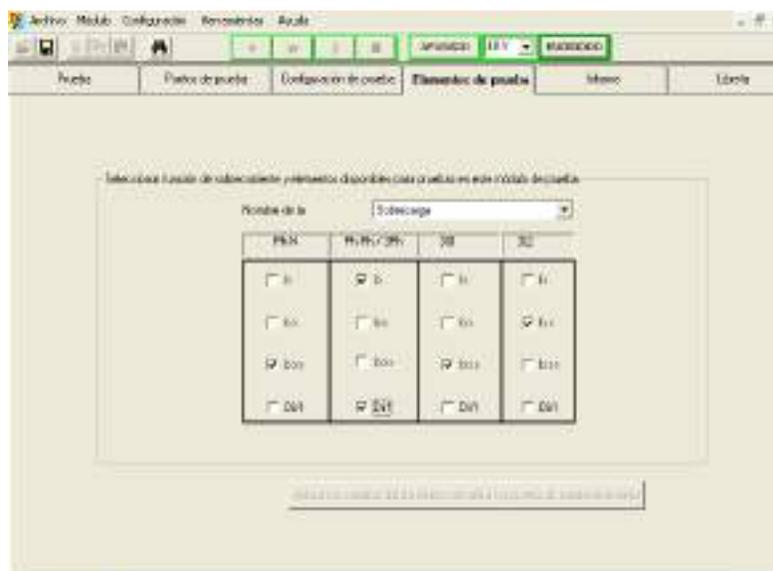


Figura 4.38 Interfaz casilla Elementos de prueba función I-Char.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company (2004).

Luego se prosigue con la casilla *Configuración de prueba* que dispone de tres botones en la parte superior de la página, en función del tipo de prueba seleccionado:

- **Cálculo de falla:**

Permite ajustar las características de corriente y voltaje en pre falla para establecer las condiciones iniciales de la inyección antes de la ejecución del fenómeno que origine la acción del relé y las características de corriente, voltaje y tiempo en falla para pautar las limitantes de la prueba y evitar una mala operación que pueda originar daños.

En la sección *Elemento 310* se establece el tipo de inyección de corriente de secuencia cero, ya sea por la contribución de las tres fases (Residual) o una fuente de inyección monofásica a parte (Sensor de Neutro).

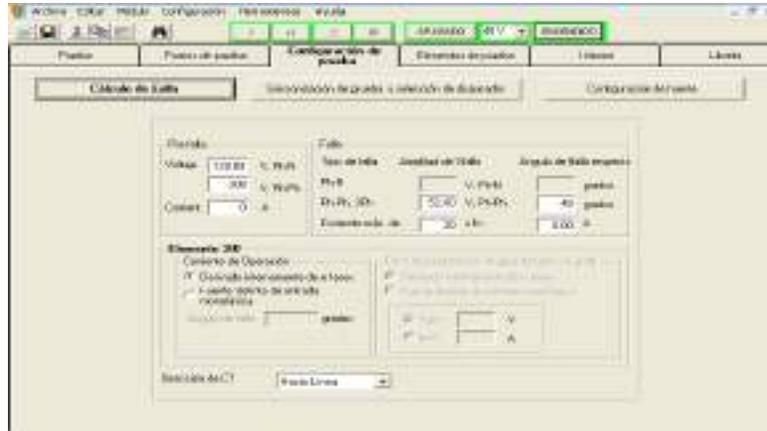


Figura 4.39 Interfaz casilla Configuración de Prueba función I-Char (cálculo de falla).

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company (2004).

- **Sincronización de prueba y selección de disparador**

En la sección de *sincronización* se ajustan los tiempo de ejecución de la pre falla y de la falla, si el relé no realiza una acción en este período de tiempo se considera la no operación del mismo, siendo clasificado éste como averiado. Además se establece en esta sección el tiempo de espera entre las inyecciones de cada uno de los puntos de prueba, permitiendo así al operador del equipo reestablecer el relé por cada disparo realizado de acuerdo a estos.

En la sección de *Selección de disparadores* se habilitan las entradas del inyector para censar la acción del relé, ya sea por un contacto NC, NO, o simplemente un cambio de estado en la señal de acuerdo a la prueba que se esté realizando.

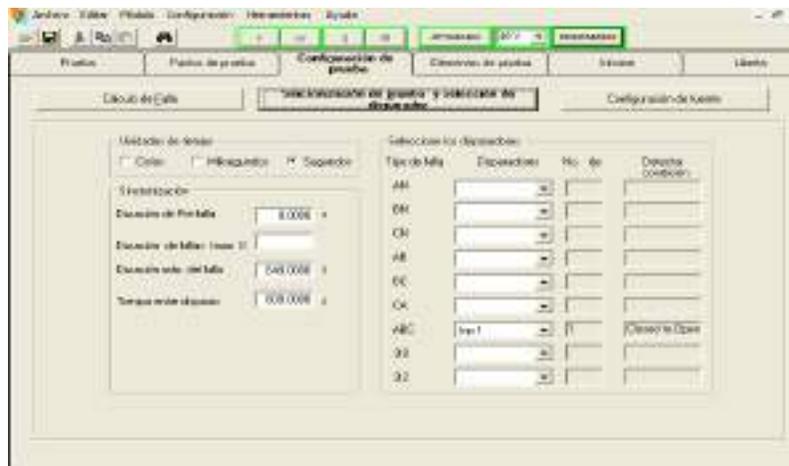


Figura 4.40 Interfaz casilla Configuración de Prueba función I-Char (sincronización de prueba y selección de disparadores).

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company (2004).

- **Configuración de fuente**

En todos los módulos de prueba, excepto Rampa y SSIMUL, el F6Test ajusta automáticamente la configuración de fuente del instrumento de prueba de acuerdo con:

- El modelo del instrumento
- El valor de la inyección de prueba requerida
- El tipo del módulo de prueba

- **Punto de prueba.**

La Figura 4.41 muestra la ficha *Puntos de prueba* de las pruebas de sobrecarga de tiempo. La lista de puntos de prueba situada en el lado izquierdo de la ficha muestra todos los posibles elementos de secuencia y fase; sólo se activan aquéllos seleccionados en comprobar elementos. El gráfico muestra las características de referencia y los puntos de prueba de la ficha seleccionada. La vista es similar para las pruebas de voltaje y frecuencia, con la excepción de que adicionalmente se selecciona el bajo voltaje, el sobre voltaje o la frecuencia.

El cuadro *Lista de puntos de prueba* incluye varias fichas de tipos de fallos que están o no activas de acuerdo a los check box seleccionados en la ficha *Elementos de prueba*. En cada ficha *Puntos de prueba* activa es posible agregar puntos de prueba de dos maneras, una a uno especificando un múltiplo o la amplitud en el área de modificación y, a continuación, haciendo clic en Agregar y la otra haciendo doble clic en el gráfico para que aparezca un punto.

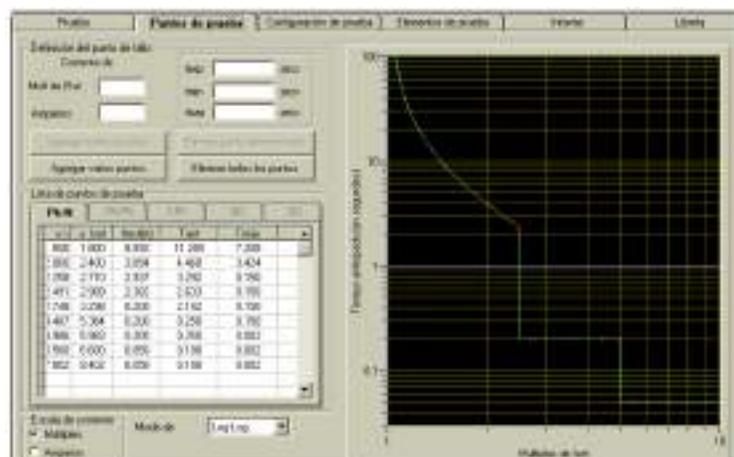


Figura 4.41 Interfaz casilla Puntos de pruebas función I-Char.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company (2004).

- **Prueba**

La ficha Prueba es la misma para las características de tiempo de corriente, voltaje y frecuencia Figura 4.42. El gráfico muestra los resultados de las pruebas satisfactorias como cuadrados verdes y los resultados de las pruebas no satisfactorias en color rojo. La tabla situada a la izquierda de la ficha muestra los detalles de cada punto de prueba, copiados de la ficha *Puntos de prueba*, junto con el resultado de tiempo real, %Error y la evaluación de aprobado/desaprobado. Si una prueba no tiene resultados, las columnas aparecen vacías.

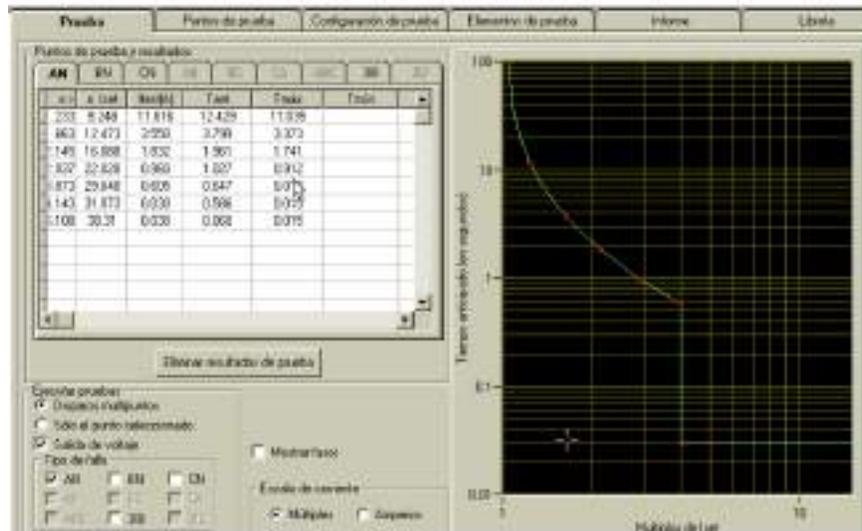


Figura 4.42 Interfaz casilla Prueba función I-Char.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company (2004).

4.2.1.16 Descripción módulo de Rampa de voltaje, corriente, ángulo de fase o frecuencia

La prueba de rampa Figura 4.43 realiza una prueba de captura o eliminación de estado constante colocando en rampa una cantidad de *Acción* desde un valor de desvío hacia un valor límite. La prueba de rampa no está vinculada a ningún parámetro o función de relé, con la excepción de la frecuencia predeterminada puede cambiarse.

La cantidad de acciones puede ser una de las siguientes:

- Amplitudes de voltaje
- Amplitudes de corriente
- Ángulos de fase de voltaje
- Ángulos de fase de corriente
- Frecuencia de voltaje y/o corriente

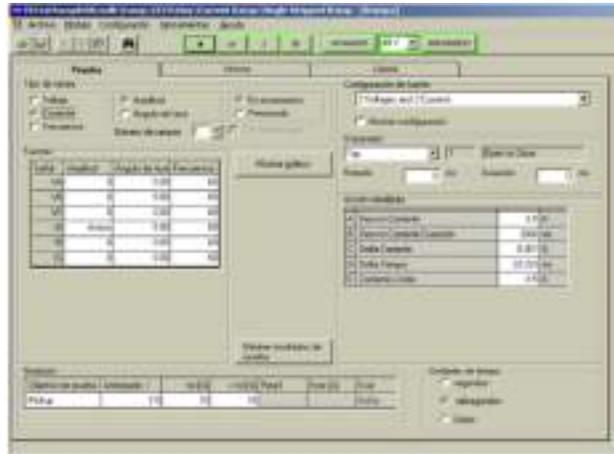


Figura 4.43 Interfaz casilla Prueba función Rampa.

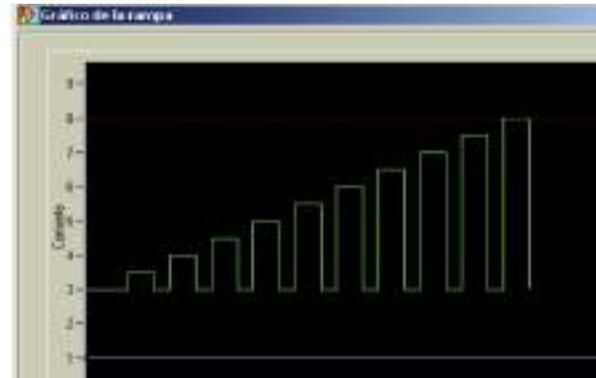
Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company (2004).

Una rampa en incrementos es una rampa lineal sencilla que funciona de un modo escalonado Figura 4.44 (a). Una rampa pulsada devuelve un desvío después de cada incremento de rampa Figura 4.44 (b).

La rampa pulsada resulta útil para comprobar elementos de sobrecarga con valores altos ya que permite evitar que se produzcan daños térmicos en los relés. Igualmente, simula de un modo más real el comportamiento dinámico de los relés.



(a)



(b)

Figura 4.44 a) Inyección de rampa escalonada. b) Inyección de rampa pulsante.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company (2004).

4.2.1.17 Descripción módulo SSIMUL – Prueba de simulación de estado.

Utiliza las cantidades de ondas sinusoidales para simular un fallo que se está desarrollando, representado por hasta 25 estados. Es posible utilizar hasta 6 voltajes y 6 corrientes, y pueden registrarse eventos de detección de temporizador independientes.

SSIMUL no está vinculada a ningún parámetro de relé y ni ninguna función; sin embargo, puede utilizar disparadores de señal definidos en *Conexiones y señales > Entradas digitales y disparadores*. Cuando se crea una prueba SSIMUL, se provee una ficha Prueba con un estado previo al fallo. Es preciso agregar más estados para el fallo y el post-fallo.



Figura 4.45 Interfaz casilla Prueba SSIMUL.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company (2004).

La tabla de nombres de fuentes cambia del modo correspondiente, agregándose o eliminándose hileras para que se corresponda con el número de voltajes y corrientes, con las señales de las fuentes llamadas VA, VB, etc. para voltajes, e IA, IB, etc. para fuentes de corrientes. Cuando se ejecuta la prueba, se producen transiciones de fase y amplitud sincronizadas en cada cambio de estado, aproximándose a una condición de fallo realista.

Al desplazarse de un estado al siguiente, tras expirar la duración del tiempo y si el valor de la amplitud instantánea de una fuente de corriente de estado precedente difiere del nuevo estado, se genera un componente de cc en las corrientes para suavizar la transición. Por ejemplo, esto ocurre cuando se pasa de una condición previa a un fallo a la condición de fallo.

El componente de cc decae a una velocidad indicada por la constante de tiempo L/R especificada. Los valores normales son 10 ms para sistemas de alto voltaje. La constante de tiempo aumenta en las ubicaciones situadas más cerca de las estaciones generadoras.

Cuando no se especifica ninguna transición entre disparadores, el estado se ejecuta para la duración máxima especificada. Cuando se especifica una transición entre disparadores y se cumple la condición del disparador durante la ejecución del estado, el estado finaliza inmediatamente y se pasa al siguiente.

4.2.1.18 Ficha Informes

La ficha Informes Figura 4.46 está disponible en cada definición de prueba y sirve para preparar un informe de prueba formateado. Todas las pruebas ejecutadas generan un informe con los resultados de las mismas, y son archivadas en orden cronológico.

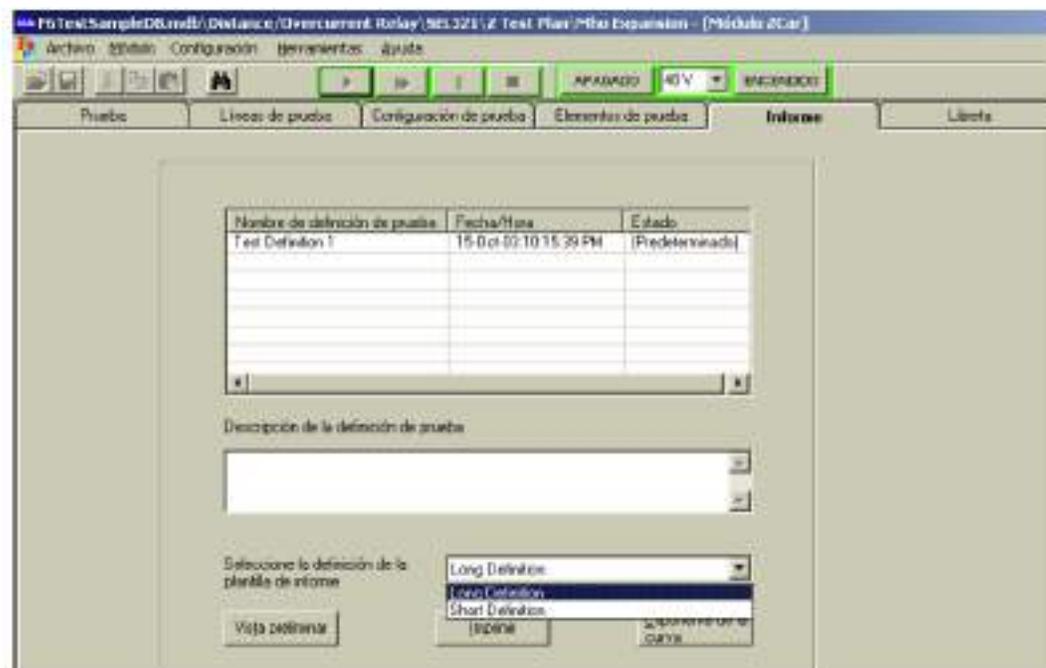


Figura 4.46 Interfaz casilla Informe.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company (2004).

4.2.1.19 Ejecución de la prueba

Una vez configurados todos los parámetros de las pruebas y creado los módulos de pruebas requeridos se pueden ejecutar las pruebas de dos formas:

1) Ejecución directa

Ingresar al módulo de pruebas dirigirse a la casilla de pruebas y presionar play en la barra superior de herramientas. Si en el marco *Ejecutar prueba* se encuentra seleccionado *disparos multipuntos*, se inyectarán todos los puntos de la tabla izquierda que corresponden en la curva seleccionada con el tiempo de espera ya seleccionado en los ítems anteriores. A su vez si en el marco de *Ejecutar prueba* se encuentra seleccionado *Solo en el punto seleccionado* al ejecutar la inyección solo se probará en el punto específico sombreado.

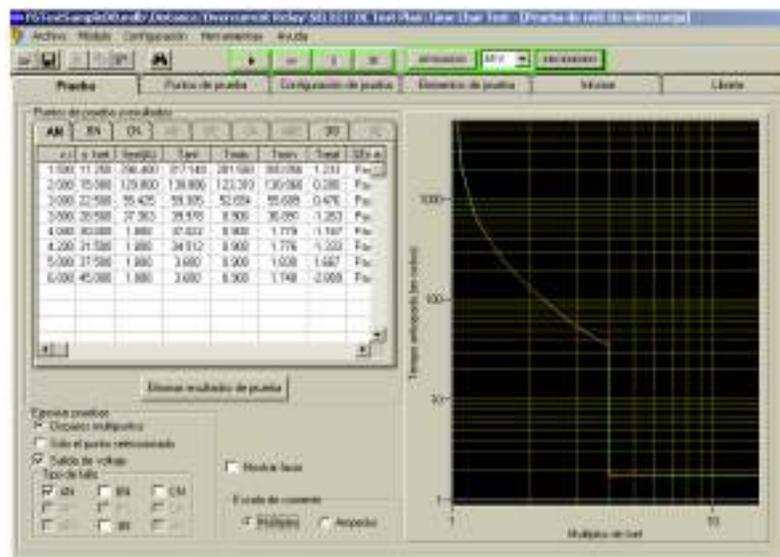


Figura 4.47 Interfaz casilla Prueba función I-Char.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company (2004).

2) Ejecución automática.

Una vez se haya configurado todas las pruebas en un plan de prueba, es posible ejecutar las mismas en una secuencia sin detención.

Seleccionando todas las pruebas requeridas mediante los check box, se puede realizar secuencialmente todas las pruebas de forma automática esperando el tiempo entre inyecciones de acuerdo a la configuración ya establecida, quedando por parte del operario solo el restablecimiento del relé en cada disparo.

Nota: Si el operario no reestablece el relé el software detectará el equipo activado para el siguiente punto y arrojará un resultado fallido, siguiendo su secuencia hasta terminar la misma.

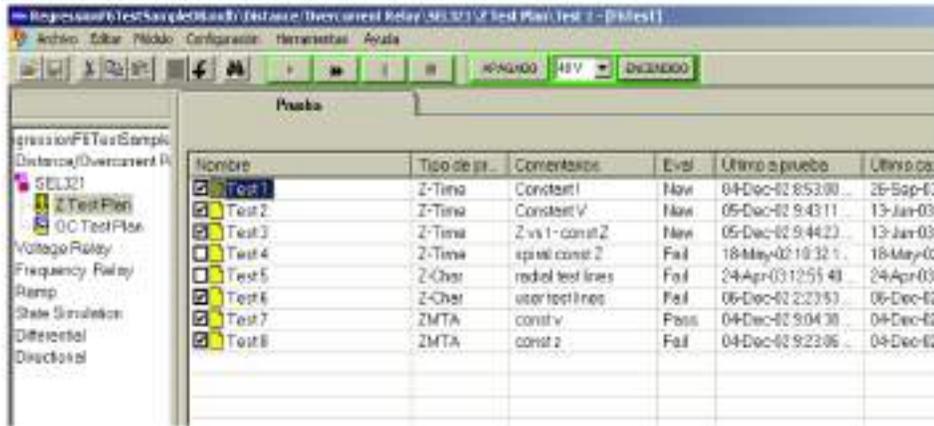


Figura 4.48 Interfaz ventana de Prueba selección automática.

Fuente: Guía del usuario de F6Test Doble Engineering Company (2004).

4.2.2 Programar el simulador de potencia Doble F6150 y adecuar las características requeridas para la realización de las pruebas.

El primer paso para la configuración del software F6Test es la creación de la base de datos que almacenará toda la información de las pruebas. Dicha base de datos la denominaremos *REP Actualización 2017*.

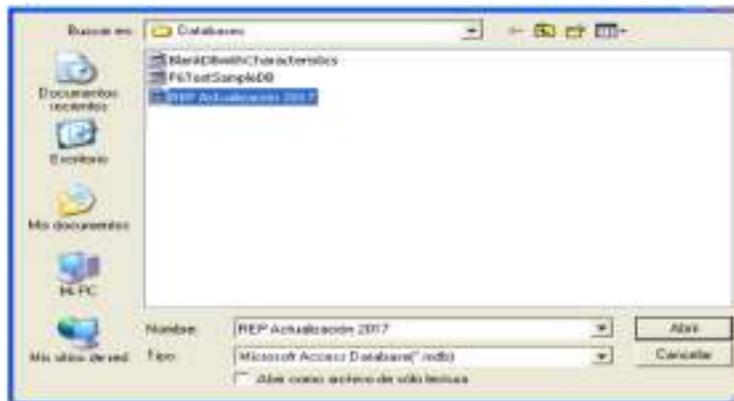


Figura 4.49 Creación de la Base de datos *REP Actualización 2017*.

Para los relés IQ500 series se procede a construir la curva de disparo bajo el nombre *Tiempo Inverso IQ500 series* definida en las fases anteriores, se asocia al fabricante Cutlerhammer para luego asignarle los parámetros referenciados en la Figura 4.50.

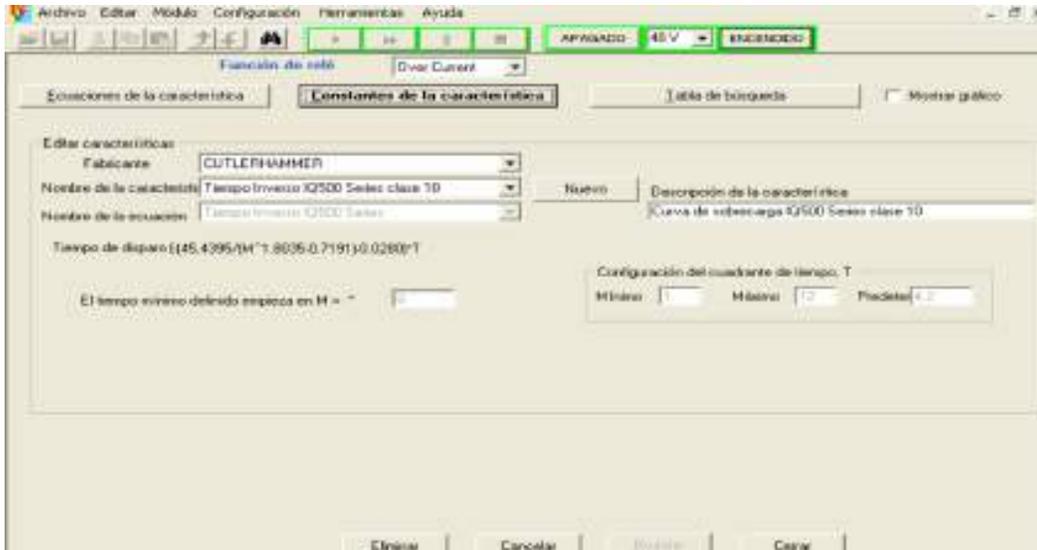


Figura 4.50 Creación de curva característica de operación de los IQ500 Series en el Software F6Test.

De igual manera para el relé MP3000 se inserta la curva de tiempo inverso denominada *MP3000 I2t* asociándola al fabricante EATON.

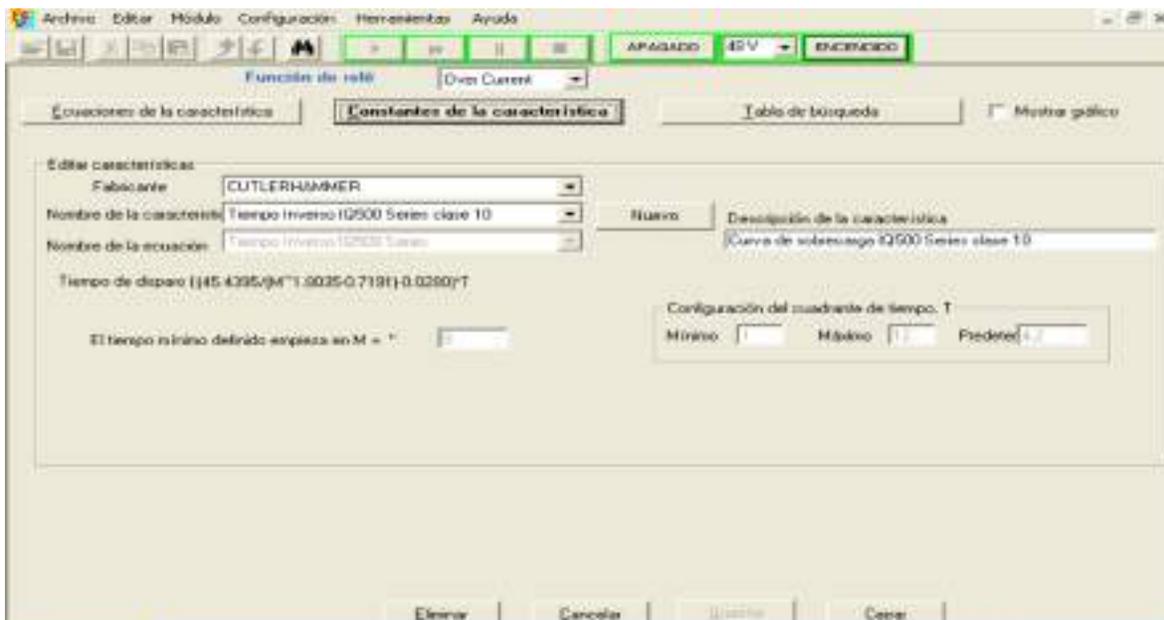


Figura 4.51 Creación de curva característica de operación del MP3000 en el Software F6Test.

Finalmente para los relés VAMP 200 series se realiza el mismo procedimiento asociándola al respectivo fabricante pudiéndose construir toda las familias de curvas requeridas, tales como las de los estándares que se implemente para pruebas particulares.

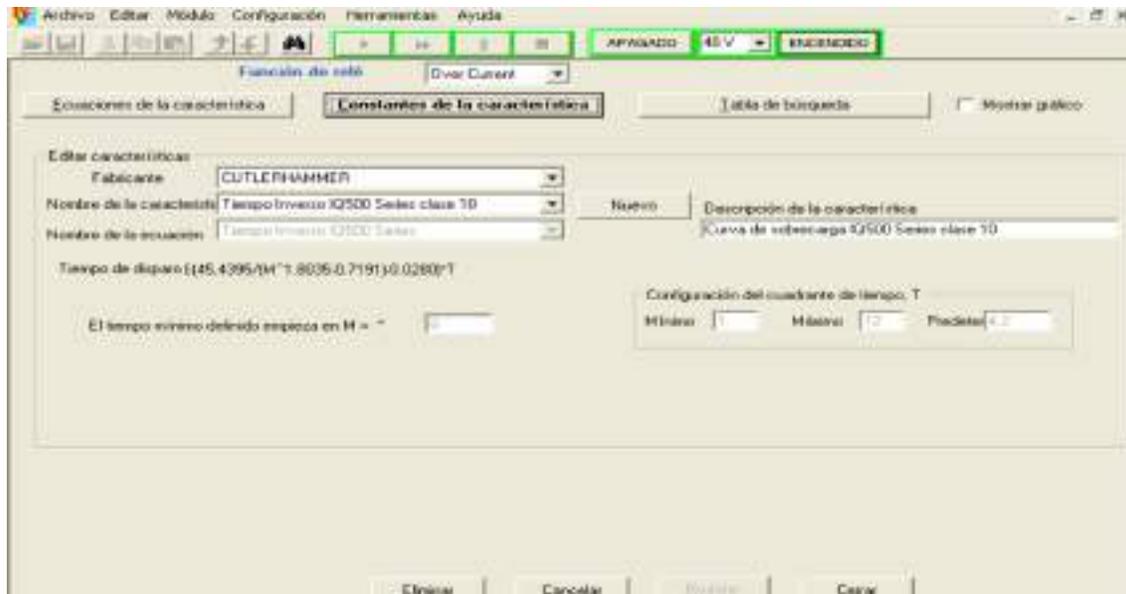


Figura 4.52 Creación de curva característica de operación de los VAMP 200 series en el Software F6Test.

Para cada fabricante de relé se creará una característica de tiempo definido indispensable para las funciones que así lo ameriten como desbalance de fases, falla a tierra y baja tensión.

Una vez construido las características de los fabricantes, se procede a elaborar el árbol esquemático de la empresa según la localización de los relés Figura 4.53, esto para desarrollar una organización de la base de datos.

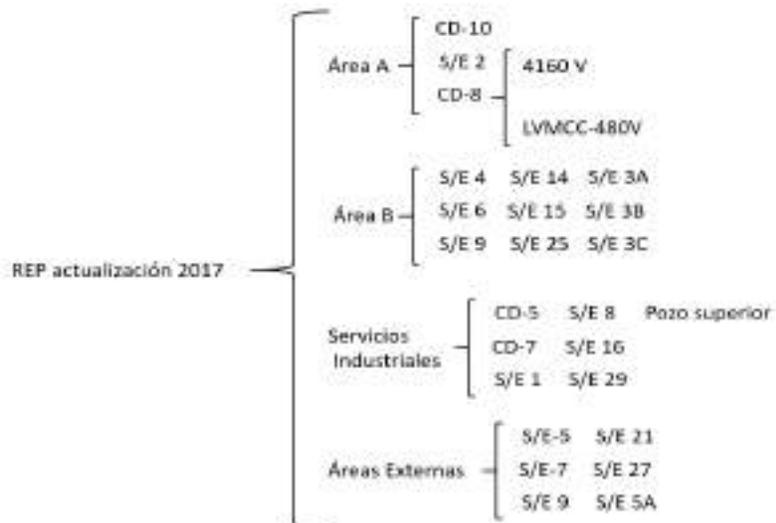


Figura 4.53 Distribución de la base de datos en el software F6Test.

