



# **UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**

**PROYECTO TEÓRICO-PRACTICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE:**

**INGENIERO ELÉCTRICO**

**Tema:**

**MODELACIÓN DEL RELÉ DE PROTECCIÓN ABB PCD 2000, PARA SISTEMAS  
DE DISTRIBUCIÓN**

**Autores:**

Macías Tello Ángelo Ruisdael

Zambrano Delgado Ramón Teobaldo

**Facultad de Ingeniería**

**Carrera de Ingeniería Eléctrica**

MANTA – MANABÍ – ECUADOR

2017

## **Certificación del Tutor**

Ingeniero Gary León, docente de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, en calidad de Tutor del Trabajo de Titulación.

### **CERTIFICO:**

Que el presente Trabajo de Titulación denominado “**Modelación Del Relé De Protección Abb PCD-2000, Para Sistemas De Distribución**”, ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo, se encuentra listo para su presentación y apto para su defensa.

Las opiniones y conceptos vertidos en este trabajo de titulación son fruto del trabajo y perseverancia de sus autores: Macías Tello Ángelo Ruisdael, Zambrano Delgado Ramón Teobaldo, siendo de su exclusiva responsabilidad.

Manta, 20 de Marzo de 2017

Ing. Gary León V.

**Director de tesis**

## **Aprobación del trabajo**

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema:  
**“Modelación Del Relé De Protección ABB PCD-2000, Para Sistemas De Distribución”**  
elaborado por los egresados: Macías Tello Ángelo Ruisdael, Zambrano Delgado Ramón  
Teobaldo, de la Facultad de Ingeniería Eléctrica.

Manta, 20 de Marzo de 2017

Ing. Darío Páez Cornejo

**Decano**

Ing. Gary León V

**Tutor de tesis**

**Miembro del tribunal**

**Miembro del tribunal**

**Secretaría**

## DEDICATORIA

Macías Tello Angelo.

Este trabajo de grado es dedicado a mi familia, y a todos los que me han ayudado de una u otra forma en el transcurso de mi carrera, ya que gracias a muchas personas que me han brindado su apoyo, he podido salir adelante aun en los momentos más difíciles. Mi gratitud eterna a: mis padres, mi familia y mis maestros, y es por esa razón que dedico a todos ellos este esfuerzo investigativo.

## DEDICATORIA

Zambrano Delgado Ramón.

El presente trabajo lo dedico a Dios, a mi Familia, a mis Padres, los mismos que me supieron encaminar para que siga adelante en la vida y no darme por vencido, espero que algún día mis hijos Alexis, Johan también puedan complacerme de igual manera; ya que es muy grato saber que hay personas muy cercanas que se sacrifican cada día, para que se cumplan nuestras metas, es por eso que a mi esposa Yohana le hago saber que ha cumplido a cabalidad al ayudarme a alcanzar mi objetivo.

## AGRADECIMIENTO

Macías Tello Angelo.

Agradezco de todo corazón que la Facultad de Ingeniería me haya abierto sus puertas para poder estudiar y en el transcurso de los años verme crecer como un profesional, con mucha alegría tengo que decirlo que mis maestros me han sabido guiar por el camino correcto para culminar mis estudios. Ya que es la profesión a la que me dedico, me siento realizado profesionalmente.

## AGRADECIMIENTO

Zambrano Delgado Ramón.

Es bueno saber que en la vida mucha gente nos brinda su confianza y en las aulas el conocimiento que imparten los docentes es sumamente valioso ya que es el primer paso que damos para enfrentarnos a nuestra profesión que hemos escogido, sabiendo que tenemos la base podemos hacerlo con criterio propio; es mi gratitud para mi director de tesis, para los miembros del tribunal y todos los ingenieros que me han ayudado a realizar mi tesis.

## AUTORÍA

Declaramos que el presente trabajo de titulación es propio de nuestras ideas, pensamiento y demás conocimientos que hemos adquirido en nuestros estudios universitarios, y por trabajos realizados en el campo de la Ingeniería Eléctrica.