Una vez identificada la organización de la empresa se procede a construir dicho esquema en el F6Test, cabe destacar que la base de datos ofrece un máximo de 3 niveles de organización.

Debido que se desea construir un protocolo de prueba generalizado, se procederá a diseñar los planes de pruebas de los relés de interés de forma aislada, pudiéndose extraer estos mediante la herramienta de *copiar y pegar*, facilitando el manejo y desarrollo de la prueba. Debido a que las características serán repetitivas, quedará por parte del personal técnico solo ajustar el relé de acuerdo a las configuraciones precargadas en dicho plan de prueba.

Para construir estos planes de pruebas aislados se procede a crear una carpeta dentro de la base de datos llamada *RELÉS CREADOS* donde se ubicarán los relés predefinidos con sus respectivos planes de prueba para ser extraídos.

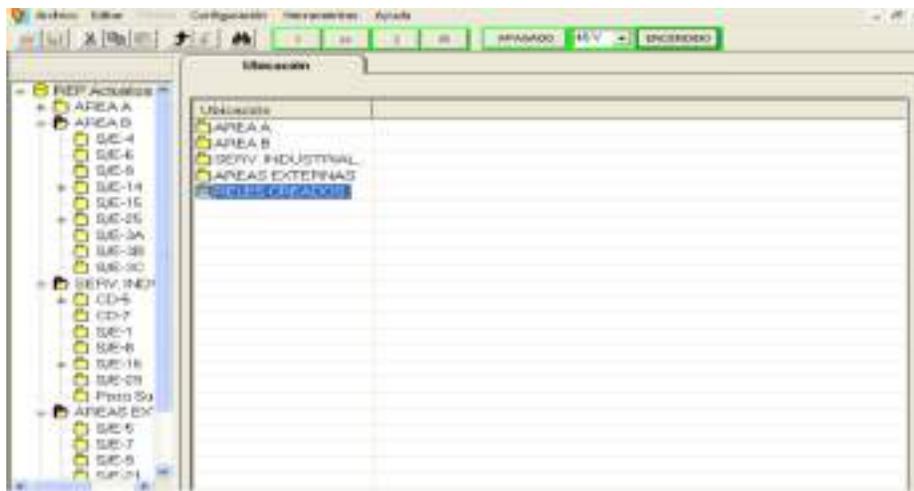


Figura 4.54 Creación de la carpeta *Relés Creados* en el Software F6Test.

Una vez obtenido el espacio para la creación de los planes de pruebas predefinidos, se procede a crear cada relé. Para evitar la repetitividad del proceso de configuración de los relés IQ500 series se desarrollará en esta explicación solamente el procedimiento del modelo IQ500L ya que los demás poseen funciones y características similares, discrepando solo de los pickup, sin embargo basta con un solo modelo de relé para obtener una excelente comprensión para la configuración de los otros.

4.2.2.1 Desarrollo de las pruebas de los IQ500 series.

Prosiguiendo con el relé IQ500L comenzamos a construir los *Parámetros del relé*, tales como corriente nominal, voltaje nominal, corriente máxima y voltaje máximo, además de insertar las funciones características de este como lo son la sobrecarga, desbalance y falla a tierra.

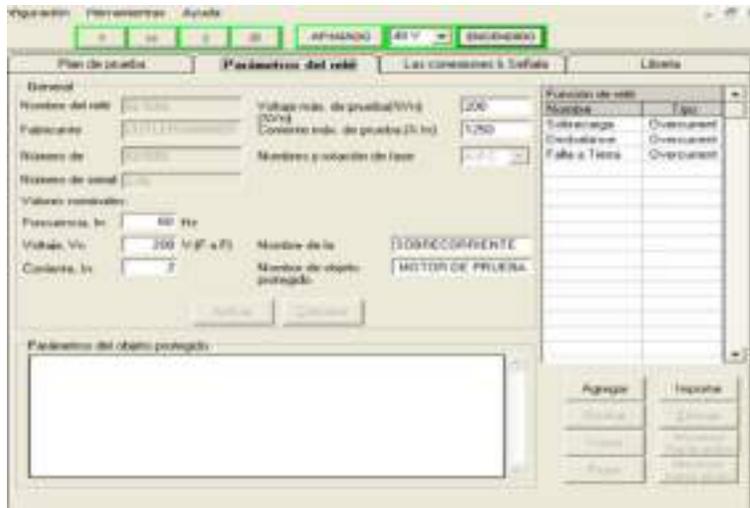


Figura 4.55 Inserción de las funciones de protección de los IQ500 Series en el Software F6Test.

Construyendo la función de sobrecarga ingresamos en la primera etapa de protección I> para una falla trifásica Ph-Ph /3Ph la curva diseñada *Tiempo Inverso IQ500 Series Clase 10*, con un pickup de 2 (A) y un Dial de 4.2 (s). Adicionalmente insertamos la tolerancia al 10%.

Nota: La tolerancia definitiva se establecerá estadísticamente mediante el proceso de pruebas.

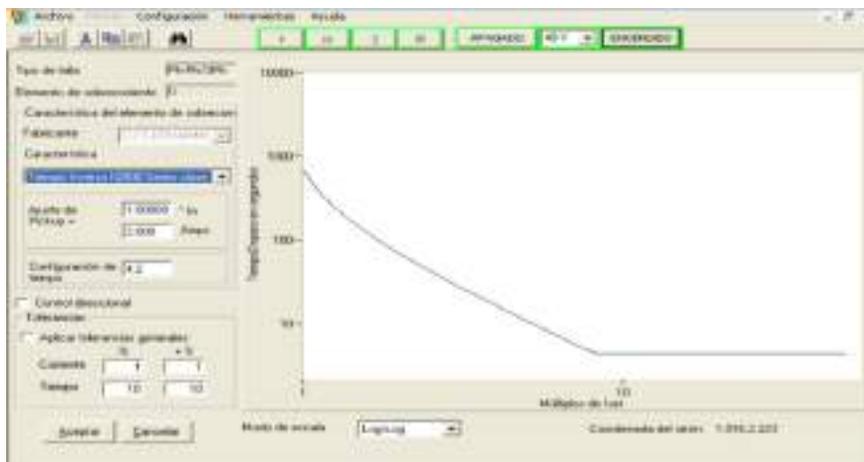


Figura 4.56 Selección de la curva característica de sobrecarga de los IQ500 Series en el Software F6Test.

Para la función de desbalance se configurará la primera etapa I> para una falla monofásica Ph-N, seleccionando el Tiempo definido *Desbalance IQ500* con un pickup de 2.5 (A). La tolerancia se estableció a un 33% que representa un aproximado de 5 (s) de acuerdo a las características implementadas por el personal técnico pasado.

Nota: La tolerancia definitiva se establecerá estadísticamente mediante el proceso de pruebas.

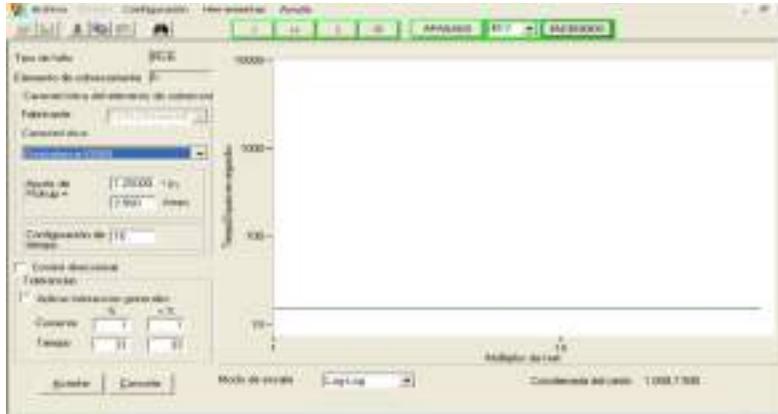


Figura 4.57 Selección de la curva característica desbalance de fases de los IQ500 Series en el Software F6Test.

Finalmente para la función de falla a tierra se modificó la etapa I> para una falla monofásica Ph-N, asignándose la curva de tiempo definido *Falla a Tierra IQ500*, con un pickup de 3 (A).

La tolerancia se estableció a un 25% y 65%, concordando esta con la única tolerancia establecida en el manual de mantenimiento y operación de los relés IQ500 de +1.3/-0.5 (s).

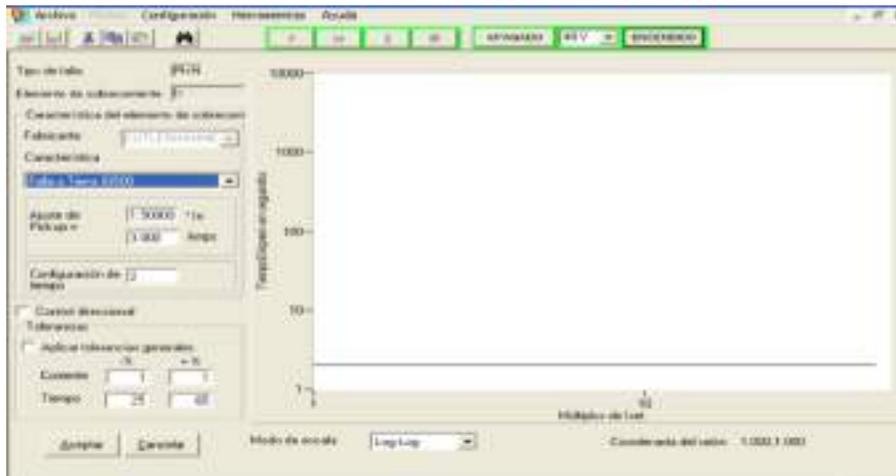


Figura 4.58 Selección de curva característica falla a tierra de los IQ500 Series en el Software F6Test.

Para la detección del disparo se configura las *Entradas digitales y activadores* con una señal de entrada de tipo disparo, bajo una característica de contacto cerrado para abrir.

Una vez configurada todas las características del relé se procede a diseñar el *Plan de pruebas*. Para ello se construirán dos planes de acuerdo a las funciones que ofrece el software F6Test, uno para la certificación del ajuste de los pickups pudiéndose evaluar la sensibilidad de los sensores de línea del equipo (*Preventivo Detección de Pickups*) y el segundo para la prueba

de los tiempos de actuación del relé bajo las características y funciones establecidas (*Preventivo Tiempo de respuesta*).

4.2.2.2 Preventivo Detección de Pickups.

Este plan está conformado por cuatro pruebas rampas, tres para la función de falla a tierra pudiéndose evaluar el sensor de cada fase y la cuarta rampa para la función de desbalance de fases.

Nombre	Tipo de pr.	Comentarios	Resultado	Último prueba
✓ Detección Pickup GF Fase...	Ramp	Desbalanceo Deseq.	Fal	19-abr-17 5:41:31
✓ Detección Pickup GF Fase...	Ramp	Desbalanceo Deseq.	Fal	19-abr-17 5:41:29
✓ Detección Pickup GF Fase...	Ramp	Desbalanceo Deseq.	Fal	19-abr-17 5:41:31
✓ Pickup Desbalance Phase	Ramp		Pass	19-abr-17 5:41:29

Figura 4.59 Creación de las pruebas de detección de pickups de los IQ500 Series en el Software F6Test.

En las rampas de falla a tierra se crearon las *Definiciones de pruebas* bajo el nombre de *Pickup de falla a Tierra Fase A, B o C*.

Esta definición consta de una rampa ascendente en la fase A, partiendo de una corriente de 2(A), pasando por el punto de interés 3 (A), hasta los 5 (A) en pasos de 0.5 (A)

El tiempo de duración del escalón de la rampa es de 5 (s), siendo el tiempo de disparo del relé de 3.3 (s) tomando en cuenta la tolerancia establecida, los pasos de 0.5 (A) ofrece 6 escalones desde el punto de normal de operación 2 (A) hasta los 5 (A) con una tolerancia de $\pm 10\%$, siendo este último valor el próximo ajuste que ofrece el IQ500L para esta función. La prueba de una fase se realiza en un tiempo aproximado de 30 (s).

Este procedimiento se realiza de igual manera en las fases B y C, bajo las mismas condiciones de operación.

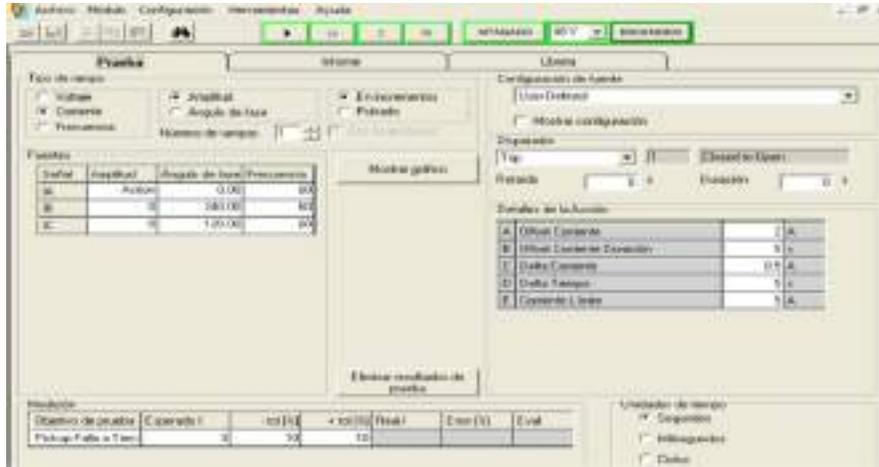


Figura 4.60 Inserción de las características de la prueba de detección de pickup de falla a tierra de los IQ500 Series en el Software F6Test.

La cuarta rampa es destinada para el pickup de desbalance de fases, bajo una *definición de prueba* nombrada como *Pickup de desbalance de fases a un 20%*. Esta prueba se basa en una rampa ascendente en la fase A, partiendo de un valor de corriente de 2.47 (A) a un 19% de desbalance, pasando por el punto de interés a un 20% con un valor de 2.5 (A) hasta los 2.63 (A) con un 24% de desbalance.

La duración del escalón es de 20 (s) con un tiempo de operación del relé de 16.5 (s) tomando en cuenta la tolerancia de un 10%. El tiempo total de la inyección es de 1 (min) 45 (s).

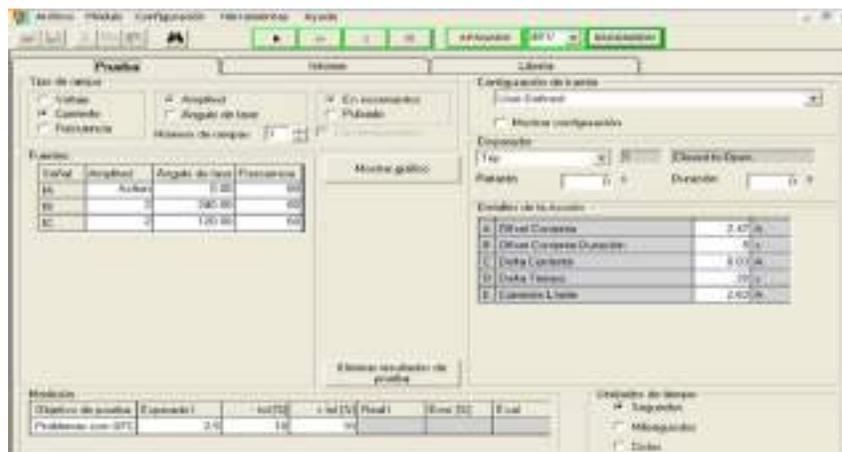


Figura 4.61 Inserción de las características de la prueba de detección de pickup de desbalance de fases de los IQ500 Series en el Software F6Test.

4.2.2.3 Preventivo Tiempo de respuesta.

Este plan de pruebas se basa en evaluar el tiempo de disparo de los relés con respecto a su respectivo ajuste y curva de operación. Esto se logra mediante la implementación de la función I-Char del F6Test, pudiéndose certificar el tiempo de operación de la protección

contra sobrecorriente, falla a tierra y desbalances para curvas de tiempo inverso y tiempo definido.

Para lograr una evaluación eficaz y eficiente de cada una de las funciones se diseñaron siete pruebas, una para función de sobrecarga, tres para la función de desbalance y tres para la función de falla a tierra.

En la protección contra sobrecarga se implementó una sola función I-Char para evaluar los puntos de la curva de tiempo inverso de los relés IQ500 series al 150% y 200% tal como se había aclarado en las fases anteriores. Sin embargo, para las funciones de desbalance y falla a tierra se pudo observar en los resultados estadísticos de la Sub-fase 1.1 se presenta una desviación en el pickup de detección de forma evidente, esto debido al ser curvas de tiempo definido y a la poca precisión del relé.

Por consiguiente se elaboraron 3 pruebas de detección de disparos, en las cuales se evalúan 5 puntos en concordancia con la prueba de detección de pickup mediante rampas mencionadas anteriormente. Esto permite una óptima utilización de la función I-Char, ya que la desviación arrojada como resultado por la prueba de detección de pickup es seleccionada dentro de tres intervalos de puntos ya sea para en caso de falla a tierra del IQ500L, 3 (A) 3.5 y 4 (A), y finalmente 4.5 y 5 (A), de igual manera para la función de desbalance de corrientes.

Esto resume el número de inyecciones a solo 2 en una sola prueba (por fase) evitando la evaluación de puntos innecesarios reduciendo el tiempo de la prueba, además de definir y estandarizar los puntos a ser evaluados para implementar un criterio de prueba uniforme.

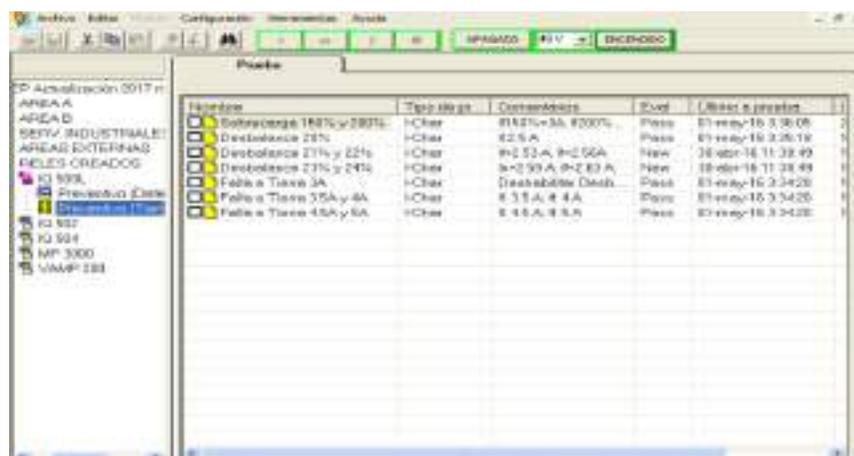


Figura 4.62 Creación de las pruebas de *Tiempo de respuesta* de los IQ500 Series en el Software F6Test.

En evaluación de la función contra sobrecarga se seleccionó una inyección trifásica en los puntos antes nombrados, además de un tiempo máximo de inyección de 200 (s) para la detección de no operación del relé ante un tiempo normal de disparo 140 (s), este tiempo no

implica la tolerancia para la certificación del mismo la cual fue ajustada a un 10%, simplemente impone un límite de duración de la inyección ante una avería total del relé.

No obstante el tiempo entre las inyecciones es de suma importancia ya que el relé al poseer memoria térmica simulada, si se realiza una inyección antes que el mismo llegue a su rearme se puede obtener resultados inconsistentes, por lo cual se seleccionó el tiempo antes implementado por el personal técnico de 6 min con la acotación de que el mismo será certificado en la Sub-fase 3.2, ya que se puede apreciar levemente este fenómeno en las estadísticas de la Sub-fase 1.1.

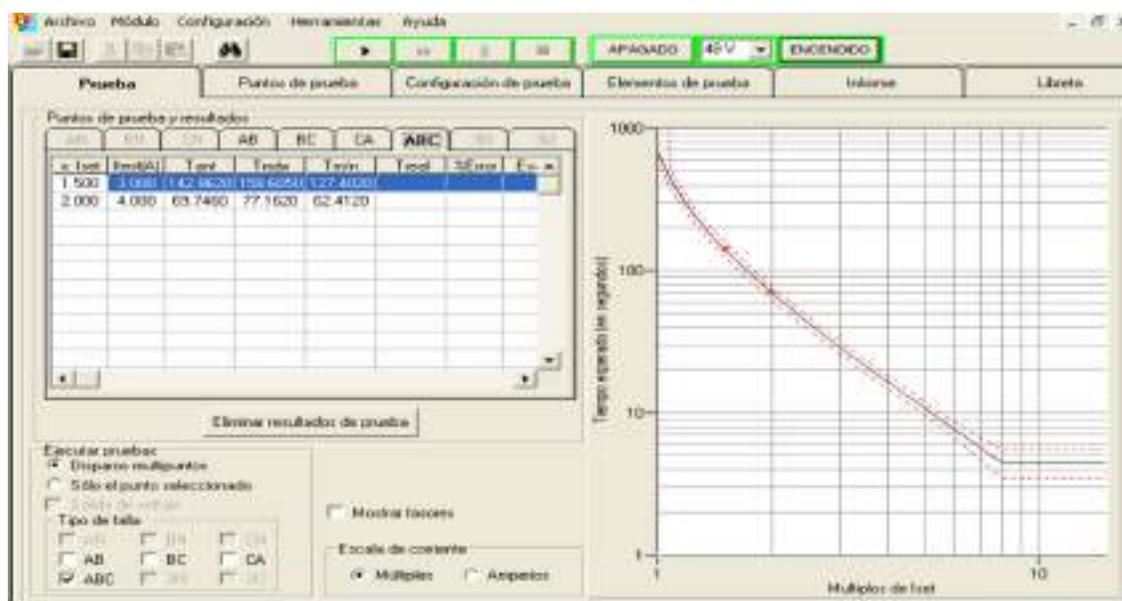


Figura 4.63 Inserción de los puntos de inyección al 150% y 200% de las pruebas de *Tiempo de respuesta* de los IQ500 Series en el Software F6Test.

La protección contra desbalance de corrientes es desarrollada en la función I-Char como una falla Fase –Tierra, con la circulación de una corriente nominal en las fases no averiadas y una corriente desbalanceada en magnitud en la fase A, esto se logra mediante la asignación de una corriente pre-falla de magnitud nominal con el elemento de prueba Ph-N seleccionado y habilitando una sola fase AN en el tipo de falla de la prueba.

El tiempo máximo de inyección se establece en 20 (s) para un tiempo normal de disparo de 15 (s), además de un tiempo entre inyecciones de 1 (min) para que el operador oprima en botón de reseteo del relé, esto se resume en un tiempo de prueba de 1 (min) 15 (s). Finalmente se selecciona el punto de prueba como se muestra en la al 21% y 22%.

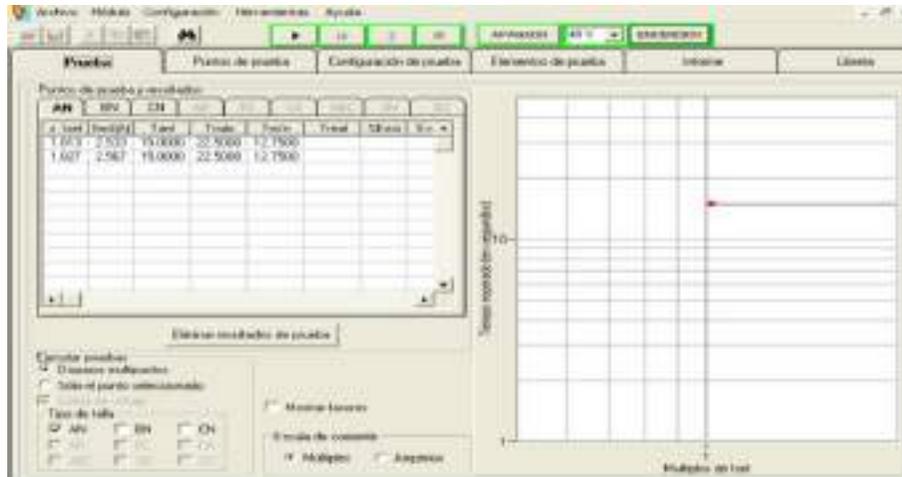


Figura 4.64 Inserción de los puntos de inyección de desbalance de corriente de las pruebas de *Tiempo de respuesta* de los IQ500 Series en el Software F6Test.

Finalmente para los relés IQ500 series la evaluación de la protección contra falla a tierra se diseña de igual manera a la de desbalance, con la implementación del elemento de falla Ph-N de la función I-Char, pero discrepando de este haciendo cero la pre-falla, simulando una falla a tierra con el sistema en vacío, además de evaluar las 3 fases de forma secuencial.

El tiempo máximo de inyección se estableció en 10 (s) para un tiempo de operación de 2 (s) y un tiempo entre inyecciones de 1 (min), arrojando un tiempo de la prueba de 3 (min) 30 (s) en la evaluación de las 3 fases.

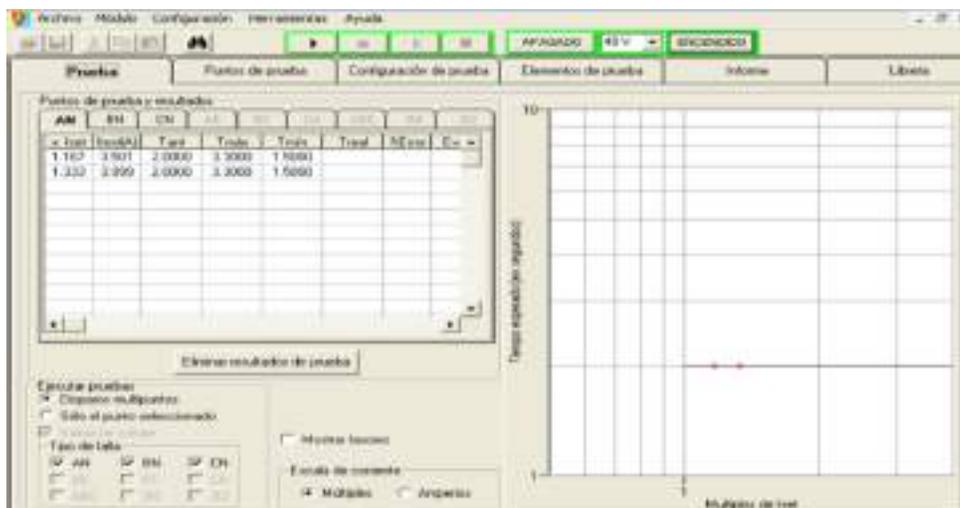


Figura 4.65 Inserción de los puntos de inyección de falla a tierra de las pruebas de *Tiempo de respuesta* de los IQ500 Series en el Software F6Test.

4.2.2.4 Desarrollo de las pruebas del relé MP3000.

Ingresando los parámetros del MP3000 detectamos que este relé posee 4 etapas en la función contra sobrecorrientes trifásicas (sobrecarga, Jam, Rotor Bloqueado y sobrecorriente instantánea) y la herramienta I-Char ofrece solo 3 etapas. Esto implica que las 3 primeras etapas se incorporen a una función con respectiva curva compuesta (sobrecarga, Jam, Rotor Bloqueado) y se tiene que crear una función a parte para la cuarta etapa (IOC).

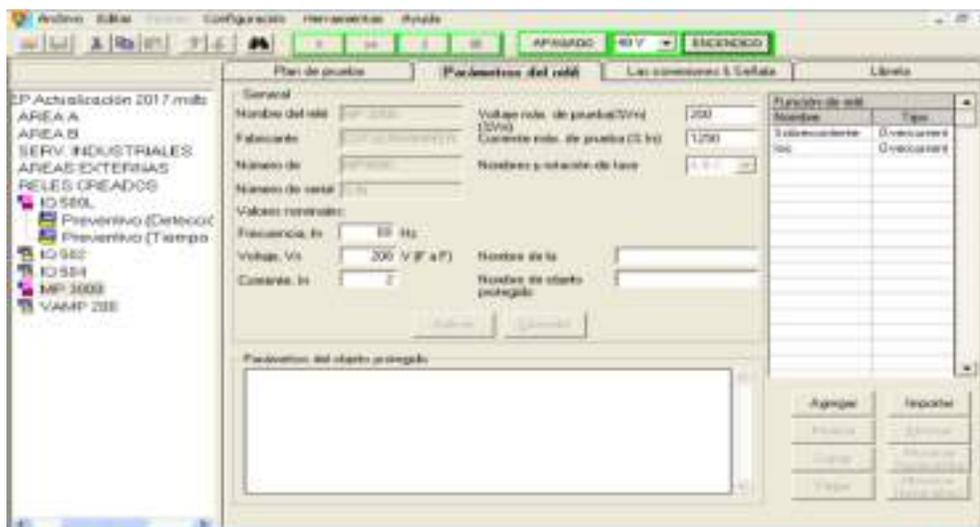


Figura 4.66 Inserción de las funciones de protección del MP3000 en el Software F6Test.

Para crear la función contra sobrecorrientes seleccionamos la curva de *MP3000 I2t* en la etapa I> con un pickup al 100% (ajuste solo para pruebas).

La etapa I>> se asocia con la curva *Tiempo Definido MP3000* con un pickup de 4 (A) y un tiempo de disparo de 25 (s), ajustes de la protección contra Jam y finalmente la etapa I>>> de igual manera se relaciona con la curva *Tiempo Definido MP3000* con el pickup y tiempo de disparo del ajuste a Rotor Bloqueado 6 (A) a 20 (s). Esto arroja como resultado una curva compuesta por las 3 etapas de protección Figura 4.67.

Aprovechando esta función, asignamos la protección de falla a tierra 3I0 para un sensor de neutro independiente. Para ello seleccionamos la etapa I> en el recuadro respectivo a 3I0 y con la curva *Tiempo Definido MP3000* asignamos el pickup correspondiente a la función de falla a tierra de 0.5 (A), además del tiempo de operación 0.083 (s).

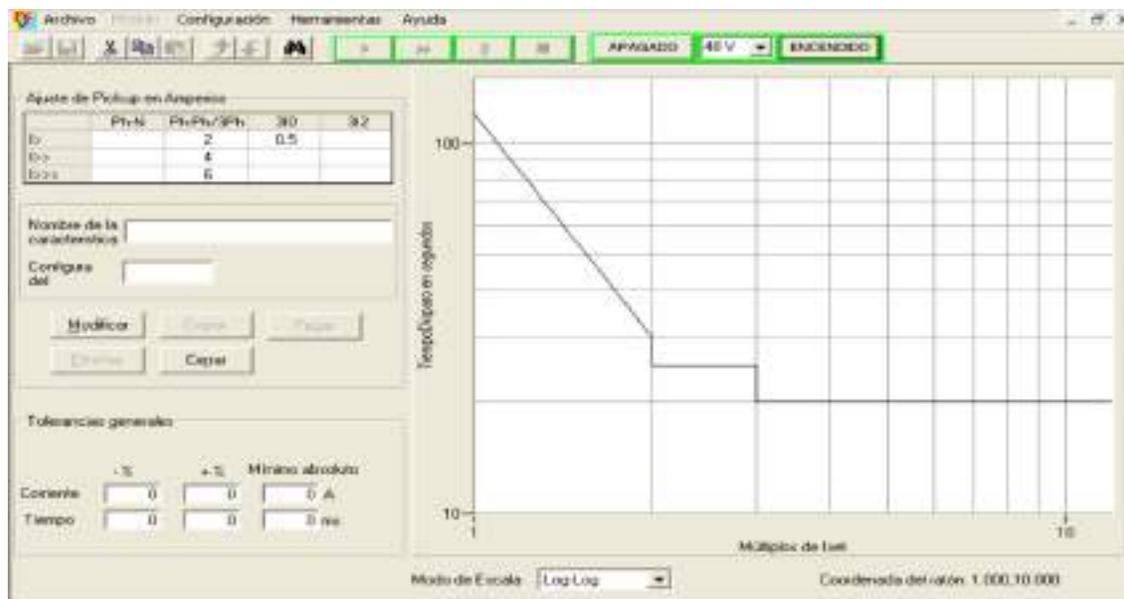


Figura 4.67 Construcción de la curva de operación de sobrecorriente del MP3000 en el Software F6Test.

Similarmente construimos la función IOC con la curva *Tiempo Definido MP3000* con el pickup de 18 (A) y un tiempo de operación de 0.083 (s).

Las tolerancias se asignaron al $\pm 2.5\%$ para la recta de sobrecarga y $\pm 5\%$ para las otras funciones de sobrecorriente, exceptuando el IOC y la Falla a Tierra la cual se les asignó 2.5 Ciclos de acuerdo al manual del fabricante Tabla B.2 y B.3

Una vez ingresados los parámetros del relé, procedemos a construir el *Plan de Pruebas*, aplicándose la misma filosofía implementada en los IQ500 series.

4.2.2.5 Preventivo Detección de Pickup.

En este caso desarrollamos cinco funciones rampas, dos para las funciones de falla a tierra y subcarga, y las restantes para cada función de sobrecorriente con excepción de la sobrecarga y el desbalance.

La función de sobrecarga es omitida debido que los pickups de las funciones de tiempo inverso requieren tiempos de inyección muy largos, y con la corroboración bajo la curva característica I-Char se puede realizar una aproximación de la tendencia hacia el pickup. La protección de desbalance por otro lado es analizada por componentes simétricas manipulándose magnitud y fase de manera simultánea, limitándose la función rampa para esta característica.

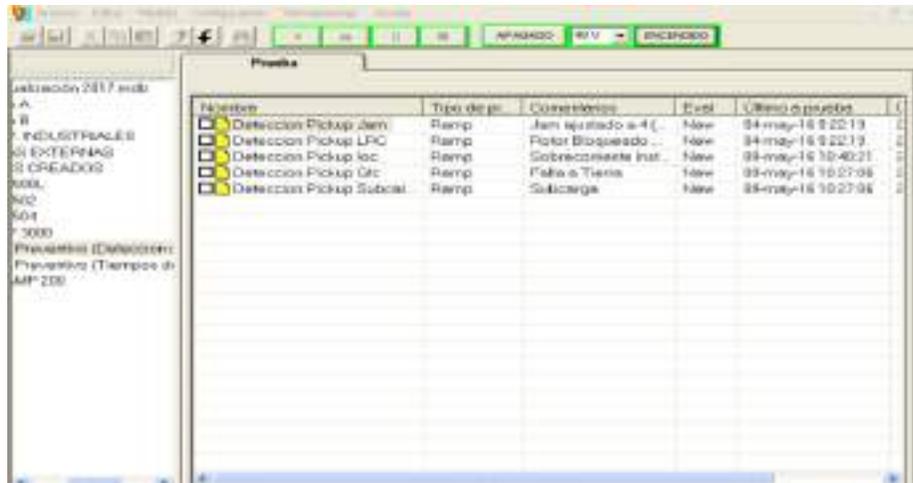


Figura 4.68 Creación de las pruebas de *Detección de Pickup* del MP3000 en el Software F6Test .

La detección del pickup del jam es ejecutado mediante la inyección de una rampa pulsante trifásica partiendo de una corriente de 3.88 (A), pasando por el punto de interés de 4 (A) hasta los 4.12 (A) en pasos de 0.04 (A). Se utiliza una rampa pulsante con un offset de 2 (s) para evitar mantener una corriente por un tiempo superior al ajuste de la etapa de protección anterior como es en este caso la sobrecarga.

El tiempo de duración del pulso es de 27 (s), siendo el tiempo de disparo de la función de 25 (s). El tiempo total de la prueba ronda los 3 (min) y 46 (s).

Para detectar el pickup del rotor bloqueado se implementa una rampa similar a la anterior solo que esta parte de una corriente trifásica de 5.82 (A) pasando por el punto de interés de 6 (A) y finalizando en 6.20 (A) en pasos de 0.06 (A). De igual manera se implementa una rampa pulsante con un tiempo de offset de 2 (s). La duración del pulso es de 22 (s) siendo el tiempo de disparo de 20 (s). El tiempo aproximado de la prueba es de 2 (min) 52 (s).

Finalmente para la detección del pickup del IOC se utiliza una rampa pulsante con un tiempo de inyección de 0.5 (s) siendo el tiempo de disparo para esta etapa de 0.083 (s). La inyección parte de una corriente de 17.46 (A) pasando por el punto de interés de 18 (A) finalizando en una corriente de 18.54 (A) en pasos de 0.18 (A). La duración total de la prueba es de 28 (s).

Las rampas para la detección del pickup en las funciones de sobrecorrientes mencionadas cubren un $\pm 3\%$ de la señal de medición, siendo la tolerancia permitida según el manual del fabricante de $\pm 1\%$.

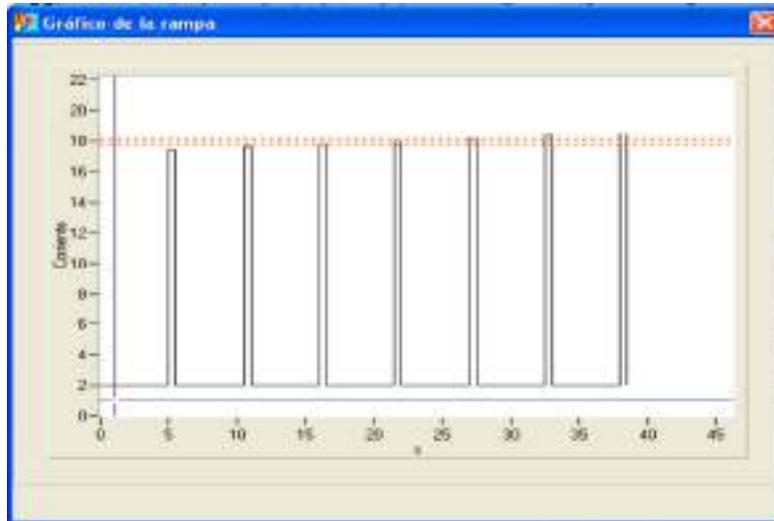


Figura 4.69 Comportamiento de la rampa de detección de pickup de la función de IOC del MP3000 en el Software F6Test.

El pickup de la función contra falla a tierra es evaluado mediante la inyección de una rampa monofásica 3I0 en el sensor de falla a tierra partiendo de una corriente de 0 (A) pasando por el punto de interés 0.5 (A) hasta 1 (A) en pasos de 0.01(A). La duración del escalón de la rampa es de 0.5 (s).

La corta duración de la falla y la baja magnitud de la misma favorece un amplio espectro de evaluación de la función, pudiéndose cubrir hasta un 100% de la magnitud de falla en el rango de inyección. El tiempo aproximado de la prueba es de 50 (s) y la tolerancia permitida según el fabricante es de $\pm 2\%$.

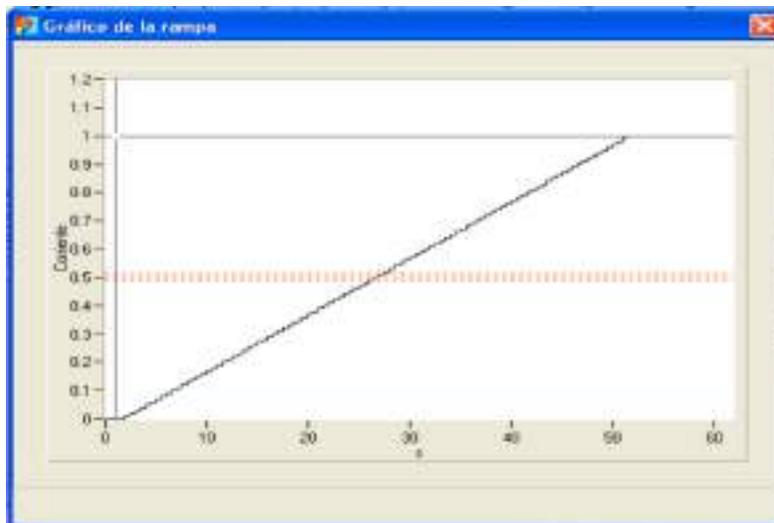


Figura 4.70 Comportamiento de la rampa de detección de pickup de la función de falla a tierra del MP3000 en el Software F6Test.

Finalmente el pickup de la subcarga es detectado mediante la inyección de una rampa pulsante trifásica de pendiente negativa de valor 1.04 (A) pasando por el punto de interés de 0.8 (A) hasta el punto final de 0.56 (A), antes de esta rampa se presenta un offset de 2(A) (Corriente nominal) por 5 (s). El tiempo de duración del pulso es de 17 (s) siendo el tiempo de disparo del relé ajustado en 15 (s). El tiempo aproximado de duración de la prueba es de 2 (min) 18 (s).

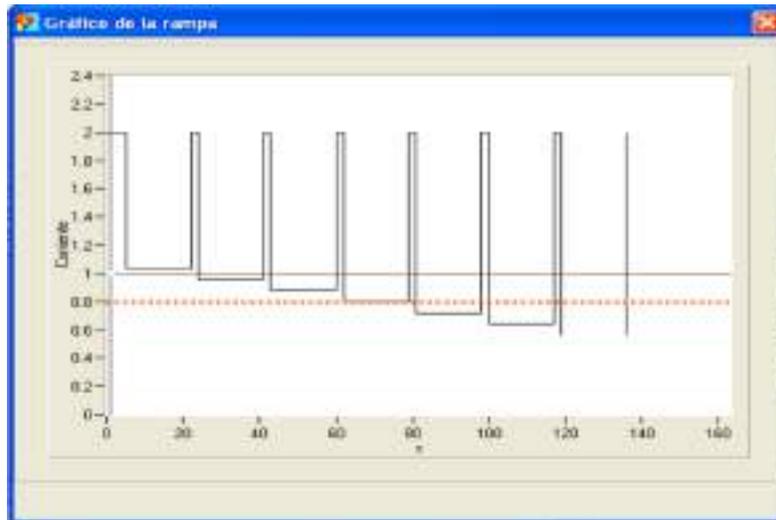


Figura 4.71 Comportamiento de la rampa de detección de pickup de la función de subcarga del MP3000 en el Software F6Test.

4.2.2.6 Preventivo Tiempos de Respuestas.

Este plan de pruebas consta de la presentación de 5 pruebas, estructuradas por 3 funciones I-Char para evaluar las protecciones contra sobrecorrientes, IOC (prueba ejecutada a parte por razones ya mencionadas) y falla a tierra, y 2 funciones SSIMUL para las protecciones contra subcarga y desbalance de fases, esto debido a que la función I-Char no tiene la flexibilidad para evaluar puntos por debajo del pickup establecido como es en el caso de la subcarga y no permite modificar los ángulos de las fases para el caso del desbalance.

Asignándole como nombre *Protección contra sobrecorrientes* a la *definición de prueba* seleccionamos las casillas de las 3 etapas de sobrecorrientes I>, I>>, I>>>. Habilitamos el disparador para una falla trifásica ABC con un tiempo de inyección de 80 (s) siendo el máximo tiempo permitido al 150% de 76.8 (s).

Debido a que el manual indica que la curva de disparo es diseñada para un arranque en frío y la característica de simulación por acumulación térmica por parte del relé no posee comportamiento representativo en el manual, el tiempo entre inyecciones se establecerá de acuerdo a pruebas posteriores mediante la inyección de puntos sucesivos, sin embargo mientras tanto se le asignará un valor temporal de 1 (min).

Luego procedemos a seleccionar los puntos de prueba ya definidos como se muestra en la Figura 4.72 y finalmente seleccionamos un *tipo de falla* ABC.

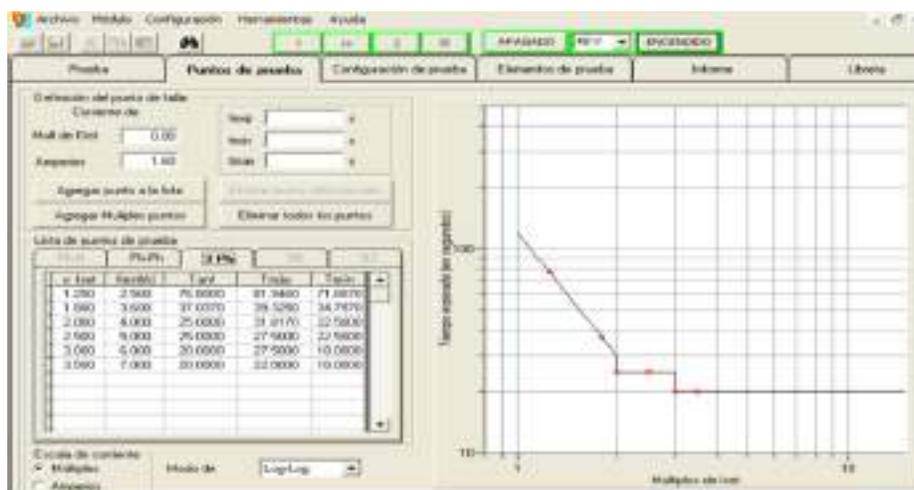


Figura 4.72 Selección de los puntos de inyección de la prueba de sobrecorrientes del plan *Tiempo de respuesta* del MP3000 en el Software F6Test.

Para evaluar la protección contra IOC realizamos el mismo procedimiento creando dicha definición de prueba y chequeamos la primera etapa I> para esta función. Asignamos un tiempo máximo de inyección de 1 (s) y un tiempo entre inyecciones de 1 (min). Luego procedemos a seleccionar la detección de disparo para una falla tipo ABC para posteriormente ubicar los puntos de pruebas.

Para la detección del tiempo de disparo en la protección contra falla a tierra creamos una prueba I-Char bajo la definición de *Falla a Tierra*, como la función de sobrecorriente que diseñamos al momento que creamos al relé incorpora el 3I0, seleccionamos ésta en el nombre de la función para luego remarcar esta característica en primera etapa I>.

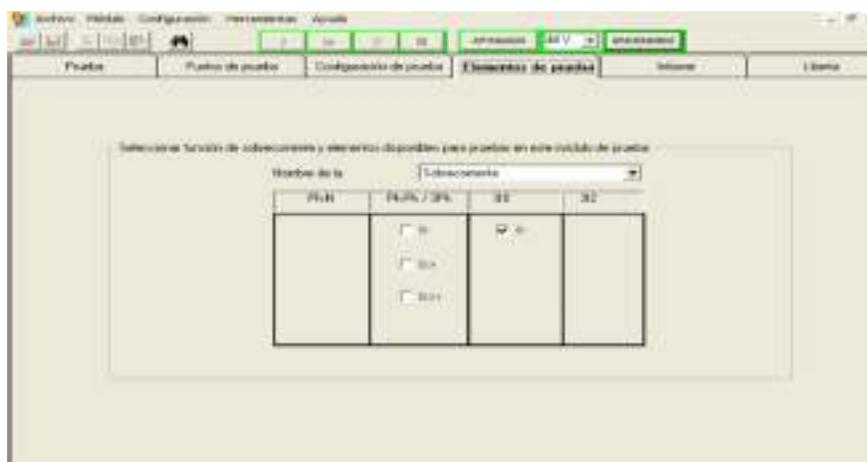


Figura 4.73 Selección del elemento de prueba 3I0 para la prueba de falla a tierra del plan *Tiempo de respuesta* del MP3000 en el Software F6Test.

Para el tiempo de espera entre inyecciones asignamos 1 (min) con un máximo tiempo de inyección de la falla de 1 (s) ya que el tiempo esperado es de 0.083(s). Como esta función es de rápida respuesta bajo una corriente muy pequeña es recomendable asignar una pre-falla, en nuestro caso de corriente nominal de 2 (A) durante 2 (s), Esto se hace para que el relé detecte un comportamiento progresivo desde el punto de operación hasta el momento de la falla.

Algo muy importante es seleccionar en la ventana de cálculo de falla es que se ejecute por una *Fuente distinta de entrada monofásica* en la sección *Elemento 3I0*. Ya que esto permitirá que estando el equipo instalado se habilite una fuente de corriente de baja potencia del inyector para conectarlo al sensor de neutro del relé y así realizar simulaciones de fallas directamente en este sin cambiar el cableado.



Figura 4.74 Selección de la casilla *fuentes distinta de entrada monofásica* para la prueba de falla a tierra del plan *Tiempo de respuesta* del MP3000 en el Software F6Test.

Finalmente seleccionamos los puntos de pruebas ya antes calculados seleccionamos el tipo de falla 3I0 y el disparo multipuntos.

La función de baja carga consta en la evaluación de un punto por debajo de la corriente nominal del relé, en nuestro caso a un 40%. Como la función I-Char se caracteriza por evaluar puntos de sobrecorrientes no puede ser aplicada para la evaluación de esta característica, por consiguiente se implementará la función SSIMUL que aunque carece de representación gráfica de la curva de operación, ofrece una flexibilidad para desarrollar todo tipo de fallas.

Para configurar esta función creamos una estado *Pre-falla* que represente las condiciones normales operación, para ello se asigna una corriente nominal de 2 (A) con los ángulos de las fases de un sistema trifásico balanceado, bajo una frecuencia de 60Hz, esta pre-falla tendrá una duración de 5 (s).

Luego insertamos un segundo estado para la condición de falla *Baja carga 40%*, en el mismo introducimos una corriente de 0.8 (A) con los mismos valores de fase y frecuencia, como el tiempo de operación del relé en condiciones de falla es de 15 (s), se ingresará un máximo tiempo de inyección de 20 (s) para considerar la no operación del relé.

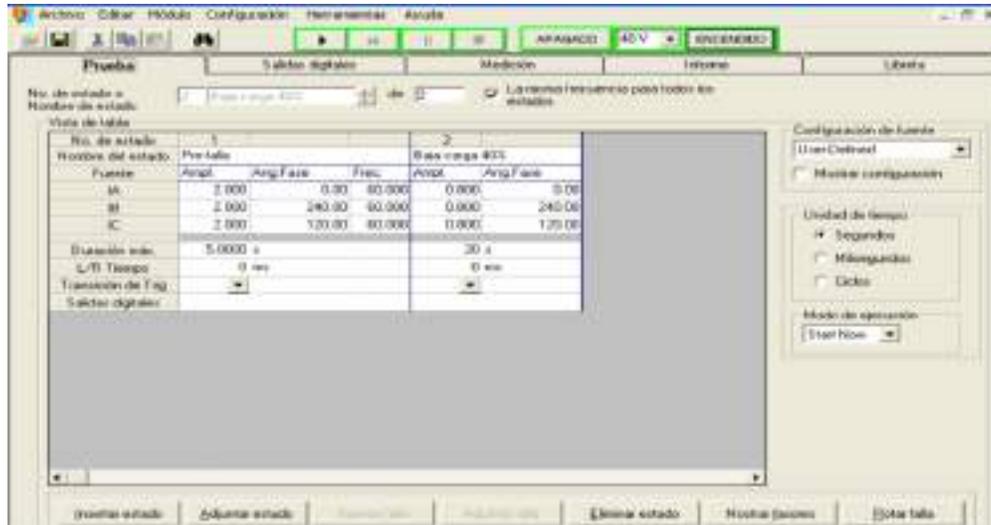


Figura 4.75 Construcción de la falla por SSIMUL para la prueba de subcarga tierra del plan *Tiempo de respuesta* del MP3000 en el Software F6Test.

Posteriormente se procede a configurar la medición de la actuación del relé, seleccionando el estado de baja 40% como el momento en el que se desea censar el activador Normalmente cerrado (Close to Open) y con un tiempo máximo de 15 (s) bajo una tolerancia de ± 0.2 (s). El tiempo total de la prueba es de 25 (s).

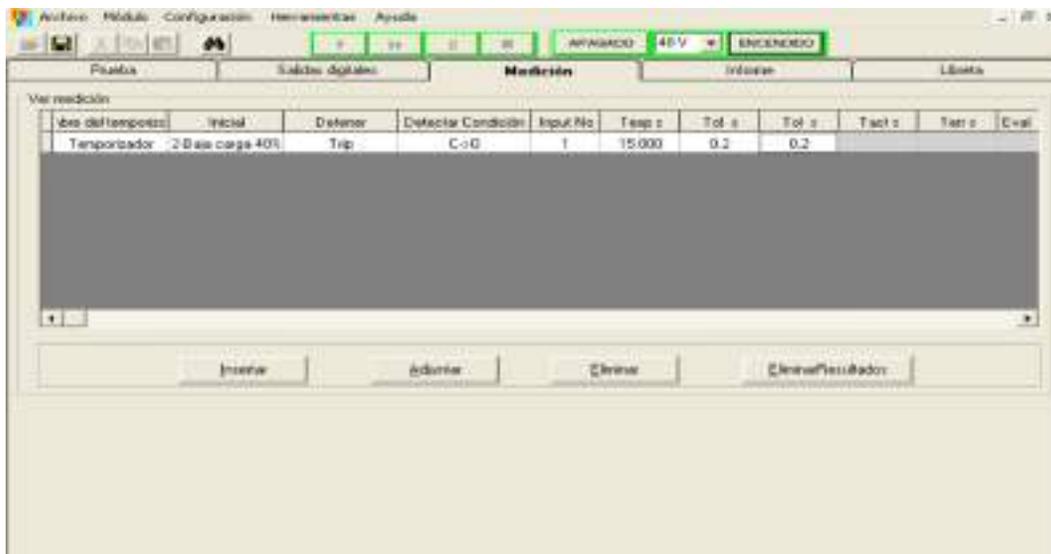


Figura 4.76 Selección de la característica de disparo por SSIMUL para la prueba de Subcarga del plan *Tiempo de respuesta* del MP3000 en el Software F6Test.

La última función de protección a evaluar es el desbalance de fases, utilizando la herramienta SSIMUL crearemos una falla progresiva que partirá desde un 5% de desbalance pasando por el ajuste de un 10% hasta un llegar a un 15% obteniéndose el tiempo de actuación del relé mientras ocurre el fenómeno.

Para ello crearemos 4 estados, donde el primero constará de la condición normal de operación *Pre-falla* asignándole una corriente nominal de 2 (A) con las fases balanceadas durante un tiempo de 5 (s), luego procedemos a crear el segundo estado de falla *Desbalance 5%* la cual se encuentra por debajo del ajuste del relé, posteriormente creamos el tercer estado *Desbalance al 10%* y finalizamos con el cuarto estado *Desbalance 15%*. Los tres estados de falla tienen un tiempo de duración de 20 (s) siendo el tiempo de actuación del relé de 15 (s).

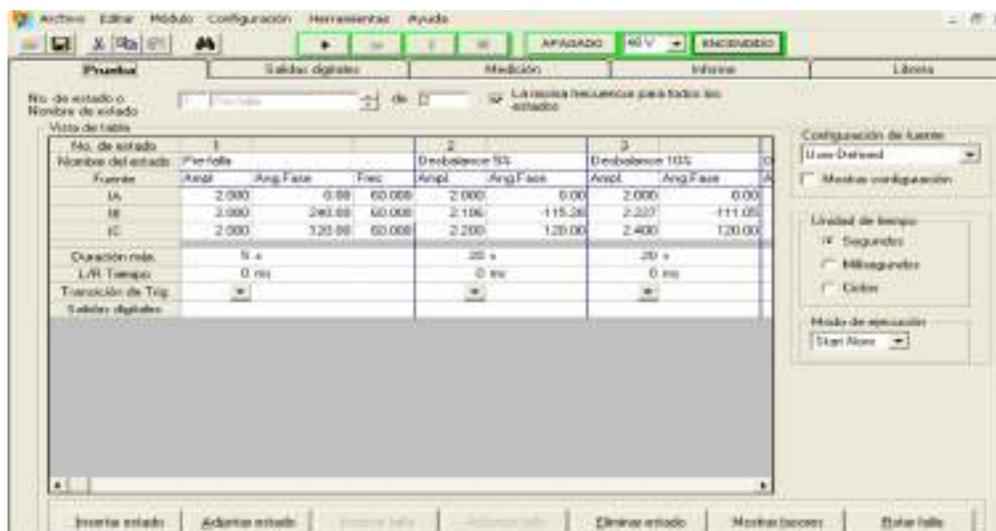


Figura 4.77 Construcción de los estados en el SSIMUL para la prueba de desbalance de fases del plan *Tiempo de respuesta* del MP3000 en el Software F6Test.

Por ultimo configuramos los activadores en el estado Desbalance 10% al cambiar el contacto Normalmente cerrado en un tiempo de 15 (s) bajo una tolerancia de ± 0.48 (s). El tiempo total de la prueba es de 1 (min) 5 (s).

4.2.2.7 Desarrollo de las pruebas de los relés VAMP 200 Series

Para empezar a diseñar las pruebas de los VAMP 200 series primero procedemos a ingresar los parámetros del relé, partiendo de la corriente nominal 5 (A), una corriente máxima de prueba de 5 veces la nominal (Máxima corriente de inyección del F6150 25 (A) trifásicos) y el voltaje nominal 120 (V) L-L con un máximo de 200 (V) L-L.

Para este relé se crean dos funciones principales, *Sobrecorrientes* ($I>$, $I>>$, $I>>>$, $I0>$, $I0>>$) y *Bajo voltaje*. La función contra desbalance $I2>$ e $I2>>$ se diseñará con SSIMUL por consiguiente no se requiere ingresar en este panel.



Figura 4.78 Selección de las funciones de protección del VAMP 200 Series en el Software F6Test.

Desarrollando la función *Sobrecorrientes* ingresamos los pickups de las etapas requeridas, para la primera etapa de falla trifásica I> asignamos el valor de 6.5 (A), con una curva Normalmente Inversa, para la segunda etapa I>> se ingresó el pickup de 12.5 (A) con un Tiempo Definido de retardo de 0.6 (s) y finalmente para la tercera etapa I>>> se le asignó el pickup de 25 (A) con un Tiempo Instantáneo de 0.1 (s). Las tres etapas cuentan con las tolerancias establecidas por el manual del fabricante.

Por otro lado la protección contra falla a tierra es configurada en sus dos etapas, siéndole asignada a la primera etapa 3I0> una curva de Tiempo Inverso Largo de pickup unitario y la segunda etapa 3I0>> un tiempo definido a 0.08 (s) de pickup 20 (A).

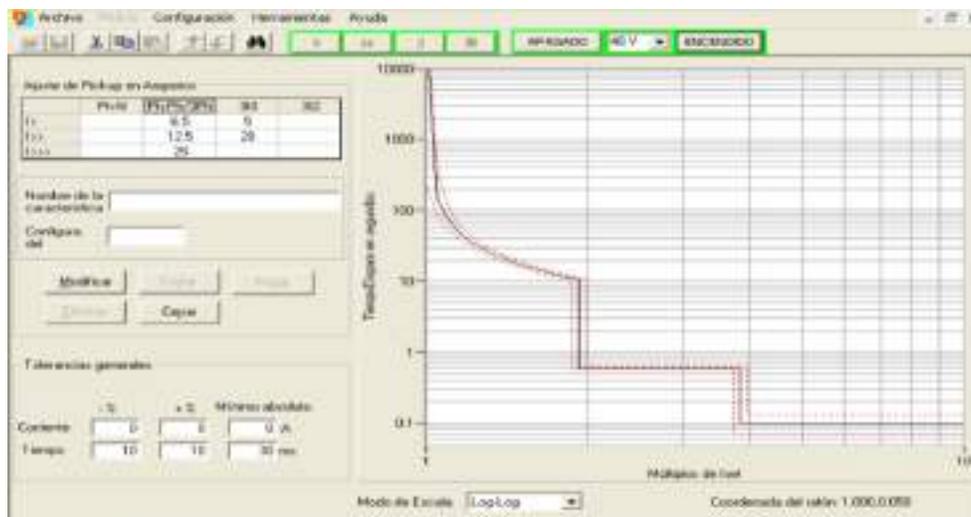


Figura 4.79 Selección de los pickups de sobrecorriente de la curva de operación del VAMP 200 Series en el Software F6Test.

A su vez se ajusta la función *Bajo voltaje* con la asignación de los pickups tanto de la primera etapa $V<$ a 108 (V) con un tiempo de disparo definido de 3 (s) y para la segunda etapa $V\ll$ a 84 (V) con un tiempo de disparo de 0.06 (s). Ambas se le asignan tolerancias establecidas por el manual del fabricante de 1% en tiempo y 3% en magnitud.

4.2.2.8 Preventivo Detección de Pickup.

El desarrollo de este plan de pruebas para los relés VAMP en particular es muy limitado, ya que tanto la función de sobrecorrientes y falla a tierras poseen curvas de tiempo inverso, y tal como se especificó en los relés anteriores dicha característica de disparo representa una limitante al presentar pickups a tiempos extremadamente largos.

Por lo tanto la función a evaluarse en este plan de pruebas constara de las protecciones contra baja tensión en primera y segunda etapa.

Para la prueba de baja tensión en primera etapa $V<$, se implementará una rampa trifásica decreciente de voltaje que parte de 117.72 (V) y que pasa por el punto de interés de 108 voltios a un 90% (ajuste del pickup) hasta finalizar en 98.28 (V) en pasos de 3.24 (V). Esta característica permite abarcar hasta un error del 9% siendo el mínimo permitido de un 3%, pudiéndose evaluar los puntos fronteras por encima y por debajo del valor deseado.

El escalón de la rampa posee una duración de 5 (s) siendo el tiempo de actuación del relé 3 (s), la prueba tiene un tiempo aproximado de duración de 40 (s).

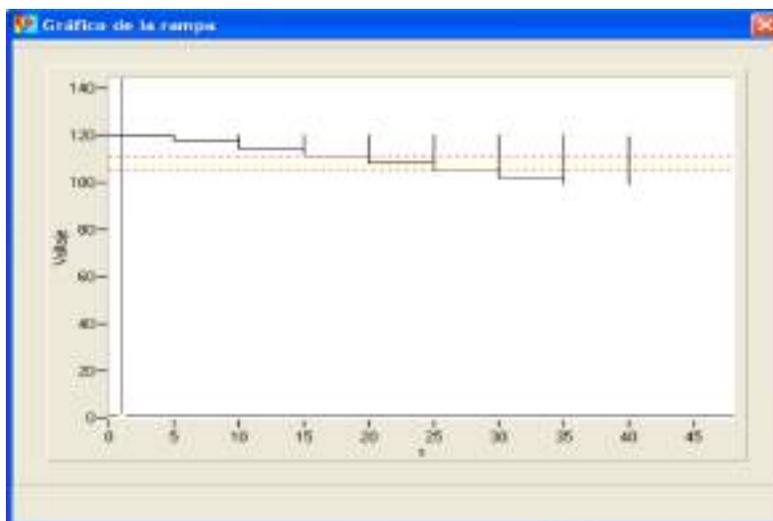


Figura 4.80 Comportamiento de la rampa de baja tensión para el VAMP 200 Series en el Software F6Test.

Para la segunda etapa de baja tensión $V\ll$, se desarrolla una rampa trifásica decreciente que parte de 91.56 (V) que luego decrece hasta el valor del pickup a 84 (V) para finalizar en 76.54 (V) en pasos de 2.52 (V). Al igual en la etapa anterior la prueba abarca una un rango de hasta un 9% siendo el mínimo permitido de 3%.

El escalón posee un tiempo de duración de 0.1 (s) siendo el tiempo de ajuste del relé en esa etapa a 0.06 (s). El tiempo total de duración de la prueba es de aproximadamente 6 (s).

4.2.2.9 Preventivo Tiempos de Respuestas.

Este plan de pruebas constará de la creación de cuatro pruebas, una función I-Char llamada *Sobrecorrientes* que evaluará las protecciones I>, I>>, I>>>, IO>, IO>>; seguirán dos funciones SSIMUL para la protección contra desbalances en primera etapa I2> y segunda etapa I2>>, y finalmente una función V-Char para la protección contra baja tensión.

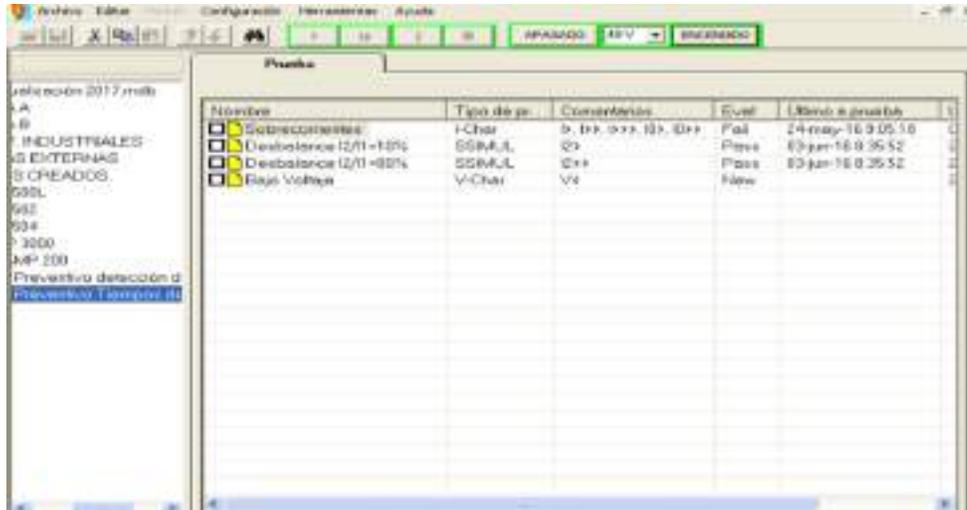


Figura 4.81 Construcción de las pruebas del plan de *Detección de tiempo de respuesta* del VAMP 200 Series en el Software F6Test .

Desarrollando la primera prueba denominada *Sobrecorrientes* nombraremos su definición de prueba como “I>, I>>, I>>>, IO>, IO>>”, luego en los elementos de prueba seleccionamos la prueba de sobrecorrientes creada anteriormente y chequeamos todas las etapas requeridas.

En la pestaña de cálculo de falla asignamos una pre-falla de 2 (A) y para la inyección de 3I0 habilitamos una *fente distinta de entrada monofásica*. Posteriormente en la pestaña de sincronización de la prueba y activadores seleccionamos en el recuadro de disparadores un Trip para las fallas ABC y 3I0, de igual manera en el recuadro de sincronización le asignamos un tiempo de 2 (s) a la pre-falla, una transición de disparos de 1 (min) y un tiempo máximo de inyección para indicar la no operación del relé de 280 (s), siendo el máximo tiempo de disparo ofrecido por el punto de 3I0 a un 150% constando de 262 (s).

Finalmente en la pestaña *Punto de prueba* asignamos los puntos correspondientes a las fallas ABC y 3I0 que fueron calculados en las sub-fases anteriores para posteriormente seleccionar en la pestaña de *Prueba* los respectivos tipos de falla.

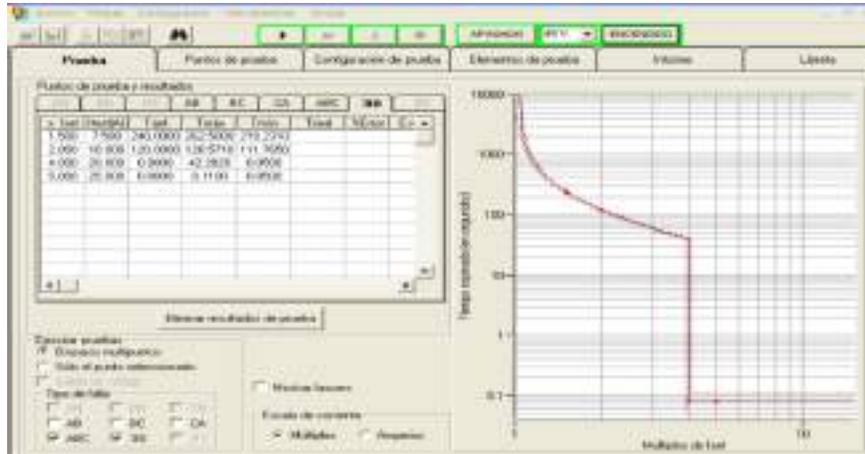


Figura 4.82 Selección de los puntos de inyección en la prueba de sobrecorriente del plan de tiempo de respuesta del VAMP 200 Series en el Software F6Test-

Para las protecciones contra Desbalance al 20% implementamos la función SSIMUL de la misma manera como se configuró en el MP3000, asignándole 4 estados partiendo desde la pre-falla, pasando por el desbalance al 5%, luego al 10% y finalizando a un 15%, siendo el tiempo de respuesta del relé 5 (s) desde arranque bajo una tolerancia de ± 0.03 (s). Sin embargo para los VAMP 200 se seleccionó una segunda etapa de desbalance al 80% que implica la pérdida de una línea.

Para ello crearemos una segunda prueba SSIMUL iniciando con un estado de pre-falla de 5(s), luego insertaremos un segundo y tercer estado con un desbalance a un 10% y 15% y finalizaremos con el 80%. Cada estado de desbalance tendrá una duración de 1 (s) siendo el total de duración de la falla de 3 (s), evitando así el accionamiento de la primera etapa pero, permitiendo a la segunda actuar en el cuarto estado debido a que el ajuste del mismo está a 0.1 (s).

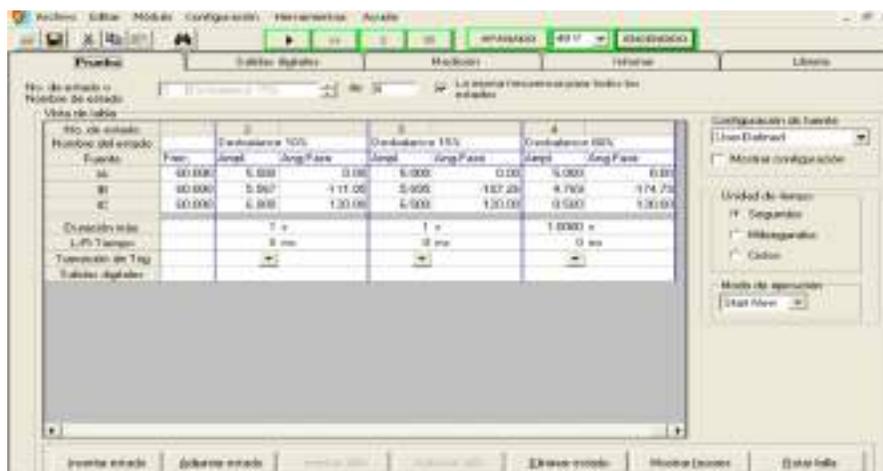


Figura 4.83 Construcción de los estados en SSIMUL de la función de pérdida de fase para el VAMP 200 Series en el Software F6Test.

Por último construiremos la prueba de baja tensión con la función V-Char, para ello creamos la definición de prueba *Bajo voltaje 90%* y *70%*, luego en la pestaña de *Elementos de prueba* ubicamos la función bajo voltaje y seleccionamos las etapas correspondientes. Posteriormente asignamos un tiempo máximo de inyección de 5 (s) siendo el tiempo de respuesta según el ajuste del relé de 3 (s) e ingresamos en el intervalo de disparos a 8 (s) (máximo permitido en esta función). Finalizando seleccionamos los puntos a 108 (V) y 84 (V) en las pestaña puntos de prueba para luego ubicar el tipo de falla como ABC en la pestaña de prueba.

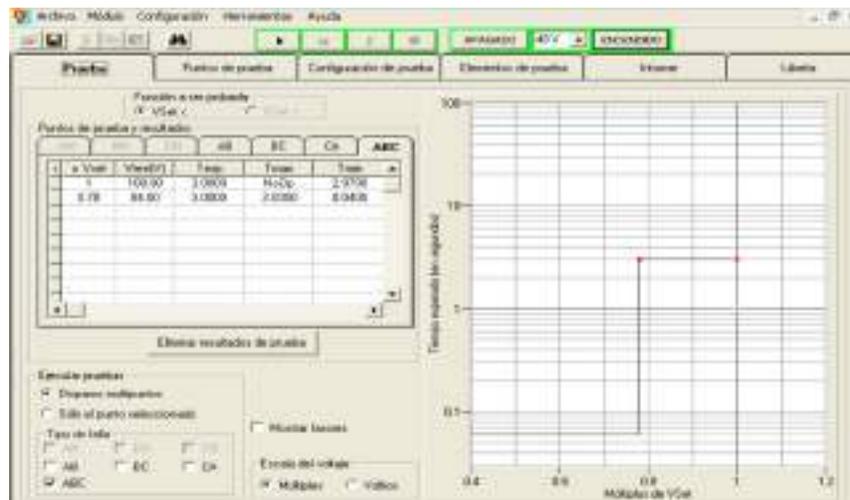


Figura 4.84 Selección de los puntos de inyección en la prueba de Baja tensión del plan de tiempo de respuesta del VAMP 200 Series en el Software F6Test.

4.3 Ejecutar las pruebas a los relés EATON IQ-500 Series, EATON MP-3000, y VAMP 200 Series implementando el Simulador de Potencia DOBLE F6150.

4.3.1 Desarrollar los esquemas de conexión de los relés IQ-500 series, MP-3000 y VAMP 200 series al Doble F6150.



Elementos:

Computador de Interfaz Gráfica; Inyector Doble F6150

■ Cable de comunicación USB tipo B.; Cable de alimentación Doble F615

Figura 4.85 Diagrama de conexión del F6150 al computador.

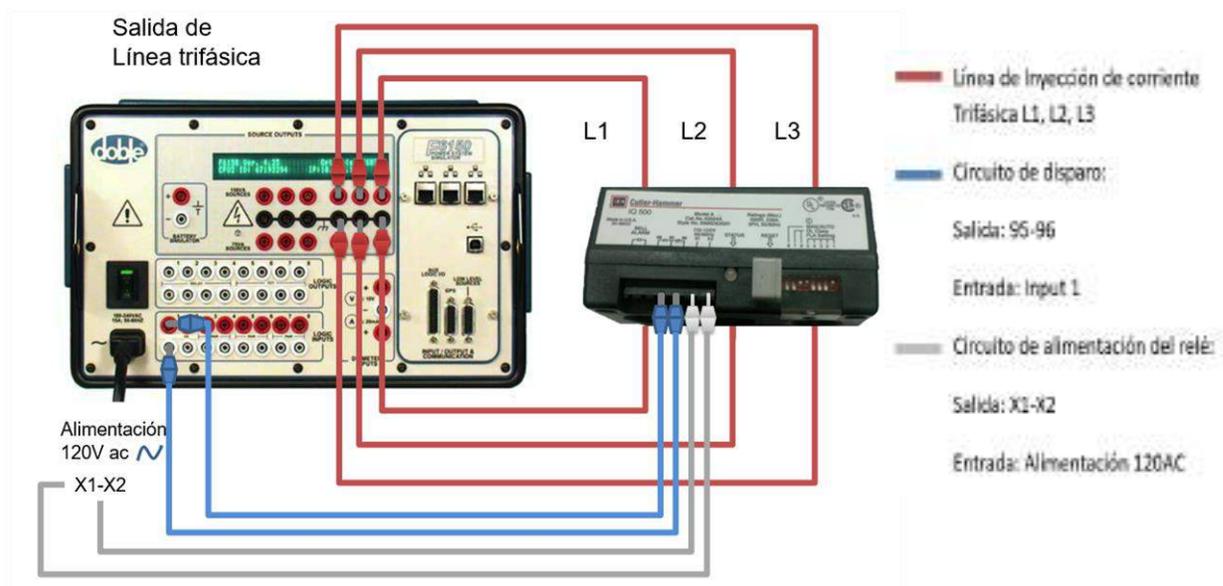


Figura 4.86 Diagrama de conexión de los Relés IQ500 Series con el Doble F6150.

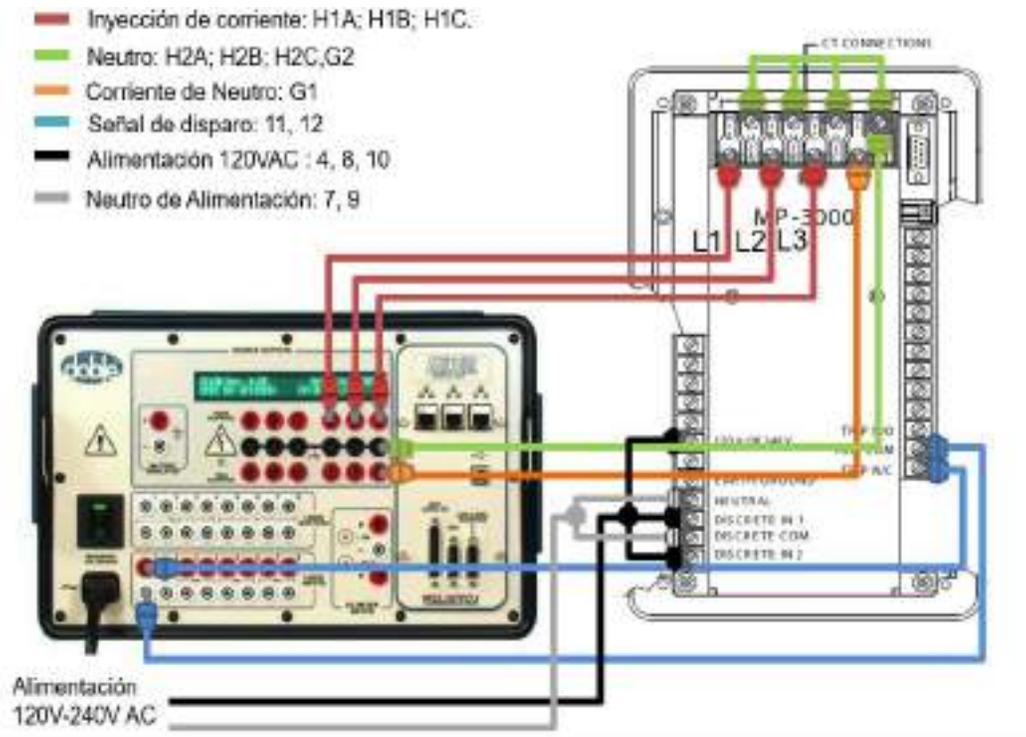


Figura 4.87 Diagrama de conexión de los MP3000 con el Doble F6150.

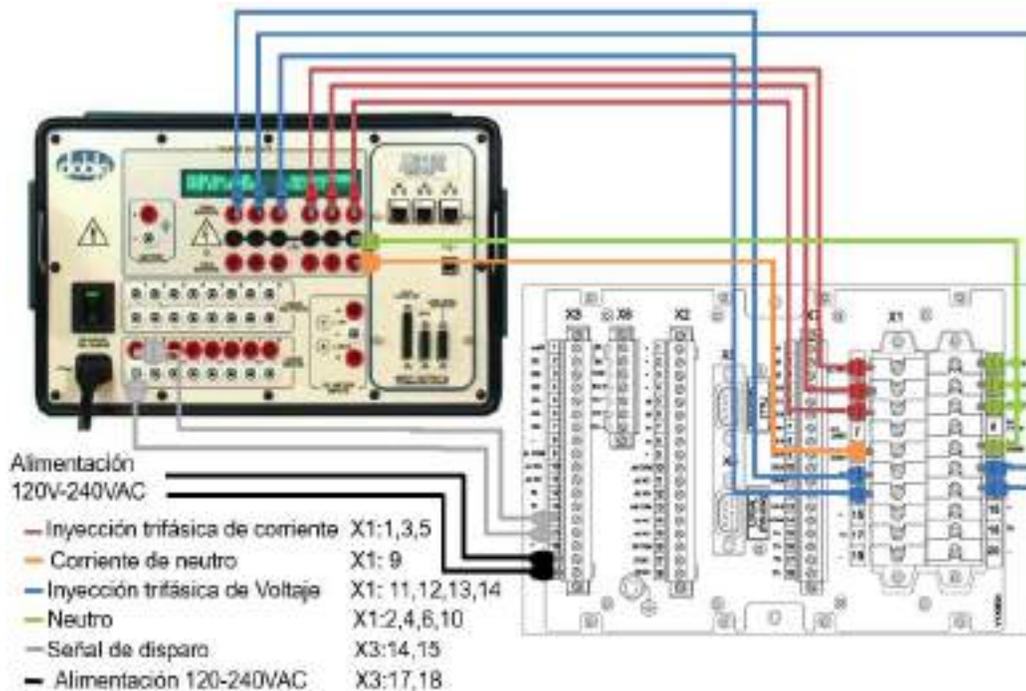


Figura 4.88 Diagrama de conexión de los Relés VAMP 200 Series con el Doble F6150.

4.3.2 Ejecutar pruebas para la certificación de los ajustes y las configuraciones realizadas.

Para garantizar la correcta operación de las pruebas automatizadas se realizaron pruebas pilotos para determinar los ajustes requeridos. Al momento de la configuración del software F6Test quedaron pendientes ciertos parámetros de los relés que no fueron ofrecidos por el manual del fabricante tales como, el tiempo de restablecimiento térmico tanto de los IQ500 series como los del MP 3000 y las tolerancias de disparo de los IQ500 Series.

4.3.2.1 Prueba N°1 (15-03-2016) Comprobación del tiempo de restablecimiento térmico IQ500 series.

Este ensayo consiste en inyecciones sucesivas con un tiempo entre las mismas fijando una corriente de prueba, el tiempo entre inyecciones se incrementará y se observará el comportamiento del relé, determinaremos si el mismo posee memoria térmica al presentar un aumento progresivo del tiempo de respuesta.

Relé de Prueba IQ502 (Nuevo)

Corriente de Inyección 6.3 (A)

Tiempo deseado para un disparo en frío:

90 (s)

Tiempo entre disparos 100 (s)

Número de inyecciones	Tiempo Obtenido (s)
1	90
2	40
3	37
4	37.9
5	37.57

Número de inyecciones	Tiempo Obtenido (s)
1	95
2	69.92
3	66.39
4	65.82
5	67.82

Corriente de Inyección 6.3 (A)

Tiempo deseado para un disparo en frío:

90 (s)

Tiempo entre disparos 5 (min)

Número de inyecciones	Tiempo Obtenido (s)
1	75.08
2	77.87
3	73.03
4	76.24
5	68.25

(Continuación 16-03-2016)

Corriente de Inyección 6.3 (A)

Tiempo deseado para un disparo en frío:

90 (s)

Tiempo entre disparos 4 (min)

Con esta serie de resultados podemos detectar la presencia de un fenómeno de memoria térmica dispuesta en los relés IQ500 series, lo cual nos conduce a la interrogante antes planteada de cuál es el tiempo mínimo de espera para la prueba de múltiples puntos. Para ello realizaremos una serie de pruebas para la detección de ese tiempo.

4.3.2.2 Prueba N°2 (17-03-2016) Determinación del tiempo de restablecimiento térmico IQ500 series.

Este ensayo al igual que el primero consiste en inyecciones sucesivas con un tiempo entre las mismas fijando una corriente de prueba, el tiempo entre inyecciones se incrementará hasta que la respuesta del relé se aproxime al tiempo deseado según la curva característica de operación.

Relé de Prueba IQ502 (Nuevo)

Corriente de inyección: 7.86 (A)

Tiempo deseado para un disparo en frío:
70 (s)

Tiempo entre disparos 6 (min)

Número de inyecciones	Tiempo Obtenido (s)
1	50.04
2	58.30
3	58.00
4	57.04
5	56.10

Relé de Prueba IQ502 (Nuevo)

Corriente de inyección: 7.86 (A)

Tiempo deseado para un disparo en frío:
70 (s)

Tiempo entre disparos 8 (min)

Número de inyecciones	Tiempo Obtenido (s)
1	78.07
2	61.3
3	59.8
4	63.5
5	63.8

Relé de Prueba IQ502 (Nuevo)

Corriente de inyección: 7.86 (A)

Tiempo deseado para un disparo en frío:
70 (s)

Tiempo entre disparos 10 (min)

Número de inyecciones	Tiempo Obtenido (s)
1	70.07
2	67.14
3	68.95
4	71.50
5	69.30

Relé de Prueba IQ502 (Nuevo)

Corriente de inyección: 7.86 (A)

Tiempo deseado para un disparo en frío:
70 (s)

Tiempo entre disparos 12 (min)

Número de inyecciones	Tiempo Obtenido (s)
1	57.04
2	67.8
3	67.63
4	70.09
5	64.6

Relé de Prueba IQ502 (Nuevo)

Corriente de inyección: 7.86 (A)

Tiempo deseado para un disparo en frío:
70 (s)

Tiempo entre disparos 20 (min)

Número de inyecciones	Tiempo Obtenido (s)
1	59.5
2	65.96
3	67.63
4	71.73
5	67.52

Analizando los resultados obtenidos podemos resumir dos importantes conclusiones.

- 1) El punto de restablecimiento térmico se puede determinar sutilmente por encima de 10 (min) ya que la tendencia de resultados se estabiliza a partir de ese tiempo.
- 2) Se puede observar claramente la imprecisión del disparo que ofrece este modelo de relé, haciendo dificultosa la labor de establecer una tolerancia ajustada para esta función.

4.3.2.3 Prueba N°3 (28-04-2016) Determinación del tiempo de restablecimiento térmico MP3000.

Relé de Prueba MP3000 Reemplazo del G-7017-B (Nuevo)

Corriente de inyección: 3.6 (A)

Tiempo deseado para un disparo en frío: 37 (s)

Tiempo entre disparos 2 (min)

Número de inyecciones	Tiempo Obtenido (s)
1	15.32
2	16.53
3	18.7
4	16.40
5	17.39

Relé de Prueba MP3000 Reemplazo del G-7017-B (Nuevo)

Corriente de inyección: 3.6 (A)

Tiempo deseado para un disparo en frío: 37 (s)

Tiempo entre disparos: 4 (min)

Número de inyecciones	Tiempo Obtenido (s)
1	29.70
2	32.89
3	29.45
4	31.23
5	32.98

Relé de Prueba MP3000 Reemplazo del G-7017-B (Nuevo)

Corriente de inyección: 3.6 (A)

Tiempo deseado para un disparo en frío: 37 (s)

Tiempo entre disparos 5 (min)

Número de inyecciones	Tiempo Obtenido (s)
1	36.89
2	36.79
3	36.98
4	37.12
5	37.06

Relé de Prueba MP3000 Reemplazo del G-7017-B (Nuevo)

Corriente de inyección: 3.6 (A)

Tiempo deseado para un disparo en frío: 37 (s)

Tiempo entre disparos 6 (min)

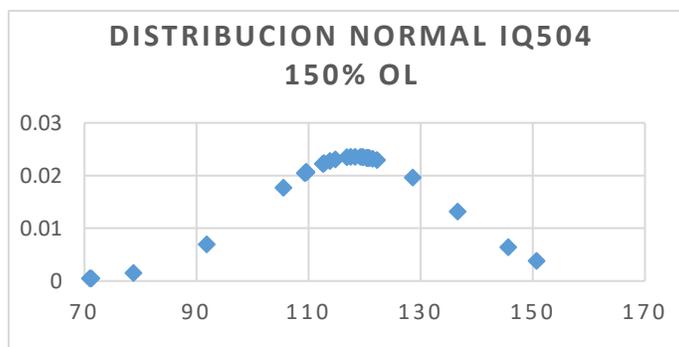
Número de inyecciones	Tiempo Obtenido (s)
1	36.76
2	36.67
3	36.36
4	37.13
5	37.01

Analizando los resultados podemos concluir que el tiempo de restablecimiento térmico para el relé MP3000 ronda los 5 (min), ya que se puede apreciar un comportamiento constante de la respuesta del relé a partir de este tiempo

4.3.2.4 Prueba N°4 (05-2016 a 07-2016) Criterio de aceptación de la prueba de sobrecarga en los relés IQ500 Series.

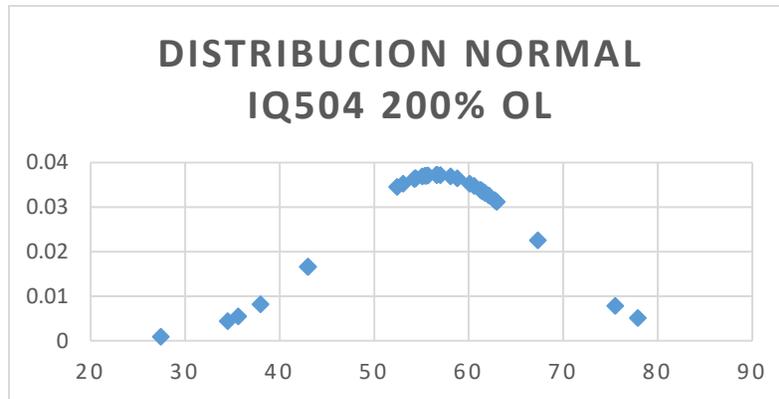
Una vez obtenido los tiempos de espera de los relés térmicos, procedemos a establecer un criterio de aprobación para los relés IQ500 Series por medio del software F6Test, para ello se analizaron más de 50 relés durante la puesta en marcha del sistema automatizado cubriéndose cerca de 2 meses de evaluación. Los resultados obtenidos Tabla C.15 fueron analizados aplicándose métodos estadísticos como las curvas de distribución normal para obtener la dispersión de los eventos probabilísticos, esto nos permitirá apreciar el comportamiento de la acción del relé y poder crear un patrón que defina una tendencia de resultados para establecer márgenes adecuados que converjan con los criterios técnicos implementados. Para establecer este criterio de selección definimos como límite superior al tiempo establecido por su curva característica, ya que el ajuste para la coordinación de los relés aguas arriba son referenciados respecto a este punto, siendo además, perjudicial para el equipo a proteger la permanencia de una falla por un tiempo más largo a lo establecido por el manual de operación del relé.

Por otro lado el límite inferior corresponde a la acción temprana del relé pudiéndose catalogar este como “muy sensible”, sin embargo al ser este la primera etapa de protección no representa un problema de coordinación, a menos que se consigan arreglos no usuales que lo ubiquen en segunda etapa. Este límite inferior se obtendrá de manera probabilística de acuerdo al comportamiento de los equipos a evaluar. Partiendo con el relé IQ504, mediante el proceso de evaluación obtuvimos 33 muestras que representan pares de pruebas al 150% y 200% de sobrecarga. Aplicando la teoría probabilística establecemos el punto medio como la mediana para descartar resultados fuera de rango que me alteren significativamente la muestra y determinando un margen inferior de $(x-\sigma)$ que representa un 68% de probabilidad de ocurrencia del evento. Obteniendo la curva de distribución normal podemos apreciar el comportamiento de los resultados.



Mediana	Desv. Estánd.	L. Superior (s)	L. Inferior (s)	N° total	N° 68%
118.31	16.93	142.86	101.37	33	27

Figura 4.89 Gráfica de distribución normal de sobrecarga 150% IQ504.

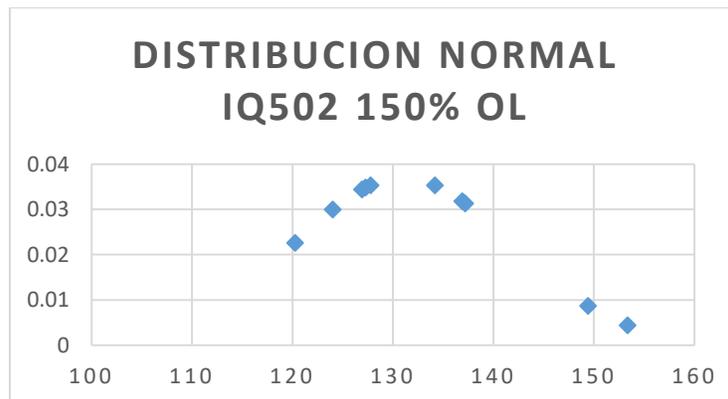


Mediana	Desv. Estánd.	L. Superior (s)	L. Inferior (s)	N° total	N° 68%
56.6	10.71	70	45.89	33	25

Figura 4.90 Gráfica de distribución normal prueba de sobrecarga 200% IQ504.

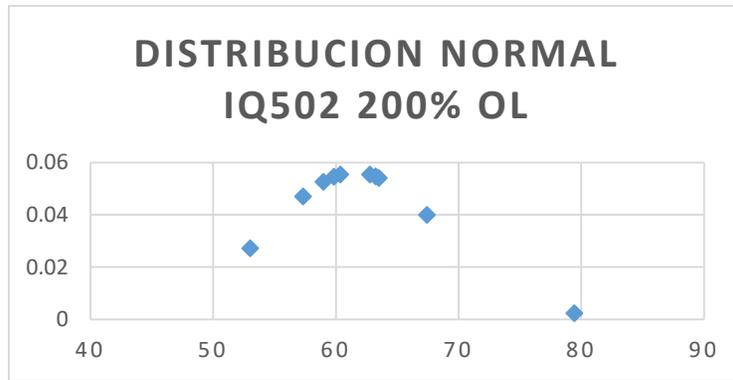
Podemos apreciar que en los relés IQ504 la media de los puntos converge en una zona muy por debajo del ajuste, sin embargo la desviación estándar representa un rango de posibilidades dentro de los parámetros establecidos, los 2 relés que arrojaron resultados por encima del límite superior pueden ser tranquilamente desincorporados, mientras los que están por debajo del límite inferior, pueden ser clasificados como “muy sensibles” y el descarte de los mismos dependerá de su aplicación y criterio técnico.

De la misma manera con los relés IQ502 en el proceso de toma de muestras se pudieron obtener 10 evaluaciones que contemplan pruebas al 150% y 200%, las cuales fueron analizadas estadísticamente arrojando los siguientes resultados:



Mediana	Desv. Estánd.	L. Superior (s)	L. Inferior (s)	N° total	N° 68%
130.98	10.82	142.86	120.16	10	7

Figura 4.91 Gráfica de distribución normal prueba de sobrecarga 150% IQ502.

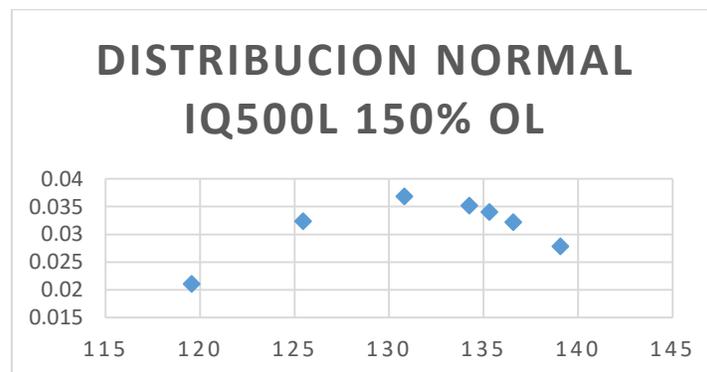


Mediana	Desv. Estánd.	L. Superior (s)	L. Inferior (s)	N° total	N° 68%
61.56	7.09	70	54.46	10	8

Figura 4.92 Gráfica de distribución normal prueba de sobrecarga 200% IQ502.

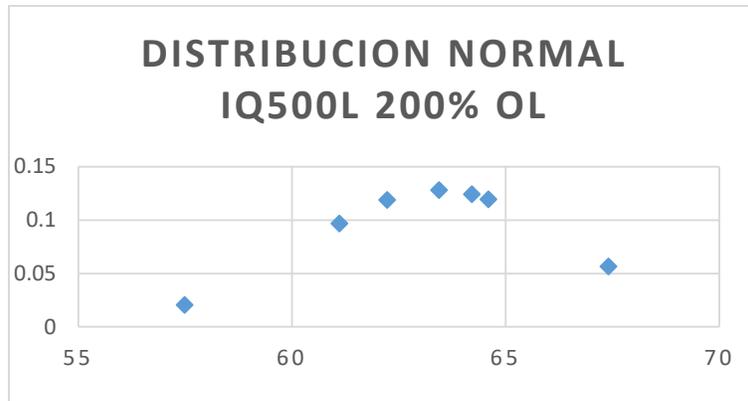
En los IQ502 aunque se carece de un número consistente de puntos de prueba, se puede apreciar como la mediana de ambas se encuentran en cierto grado más cerca del tiempo deseado. Los dos relés discriminados por encontrarse por encima del límite superior arrojaron resultados no satisfactorios según el criterio implementado.

Finalmente para el modelo IQ500L se obtuvieron solo 7 muestras que contemplan las pruebas del 150% y 200% arrojando los siguientes resultados:



Mediana	Desv. Estánd.	L. Superior (s)	L. Inferior (s)	N° total	N° 68%
134.25	6.88	142.86	127.36	7	6

Figura 4.93 Gráfica de distribución normal prueba de sobrecarga 150% IQ500L.



Mediana	Desv. Estánd.	L. Superior (s)	L. Inferior (s)	N° total	N° 68%
63.44	3.11	70	60.32	7	6

Figura 4.94 Gráfica de distribución normal prueba de sobrecarga 200% IQ500L

Para los IQ500L se puede observar una tendencia más representativa de la característica de disparo deseada, acercándose la media al tiempo de ajuste con un porcentaje de coincidencia apreciable bajo la desviación estándar determinada. El relé descartado no cumple con el criterio de aceptación propuesto al encontrarse por debajo del límite inferior, sin embargo su descarte puede ser discutido y su reincorporación reportada en función del criterio técnico del personal o supervisor de guardia.

Una vez obtenidos los resultados y haberlos analizados estadísticamente, se procede a concluir el criterio a implementar para las pruebas del conjunto. Como la función I-Char del F6Test requiere una tolerancia porcentual única por relé, se procede a calcular la misma seleccionándose el límite inferior porcentual más grande entre par de pruebas (150% y 200%) por relé, aunque este criterio implica un margen de aprobación más holgado no representa un problema, ya que el relé está ejecutando su función de proteger al motor pero con un tiempo más rápido.

Relé	Tolerancia %
IQ500L	14%
IQ502	22%
IQ504	35%

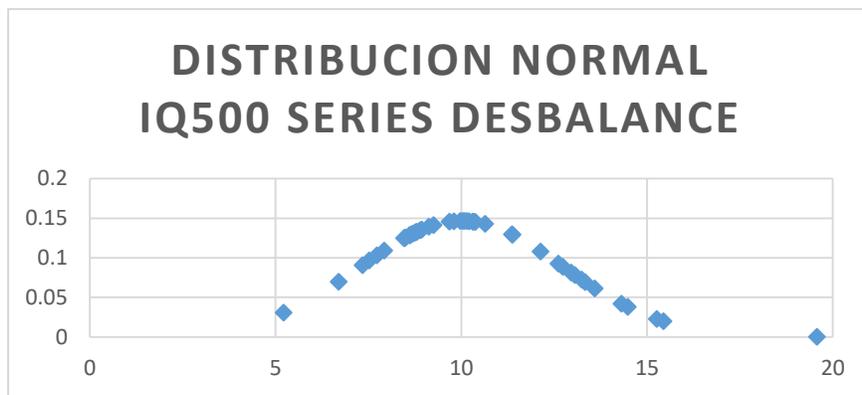
Tabla 4.29 Tolerancias de la protección contra sobrecargas IQ500 Series

Cabe de resaltar que este criterio de aprobación será ejecutado por el F6150 por ser requerido, sin embargo los resultados de las pruebas sirven de referencia para el personal técnico, donde este posee la última palabra al momento del descarte o desincorporación de los relés en función del criterio técnico del mismo.

4.3.2.5 Prueba N°5 (05-2016 a 07-2016) Criterio de aceptación de la prueba de desbalance en los relés IQ500 Series.

De igual manera a la función contra sobrecarga, los relés IQ500 Series no poseen un criterio específico para su evaluación en la función contra desbalance de corriente, donde interviene su imprecisión que hace dificultosa esta labor. Para el estudio de esta situación se ejecutaron pruebas de inyección a más de 45 relés durante un periodo de 2 meses obteniéndose la Tabla C.15. Estos resultados fueron analizados bajo la teoría probabilística para poder así representar un comportamiento que permita establecer un criterio de selección en conjunto con una implementación técnica.

Para la construcción de este criterio se establece como margen superior al tiempo de ajuste establecido como de 15 (s), por otro lado el límite inferior será ajustado según el mismo criterio implementado en la prueba contra sobrecarga, es decir $(x-\sigma)$ que representa un 68% de probabilidad del evento. La ejecución de la teoría probabilística nos arroja la siguiente curva de distribución normal viéndose representado el comportamiento de la acción del relé.



Mediana	Desv. Estánd.	L. Superior (s)	L. Inferior (s)	N° total	N° 68%
10.015	2.7184	15	7.29	46	41

Figura 4.95 Gráfica de distribución normal prueba de desbalance IQ500 Series.

Tal como se había previsto, en la gráfica se puede apreciar la gran inexactitud del relé para esta función, donde desde el punto máximo de ajuste hasta el límite inferior dispuesto por la desviación estándar, hay una banda de casi 8 (s) de tiempo de acción del relé.

Cabe resaltar que a pesar de corroborarse la buena coordinación entre las funciones de falla a tierra y desbalance de fases de forma matemática, en la práctica no se cumplió, particularmente con los relés IQ500L, sospechándose de un problema del fabricante y teniéndose que tomar en cuenta para el diseño del protocolo.

Calculando la tolerancia porcentual del límite inferior para la aprobación del relé tenemos:

Relé	Tolerancia %
IQ500 Series	52

Tabla 4.30 Tolerancias de la protección contra sobrecargas IQ500 Series.

4.4 Desarrollar el protocolo de pruebas para los relés EATON IQ-500 Series, EATON MP-3000, y VAMP 200 Series, usando el simulador de potencia Doble F6150e.

4.4.1 Elaborar el protocolo de pruebas.

El protocolo de pruebas desarrollado (Anexo D) está comprendido por 32 páginas basadas en conjunto de pasos sistemáticos que permitan una fácil y rápida comprensión el proceso de prueba de los relés utilizando el sistema automatizado del Doble F6150.

Gracias a los pasos previos que cubren el proceso de ajuste, cálculo y configuración de los equipos involucrados, se desarrolló este protocolo basado en las siguientes premisas:

- 1) Reglas, procedimiento y responsabilidades en el proceso de ingreso del relé al Laboratorio de Protecciones.
- 2) Preparación previa de documentación y registro del relé ingresado.
- 3) Certificación del estado físico y operativo del relé ingresado.
- 4) Responsabilidades, procedimientos y sugerencias de la ejecución de las prueba del relé usando el F6150.
- 5) Proceso de recaudación de datos de los resultados obtenidos en las pruebas.
- 6) Responsabilidades, procedimiento y sugerencias de la evaluación del relé una vez concluida la prueba.
- 7) Proceso de aprobación y descarte del relé.

Esta estructura servirá de base para la elaboración del procedimiento de los procesos de mantenimiento y ejecución de trabajos diseñados por la Gerencia de Mantenimiento y el Sistema Integrado de Gestión de Riesgos (SIR-PDVSA), abarcando una medio más amplio como lo son los análisis de riesgos, análisis funcional, seguridad industrial, higiene ambiental, ocupacional, plan de emergencias y contingencias.

4.4.2 Evaluar la viabilidad de la propuesta.

La viabilidad de la propuesta será atacada desde 7 vértices que evaluarán el desempeño de la misma a la hora de resolver el problema planteado, siendo estos vértices el tiempo de ejecución de la prueba, la fácil aplicación de la prueba, reducción de errores sistemáticos, estandarización del proceso y ahorro económico.

1) Tiempo de ejecución de la prueba.

La aplicación del protocolo de pruebas implementando el sistema automatizado del F6150 implica la definición del tiempo de prueba y de inyección, pudiéndose establecer la siguiente tabla:

IQ500 Series

Plan de pruebas	Tipo de prueba	Tiempo de inyección
Preventivo Detección de pickup	Falla a tierra Fase A	30 (s)
	Falla a tierra Fase B	30 (s)
	Falla a tierra Fase C	30 (s)
	Desbalance de Fases	1 min 45 (s)
Total Plan de pruebas		3 min 15 (s)
Preventivo Tiempo de respuesta	Sobrecarga	23 min
	Desbalance de Fases	2 min 40 (s)
	Falla a Tierra	7 min
Total Plan de pruebas		32 min 40 (s)
Total de pruebas del relé IQ500 Series		36 min

Tabla 4.31 Tiempo estimado de inyección de todas las pruebas a los relés IQ500 Series.

MP3000

Plan de pruebas	Tipo de prueba	Tiempo de inyección
Preventivo Detección de pickup	LRC	3 min 46 (s)
	IOC	2 min 52 (s)
	GFC	44 (s)
	Subcarga	50 (s)
Total Plan de pruebas		10 min 30 (s)
Preventivo Tiempo de respuesta	Sobrecorrientes	33 min 20 (s)
	IOC	6 min 42 (s)
	Falla a Tierra	2 min 2(s)
	Subcarga	25 (s)
	Desbalance	1 min 5 (s)
Total Plan de pruebas		43 min 33 (s)
Total de pruebas del relé IQ500 Series		54 min

Tabla 4.32 Tiempo estimado de inyección de todas las pruebas a los relés MP3000

VAMP 200 Series

Plan de pruebas	Tipo de prueba	Tiempo de inyección
Preventivo Detección de pickup	V<	40 (s)
	V<<	6 (s)
Total Plan de pruebas		46 (s)
Preventivo Tiempo de respuesta	Sobrecorrientes	9 min 30 (s)
	Desbalance de Fases 10%	26 (s)
	Desbalance de Fases 80%	8 (s)
	V<, V<<	30 (s)
Total Plan de pruebas		10 min 33 (s)
Total de pruebas del relé IQ500 Series		11 min 18 (s)

Tabla 4.33 Tiempo estimado de inyección de todas las pruebas a los relés VAMP 200 Series.

Estos tiempos de inyección definidos le proporciona al ejecutor de la prueba una idea del tiempo empleado en la misma, quedando por su parte el tiempo de tardanza al momento de la instalación del cableado, adquisición de datos, certificación de los ajustes y búsqueda de los archivos, siendo el tiempo estipulado por cada prueba según el supervisor del Laboratorio de 4 horas por relé.

2) Fácil aplicación de la prueba.

El protocolo de pruebas ofrece un método sistematizado para la certificación de los relés, gracias al proceso automatizado del F6150 mediante la implementación del software F6Test, el personal técnico evita la tediosa tarea de la inserción de las variables numéricas que comprenden los fenómenos eléctricos que serán inyectados para la correcta actuación del relé.

Esto se traduce además de un ahorro de tiempo, la disminución de la capacidad técnica del operador, ya que no se requerirá realizar cálculos matemáticos para desarrollar los fenómenos en plena prueba, pudiéndose capacitar más fácilmente al personal de turno encargado de las mismas. Se reduce el número de pasos para poder ejecutar una prueba, aunque lamentablemente se presenten errores como la selección del *Tipo de falla* en la casilla de pruebas cada vez que se mueva un relé de su destino, este tipo de paso adicional será necesario solo al introducir por primera vez el relé, por lo cual, al volver a ingresar el equipo a un mantenimiento futuro es posible realizar de forma directa las pruebas sin necesidad de realizar dicho paso.

Se cuenta con un protocolo paso a paso del procedimiento de prueba y de las responsabilidades del personal a la hora de ejecutar las mismas, pudiéndose guiar el técnico de guardia a través del proceso sin mayor demora.

3) Reducción de errores sistemáticos.

El protocolo automatizado ofrece un procedimiento con la menor intervención humana en el proceso de prueba, lo que reduce la capacidad de cometer errores por parte del personal técnico encargado, ya que se estaría controlando automáticamente los tiempos mínimos de espera entre inyecciones, característica crucial en los relés térmicos como lo son los IQ500 Series y el MP3000, y también se elimina el proceso de cálculo e inserción de variables eléctricas lo que representa en el primer factor de error al ejecutar una prueba.

Durante la prueba queda solo a cargo del personal técnico el reseteo del relé una vez dispare entre cada inyección, por otro lado la prueba es rechazada por el F6150 en el caso que el operador no cumpla con lo cometido. Lamentablemente esta versión del software F6Test no trae la capacidad de reseteo remoto del relé y para poder adquirir esta característica es necesario cambiar el inyector presentándose el caso desfavorable propuesto en el planteamiento del problema.

4) Estandarización del proceso.

El protocolo automatizado ofrecido por el software F6Test de Doble representa una estandarización del proceso de prueba, pudiéndose establecer criterios prácticos y teóricos ofrecidos por parte del personal encargado para la elaboración del mismo.

Este protocolo representa la primera propuesta procedimental hacia la empresa para la ejecución del mantenimiento preventivo mediante el uso de una caja de inyección “automatizada”. Siendo la ventana para futuras actualizaciones, modificaciones, mejoras y adición de nuevos relés.

5) Ahorro económico.

La implementación de este protocolo representó para la empresa una inversión de pago por concepto de la contratación de un Tesista bajo una remuneración mensual de 12.000Bs durante cuatro meses de trabajo de investigación totalizando 48.000 Bs.

Esta inversión representó un ahorro sin precedentes a lo que significaría la adquisición del nuevo software privativo y junto con él, la extracción del inyector fuera del país para ser canjeado por la nueva versión, de igual manera se consideró como ahorro al evitar la contratación de un personal profesional calificado tal como se representó en la justificación del problema. Además la implementación de este sistema no requirió de algún componente extra a los ya disponibles en el Laboratorio de Protecciones.

Debido a estos factores el desarrollo de esta propuesta se considera viable y por consiguiente la misma es aplicada en la actualidad en las instalaciones del Laboratorio de Protecciones de la Refinería “El Palito”.

CONCLUSIONES

- Los criterios antiguamente implementados fueron diseñados para una correcta evaluación de los relés, sin embargo algunos de ellos fueron adecuados a las peculiaridades que presentaban como la falta de precisión de los relés IQ500 Series, ocasionando una discrepancia considerable con respecto a los parámetros establecidos por el manual de usuario del relé, lo que distorsionó los resultados de las pruebas para lograr un comportamiento “adecuado” del mismos.
- El análisis de los manuales de mantenimiento y operación de los relés ofreció una base para el ajuste de estos criterios, la comprensión del funcionamiento, la calibración y el comportamiento de los relés más complejos como el MP-3000 y los VAMP 200 Series.
- El establecimiento de los ajustes generales de las prueba, estandarizó el proceso de prueba y facilitó la configuración del software. Dichos ajustes fueron seleccionados de acuerdo a las características físicas como es el caso de los IQ-500 Series, ya que al poseer los sensores incorporados poseen gran capacidad de circulación de corriente superando la potencia máxima que ofrece el inyector.
- Por otro lado los ajustes del MP3000 y los VAMP 200 series fueron determinados mediante un criterio de requerimiento de la función establecido por el personal técnico del Laboratorio de Protecciones, sin embargo resulta indiferente el ajuste que se le imponga al relé, siempre y cuando actúe bajo las tolerancias establecidas por el mismo, siendo esta la principal característica a evaluar.
- Gracias a los manuales se pudieron construir las curvas características de operación mediante métodos matemáticos y computacionales de aproximación como lo fueron las regresiones no lineales ofrecida por la herramienta Solver de Microsoft Excel.
- Se calcularon las variables eléctricas involucradas de acuerdo a los ajustes establecidos implementando la teoría del análisis de fallas por componentes simétricas. De igual manera se construyó un método para el cálculo de fallas de desbalance de fases que carezcan de componente de secuencia cero para una correcta coordinación de funciones de protección a la hora de las pruebas.
- Gracias al manual de mantenimiento y operación del Doble F6150 y el software F6Test se comprendió el funcionamiento del sistema automatizado de pruebas, lo que referencio el punto de partida para la programación del mismo con las variables eléctricas previamente calculadas.
- Las pruebas ejecutadas arrojaron la dispersión del comportamiento de los relés IQ500 Series bajo el ajuste determinado, pudiéndose apreciar la gran inexactitud de este equipo, por lo cual se tuvo que establecer un criterio de tolerancia como referencia

para la aceptación y descarte al momento de las pruebas basado en métodos estadísticos y técnicos.

- El criterio implementado para la aceptación de los IQ500 series bajo los estudios estadísticos impuestos sirven de referencia para el personal técnico, sin embargo no es de estricta acotación, siendo el coordinador del laboratorio quien tiene la última palabra para el descarte o aceptación del mismo.
- El protocolo desarrollado en este Proyecto de Grado resume todo los pasos procedimentales para la ejecución de las pruebas automáticas, pudiéndose guiar el personal técnico de bajo nivel y estableciendo una estandarización del proceso de mantenimiento de los relés de protección de la empresa.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere desarrollar una base de datos con todos los ajustes particulares de los relés de la planta y descargarlo en el software F6Test para personalizar cada prueba de acuerdo a cada relé (Exceptuando los IQ 500 series).
- Adicionar la mayoría de los relés que se dispongan a la base de datos del F6Test para crear un procedimiento generalizado de toda la planta.
- Capacitar al personal técnico encargado de las pruebas en la configuración realizada al Doble F6150 para lograr automatizar en proceso de pruebas y así, disponer de personal altamente calificado en la maniobra del equipo.
- Trabajar en una sola base de datos del F6Test (REP Actualización 2017) para poseer un registro continuo de los relés y mantener la trazabilidad de las pruebas.
- A mediano plazo prescindir de los relés IQ500 Series debido a la imprecisión de su sistema y al riesgo que corren los equipos bajo su resguardo.
- Proponer a la Gerencia Técnica incorporar relés de protección eléctrica que trabajen bajo una misma norma o estándar internacional y así evitar confusiones a la hora de su configuración (se recomienda IEC).
- Profundizar la investigación referente a la unificación de los estándares con respecto a la protección de desbalance de fases, y métodos de cálculo para las diferentes condiciones de falla.
- Seguir innovando y actualizando los equipos para mantener el Laboratorio de Protecciones de la Refinería “El Palito” en la vanguardia tecnológica.

BIBLIOGRAFIA

Doble Engineering Company (2001). *Guía de Usuario Familia F6000 de Simuladores de Sistemas de Potencia Doble*. Watertown Massachusetts, USA.

Doble Engineering Company (2001). *Guía de Usuario F6Test..* Watertown Massachusetts, USA.

Eaton, (2010). *Folleto de instrucciones para Instalación. Operación y Mantenimiento del relé de protección de motor EATON Cutler Hammer MP3000*. Cherrington Parkway, USA.

Freire, D. (2011) *Pruebas de Campo Para La Evaluación Del Desempeño De Las Funciones De Protección Eléctrica En Relés De Protección Numéricos*, Trabajo de Grado, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.

González S. Mendoza J. (2000). *Desarrollo e Implementación de un Simulador Digital de Pruebas Monofásicas para los Relés Electromagnéticos de Baja Señal del Laboratorio de Protecciones Eléctricas*. Trabajo de Grado, Universidad de Carabobo, Carabobo, Venezuela.

Harper, E. (2003) *Protección de Instalaciones Eléctricas Industriales y Comerciales*, Segunda Edición, México, Editorial Limusa S.A

Hidalgo, C. (1990). *Pruebas en Sistemas de Protección por Relés*. Trabajo de grado. Escuela Politécnica nacional, Quito, Ecuador.

IEEE, (1995) *Prácticas Recomendadas para el Monitoreo de la Calidad de la Energía Eléctrica*, Std. 1159-1995. New York, Estados Unidos.

IEEE, (2008). *Estándar Para Las Funciones Numéricas, Acrónimos, y Designaciones de Contactos Para Los Dispositivos De Sistemas Eléctricos de Potencia*, Std C37.2-2008, New York, Estados Unidos.

Jaramillo M. (2003) *Métodos convencionales y no convencionales para la detección de fallas en motores de inducción*. Trabajo de Grado. Universidad de Carabobo, Carabobo, Venezuela.

Matos A, Poletti L, (2010). *Diseño e Implementación de un Sistema Probador de Protecciones Eléctricas Basado en Redes de Microprocesadores*. Trabajo de Grado. Universidad de Carabobo. Carabobo, Venezuela.

NEMA Standar Publication ICS 2-2000 (2005). *Industrial Control and Systems Controllers, Contactors and Overload Relays Rated 600 Volts*. Virginia, USA.

Ocando, R. (2003) *Diseño de Protocolos De Pruebas de Aceptación Para Relés Numéricos De Líneas De Transmisión Para la Unidad De Activos de Transmisión De La Empresa ENELDIS C.A*. Trabajo de Grado, Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela.

Palacio, A. (2002) *Protección de Sistemas de Potencia*, Universidad de Carabobo, Carabobo, Venezuela.

Ramírez, I. (2002) *Protección de Motores de Media tensión Mediante relés Utilizando Microprocesadores*. Trabajo de Grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Rockwell, A. (1997) *Manual Técnico de Protección de Motores (Fundamentos de Protección de Motores)*. Milwaukee, USA.

Salazar, L. (2012) *Elaboración de Procedimientos y Registros Para Pruebas De Relés De Protección Para La Empresa Congede*. Trabajo de Grado, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.

VAMP (Desconocida), *Instrucciones de operación y configuración relé VAMP 257*. Finlandia.

Anexo A. Ilustraciones de los equipos implementados.

Figura A.1. Ejecución de una prueba a un IQ502 Implementando el Doble F6150.



Figura A.2. Conexión de prueba de un IQ502 con el Doble F6150.

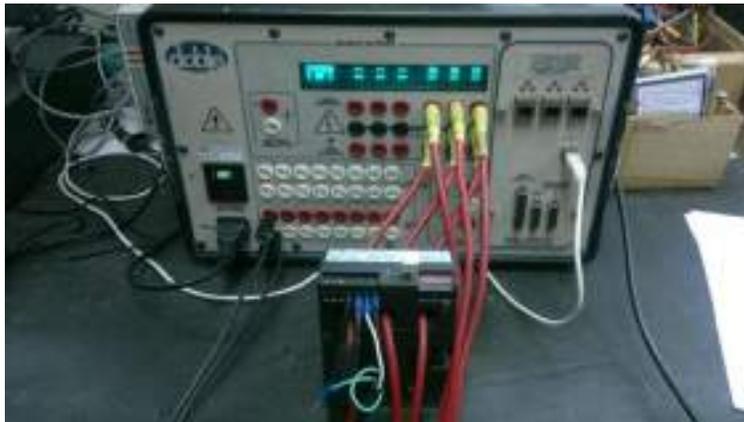


Figura A.3. Vista panel frontal Relé IQ502.



Figura A.4. Vista de los sensores incorporados del IQ502.



Figura A.4. Vista de los sensores incorporados del IQ500L



Figura A.4. Vista de los sensores incorporados del IQ504.



Figura A.5. Vista Panel Frontal MP3000.



Figura A.6. Vista Panel Trasero (Bornera) MP3000.



Figura A.7. Vista Panel Frontal VAMP 255.



Figura A.7. Vista Panel Trasero (Borneras) VAMP 255.



Anexo B. Características técnicas y tolerancias de los relés.

Tabla B.1. Potencia manejada por los MP 3000.

<u>Control Power</u>	
Nominal Voltage:	120 Vac or 240 Vac (+10%, -25%)
Operating Range:	120 Vac: 90-132 Vac 240 Vac: 180-264 Vac
Interruption Ride-through Time:	Complete drop of power for minimum of 13 cycles at nominal 60 Hz control power voltage, and 11 cycles at nominal 50 Hz control power voltage
Frequency:	60 Hz nominal, 57-63 Hz 50 Hz nominal, 47-53 Hz
Power Consumption:	24 VA max URTD: 6 VA max IPDN: 1 VA max

Tabla B.2. Característica de la protección contra sobrecarga de motores de los MP3000.

<u>Motor Overload Protection (P)</u>	
Full Load Amps:	10 to 3,000 A
Locked Rotor Current:	300 to 1,200% FLA
Locked Rotor Time:	1 to 120 sec.
Ultimate Trip Current:	85 to 150% FLA
Phase CT ratio:	10 to 4,000: 1 _s
Ground CT ratio:	10 to 4,000: 1 _s
Timing Accuracy:	The greater of ± 2.5% or ± 100 ms for current > 1.1 X UTC.

Tabla B.3. Rangos de configuración de disparos MP3000.

<u>Trip Setting Ranges</u>	
Ground Fault (GF):	Off, 2% to 55% of CT ratio primary
GF Start Delay:	2 to 60 cycles
GF Run Delay:	0 to 60 cycles
Timer Accuracy:	± 2.5 cycles, -1/2 cycle
Instantaneous Overcurrent:	Off, 300 to 1,600% FLA
IDC Start Time Delay:	2 to 60 cycles
Timer Accuracy:	± 2.5 cycles, -1/2 cycle
Jam Trip:	Off, 100 to 1,200% FLA
Underload Trip:	Off, 6 to 90% FLA
Phase Unbalance Trip (I):	Off, I ₁ /I ₂ = 4 to 40%
Start Delay Timers:	0 to 120 sec. - underload and phase unbalance 0 to 1,200 sec. - jam
Run Delay Timers:	0 to 240 sec.
Timer Accuracy:	± .5% + 250 ms For phase unbalance, add 200 ms for zero setting For underload, add 400 ms for zero setting

Tabla B.4. Rango de corriente de entrada y tolerancia de medición MP3000.

<u>Current Inputs</u>	
Nominal (I_N):	1 A or 5 A
CT Rating:	2 x I_N continuous 50 x I_N for 1 second
CT Burdens:	< 0.25 VA @ 5 A (nominal) < 0.05 VA @ 1 A (nominal)
<u>Metering Accuracy</u>	
Phase Current Accuracy:	$\pm 1\%$ of I_N (from 0 to I_N A) $\pm 1\%$ of reading (from I_N to 10 I_N A)
Ground Current Accuracy:	$\pm 1.5\%$ of I_N (0 to 55% of I_N A) $\pm 2\%$ of I_N (55% I_N to I_N A) $\pm 2\%$ of reading (from I_N to 4 I_N A)

Tabla B.5. Tolerancias protección contra Desbalance de Corrientes y Secuencia de Fase Incorrecta VAMP 200 Series.

Etapa de desbalance de corriente $I_2 >$ (46) en etapa de motor

Rango de configuración:	2 – 70% (paso 1%)
Característica de tiempo definido:	
- tiempo de operación	1.0 – 600.0s (paso 0.1)
Característica de tiempo inverso:	
- 1 curva característica	Inv
- multiplicador de tiempo K_1	1 – 80 s (paso 1)
- límite superior para el tiempo inverso	1 000 s
Hora de inicio	Típicamente 200 ms
Tiempo de restablecimiento	<450 ms
Índice de restablecimiento	0.95
Inexactitud:	
- Inicio	$\pm 1\%$ - unidad
- Tiempo de operación	$\pm 5\%$ o ± 200 ms

¡NOTA! La etapa aún está en operación cuando todas las corrientes secundarias son superiores a 250 mA.

Secuencia de fase incorrecta $I_2 >>$ (47)

Lugar:	80 % (fijo)
Tiempo operativo	<120 ms
Tiempo de restablecimiento	<105 ms

¡NOTA! La etapa se bloquea cuando el motor ha estado funcionando durante 2 segundos. La etapa está en funcionamiento solo cuando una de las corrientes es superior a 0.2 x IMOT

Tabla B.6. Tolerancias protección Falla a Tierra primera etapa VAMP 200 Series.

Etapa de falla a tierra $I_0 >$ (50N/51N)

Señal de entrada	I_0 (entrada X1-7 & 8) I_{00} (entrada X1-9 & 10) I_{0CALC} (= $I_{L1}+I_{L2}+I_{L3}$)
Rango de ajuste $I_0 >$	0.005 ... 8.00 Cuando I_0 o I_{00} 0.05 ... 20.0 Cuando I_{0CALC}
Función de tiempo definido: - Tiempo de operación	DT 0.08 ^{**} – 300.00 s (paso 0.02 s)
Función IDMT: - Familia de curvas de retardo - Tipo de curva - Multiplicador de tiempo k	(DT), IEC, IEEE, RI Prg EI, VI, NI, LTI, MI...depende de la familia *) 0.05 – 20.0, excepto 0 0.50 – 20.0 para RXIDG, IEEE e IEEE2
Hora de inicio Tiempo de restablecimiento Índice de restablecimiento	Typicamente 60 ms <95 ms 0.95
Inexactitud: - Inicio - Inicio (modo pico) - Tiempo de operación en la función de tiempo definido - Tiempo de operación en la función de IDMT	$\pm 2\%$ del valor establecido o $\pm 0.3\%$ del valor nominal $\pm 5\%$ del valor establecido o $\pm 2\%$ del valor nominal (onda sinusoidal <65 Hz) $\pm 1\%$ o ± 30 ms $\pm 5\%$ o al menos ± 30 ms **)

*) EI = Extremadamente inversa, NI = Inversa normal, VI = Muy inversa, LTI = Inversa de largo tiempo

MI= Moderadamente inversa

***) Este es el tiempo instantáneo, es decir, el tiempo mínimo operativo total incluyendo el tiempo de detección de faltas y tiempo de operación de los contactos de disparo.

Tabla B.7. Tolerancias protección Falla a Tierra segunda etapa VAMP 200 Series.

Etapa de desbalance de corriente $I_2 >$ (46) en el modo de alimentador

Configuraciones: - Rango de ajuste $I_2 / I_1 >$	2 – 70 %
Función de tiempo definido: - Tiempo de operación	1.0 – 600.0 s (paso 0.1 s)
Hora de inicio Tiempo de restablecimiento Índice de restablecimiento	Typicamente 200 ms <450 ms 0.95
Inexactitud: - Inicio - Tiempo de operación	$\pm 1\%$ -unidad $\pm 5\%$ o ± 200 ms

Tabla B.8. Formato de certificación de ajustes MP3000.

E.T.N

MP-3000

IM02602002E

Program Date _____ Control Schematic _____
 Unit ID/Starter Type _____ Work Order # _____
 Motor HP _____ Mfg _____ Serial # _____ Volts _____
 FLA _____ LRC _____ Stall Time/LRT _____ Accel. Time _____
 SF _____ RTD Type _____ Other _____

Table 4.3 View Setting Model Program Worksheet

SUB MESSAGE	LINE #	DISPLAY	HELP MESSAGE	SETTING RANGE/VALUE (DEFAULT SELECTION AND VALUE AS SHIPPED IN BOLD)	VALUE SELECTED
VIEW OF: _____ VIEW PROGRAM SETTINGS					
PAGE 1, 3P MOTOR SETTINGS FOR MOTOR CONSTANTS					
	1	FLA.XXX	FULL LOAD AMPS	10-3000 amps in 1 amp increments (10)	
	2	LRC.XXX	LOCKED-ROTOR CURRENT % OF FLA	300-1,200% in 1% increments (300)	
	3	LRT.XXX	MAXIMUM ALLOWABLE STALL TIME IN SECONDS	1-120 sec. in 1 sec. increments (300)	
	4	UTC.XXX	ULTIMATE TRIP CURRENT IN %FLA	85-150% in 1% increments (9)	
	5	PCT.XXXX	PHASE CT RATIO NUMERATOR IN PRIMARY AMP	10-4,000 A in increments of 1 (10)	
	6	GCT.XXXX	GROUND CT RATIO NUMERATOR IN PRIMARY AMP	10-4,000 A in increments of 1 (80)	
	7	FREQ 50 or FREQ 60	50 - FOR 60 HERTZ LINE FREQUENCY 60 - FOR 50 HERTZ LINE FREQUENCY	Toggle between FREQ 50 and FREQ 60	
	8	REV or NON REV	REV = REVERSE OR SCORING/GRINDING STARTER	Toggle between REV and NON REV	
	9	STOP X	MOTOR STOP CURRENT LEVEL IN % OF PHASE CT RATIO NUMERATOR	3-20% of phase CT ratio numerator in 1% increments (5%)	
PAGE 2, 3P RTD SETTINGS FOR RTD INPUTS					
	1	RTD IN °C or RTD in °F	DISPLAYED IN DEGREES °C OR °F	Toggle between RTD IN °C and RTD IN °F	
	2	WOT.XXX	WINDING TEMP TRIP	0-100°C, OFF/00-300°F, OFF in 1 increments (100)	
	3	WDA.XXX	WINDING TEMP ALARM	0-100°C, OFF/00-300°F, OFF in 1 increments (80)	
	4	MOT.XXX	MOTOR SCALING TRIP	0-100°C, OFF/00-300°F, OFF in 1 increments (100)	
	5	MDA.XXX	MOTOR SCALING ALARM	0-100°C, OFF/00-300°F, OFF in 1 increments (80)	
	6	LDT.XXX	LOAD SCALING TRIP	0-100°C, OFF/00-300°F, OFF in 1 increments (80)	
	7	LDA.XXX	LOAD SCALING ALARM	0-100°C, OFF/00-300°F, OFF in 1 increments (80)	
	8	AST.XXX	4 RELIARY TRIP	0-100°C, OFF/00-300°F, OFF in 1 increments (100)	
	9	ADA.XXX	4 RELIARY ALARM	0-100°C, OFF/00-300°F, OFF in 1 increments (80)	
	10	DAG ON or DAG OFF	ALARM ON RTD FAILURE DIAGNOSTIC	Toggle between DAG ON and DAG OFF	
PAGE 3, 3P TRIP SETTINGS FOR TRIP EVENTS					
	1	OFF.XXX	GROUND FAULT TRIP LEVEL IN % OF GROUND CT RATIO NUMERATOR	3-60% OF Ground CT ratio numerator, OFF (1% increments) (34%)	

Anexo C. Tabla de datos y procesamiento de las pruebas.

Tabla C.1. Historial de resultados de las pruebas de sobrecarga IQ500 Series usando el sistema manual (panel de control) del Doble F6150 de Junio 2015-Mayo 2016.

TAG	MODEL	%OC	IOC (A)	TOC DESEADO (s)	TOC REAL (s)	DESVIACIÓN (s)
G-6306-B	IQ-500L	200%	4.8	70	97.14	-27.14
		300%	7.2	30	36.89	-6.89
G-6706-B	IQ-500L	200%	4.8	70	66.25	3.75
		300%	7.2	30	44.45	-14.45
G-6230-A	IQ-500L	200%	4.8	70	67.94	2.06
		300%	7.2	30	26.96	3.04
E-4106-7	IQ-502	200%	6.9	70	83.56	-13.56
		300%	10.38	30	29.82	0.18
E-4205-2	IQ-502	200%	6.9	70	64.38	5.62
		300%	10.38	30	16	14
G-4405-B	IQ-502	200%	6.9	70	60.6	9.4
		300%	10.38	30	13.51	16.49
G-4404-B	IQ-502	200%	6.9	70	85.16	-15.16
		300%	10.38	30	31.46	-1.46
E-4106-2	IQ-502	200%	6.9	70	71.67	-1.67
		300%	10.38	30	22.16	7.84
E-4115-1	IQ-502	200%	6.9	70	55.42	14.58
		300%	10.38	30	18.24	11.76
E-4118-1	IQ-502	200%	6.9	70	37.82	32.18
		300%	10.38	30	12.14	17.86
E-4407-B	IQ-502	200%	6.9	70	79.17	-9.17
		300%	10.38	30	28.62	1.38
E-4115-2	IQ-502	200%	6.9	70	76.16	-6.16
		300%	10.38	30	19	11
G-4102-B	IQ-502	200%	6.9	70	83.97	-13.97
		300%	10.38	30	36.54	-6.54
G-4102-A	IQ-502	200%	6.9	70	69.33	0.67
		300%	10.38	30	31.6	-1.6
G-4305-B	IQ-502	200%	6.9	70	60.56	9.44
		300%	10.38	30	36.54	-6.54
G-4302-A	IQ-502	200%	6.9	70	69.54	0.46
		300%	10.38	30	29.79	0.21
E-2502-B	IQ-502	200%	6.9	70	66.74	3.26
		300%	10.38	30	17.28	12.72
E-2502-A	IQ-502	200%	6.9	70	65.86	4.14
E-178-1	IQ-502	200%	6.9	70	82.32	-12.32
		300%	10.38	30	32.53	-2.53
G-175-3	IQ-502	200%	6.9	70	66.03	3.97
		300%	10.38	30	19.12	10.88
E-6224-1	IQ-502	200%	6.9	70	78.62	-8.62
		300%	6.9	30	38.39	-8.39
E-6314-A	IQ-502	200%	6.9	70	57.48	12.52
		300%	6.9	30	31.75	-1.75
E-6307-B	IQ-502	200%	6.9	70	57.59	12.41
		300%	6.9	30	40.07	-10.07
G-6811-A	IQ-502	200%	6.9	70	69.73	0.27
		300%	6.9	30	27.25	2.75
G-6318-A	IQ-502	200%	6.9	70	84.76	-14.76
		300%	6.9	30	34.82	-4.82
E-6206-2	IQ-502	200%	6.9	70	78.76	-8.76
		300%	6.9	30	23.96	6.04
E-6234-1	IQ-502	200%	6.9	70	79.19	-9.19
		300%	6.9	30	18.48	11.52
G-6212-A	IQ-502	200%	6.9	70	86.37	-16.37
		300%	6.9	30	25.38	4.62
E-6234-2	IQ-502	200%	6.9	70	81.3	-11.3
		300%	6.9	30	25.36	4.64
G-6228-A	IQ-502	200%	6.9	70	78.76	-8.76
		300%	6.9	30	23.96	6.04
Mezclador	IQ-502	200%	6.9	70	79.88	-9.88
		300%	6.9	30	30.14	-0.14
G-6017-A	IQ-504	200%	21.6	70	80.905	-10.905
E-4106-1	IQ-504	200%	21.6	70	63.81	6.19
G-4208-A	IQ-504	200%	21.6	70	68.73	1.27
E-4302-1	IQ-504	200%	21.6	70	69.19	0.81
G-4305-A	IQ-504	200%	21.6	70	76.44	-6.44
E-4106-8	IQ-504	200%	21.6	70	73.8	-3.8
E-4106-5	IQ-504	200%	21.6	70	76.92	-6.92
E-4106-4	IQ-504	200%	21.6	70	79.6	-9.6
G-2502-B	IQ-504	200%	21.6	70	65.66	4.34
G-6311	IQ-504	200%	21.6	70	75.07	-5.07
E-6306-9	IQ-504	200%	21.6	70	50.18	19.82
E-6306-11	IQ-504	200%	21.6	70	64.59	5.41
E-6306-12	IQ-504	200%	21.6	70	75.18	-5.18
E-6306-8	IQ-504	200%	21.6	70	75.47	-5.47
E-6306-10	IQ-504	200%	21.6	70	61.63	8.37
G-6302-A	IQ-504	200%	21.6	70	65.19	4.81
G-6305-B	IQ-504	200%	21.6	70	85.64	-15.64
E-6306-4	IQ-504	200%	21.6	70	80.9	-10.9
E-6306-7	IQ-504	200%	21.6	70	71.28	-1.28
E-6306-5	IQ-504	200%	21.6	70	49.32	20.68
G-6701-B	IQ-504	200%	21.6	70	65.93	4.07
E-6326-7	IQ-504	200%	21.6	70	59.27	10.73
G-6102-A	IQ-504	200%	21.6	70	86	-16
E-6222-1	IQ-504	200%	21.6	70	59.27	10.73
G-6207-B	IQ-504	200%	21.6	70	37.17	32.83
G-6206-B	IQ-504	200%	21.6	70	76.63	-6.63
G-959-C	IQ-504	200%	21.6	70	67.61	2.39
M-7253-A	IQ-504	200%	21.6	70	70.43	-0.43
G-7258-A	IQ-504	200%	21.6	70	73.8	-3.8
G-7154-C	IQ-504	200%	21.6	70	77.07	-7.07

Tabla C.2. Distribución normal y procesamiento de las pruebas de sobrecarga al 200% de los IQ504 usando el sistema manual (panel de control) del Doble F6150 de Junio 2015- Mayo 2016.

Gráfico de las pruebas de sobrecarga al 200% IQ-504			
Tiempo	Tiempo de respuesta	Distribucion.n	
70	86	0.013947997	Valor Medio 200% IQ504
70	85.64	0.014594216	70.855
70	80.905	0.023924506	Desviacion Estandar 200% IQ504
70	80.9	0.023934612	10.90665185
70	79.6	0.026522643	Limite Superior (x+σ)
70	77.07	0.031096258	70
70	76.92	0.031337953	Limite Inferior (x-σ)
70	76.63	0.031793512	59.94834815
70	76.44	0.032083266	N° Relés Totales
70	75.47	0.03344565	30
70	75.18	0.033812113	N° de relés a un 68%
70	75.07	0.033945886	13
70	73.8	0.035268451	
70	73.8	0.035268451	
70	71.28	0.036550127	
70	70.43	0.036550127	
70	69.19	0.03615414	
70	68.73	0.035890172	
70	67.61	0.034994236	
70	65.93	0.033032469	
70	65.66	0.032655261	
70	65.19	0.031962126	
70	64.59	0.031014805	
70	63.81	0.029690501	
70	61.63	0.025578269	
70	59.27	0.020807508	
70	59.27	0.020807508	
70	50.18	0.006066205	
70	49.32	0.005207772	
70	37.17	0.000310393	

Tabla C.3. Distribución normal y procesamiento de las pruebas de sobrecarga al 200% de los IQ502 usando el sistema manual (panel de control) del Doble F6150 de Junio 2015- Mayo 2016.

Gráfico de las pruebas de sobrecarga al 200% IQ-502			
Tiempo	Tiempo de respuesta	Distribucion.n	
70	83.56	0.016382002	Valor Medio 200% IQ502
70	64.38	0.031290226	69.435
70	60.6	0.0257387	Desviacion Estandar 200% IQ502
70	85.16	0.013715425	11.59363716
70	71.67	0.03377695	Limite Superior (x+σ)
70	55.42	0.016571724	70
70	37.82	0.000835517	Limite Inferior (x-σ)
70	79.17	0.024187237	57.84136284
70	76.16	0.029082185	Numero de Relés
70	83.97	0.015681353	28
70	69.33	0.03440904	N° de relés a un 68%
70	60.56	0.025670963	12
70	69.54	0.03440904	
70	66.74	0.033493207	
70	65.86	0.032812769	
70	82.32	0.018555597	
70	66.03	0.032957926	
70	78.62	0.025141863	
70	57.48	0.020220673	
70	57.59	0.020418558	
70	69.73	0.034399313	
70	84.76	0.014363959	
70	78.76	0.024900667	
70	79.19	0.024152191	
70	86.37	0.011840385	
70	81.3	0.020382572	
70	78.76	0.024900667	
70	79.88	0.02293186	

Tabla C.4. Distribución normal y procesamiento de las pruebas de sobrecarga al 300% de los IQ502 usando el sistema manual (panel de control) del Doble F6150 de Junio 2015-Mayo 2016.

Gráfico de las pruebas de sobrecarga al 300% IQ-502				
Tiempo	Tiempo de respuesta	Distribucion.n		Valor Medio 150% IQ502
30	29.82	0.048124626		27.25
30	15.68	0.017172969		
30	13.51	0.0110079		Desviacion Estandar 150% IQ502
30	31.46	0.043981054		7.858070778
30	22.16	0.04116099		
30	18.24	0.026309739		Limite Superior (x+σ)
30	12.14	0.007993055		30
30	28.62	0.050002743		
30	19	0.029258081		Limite Inferior (x-σ)
30	36.54	0.025240474		19.39192922
30	31.6	0.043556337		
30	36.54	0.025240474		Numero de Relés
30	29.79	0.048184401		27
30	17.28	0.02270081		
30	32.53	0.040509517		N° de relés a un 68%
30	19.12	0.029727477		0
30	38.39	0.018586003		
30	31.75	0.043090652		
30	40.07	0.013416313		
30	27.25	0.050768476		
30	34.82	0.031920961		
30	23.96	0.046508266		
30	18.48	0.027234697		
30	25.38	0.049351112		
30	25.36	0.049321071		
30	23.96	0.046508266		
30	30.14	0.047448575		

Tabla C.5. Distribución normal y procesamiento de las pruebas de sobrecarga al 200% y 300% de los IQ500L usando el sistema manual (panel de control) del Doble F6150 de Junio 2015-Mayo 2016.

Gráfico de las pruebas de sobrecarga al 200% IQ-500L				
Tiempo deseado	Tiempo de respuesta	Distribucion.n		Valor Medio 200% IQ500L
70	97.14	0.005588901		67.94
70	66.25	0.004532848		
70	67.94	0.004451066		Desviacion Estandar 200% IQ500L
				17.3670579
				Limite Superior (x+σ)
				70
				Limite Inferior (x-σ)
				50.5729421
				Numero de Relés
				3
				N° de relés a un 68%
				2
Gráfico de las pruebas de sobrecarga al 300% IQ-500L				
Tiempo deseado	Tiempo de respuesta	Distribucion.n		Valor Medio 150% IQ500L
30	36.89	0.0454805		36.89
30	44.45	0.006774623		
30	26.96	0.009576686		Desviacion Estandar 150% IQ500L
				8.77172161
				Limite Superior (x+σ)
				30
				Limite Inferior (x-σ)
				28.11827839
				Numero de Relés
				3
				N° de relés a un 68%
				0

Tabla C.6. Historial de resultados de las pruebas de Desbalance IQ500 Series usando el sistema manual (Panel de Control) del Doble F6150 de Junio 2015-Mayo 2016.

TAG	MODELO	DES. 20 % (A)	TOC REAL (s)	Distibucion normal	DESVIACIÓN (s)
G-6306-B	IQ-500L	1.9	14.06	0.09361293	0.94
G-6706-B	IQ-500L	3	10.02	0.113802071	4.98
G-6230-A	IQ-500L	2.9	9.69	0.107194013	5.31
E-4106-7	IQ-502	4.15	15.32	0.062015088	-0.32
E-4205-2	IQ-502	2.6	8.81	0.086415896	6.19
G-4405-B	IQ-502	4.3	16.9	0.029231115	-1.9
G-4404-B	IQ-502	4.15	8.56	0.080087157	6.44
E-4106-2	IQ-502	4.5	13.13	0.113988186	1.87
E-4115-1	IQ-502	4.5	8.69	0.083386328	6.31
E-4118-1	IQ-502	4.5	10.29	0.118497591	4.71
E-4407-B	IQ-502	4.15	12.86	0.118657714	2.14
E-4115-2	IQ-502	4.6	11.72	0.129192012	3.28
G-4102-B	IQ-502	4.32	14.42	0.084651088	0.58
G-4102-A	IQ-502	5.1	10	0.113427176	5
G-4302-A	IQ-502	4.49	10.64	0.123458186	4.36
E-2502-B	IQ-502	4.15	6.15	0.027470192	8.85
E-178-1	IQ-502	4.3	10.49	0.12149865	4.51
G-175-3	IQ-502	4.3	6.559	0.034387559	8.441
E-6224-1	IQ-502	4.2	13.26	0.111500822	1.74
E-6314-A	IQ-502	4.15	7.31	0.049616155	7.69
E-6307-B	IQ-502	4.88	9.63	0.105904153	5.37
G-6811-A	IQ-502	4	7.93	0.064220606	7.07
G-6318-A	IQ-502	4.4	14.31	0.087420615	0.69
E-6206-2	IQ-502	4.2	10.6	0.122960998	4.4
E-6234-1	IQ-502	4.2	14.3	0.087671311	0.7
G-6212-A	IQ-502	4.3	10.28	0.118336442	4.72
E-6234-2	IQ-502	4.15	11.56	0.129322411	3.44
G-6228-A	IQ-502	4.2	10.6	0.122960998	4.4
Mezclador	IQ-502	4.15	10.35	0.119442747	4.65
G-6017-A	IQ-504	13.4	11.87	0.128754918	3.13
E-4106-1	IQ-504	13.4	19.63	0.004294801	-4.63
G-4208-A	IQ-504	13.1	10.24	0.117681664	4.76
E-4302-1	IQ-504	13.2	15.388	0.060364986	-0.388
G-4305-A	IQ-504	14.4	14.26	0.088671988	0.74
E-4106-8	IQ-504	14.4	14.26	0.088671988	0.74
E-4106-5	IQ-504	13.4	14.23	0.089420117	0.77
E-4106-4	IQ-504	8.6	14.12	0.092143075	0.88
G-2502-B	IQ-504	13.6	8.61	0.08135743	6.39
G-6311	IQ-504	13.2	9.8	0.109492061	5.2
E-6306-9	IQ-504	13.4	11.04	0.127358767	3.96
E-6306-11	IQ-504	13.6	12.51	0.12357955	2.49
E-6306-12	IQ-504	13.4	14.05	0.093856723	0.95
E-6306-8	IQ-504	13.8	14.63	0.079324529	0.37
E-6306-10	IQ-504	13.4	9.16	0.095070259	5.84
G-6302-A	IQ-504	13.7	8.7	0.083639517	6.3
G-6305-B	IQ-504	13	14.33	0.086918631	0.67
E-6306-4	IQ-504	13.4	11.87	0.128754918	3.13
E-6306-7	IQ-504	13.7	13.07	0.115085884	1.93
E-6306-5	IQ-504	13.7	11.55	0.129319013	3.45
G-6701-B	IQ-504	13.3	11.55	0.129319013	3.45
E-6326-7	IQ-504	13.7	11.58	0.129325129	3.42
G-6102-A	IQ-504	13.2	14.25	0.088921601	0.75
E-6222-1	IQ-504	13.7	11.58	0.129325129	3.42
G-6207-B	IQ-504	13.2	18.9	0.007744199	-3.9
G-6206-B	IQ-504	13.9	13.06	0.11526562	1.94
G-959-C	IQ-504	13.8	14.22	0.089669008	0.78
M-7253-A	IQ-504	13	1.43	0.000576493	13.57
G-7258-A	IQ-504	13	8.74	0.084651088	6.26
G-7154-C	IQ-504	13.4	14.39	0.085408363	0.61
G-4305-B	IQ-504	4.15	12.89	0.118174269	2.11

Tabla C.7. Historial de resultados de las pruebas de Falla a Tierra IQ500 Series usando el sistema manual (Panel de Control) del Doble F6150 de Junio 2015-Mayo 2016.

TAG	MODELO	Ip GF (A)	TOC REAL (s)	Distribucion normal	Desviacion
G-6230-A	IQ-500L	3	1.69	0.244567425	0.31
G-6306-B	IQ-500L	3	2.01	0.428111534	-0.01
G-6706-B	IQ-500L	3	2.06	0.456793518	-0.06
E-178-1	IQ-502	5.2	2.59	0.623594611	-0.59
E-2502-B	IQ-502	5.9	1.67	0.234200517	0.33
E-4106-2	IQ-502	5	3.49	0.21906583	-1.49
E-4106-7	IQ-502	5	3.2	0.381039322	-1.2
E-4115-1	IQ-502	5.1	3.34	0.299278755	-1.34
E-4115-2	IQ-502	5	1.76	0.282415545	0.24
E-4118-1	IQ-502	5.1	1.69	0.244567425	0.31
E-4205-2	IQ-502	5.2	3.27	0.339724284	-1.27
E-4407-B	IQ-502	5	4	0.050235272	-2
E-6206-2	IQ-502	5	2.87	0.556933162	-0.87
E-6224-1	IQ-502	5	2.18	0.520560299	-0.18
E-6234-1	IQ-502	5.2	2.27	0.561036792	-0.27
E-6234-2	IQ-502	5	2.35	0.589754879	-0.35
E-6307-B	IQ-502	5	2.01	0.428111534	-0.01
E-6314-A	IQ-502	5.9	2.59	0.623594611	-0.59
G-175-3	IQ-502	6	2.6	0.623136983	-0.6
G-4102-A	IQ-502	5	2.93	0.530202419	-0.93
G-4102-B	IQ-502	5	2.32	0.579880538	-0.32
G-4302-A	IQ-502	5	3.27	0.339724284	-1.27
G-4404-B	IQ-502	5.2	2.22	0.539494802	-0.22
G-4405-B	IQ-502	5.2	2.56	0.624052575	-0.56
G-6212-A	IQ-502	5.9	2.33	0.583296197	-0.33
G-6228-A	IQ-502	5	2.87	0.556933162	-0.87
G-6318-A	IQ-502	5.2	2.49	0.619791286	-0.49
G-6811-A	IQ-502	5.4	3.24	0.357376193	-1.24
Mezclador 30	IQ-502	5.5	2.13	0.495090472	-0.13
E-4106-1	IQ-504	5	1.28	0.082758145	0.72
E-4106-4	IQ-504	5	3.99	0.052024288	-1.99
E-4106-5	IQ-504	5	2.87	0.556933162	-0.87
E-4106-8	IQ-504	5.4	2.05	0.451128103	-0.05
E-4302-1	IQ-504	5	3.36	0.287998773	-1.36
E-6222-1	IQ-504	5	2.42	0.60822218	-0.42
E-6306-10	IQ-504	6.7	1.75	0.276872794	0.25
E-6306-11	IQ-504	5.2	2.23	0.544002169	-0.23
E-6306-12	IQ-504	5.2	2.63	0.620853873	-0.63
E-6306-4	IQ-504	7.6	3.44	0.244567425	-1.44
E-6306-5	IQ-504	7.6	3.44	0.244567425	-1.44
E-6306-7	IQ-504	7.6	3.44	0.244567425	-1.44
E-6306-8	IQ-504	5	3.64	0.15176143	-1.64
E-6306-9	IQ-504	12	2.43	0.610309472	-0.43
E-6326-7	IQ-504	5	2.42	0.60822218	-0.42
G-2502-B	IQ-504	5.5	3.46	0.234200517	-1.46
G-4208-A	IQ-504	5	2.8	0.583296197	-0.8
G-4305-A	IQ-504	5	3.2	0.381039322	-1.2
G-4305-B	IQ-504	5	2.93	0.530202419	-0.93
G-6017-A	IQ-504	7.6	3.44	0.244567425	-1.44
G-6102-A	IQ-504	12	2.57	0.624052575	-0.57
G-6206-B	IQ-504	5	2.96	0.515615898	-0.96
G-6207-B	IQ-504	5	1.92	0.375118225	0.08
G-6302-A	IQ-504	5.2	2.76	0.595701697	-0.76
G-6305-B	IQ-504	6.5	2.23	0.544002169	-0.23
G-6311	IQ-504	6	2	0.42228485	0
G-6701-B	IQ-504	5	1.97	0.4046817	0.03
G-7154-C	IQ-504	5	2.28	0.565032374	-0.28
G-7258-A	IQ-504	5.6	1.78	0.293620518	0.22
G-959-C	IQ-504	5	1.93	0.381039322	0.07
M-7253-A	IQ-504	5.2	3.18	0.392874853	-1.18

Tabla C.8. Historial de resultados de las pruebas de Sobrecarga IQ500 Series usando el sistema Automatizado del Doble F6150 de Febrero 2016-Junio 2016.

TAG	Modelo	OC%	OC (A)	TOC Deseado (s)	TOC Real (s)
G-6230-A	IQ-500L	150%	3	142.86	136.59
		200%	4	70	57.49
G-7301-D1	IQ-500L	150%	3	142.86	107.14
		200%	4	70	62.23
G-7301-C1	IQ-500L	150%	3	142.86	134.25
		200%	4	70	61.11
G-6312-A	IQ-500L	150%	3	142.86	130.82
		200%	4	70	64.21
G-6303-A	IQ-500L	150%	3	142.86	135.31
		200%	4	70	63.44
G-6301-B	IQ-500L	150%	3	142.86	125.46
		200%	4	70	64.6
G-6306-B	IQ-500L	150%	3	142.86	139.07
		200%	4	70	67.41
G-6228-A	IQ-502	150%	5.89	142.86	120.25
		200%	7.86	70	63.24
G-6249-A	IQ-502	150%	5.89	142.86	149.43
		200%	7.86	70	67
G-4205-B	IQ-502	150%	5.89	142.86	137.19
		200%	7.86	70	57.32
G-7009	IQ-502	150%	5.89	142.86	124
		200%	7.86	70	59
G-6310	IQ-502	150%	5.89	142.86	158.52
		200%	7.86	70	69.02
G-6740-A	IQ-502	150%	5.89	142.86	153.37
		200%	7.86	70	68.68
G-6740-B	IQ-502	150%	5.89	142.86	153.37
		200%	7.86	70	79.44
G-6304-A	IQ-502	150%	5.89	142.86	127.79
		200%	7.86	70	53.02
E-6206-1	IQ-502	150%	5.89	142.86	136.9
		200%	7.86	70	63.5
G-115	IQ-502	150%	5.89	142.86	134.18
		200%	7.86	70	60.36
N-7101-1	IQ-502	150%	5.89	142.86	126.92
		200%	7.86	70	59.85
G-113	IQ-502	150%	5.89	142.86	127.28
		200%	7.86	70	62.77
E-4103-2	IQ-504	150%	18.6	142.86	119.64
		200%	24.8	70	62.98
G-2501-A	IQ-504	150%	18.6	142.86	91.82
		200%	24.8	70	54.37
G-6807-A	IQ-504	150%	18.6	142.86	145.59
		200%	24.8	70	67.32
G-6306-12	IQ-504	150%	18.6	142.86	109.33
		200%	24.8	70	61.44
G-6311	IQ-504	150%	18.6	142.86	116.83
		200%	24.8	70	60.6
E-6224-14	IQ-504	150%	18.6	142.86	120.32
		200%	24.8	70	61.48
E-6224-17	IQ-504	150%	18.6	142.86	122.19
		200%	24.8	70	61.24
E-6224-20	IQ-504	150%	18.6	142.86	118.31
		200%	24.8	70	61.74
G-6203-B	IQ-504	150%	18.6	142.86	136.59
		200%	24.8	70	77.92
G-161-A	IQ-504	150%	18.6	142.86	120.42
		200%	24.8	70	54.24
G-111-B	IQ-504	150%	18.6	142.86	78.74
		200%	24.8	70	37.98

Tabla C.8. Historial de resultados de las pruebas de Sobrecarga IQ500 Series usando el sistema Automatizado del Doble F6150 de Febrero 2016-Junio 2016. (Continuación).

G-117	IQ-504	150%	18.6	142.86	70.94
		200%	24.8	70	34.5
G-6017-B	IQ-504	150%	18.6	142.86	121.38
		200%	24.8	70	55.39
G-4108-A	IQ-504	150%	18.6	142.86	71.27
		200%	24.8	70	35.64
G-6326-10	IQ-504	150%	18.6	142.86	120.8
		200%	24.8	70	62.14
G-6326-7	IQ-504	150%	18.6	142.86	120.46
		200%	24.8	70	56.6
G-959-B	IQ-504	150%	18.6	142.86	109.59
		200%	24.8	70	43.01
E-6306-7	IQ-504	150%	18.6	142.86	109.52
		200%	24.8	70	53.07
E-6306-5	IQ-504	150%	18.6	142.86	120.47
		200%	24.8	70	55.51
E-6306-4	IQ-504	150%	18.6	142.86	112.77
		200%	24.8	70	60.12
E-6306-8	IQ-504	150%	18.6	142.86	105.51
		200%	24.8	70	55.69
E-6306-9	IQ-504	150%	18.6	142.86	117.48
		200%	24.8	70	54.39
E-6306-10	IQ-504	150%	18.6	142.86	150.65
		200%	24.8	70	75.53
E-6306-6	IQ-504	150%	18.6	142.86	119.23
		200%	24.8	70	58.81
G-6229-A	IQ-504	150%	18.6	142.86	114.75
		200%	24.8	70	57.02
G-6305-A	IQ-504	150%	18.6	142.86	119.68
		200%	24.8	70	56.67
G-6302-A	IQ-504	150%	18.6	142.86	128.57
		200%	24.8	70	55.1
G-6326-10	IQ-504	150%	18.6	142.86	120.8
		200%	24.8	70	27.45
G-6326-7	IQ-504	150%	18.6	142.86	120.46
		200%	24.8	70	56.6
G-6222-2	IQ-504	150%	18.6	142.86	112.52
		200%	24.8	70	58.08
G-959-B	IQ-504	150%	18.6	142.86	109.59
		200%	24.8	70	43.01
G-7451-C	IQ-504	150%	18.6	142.86	113.82
		200%	24.8	70	52.45
G-151	IQ-504	150%	18.6	142.86	112.6
		200%	24.8	70	62.77

Tabla C.9. Distribución normal y procesamiento de las pruebas de sobrecarga al 200% de los IQ504 usando el sistema Automatizado del Doble F6150 de Febrero 2016-Junio 2016.

Gráfico de las pruebas de sobrecarga al 200% IQ-504				
Tiempo deseado	Tiempo de respuesta	Distribucion.n		Valor Medio 200% IQ504
70	62.98	0.031191761		56.6
70	54.37	0.036447894		
70	67.32	0.02257188		Desviacion Estandar 200% I
70	61.44	0.033631419		10.71087442
70	60.6	0.034737644		
70	61.48	0.033574478		Limite Superior (x+σ)
70	61.24	0.03391048		70
70	61.74	0.033195419		
70	77.92	0.005137216		Limite Inferior (x-σ)
70	54.24	0.03635323		45.88912558
70	37.98	0.008219463		
70	34.5	0.00443224		N° Relés Totales
70	55.39	0.037009557		33
70	35.64	0.005489562		
70	62.14	0.032583078		N° de relés a un 68%
70	56.6	0.037246472		25
70	43.01	0.016653584		
70	53.07	0.035277611		
70	55.51	0.037054103		
70	60.12	0.035288452		
70	55.69	0.037112286		
70	54.39	0.036462003		
70	75.53	0.007812865		
70	58.81	0.036462003		
70	57.02	0.037217847		
70	56.67	0.037245676		
70	55.1	0.036883009		
70	27.45	0.000917765		
70	56.6	0.037246472		
70	58.08	0.036892591		
70	43.01	0.016653584		
70	52.45	0.034553052		
70	62.77	0.031552107		

Tabla C.10. Distribución normal y procesamiento de las pruebas de sobrecarga al 150% de los IQ504 usando el sistema Automatizado del Doble F6150 Febrero 2016-Junio 2016.

Gráfico de las pruebas de sobrecarga al 150% IQ-504				
Tiempo deseado	Tiempo de respuesta	Distribucion.n		Valor Medio 150% IQ504
142.86	114.75	0.023044397		118.31
142.86	113.82	0.022745523		
142.86	112.77	0.022331638		Desviacion Estandar 150% I
142.86	112.6	0.022257289		16.93351726
142.86	112.52	0.022221612		
142.86	116.83	0.023469516		Limite Superior (x+σ)
142.86	117.48	0.023531044		142.86
142.86	118.31	0.023559328		
142.86	119.23	0.023524582		Limite Inferior (x-σ)
142.86	119.64	0.023486772		101.3764827
142.86	109.59	0.020633841		
142.86	109.59	0.020633841		N° Relés Totales
142.86	119.68	0.023482349		33
142.86	109.52	0.020589788		
142.86	109.33	0.020468925		N° de relés a un 68%
142.86	120.32	0.02339394		27
142.86	120.42	0.02337714		
142.86	120.46	0.023370195		
142.86	120.46	0.023370195		
142.86	120.47	0.023368439		
142.86	120.8	0.023305995		
142.86	120.8	0.023305995		
142.86	121.38	0.02317531		
142.86	122.19	0.022948928		
142.86	105.51	0.017704723		
142.86	128.57	0.019608538		
142.86	136.59	0.013155562		
142.86	91.82	0.006930428		
142.86	145.59	0.006435641		
142.86	78.74	0.001536087		
142.86	150.65	0.003803084		
142.86	71.27	0.000497129		
142.86	70.94	0.000470843		

Tabla C.11. Distribución normal y procesamiento de las pruebas de sobrecarga al 200% de los IQ502 usando el sistema Automatizado del Doble F6150 Febrero 2016-Junio 2016.

Gráfico de las pruebas de sobrecarga al 200% IQ-502				
Tiempo deseado	Tiempo de respuesta	Distribucion.n		Valor Medio 200% IQ502
70	63.24	0.054665902		61.565
70	67.43	0.039951004		
70	57.32	0.047003539		Desviacion Estandar 200% I
70	59	0.05265618		7.097397097
70	79.44	0.002357483		
70	53.02	0.027230176		Limite Superior (x+σ)
70	63.5	0.054158973		70
70	60.36	0.055405337		
70	59.85	0.054592374		Limite Inferior (x-σ)
70	62.77	0.055405337		54.4676029
				Numero de Relés
				10
				N° de relés a un 68%
				8

Tabla C.12. Distribución normal y procesamiento de las pruebas de sobrecarga al 150% de los IQ502 usando el sistema Automatizado del Doble F6150 Febrero 2016-Junio 2016.

Gráfico de las pruebas de sobrecarga al 150% IQ-502				
Tiempo deseado	Tiempo de respuesta	Distribucion.n		Valor Medio 150% IQ502
142.86	120.25	0.022538888		130.985
142.86	149.43	0.008626087		
142.86	137.19	0.031275801		Desviacion Estandar 150% I
142.86	124	0.029931857		10.82224094
142.86	153.37	0.004340637		
142.86	127.79	0.035291226		Limite Superior (x+σ)
142.86	136.9	0.031748633		142.86
142.86	134.18	0.035291226		
142.86	126.92	0.034352333		Limite Inferior (x-σ)
142.86	127.28	0.034765011		120.1627591
				Numero de Relés
				10
				N° de relés a un 68%
				7

Tabla C.13. Distribución normal y procesamiento de las pruebas de sobrecarga al 200% de los IQ500L usando el sistema Automatizado del Doble F6150 Febrero 2016-Junio 2016.

Gráfico de las pruebas de sobrecarga al 200% IQ-500L				
Tiempo deseado	Tiempo de respuesta	Distribucion.n		Valor Medio 200% IQ500L
70	57.49	0.020631699		63.44
70	62.23	0.118821487		
70	61.11	0.096842753		Desviacion Estandar 200%
70	64.21	0.124283493		3.113244365
70	63.44	0.128143581		
70	64.6	0.11955008		Limite Superior (x+σ)
70	67.41	0.056831322		70
				Limite Inferior (x-σ)
				60.32675564
				Numero de Relés
				7
				N° de relés a un 68%
				6

Tabla C.14. Distribución normal y procesamiento de las pruebas de sobrecarga al 150% de los IQ500L usando el sistema Automatizado del Doble F6150 Febrero 2016-Junio 2016.

Gráfico de las pruebas de sobrecarga al 150% IQ-500L				
Tiempo deseado	Tiempo de respuesta	Distribucion.n		Valor Medio 150% IQ500L
142.86	136.59	0.032236374		134.25
142.86	119.56	0.021114627		
142.86	134.25	0.035223163		Desviacion Estandar 150%
142.86	130.82	0.036858902		6.88905412
142.86	135.31	0.034033908		
142.86	125.46	0.032359144		Limite Superior (x+σ)
142.86	139.07	0.027886833		142.86
				Limite Inferior (x-σ)
				127.3609459
				Numero de Relés
				7
				N° de relés a un 68%
				6

Tabla C.15. Historial de resultados de las pruebas de Desbalance IQ500 Series usando el sistema Automatizado del Doble F6150 de Febrero 2016-Junio 2016.

TAG	Modelo	I Desb (A)	Tiempo de Ajuste (s)	Tiempo Real (s)	Distribucion normal
G-6230-A	IQ-500L	2.5	15	8.61	0.128407015
G-6303-A	IQ-500L	2.5	15	9.81	0.146339131
G-7301-D1	IQ-500L	2.5	15	10.31	0.145894241
G-6312-A	IQ-500L	2.5	15	10.09	0.14669999
G-7301-C1	IQ-500L	2.5	15	9.98	0.14674367
G-6301-B	IQ-500L	2.5	15	13.34	0.069458661
G-6306-B	IQ-500L	2.5	15	19.58	0.000300739
G-6228-A	IQ-502	2.5	15	7.73	0.103078941
G-6249-A	IQ-502	4.91	15	10.22	0.146339131
G-4205-B	IQ-502	4.91	15	12.74	0.088796074
G-7009	IQ-502	4.91	15	10.38	0.145438894
E-6224-22	IQ-502	4.91	15	15.27	0.022653186
G-6740-A	IQ-502	4.91	15	11.37	0.129611601
G-6740-B	IQ-502	4.91	15	8.47	0.124868464
E-6206-1	IQ-502	4.91	15	9.13	0.139181127
G-115	IQ-502	4.91	15	7.93	0.109358462
G-6310	IQ-502	4.91	15	11.38	0.129373284
G-113	IQ-502	4.91	15	10.65	0.142806057
N-7101-1	IQ-502	4.91	15	9.26	0.141203421
G-6304-A	IQ-502	4.91	15	12.14	0.108119485
E-4103-2	IQ-504	15.5	15	7.35	0.090760496
G-2501-A	IQ-504	15.5	15	6.7	0.06977142
G-6807-A	IQ-504	15.5	15	8.5	0.125646474
E-6306-7	IQ-504	15.5	15	5.22	0.030972475
G-6306-12	IQ-504	15.5	15	13.24	0.072606173
G-6311	IQ-504	15.5	15	9.69	0.145710749
E-6306-5	IQ-504	15.5	15	13.6	0.061508255
E-6306-6	IQ-504	15.5	15	8.69	0.130318606
E-6306-8	IQ-504	15.5	15	13.06	0.078367754
E-6306-9	IQ-504	15.5	15	12.62	0.092723193
E-6306-10	IQ-504	15.5	15	14.32	0.041879683
E-6306-4	IQ-504	15.5	15	8.9	0.134915943
E-6224-13	IQ-504	15.5	15	15.45	0.019887801
E-6224-14	IQ-504	15.5	15	8.78	0.132366083
E-6224-17	IQ-504	15.5	15	7.53	0.096635502
G-6203-B	IQ-504	15.5	15	8.94	0.135717982
G-6204-A	IQ-504	15.5	15	8.75	0.131696079
G-151	IQ-504	15.5	15	8.63	0.128892733
G-6229-A	IQ-504	15.5	15	8.81	0.133023293
G-6305-A	IQ-504	15.5	15	12.96	0.081609174
G-6325-A	IQ-504	15.5	15	8.47	0.124868464
G-6326-10	IQ-504	15.5	15	14.49	0.037856758
G-6326-7	IQ-504	15.5	15	10.16	0.14654721
G-6222-2	IQ-504	15.5	15	10.33	0.14577386
G-959-B	IQ-504	15.5	15	8.62	0.128650515
G-7451-C	IQ-504	15.5	15	10.05	0.14674367

Tabla C.16. Análisis estadístico de la base de datos de Junio 2015-Mayo 2016 de las pruebas de sobrecarga de los IQ500 Series.

Estadísticas de SOBRECARGA IQ-500 series			
Relés Totales		61	
Tolerancia+/- (s)		10	
Relés aprobados		35	
Porcentaje de relés aprobados		57.38%	
Promedio de disparo general (s)			
200%	70.90	300%	27.40
Desviación Promedio General (s)			
Por debajo de la curva (s)		Por encima de la curva (s)	
8.31		8.34	
Máxima desviación (s)	32.83	Máxima desviación (s)	27.14
Tiempos de disparo IQ-500L (s)			
Tiempo deseado 200%	70.00	Tiempo deseado 300%	30.00
PROMEDIO IQ 500L 200%	77.11	PROMEDIO IQ 500L 300%	36.10
Desviación prom. por debajo de la curva		Desviación prom. por encima de la curva	
2.95		16.16	
Máxima desviación (s)	3.75	Máxima desviación (s)	27.14
Tiempos de disparo IQ-502 (s)			
Tiempo deseado 200%	70.00	Tiempo deseado 300%	30.00
PROMEDIO IQ 502 200%	71.81	PROMEDIO IQ 500L 300%	26.45
Desviación prom. por debajo de la curva		Desviación prom. por encima de la curva	
8.31		8.14	
Máxima desviación (s)	32.18	Máxima desviación (s)	16.37
Tiempos de disparo IQ-504 (s)			
Tiempo deseado 200%	70.00		
PROMEDIO IQ 504 200%	69.42		
Desviación prom. por debajo de la curva		Desviación prom. por encima de la curva	
9.46		7.20	
Máxima desviación (s)	32.83	Máxima desviación (s)	16.00

Tabla C.17. Análisis estadístico de la base de datos de Junio 2015-Mayo 2016 de las pruebas de Desbalance de los IQ500 Series.

Estadísticas DESBALANCE IQ-500 series			
Relés Totales		60	
Tiempo deseado		15	
Tolerancia+/- (s)		5	
Relés aprobados		45	
Porcentaje de relés aprobados		75.00%	
Promedio de disparo general (s)			
11.74			
Desviación Promedio General (s)			
Por debajo de la curva (s)		Por encima de la curva (s)	
3.76		2.23	
Máxima desviación (s)	13.57	Máxima desviación (s)	4.63
Ipickup IQ-500L (A)			
Ipickup (A)		2.90	
Desviación estándar		0.61	
Tiempos de disparo IQ-500L (s)			
Promedio (s)		11.26	
Desviación prom. por debajo de la curva		Desviación prom. por encima de la curva	
3.74		0.32	
Máxima desviación (s)	5.31	Máxima desviación (s)	0.94
Ipickup IQ-502 (A)			
Ipickup (A)		4.14	
Desviación estándar		0.42	
Tiempos de disparo IQ-502 (s)			
Promedio (s)		10.95	
Desviación prom. por debajo de la curva		Desviación prom. por encima de la curva	
4.48		1.11	
Máxima desviación (s)	8.85	Máxima desviación (s)	1.90
Ipickup IQ-504 (A)			
Ipickup (A)		12.96	
Desviación estándar		1.90	
Tiempos de disparo IQ-504 (s)			
Promedio (s)		12.45	
Desviación prom. por debajo de la curva		Desviación prom. por encima de la curva	
3.14		2.97	
Máxima desviación (s)	13.57	Máxima desviación (s)	4.63

Tabla C.18. Análisis estadístico de la base de datos de Junio 2015-Mayo 2016 de las pruebas de Falla a Tierra de los IQ500 Series.

Estadísticas FALLA A TIERRA IQ-500 series			
Relés Totales		60	
Tiempo deseado		2	
Tolerancia+/- (s)		1.3/0.5	
Relés aprobados		48	
Porcentaje de relés aprobados		80.00%	
Promedio de disparo general (s)			
2.61			
Desviación Promedio General (s)			
Por debajo de la curva (s)		Por encima de la curva (s)	
0.23		0.79	
Máxima desviación (s)	0.72	Máxima desviación (s)	2.00
Ipickup IQ-500L (A)			
Ipickup (A)		3.00	
Desviación estándar		0.00	
Tiempos de disparo IQ-500L (s)			
Promedio (s)		1.92	
Desviación prom. por debajo de la curva		Desviación prom. por encima de la curva	
0.31		0.03	
Máxima desviación (s)	0.31	Máxima desviación (s)	0.06
Ipickup IQ-502 (A)			
Ipickup (A)		5.00	
Desviación estándar		0.59	
Tiempos de disparo IQ-502 (s)			
Promedio (s)		2.62	
Desviación prom. por debajo de la curva		Desviación prom. por encima de la curva	
0.29		0.74	
Máxima desviación (s)	0.33	Máxima desviación (s)	2.00
Ipickup IQ-504 (A)			
Ipickup (A)		5.00	
Desviación estándar		1.84	
Tiempos de disparo IQ-504 (s)			
Promedio (s)		2.67	
Desviación prom. por debajo de la curva		Desviación prom. por encima de la curva	
0.23		0.92	
Máxima desviación (s)	0.72	Máxima desviación (s)	1.99

Tabla C.19. Base de datos de las funciones de protección asignadas a los VAMP 200 Series de la Planta.

Relé:										
Modelo:	255	255	255	255	255	257	257	257	257	Funciones
Subestación	CD-8	CD-8	CD-8	S/E 5A	S/E 5A	S/E #10	S/E #10	S/E # 16	S/E # 16	
Funciones	255. BARRA A	255. BARRA B	Enlace	G7584-A	G7584-B	Principal	Respaldo	F-10	F-11	Totales
Objeto Protegido	M	M	A	M	M	M	M	A	A	
I>	x	x	x			x	x	x	x	7
I>>			x	x	x	x	x	x	x	7
I>>>	x	x	x							3
Iφ>										0
Iφ>>										0
Iφ>>>										0
Iφ>>>>										0
I2>	x			x	x	x	x			5
I2>>						x	x			2
Ist>				x	x					2
N>							x			1
I<										0
If2>										0
Arcl>							x	x		2
I0>	x	x	x			x	x	x	x	7
I0>>			x	x	x	x		x		5
I0φ>										0
I0φ>>										0
I0>>>			x							1
I0>>>>			x							1
I0Int>										0
U0>										0
U0>>										0
Arcl01>		x					x	x		3
Arcl02>							x	x		2
U>										0
U>>										0
U>>>										0
U<	x	x		x	x	x	x			6
U<<	x									1
U<<<	x	x								2
fX		x								1
fXX		x								1
f<										0
f<<										0
df/dt										0
P<										0
P<<										0
T>				x	x	x	x			4
CBFP										0
SYNC1	x	x	x							3
Prg1	x	x	x				x	x		5
Prg2	x	x	x							3
Prg3	x	x								2
Prg4										0
Prg5										0
Prg6										0
Prg7										0
Prg8										0

M: Motor

A: Alimentador

**Anexo D. Protocolo de pruebas de los relés Eaton IQ500 Series, MP3000, y VAMP
200 Series implementado el simulador de potencia Doble F6150.**



**PROCEDIMIENTO DE TRABAJO
GERENCIA DE MANTENIMIENTO
SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD**

Código N°:	Título: EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)
-------------------	---

		EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)				
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	PG	ELAB	REV	APR
ELABORADO: FECHA:		APROBADO:		FECHA:		
REVISADO: FECHA						

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 2 de 32	

REVISIÓN PARA APROBACIÓN			
GERENCIA	NOMBRE	FECHA	FIRMA

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 3 de 32	

INDICE

	SECCIÓN	PAG
1.	OBJETIVO.....	5
2.	ALCANCE.....	5
3.	ÁREA O LUGAR DE TRABAJO.....	5
4.	DEFINICIONES.....	5
5.	ROLES Y RESPONSABILIDADES.....	6
6.	SECUENCIA DE TAREAS PARA REALIZAR EL TRABAJO.....	6
7.	ANEXOS.....	27

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 5 de 32	

1. OBJETIVO

Establecer los pasos a seguir para ejecutar las actividades de pruebas de inyección y mantenimiento de relés de protección IQ500 Series, MP3000 y VAMP 200 Series implementando el Doble F6150 dentro de las instalaciones del Laboratorio de Protecciones, de manera de optimizar el proceso de pruebas y garantizar su confiabilidad.

2. ALCANCE

Aplicable a todo el personal propio de PDVSA o contratado encargado de ejecutar actividades de mantenimiento en el Laboratorio de Protecciones de la Refinería el Palito, enmarcado dentro de las normas de seguridad personal, integridad de las instalaciones y el medio ambiente.

Este instructivo se aplicará en la Refinería El Palito cuando se presente alguno de los siguientes casos para los equipos mencionados:

- a. Mantenimiento Preventivo.

3. AREA O LUGAR DEL TRABAJO

Los trabajos se llevarán a cabo dentro de las instalaciones del Laboratorio de Protecciones Eléctricas y Subestaciones Eléctricas si el caso lo amerita, ubicados en la Refinería “El Palito”.

4. HERRAMIENTAS Y MATERIALES DE TRABAJO

- Inyector Doble F6150
- Software F6Test versión 2.18 Build 1006 con la base de datos (Actualización REP 2017)
- Cable de comunicación USB
- Relés de pruebas (IQ-500 Series, MP-3000, VAMP 200 Series)
- Cableado de fuerza para conexión de los relés.

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 6 de 32	

5. DEFINICIONES

- a. **Inyector:** Instrumento de prueba utilizado para simular fenómenos eléctricos bajo condiciones controladas para poner a prueba dispositivos como relés de protección, breacker, contactores, etc.
- b. **Relé de Protección:** Dispositivo eléctrico encargado de proteger un equipo en servicio, mediante el ajustes de referencia y monitoreo constante de variables y parámetros eléctricos.
- c. **Pickup:** Tiempo mínimo de operación de ajuste de cualquier equipo eléctrico que trabaje con una curva en función del tiempo.

6. ROLES Y RESPONSABILIDADES

CARGO	RESPONSABILIDADES
Superintendente de Electricidad	Revisar y difundir este documento al menos cada cuatro (4) años, cuando cambien las condiciones operacionales o se hagan cambios o modificaciones a los equipos.
Supervisor de Mantenimiento Eléctrico	Participar en la elaboración de este procedimiento para la ejecución del trabajo de acuerdo a lo establecido en la Norma PDVSA SI-S-20. Asegurar que el trabajo sea ejecutado por personal calificado y evaluar las condiciones del área en la cual se realizará la actividad. Revisar el procedimiento al menos cada cuatro (4) años cuando cambien las condiciones operacionales o se hagan cambios o modificaciones a los equipos.
Coordinador de Mantenimiento Eléctrico	Elaborar el Análisis de Riesgos y solicitar el permiso respectivo. Igualmente es responsable de suministrar los equipos a utilizar, herramientas y equipos de protección personal. Supervisar que la actividad a realizar cumpla con el procedimiento establecido e interrumpir la actividad cuando observe que las condiciones de seguridad iniciales han variado informando al Operador de Planta.
Electricista de Área	Ejecutar la actividad planificada de acuerdo al procedimiento establecido para ello. Igualmente velará por el cumplimiento de las normas de seguridad notificando si observa alguna desviación.

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 7 de 32	

Técnico del Laboratorio de Protecciones Eléctricas.	Ejecutar la simulación de fallas eléctricas a todos los dispositivos de protección (Relés) pertenecientes a un Sistema de protección de un equipo, comprobando su correcta actuación.
Planificador de Mantenimiento Eléctrico	Planificar las actividades a realizar por el Técnico de Mantenimiento, desarrollando el plan de trabajo previendo la disposición de mano de obra, equipos y materiales.
Programador de Mantenimiento Eléctrico	Garantizar que las actividades descritas en el plan se lleven a cabo garantizando para ello la disponibilidad de los insumos requeridos para realizar las mismas.

7. SECUENCIA DE TAREAS PARA REALIZAR EL TRABAJO

7.1. Procedimiento IQ500 Series:

7.1.1 El **electricista del área** (encargado del mantenimiento de la gaveta) procederá a ejecutar la desconexión y extracción del relé de protección, siendo este llevado al Laboratorio de protecciones donde se le ejecutaran las pruebas de mantenimiento, al ingresar al establecimiento se debe de cumplir con los siguientes requisitos:

7.1.1.1 Informar al personal de turno encargado del Laboratorio de Protecciones de su ingreso.

7.1.1.2 Ubicar el libro de registro de ingresos y rellenar las casillas correspondientes a, TAG del equipo, modelo, fecha de ingreso, ubicación de la subestación de origen, tipo de mantenimiento y firma de ingreso.

7.1.1.3 Depositar el relé en el lugar establecido como *Equipos Entrantes* para la recepción del mismo.

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 8 de 32	

7.1.1.4 Retirar los relés certificados en la zona de *Equipos Salientes* informando al personal del Laboratorio de Protecciones del mismo y acotándolo en el libro de registro con su respectiva firma.

Ubicación del registro del relé:

7.1.2 Es tarea del **personal técnico** del Laboratorio de Protecciones ubicar en el sistema de archivos, la carpeta del historial de pruebas del relé ingresado y la información referente al mismo que se requiera para la ejecución de la prueba:

7.1.2.1 Ubicar la carpeta de registro del relé en el sistema de archivos mediante el rastreo del TAG y la ubicación de su subestación de origen.

7.1.2.2 Revisar el historial en busca de las características de las antiguas pruebas.

7.1.2.3 Certificar que el ajuste que trae el relé concuerde con el ajuste asignado en el registro.

Ejecución de las pruebas.

7.1.2.4 Inspeccionar visualmente la estructura del relé en busca de golpes y averías en el chasis, botón de reseteo y botonera de ajustes. Cualquier anomalía debe ser reportada al Coordinador del Laboratorio de Protecciones.

7.1.2.5 Conectar el relé al F6150 según el diagrama de conexión mostrado a continuación:



**EJECUCION DE PRUEBAS DE
MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500
SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES
IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA
REFINERÍA EL PALITO (REP)**

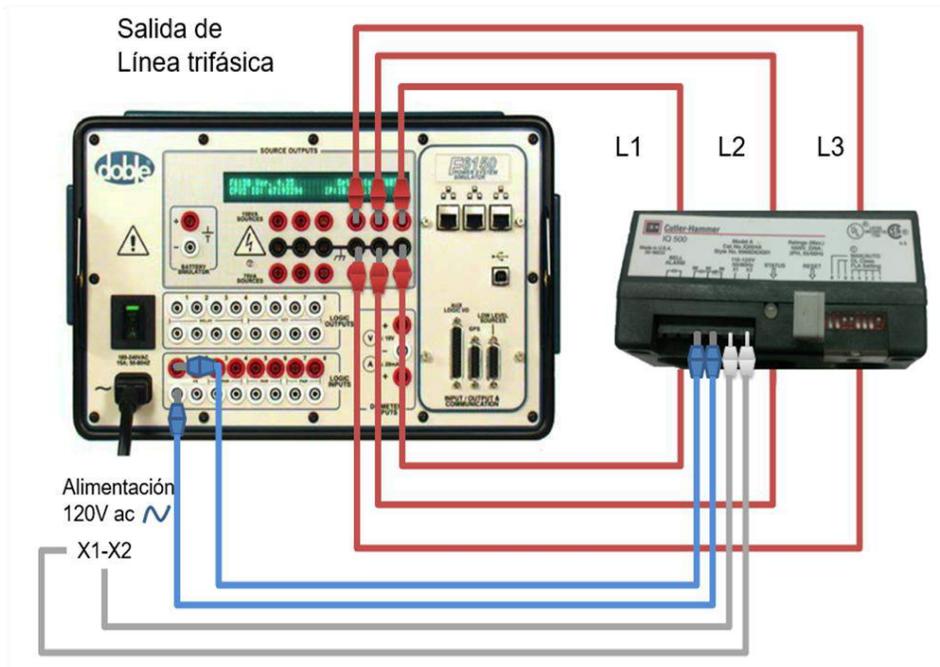
CODIGO

REVISIÓN

FECHA

Página

9 de 32



7.1.2.6 Ajustar el relé en el modo de pruebas según la siguiente tabla de ajustes:

Switch 1:

IQ-500L

8	7	6	5	4	3	2	1
1	0	1	1	0	0	1	1

IQ-502 e IQ-504

8	7	6	5	4	3	2	1
1	0	1	0	0	0	0	0

Switch 2:

IQ-500L, IQ-502 e IQ-504

8	7	6	5	4	3	2	1
0	0	1	0	0	0	0	1

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 10 de 32	

7.1.2.7 Encender el Inyector F6150 y conectarlo al computador mediante el cable de comunicación USB.

7.1.2.8 Ubicar el computador destinado para las pruebas e ingresar en el software F6Test y seleccionar la base de datos referenciada para la Refinería “El Palito” (REP Actualización 2017).

7.1.2.9 Buscar en la base de datos mediante la ubicación el TAG de registro del relé. De no conseguirlo proseguir a ingresar el mismo, de lo contrario seguir con el apartado 7.1.2.12

7.1.2.10 Para ingresar un relé dirigirse a la carpeta de relés creados, seleccionar el modelo de la serie IQ-500, copiar este y pegarlo en el destino correspondiente.

7.1.2.11 Modificar los datos correspondientes al Nombre (TAG) y serial.

7.1.2.12 Ubicar en la carpeta del relé el plan de pruebas *Preventivo Detección de pickups*, para la detección del mismo en las funciones de falla a tierra y desbalance.

NOTA: Se sugiere desactivar la función de falla a tierra al ejecutar pruebas de desbalance y viceversa al presentar el relé falsos disparos.

7.1.2.13 Ejecutar la prueba por individual seleccionando cada casilla y apretando el botón de Play en la barra de herramientas superior.

NOTA: Queda por parte del personal técnico que realiza la prueba el reseteo del relé una vez este actúe por consecuencia de la prueba ejecutada.

7.1.2.14 Registrar el valor de los Pickup arrojados por la prueba en el formato respectivo, ingresando en las mismas, seleccionando la pestaña de *Informe* y hacer click en *vista preliminar*.

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 11 de 32	

7.1.2.15 Una vez realizadas las pruebas de *Preventivo Detección de pickups* dirigirse a la carpeta *Preventivo Tiempo de Respuesta*.

7.1.2.16 Ingresar en la prueba *Sobrecarga 150% y 200%*, ubicarse en la pestaña de prueba y seleccionar la casilla de *Tipo de falla ABC*, luego, guardar y salir.

NOTA: Al copiar el relé desde otro destino esta casilla se desmarca.

7.1.2.17 Ejecutar la prueba de *Sobrecarga 150% y 200%* seleccionando la casilla de la misma y hacer click en ejecutar.

7.1.2.18 Esperar el tiempo determinado de la prueba acotando que se realizarán 2 inyecciones en periodos de aproximadamente 10 min.

NOTA: El técnico encargado de la prueba debe estar atento de resetear el relé una vez realizada cada inyección, de no ser así la prueba será fallida y deberá ser realizada nuevamente.

7.1.2.19 Registrar el valor de los tiempos de respuesta arrojados por la prueba en el formato respectivo, ingresando a la misma, seleccionando la pestaña de *Informe* y hacer click en *vista preliminar*.

7.1.2.20 Ingresar en la prueba *Desbalance de Fases %* de acuerdo al valor del pickup arrojado en la prueba de *Detección de pickup* previamente realizada, ingresar en la pestaña de prueba y seleccionar la casilla de *Tipo de falla AN*, guardar y salir.

NOTA: Al copiar el relé desde otro destino esta casilla se desmarca.

7.1.2.21 Realizar la prueba de *Desbalance de Fases %* seleccionando la casilla de la misma y hacer click en ejecutar en la barra de herramientas superior.

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 12 de 32	

NOTA: Se sugiere desactivar la función de falla a tierra al ejecutar pruebas de desbalance y viceversa por presentarse falsos disparos.

NOTA: Queda por parte del personal técnico que realiza la prueba, el reseteo del relé una vez este actúe por consecuencia de la prueba ejecutada.

7.1.2.22 Registrar el valor de los tiempos de respuesta arrojados por la prueba en el formato respectivo, ingresando a la misma, seleccionando la pestaña de *Informe* y hacer click en *vista preliminar*.

7.1.2.23 Ingresar en la prueba *Falla a Tierra* de acuerdo al valor del pickup arrojado en la prueba de *Detección de pickup* previamente realizada, ingresar en la pestaña de prueba y seleccionar la casilla de *Tipo de falla AN, BN y CN*, guardar y salir.

NOTA: Al copiar el relé desde otro destino esta casilla se desmarca.

7.1.2.24 Realizar la prueba de *Falla a Tierra* seleccionando la casilla de la misma y hacer click en ejecutar en la barra de herramientas superior.

NOTA: Se sugiere desactivar la función de falla a tierra al ejecutar pruebas de desbalance y viceversa por presentarse falsos disparos.

NOTA: Queda por parte del personal técnico que realiza la prueba, el reseteo del relé una vez este actué por consecuencia de la prueba ejecutada, la prueba constará de tres inyecciones por pickup.

7.1.2.25 Registrar el valor de los tiempos de respuesta arrojados por la prueba en el formato respectivo, ingresando a la misma, seleccionando la pestaña de *Informe* y hacer click en *vista preliminar*.

7.1.2.26 Una vez realizadas las pruebas y anotado sus resultados se procede apagar el inyector y desmontar el relé conectado al mismo.

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 13 de 32	

NOTA: Cada prueba realizada a un relé generará automáticamente una *Definición de Prueba* que almacenará toda la información de la misma.

7.1.2.27 El **Personal Técnico** encargado de la prueba debe hacer llegar dichos resultados al **Coordinador** del Laboratorio de Protecciones para su posterior análisis.

7.1.2.28 De ser satisfactorio los resultados se procederá reestablecer el ajuste del relé de acuerdo al registro de la carpeta y re-etiquetar el relé colocando la fecha de la prueba y su condición de aprobado, de lo contrario, se reemplazará el mismo.

7.1.2.29 El relé se ubicará en la zona de *Equipos Salientes* para luego ser retirado por el **Electricista del Área**.

7.1.2 Es tarea del **Coordinador** del Laboratorio de Protecciones interpretar los resultados obtenidos de la prueba realizada y concluir sobre esta llenando el formato del protocolo destinado para este.

7.1.2.1 Velar por la correcta ejecución de la prueba y ejecutar acciones de apoyo en caso de anomalías en la misma.

7.1.2.2 Velar por la correcta ejecución del procedimiento de pruebas y las funciones de cada personal involucrado en el mismo.

7.2 Procedimiento MP3000:

7.2.1 Es tarea del **personal técnico** del Laboratorio de Protecciones el montaje y desmontaje de los relés MP-3000 de la subestación de origen debido al conocimiento técnico requerido.

7.2.1.1 Ingresar el relé en el Laboratorio de Protecciones y depositarlo en el lugar establecido para este como *Equipos Entrantes*.

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 14 de 32	

7.2.1.2 Ubicar el libro de registro de ingresos y rellenar las casillas correspondientes a, TAG del equipo, modelo, fecha de ingreso, ubicación de la subestación de origen, tipo de mantenimiento y firma.

7.2.1.3 Ubicar la carpeta de registro del relé en el sistema de archivos mediante el rastreo del TAG y la ubicación de su subestación de origen.

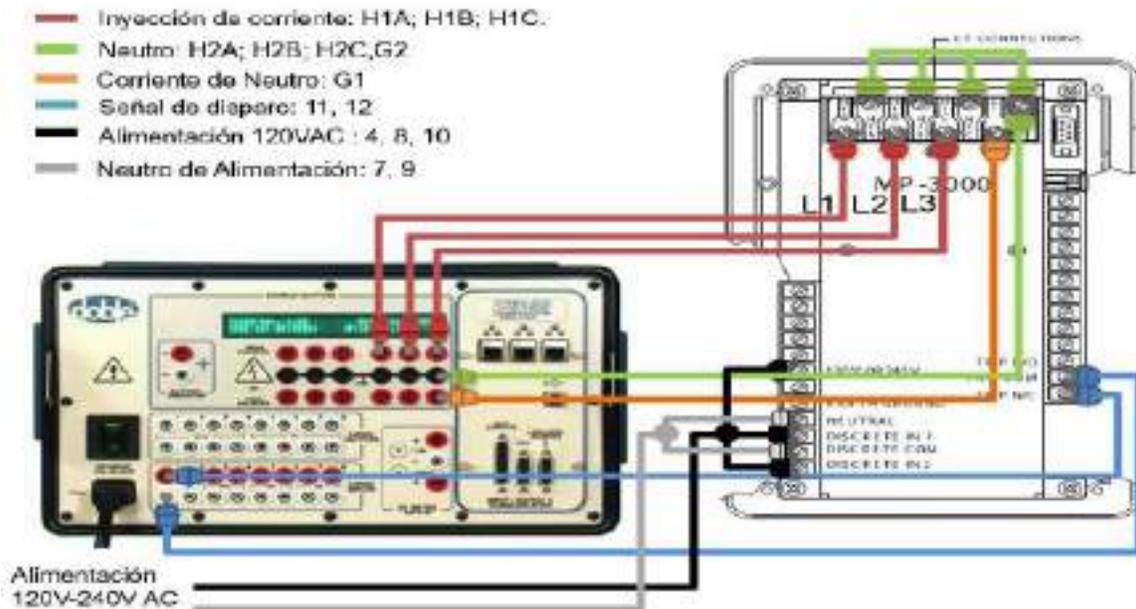
7.2.1.4 Revisar el historial en busca de las características de las antiguas pruebas.

7.2.1.5 Certificar que el ajuste que trae el relé concuerde con el ajuste asignado en el registro.

Ejecución de las pruebas.

7.2.1.6 Inspeccionar visualmente la estructura del relé en busca de golpes y averías en el chasis, botonera y bornes. Cualquier anomalía debe ser reportada al Coordinador del Laboratorio de Protecciones.

7.2.1.7 Conectar el relé al F6150 según el diagrama de conexión mostrado a continuación:



7.2.1.8 Ajustar el relé en el modo de pruebas según la siguiente tabla de ajustes:

Tabla de Ajustes para las pruebas del MP 3000

Sub menú: SP MOTOR

FLA	Corriente a plena carga (A)	80
LRC	Corriente de rotor bloqueado % In	300
LRT	Tiempo de rotor bloqueado (s)	20
UTC	Minima corriente de disparo % In	100
PCT	Primario de TC de fases.	200
GCT	Primario de TC de falla a tierra	50

Sub menú: SP START

T/ST	Tiempo entre arranques	OFF
TBS	Numero mínimos de arranques sucesivos	OFF

Sub menú: SP TRIP

GFT	%TC primario de falla a tierra	10
GFSD	Retardo de detección de falla a tierra (Ciclos)	10
GFRD	Retardo del disparo (Ciclos)	5
IOC	Sobrecorriente instantánea	600
IOCS	Retardo de IOC (Ciclos)	5
JMT	Ajuste del Jam Sin	200
JMSD	Retardo de detección del jam (s)	20
JMTR	Retardo de disparo del jam (s)	5
ULT	Sub Carga %In	40
ULTR	Retardo de detección de la sub carga (s)	5
ULTR	Retardo de disparo de la sub carga (s)	10
UBT	Porcentaje de desbalance I2/I*100	10
UBSD	Retardo de detección del Desbalance (%)	10
UBTR	Retardo de disparo de la sub carga (s)	5

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 16 de 32	

7.2.1.9 Encender el Inyector F6150 y conectarlo al computador mediante el cable de comunicación USB.

7.2.1.10 Ubicar en el computador destinado para las pruebas e ingresar en el software F6Test y seleccionar la base de datos referenciada para la Refinería “El Palito” (REP Actualización 2017).

7.2.1.11 Buscar en la base de datos mediante la ubicación el TAG de registro del relé. De no conseguirlo proseguir a ingresar el mismo, de lo contrario dirigirse al apartado 7.2.1.14.

7.2.1.12 Para ingresar un relé dirigirse a la carpeta de relés creados, seleccionar el MP-3000, copiar este y pegarlo en el destino correspondiente.

7.2.1.13 Modificar los datos correspondientes al Nombre (TAG) y serial.

7.2.1.14 Ubicar en la carpeta del relé el plan de pruebas *Preventivo Detección de pickups*.

7.2.1.15 Ejecutar cada prueba por individual seleccionando una casilla y apretando el botón de ejecutar en la barra de herramientas superior.

NOTA: Queda por parte del personal técnico que realiza la prueba, el reseteo del relé una vez éste actúe por consecuencia de la prueba ejecutada.

7.2.1.16 Registrar el valor de los Pickup arrojados en la prueba en el formato respectivo, ingresando en cada prueba, seleccionando la pestaña de *Informe* y hacer click en *vista preliminar*.

7.2.1.17 Una vez realizadas las pruebas dirigirse a la carpeta *Preventivo Tiempo de Respuesta*.

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 17 de 32	

7.2.1.18 Ubicar la prueba de *Sobrecorrientes*, ingresar en la pestaña de prueba y seleccionar la casilla de *Tipo de falla ABC*, guardar y salir.

NOTA: Al copiar el relé desde otro destino esta casilla se desmarca.

7.2.1.19 Realizar la prueba de *Sobrecorrientes* seleccionando la casilla de la misma y hacer click en ejecutar.

7.2.1.20 Esperar el tiempo determinado de la prueba, acotando que se realizarán 6 inyecciones en periodos de aproximadamente 3 min.

NOTA: El técnico encargado de la prueba debe estar atento de resetear el relé una vez realizada cada inyección, de no ser así la prueba será fallida y deberá ser ejecutada nuevamente.

7.2.1.21 Registrar el valor de los tiempos de respuesta arrojados en la prueba en el formato respectivo, ingresando a la misma, seleccionando la pestaña de *Informe* y hacer click en *vista preliminar*.

7.2.1.22 Realizar el mismo procedimiento para la prueba de IOC.

7.2.1.23 En la prueba de *Falla a Tierra* ingresar en la pestaña de prueba y seleccionar la casilla de *Tipo de falla 3I0*, también ubicar en la pestaña de *Configuración de prueba* y seleccionar la casilla de *Fuente distinta de entrada monofásica*, guardar y salir.

NOTA: Al copiar el relé desde otro destino esta casilla se desmarcará.

7.2.1.24 Realizar la prueba de *Falla a Tierra* seleccionando la casilla de la misma y hacer click en ejecutar en la barra de herramientas superior.

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 18 de 32	

NOTA: Queda por parte del personal técnico que realiza la prueba, el reseteo del relé una vez este actúe por consecuencia de la prueba ejecutada.

7.2.1.25 Registrar el valor de los tiempos de respuesta arrojados por la prueba en el formato respectivo, ingresando a la misma, seleccionando la pestaña de *Informe* y hacer click en *vista preliminar*.

7.2.1.26 Realizar la prueba de *Baja carga al 40%* seleccionando la casilla de la misma y hacer click en ejecutar en la barra de herramientas superior.

NOTA: Queda por parte del personal técnico que realiza la prueba, el reseteo del relé una vez este actúe por consecuencia de la prueba ejecutada.

7.2.1.27 Registrar el valor de los tiempos de respuesta arrojados por la prueba en el formato respectivo, ingresando a la misma, seleccionando la pestaña de *Informe* y hacer click en *vista preliminar*.

7.2.1.28 Realizar la prueba de *Desbalance I2/I1=10%* seleccionando la casilla de la misma y hacer click en ejecutar en la barra de herramientas superior.

NOTA: Queda por parte del personal técnico que realiza la prueba, el reseteo del relé una vez este actúe por consecuencia de la prueba ejecutada.

7.2.1.29 Registrar el valor de los tiempos de respuesta arrojados por la prueba en el formato respectivo, ingresando a la misma, seleccionando la pestaña de *Informe* y hacer click en *vista preliminar*.

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 19 de 32	

7.2.1.30 Una vez realizadas las pruebas y anotado sus resultados se procede apagar el inyector y desmontar el relé conectado al mismo.

NOTA: Cada prueba realizada a un relé generará automáticamente una *Definición de Prueba* que almacenará toda la información de la misma.

7.2.1.31 El **Personal Técnico** encargado de la prueba debe hacer llegar dichos resultados al **Coordinador** del Laboratorio de Protecciones para su posterior análisis.

7.2.1.32 De ser satisfactorio los resultados se procederá reestablecer el ajuste del relé de acuerdo al registro en la carpeta y re-etiquetarlo colocando la fecha de la prueba y su condición de aprobado, de lo contrario, se reemplazará el mismo.

7.2.1.33 El relé se ubicará en la zona de *Equipos Salientes* para posteriormente coordinar una cuadrilla para el montaje del mismo

7.2.2.1 Es tarea del **Coordinador** del Laboratorio de Protecciones interpretar los resultados obtenidos de la prueba realizada y concluir sobre ésta llenando el formato destinado para el mismo

7.2.2.2 Velar por la correcta ejecución de la prueba y ejecutar acciones de apoyo en caso de anomalías en la misma.

7.2.2.3 Velar por la correcta ejecución del procedimiento de pruebas y funciones de cada personal involucrado en el mismo.

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 20 de 32	

7.3 Procedimiento VAMP 200 Series:

7.3.1. Es tarea del **personal técnico** del Laboratorio de Protecciones el montaje y desmontaje de los relés VAMP 200 series de la subestación de origen debido al conocimiento técnico requerido.

7.3.1.2 Ingresar el relé en el Laboratorio de Protecciones y depositarlo en el lugar establecido para este como *Equipos Entrantes*.

7.3.1.3 Ubicar el libro de registro de ingresos y rellenar las casillas correspondientes a, TAG del equipo, modelo, fecha de ingreso, ubicación de la subestación de origen, tipo de mantenimiento y firma.

7.3.1.4 Ubicar la carpeta de registro del relé en el sistema de archivos mediante el rastreo del TAG y la ubicación de su subestación de origen.

7.3.1.5 Revisar el historial en busca de las características de las antiguas pruebas.

7.3.1.6 Conectar El VAMP mediante el cable de comunicaciones a el computador dispuesto para este y acceder a sus ajustes a través del software VAMP SET versión 2.2.177.

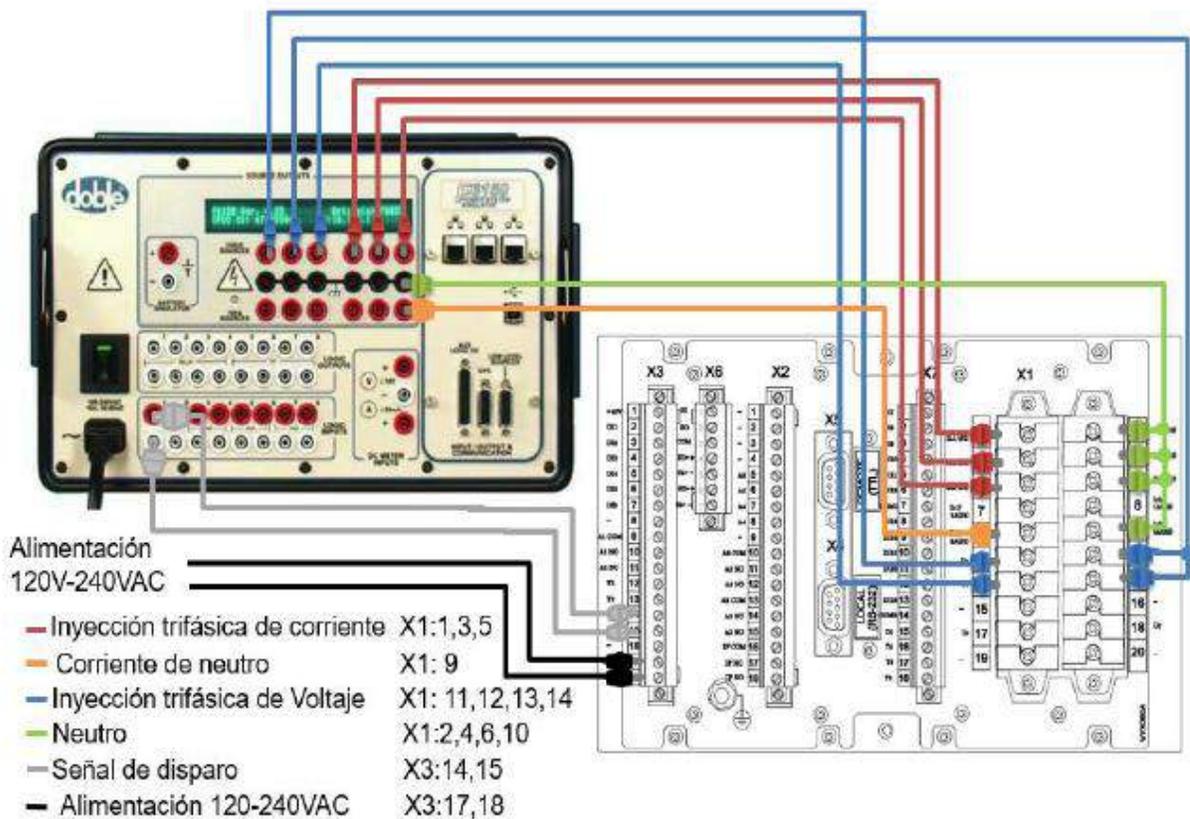
7.3.1.7 Certificar que los ajustes que trae el relé concuerden con el ajuste asignado en el registro.

Ejecución de las pruebas.

7.3.1.8 Inspeccionar visualmente la estructura del relé en busca de golpes y averías en el chasis, botonera y bornes. Cualquier

anomalía debe ser reportada al **Coordinador** del Laboratorio de Protecciones.

7.3.1.9 Conectar el relé al F6150 según el diagrama de conexión mostrado a continuación:



7.3.1.10 Ajustar el relé en el modo de pruebas según la siguiente tabla de ajustes:

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 22 de 32	

Tabla de ajustes multifuncionales para la prueba de los VAMP 200 series:

SCALING			OVERCURRENT STAGE		
CT Primary	600 (A)		Función de protección (50/51)	Pickup	Tiempo de operación (s)
CT Secondary	5 (A)		I>	1.3 x In	IEC-NI
VT Primary	13.800 (V)		I>>	2.5 x In	0.6
VT Secondary	120 (V)		I>>>	5 x In	0.1
Io2 CT Primary	50 (A)				
Io2 CT Secondary	5 (A)				
UNBALANCE STAGE			EARTH-FAULT STAGE		
Función de protección (49)	Pickup	Tiempo de operación (s)	Función de protección (50N/51N)	Pickup Io2 salida de 5 (A)	Tiempo de operación (s)
I2>	10%	5	Io2>	1xIo2	IEC-01
I2>>	80%	0.1	Io2>>	4xIo2	0.08
UNDERVOLTAGE STAGE					
Función de protección (27)	Pickup Io2 salida de 5 (A)	Tiempo de operación (s)			
U<	90%	3			
U<<	70%	0.05			

7.3.1.11 Encender el Inyector F6150 y conectarlo al computador mediante el cable de comunicación USB.

7.3.1.12 Ingresar en el computador destinado para las pruebas, acceder al software F6Test y seleccionar la base de datos referenciada para la Refinería “El Palito” (REP Actualización 2017).

7.3.1.13 Buscar en la base de datos la ubicación y el TAG de registro del relé. De no conseguirlo proseguir a ingresar el mismo, de lo contrario dirigirse al apartado 7.3.1.16.

7.3.1.14 Para ingresar un relé dirigirse a la carpeta de relés creados, seleccionar el VAMP 200, copiar este y pegarlo en el destino correspondiente.

7.3.1.15 Modificar los datos correspondientes al Nombre (TAG) y serial.

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 23 de 32	

7.3.1.16 Ubicar en el software F6Test el plan de pruebas *Preventivo Detección de pickups*.

7.3.1.17 Ejecutar cada prueba por individual seleccionando una casilla y apretando el botón de ejecutar en la barra de herramientas superior.

NOTA: Queda por parte del personal técnico que realiza la prueba el reseteo del relé una vez este actúe por consecuencia de la prueba ejecutada.

7.3.1.18 Registrar el valor de los Pickup arrojados en las pruebas en el formato respectivo, ingresando en cada una, seleccionando la pestaña de *Informe* y hacer click en *vista preliminar*.

7.3.1.19 Una vez realizadas las pruebas dirigirse a la carpeta *Preventivo Tiempo de Respuesta*.

7.3.1.20 Ingresar en la prueba *Sobrecorrientes*, ubicar la pestaña de prueba y seleccionar la casilla de *Tipo de falla ABC y 3I0*, también ingresar en la pestaña de *Configuración de prueba* y seleccionar la casilla de *Fuente distinta de entrada monofásica*, guardar y salir.

NOTA: Al copiar el relé desde otro destino esta casilla se desmarca.

7.3.1.21 Realizar la prueba de *Sobrecorrientes* seleccionando la casilla de la misma y hacer click en ejecutar.

7.3.1.22 Esperar el tiempo determinado de la prueba, acotando que se realizarán 9 inyecciones en periodos de aproximadamente 1 min, comprendido este por cinco puntos de sobrecorriente y cuatro puntos de falla a tierra, cubriendo secciones importantes de las curvas características de ambas funciones.

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 24 de 32	

NOTA: El técnico encargado de la prueba debe estar atento de resetear el relé una vez realizada cada inyección, de no ser así la prueba será fallida y deberá ser ejecutada nuevamente.

7.3.1.23 Registrar el valor de los Pickup arrojados en las pruebas en el formato respectivo, ingresando en cada una, seleccionando la pestaña de *Informe* y hacer click en *vista preliminar*.

7.3.1.24 Realizar la prueba de *Desbalance al 10%* seleccionando la casilla de la misma y hacer click en ejecutar en la barra de herramientas superior.

NOTA: Queda por parte del personal técnico que realiza la prueba el reseteo del relé una vez este actué por consecuencia de la prueba ejecutada.

7.3.1.25 Registrar el valor de los Pickup arrojados en las pruebas en el formato respectivo, ingresando en cada una, seleccionando la pestaña de *Informe* y hacer click en *vista preliminar*.

7.3.1.26 Realizar la prueba de *Desbalance al 80%* seleccionando la casilla de la misma y hacer click en ejecutar en la barra de herramientas superior.

NOTA: Queda por parte del personal técnico que realiza la prueba el reseteo del relé una vez este actué por consecuencia de la prueba ejecutada.

7.3.1.27 Registrar el valor de los Pickup arrojados en las pruebas en el formato respectivo, ingresando en cada una, seleccionando la pestaña de *Informe* y hacer click en *vista preliminar*.

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 25 de 32	

7.3.1.29 Realizar la prueba de *Bajo Voltaje* seleccionando la casilla de la misma y hacer click en ejecutar en la barra de herramientas superior.

NOTA: Queda por parte del personal técnico que realiza la prueba el reseteo del relé una vez este actué por consecuencia de la prueba ejecutada.

7.3.1.30 Registrar el valor de los Pickup arrojados en las pruebas en el formato respectivo, ingresando en cada una, seleccionando la pestaña de *Informe* y hacer click en *vista preliminar*.

7.3.1.31 Una vez realizadas las pruebas y anotado sus resultados se procede apagar el inyector y desmontar el relé conectado al mismo.

NOTA: Cada prueba realizada a un relé generará automáticamente una *Definición de Prueba* que almacenara toda la información de la misma.

7.3.1.32 El **Personal Técnico** encargado de la prueba debe hacer llegar dichos resultados al **Coordinador** del Laboratorio de Protecciones para su posterior análisis.

7.3.1.33 De ser satisfactorio los resultados se procederá reestablecer el ajuste del relé de acuerdo su registro en la carpeta y re-etiquetarlo colocando la fecha de la prueba y su condición de aprobado, de lo contrario se remplazará el mismo.

7.3.1.34 El relé se ubicará en la zona de *Equipos Salientes* para posteriormente coordinar una cuadrilla para el montaje del mismo

7.3.2.1 Es tarea del **Coordinador** del Laboratorio de Protecciones interpretar los resultados obtenidos de la prueba realizada y concluir sobre esta llenando el formato destinado para este.

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 26 de 32	

7.3.2.2 Velar por la correcta ejecución de la prueba y ejecutar acciones de apoyo en caso de anomalías en la misma.

7.3.2.3 Velar por la correcta ejecución del procedimiento de pruebas y funciones de cada personal involucrado en el mismo.

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 27 de 32	

8. ANEXOS



Refinería El Palito
Gerencia de Mantenimiento / Superintendencia de Electricidad / Laboratorio de Protecciones Electricas

DATOS DEL ARRANCADOR																	
CODIGO:				AREA:				UBICACIÓN:				C.C.M.:					
POTENCIA:				IN:				VN:				F.S.:					
CUBICULO:																	
EQUIPO	MARCA	TIPO / MODELO	STYLE / CAT.	TAMAÑO	CORRIENTE												
BREAKER																	
CONTACTOR																	
PROTECCION																	
AJUSTES DE LAS PROTECCIONES																	
SETTING 1	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	SETTING 2	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1
AJUSTE									AJUSTE								
RELE RANGO:				CLASE:				DESBALANCE:				FALLA TIERRA:					
BREAKER:				MOTOR FLA:				INSTANTANEO:									
VALORES TEORICOS DE OPERACION																	
		BREAKER		SOBRECORRIENTE		DESBALANCE		FALLA A TIERRA									
CORRIENTE APLICADA				150%		200%											
TIEMPO DE OPERACION																	

Equipo de prueba para Relé			
Marca:	Modelo:	Serial:	Software

Resultados de la prueba

Prueba de falla a tierra a: 5 (A) In: 0 (A)

Parámetros	Corriente (A)	Angulo (°)	Activación del Disparo (s)
I L1 - U%		0.00	Fase A:
I L2 - U%		240.00	Fase B:
I L3 - U%		120.00	Fase C:

Prueba de desbalance al: 20 % In: 12.4 (A)

Parámetros	Corriente (A)	Angulo (°)	Activación del Disparo (s)
I L1 - U%		0.00	
I L2 - U%		240.00	
I L3 - U%		120.00	

Prueba de sobrecarga a 150 %

Parámetros	Corriente (A)	Angulo (°)	Activación del Disparo (s)
I L1		0.00°	
I L2		240.00°	
I L3		120.00°	

Prueba de sobrecarga a 200 %

Parámetros	Corriente (A)	Angulo (°)	Activación del Disparo (s)
I L1		0.00°	
I L2		240.00°	
I L3		120.00°	



**EJECUCION DE PRUEBAS DE
MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500
SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES
IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA
REFINERÍA EL PALITO (REP)**

CODIGO

REVISIÓN

FECHA

Página

28 de 32



Refinería El Palito

Gerencia de Mantenimiento / Superintendencia de Electricidad / Laboratorio de Protecciones Electricas

DATOS DEL ARRANCADOR				
CODIGO:	AREA:	UBICACIÓN:	C.C.M:	
POTENCIA:	IN:	VN:	F.S.:	CUBICULO:

Equipo de prueba para Interruptor			
Marca:	Modelo:	Serial:	Fecha:

Prueba al Breaker: Ajuste de prueba TRIP letra " ___ " = ___ Amp tiempo: Instantáneo

Modo de entrada en tabla	Parámetros		
Directo	Fase	Corriente	Tiempo
	IL1		
	IL2		
	IL3		

LOS AJUSTES PARA LAS PRUEBAS SE REALIZAN SEGUN EL PROCEDIMIENTO REP-GM-ELEC-MR-P-XXX

OBSERVACIONES:

* Las pruebas fueron realizadas con corriente de ajuste de disparo del relé, ___ Amp con los Setting 1: ____, Setting 2: ____, para un factor de servicio de ____, Según el modelo: ____, arrojando estas pruebas los resultados _____.

* Se dejaron los ajustes según la planilla de registro.

Setting 1: ____, Rango ___ Amp, Clase _____.

Setting 2: ____, 60Hz, Falla a Tierra ___ Amp a ___ Seg, Desbalance: ___ %.

* Se realizo prueba al breaker con ajuste del Trip en ___ Amp, con resultados _____.

Probado por	Aprobado por	O.D.T	Motivo de la prueba
_____	_____		



**EJECUCION DE PRUEBAS DE
MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500
SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES
IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA
REFINERÍA EL PALITO (REP)**

CODIGO

REVISIÓN

FECHA

Página

29 de 32



Refinería El Palito

Gerencia de Mantenimiento / Superintendencia de Electricidad / Laboratorio de Protecciones Electricas

DATOS DEL ARRANCADOR								
CODIGO:		AREA:		UBICACIÓN:			C.C.M:	
POTENCIA:		IN:	VN:	F.S.:	CUBICULO:			
CARACTERISTICA DE OPERACIÓN RELE MP3000								
MENU SP MOTOR:								
FLA:	LRC:	LRT:	UTC:	PCT:	GCT:			
MENU SP TRIP								
GFT:	GFSD:	GFRD:	IOC:	IOCSD:	JMT:	JMSD:		
JMTR:	ULT:	ULTSD:	ULTR:	UBT:	UBSD:	UBTR:		
VALORES TEÓRICOS DE OPERACIÓN								
Sobrecorriente						Subcarga		
Corriente(A)	Tiempo (s)	Tolerancia	Corriente(A)	Tiempo (s)	Tolerancia	40%	15 (s)	5%
2.5	53.33	2.5%	6	20	5%	Desbalance		
3.6	37.07	2.5%	7			10%	15 (s)	5%
4	25	5%	18	0.083	2.5 cy	Falla a tierra		
5			19			10%	0.25 (s)	2.5 cy

Equipo de prueba para Relé			
Marca:	Modelo:	Serial:	Fecha:

Resultados de la prueba Relé MP3000.

Prueba Sobrecorrientes:

Etapa de Protección	Puntos de prueba	Corriente (A)
Sobrecarga	125%	2.5
	180%	3.6
Jam	200%	4
	250%	5
Rotor Bloqueado	300%	6
	350%	7
Sobrecorriente Instantánea	900%	18
	950%	19

Activación del Disparo (s)

Prueba de Desbalance: 10 %

Etapa de Protección	Parámetros	Corriente (A)	Angulo
I2/I1=10%	IL1	2	0.00°
	IL2	2.227	-111.05°
	IL3	2.4	120.00°

Activación del Disparo (s)

Prueba de subcarga al 40 %

Modo de entrada en tabla	Parámetros	Corriente (A)	Angulo
Subcarga	IL1	0.8	0.00°
	IL2	0.8	240.00°
	IL3	0.8	120.00°

Activación del Disparo (s)

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 30 de 32	



Refinería El Palito
Gerencia de Mantenimiento / Superintendencia de Electricidad / Laboratorio de Protecciones Electricas

DATOS DEL ARRANCADOR				
CODIGO:	AREA:	UBICACIÓN:	C.C.M:	
POTENCIA:	IN:	VN:	F.S.:	CUBICULO:

Falla a Tierra 10 %

Modo de entrada en tabla	Parámetros	Corriente (A)	Activación del Disparo (s)
Sensor de neutro	310	0.5	

OBSERVACIONES:

Probado por	Aprobado por	O.D.T	Motivo de la prueba



**EJECUCION DE PRUEBAS DE
MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500
SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES
IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA
REFINERÍA EL PALITO (REP)**

CODIGO

REVISIÓN

FECHA

Página

31 de 32



Refinería El Palito

Gerencia de Mantenimiento / Superintendencia de Electricidad / Laboratorio de Protecciones Electricas

DATOS DEL ARRANCADOR					
CODIGO:	AREA:	UBICACIÓN:	C.C.M:		
MODELO:	IN:	VN:	F.S.:	CUBICULO:	
CARACTERISTICA DE OPERACIÓN MODO DE PRUEBA RELE VAMP					
SCALING					
CTPrimary:	CT Secondary:	VTPrimary:	VTSecondary:	I02CTPrimary:	I02 CT Secondary:
600 V	5 V	13800 V	120 V	50 A	5 A
OVERCURRENT STAGE			UNBALANCE STAGE		
Etapa de protección	Pickup (A)	Tiempo de operación(s)	Etapa de protección	Pickup (A)	Tiempo de operación (s)
I>	6.5	IEC-NI	I2>	10%	5
I>>	12.5	0.6	I2>>	80%	0.1
I>>>	25	0.1			
EARTH FAULT STAGE			UNDER VOLTAGE STAGE		
Etapa de protección	Pickup (A)	Tiempo de operación(s)	Etapa de protección	Pickup (A)	Tiempo de operación (s)
I02>	5	IEC-LTI	V<	90%	3
I02>>	20	0.08	V<<	70%	0.06

Equipo de prueba para Relé			
Marca:	Modelo:	Serial:	Fecha:

Resultados de la prueba Relé MP3000.

Prueba Sobrecorrientes:

Etapa de Protección	Puntos de prueba	Corriente (A)	Activación del Disparo (s)
I>	150%	7.5	
	200%	10	
I>>	250%	12.5	
	300%	15	
I>>>	500%	25	

Prueba de Desbalance de Fases.

Etapa de Protección	Parámetros	Corriente (A)	Angulo	Activación del Disparo (s)
I2/I1=10%	IL1	5	0.00°	
	IL2	5.5675	-111.05°	
	IL3	6	120.00°	
Etapa de Protección	Parámetros	Corriente (A)	Angulo	Activación del Disparo (s)
I2/I1=80%	IL1	5	0.00°	
	IL2	4.7695	-174.79°	
	IL3	0.1	120.00°	

Prueba de bajo Voltaje.

Etapa de Protección	Punto de prueba	Voltaje (V)	Activación del disparo (s)
V<	90%	0.8	
V<<	70%	0.8	

	EJECUCION DE PRUEBAS DE MANTENIMIENTO A LOS RELÉS IQ-500 SERIES, MP-3000 Y VAMP 200 SERIES IMPLEMENTANDO EL DOBLE F6150 DE LA REFINERÍA EL PALITO (REP)	CODIGO	
		REVISIÓN	FECHA
		Página 32 de 32	



Refinería El Palito

Gerencia de Mantenimiento / Superintendencia de Electricidad / Laboratorio de Protecciones Eléctricas

DATOS DEL ARRANCADOR				
CODIGO:	AREA:	UBICACIÓN:		C.C.M:
MODELO:	IN:	VN:	F.S.:	CUBICULO:

Falla a Tierra 10 %

Modo de entrada en tabla	Parámetros	Corriente (A)	Activación del Disparo (s)
I02>	1.5xI02	7.5	
	2xI02	10	
I02>>	4xI02	20	
	5xI02	25	

OBSERVACIONES:

Probado por	Aprobado por	O.D.T	Motivo de la prueba