---

**Macías Tello Angelo**

---

**Zambrano Delgado Ramón**

## RESUMEN

Los sistemas eléctricos de potencia cada día son vulnerables a fallos, unos provocados por el hombre, como son: choques de vehículos, animales que hacen contactos con las estructuras de alta tensión, descargas atmosféricas, e incluso vandalismo, entre otros. Puesto que los sistemas eléctricos no están libres de fallas es necesario protegerlos contra fallas como son: fallas a tierra, fallas doble línea a tierra, fallas bifásicas, fallas trifásicas, fallas por roturas de conductor, fallas atmosféricas.

Es de mucha importancia entonces, diseñar un sistema de protección donde papel muy importante son los relés de protección, los mismos que pueden ser de tecnología electromecánicos (discontinuados) y los electrónicos o digitales, que tienen a más de las funciones de protección otras cualidades como son: la comunicación, el autodiagnóstico, módulos de registros de parámetros, y diagnóstico de fallas.

La presente investigación se complementa con el análisis de un relé electrónico de la familia ABB PCD 2000, ABB, el mismo que incorpora diferentes funciones de protección de actuación o disparos contra: sobre corriente, disparo instantáneo, bajo voltaje, sobre voltaje, baja frecuencia, relé direccional de corriente, etc. La simulación de fallas y la operación de relé contra las mismas se las ejecutó mediante la implementación de un modelo de cargas resistivas e inductivas, y reóstato para variar los parámetros eléctricos incorporando transductores como son los transformadores de corriente y transformadores de potencial, para obtener señales acorde a las funcionalidades del relé PCD-2000.

# ÍNDICE GENERAL

## Contenido

1	Generalidades.....	1
1.1	Introducción.....	1
1.2	Planteamiento Del Problema.....	2
1.3	Justificación.....	2
1.4	Alcance.....	3
1.5	Objetivos De La Investigación:.....	3
1.5.1	Objetivo General.....	3
1.5.2	Objetivos Específicos.....	3
2	Marco Teórico.....	4
2.1	Componentes De Un Sistema De Potencia.....	4
2.1.1	Generación.....	4
2.1.2	Sistema De Transmisión.....	4
2.1.3	Sistema De Distribución.....	5
2.2	Elementos Que Forman Un Sistema De Distribución.....	6
2.2.1	Transformador.....	6
2.2.2	Líneas De Transporte.....	11
2.2.3	Cables Subterráneos.....	12
2.2.4	El Interruptor De Potencia.....	12
2.2.5	Reconectores.....	15
2.2.6	Seccionalizador.....	16

2.2.7	Fusibles. ....	17
2.3	Criterios Básicos De Diseño. ....	21
2.3.1	Confiabilidad.....	21
2.3.2	Selectividad.....	21
2.3.3	Velocidad. ....	22
2.3.4	Sencillez.....	22
2.4	Unidades De Relé Básicas Para Redes De Distribución. ....	22
3	Protección De Sistemas De Distribución Mediante Uso De Relé Digital. ....	23
3.1	Protección Por Relevadores. ....	23
3.1.1	La Protección Principal.....	23
3.1.2	Protección De Respaldo.....	24
3.2	Clasificación De Relés. ....	24
3.3	Funcionamiento Y Aplicación De Las Funciones De Protección.....	25
3.4	Descripción De Los Diferentes Tipos De Relé De Protección. ....	25
3.4.1	Relé De Protección Por Sobrecorriente. ....	25
3.4.2	Relé De Frecuencia (81.) ....	26
3.4.3	Relé Diferencial (87).....	26
3.4.4	Reconexión Automática De Relé (79). ....	27
3.4.5	Relé Direccional.....	27
3.4.6	Relé Diferencial. ....	28
3.4.7	Relé Sobre/ Bajo Voltaje. ....	29

3.4.8	Relé De Potencia.....	29
3.4.9	Relé De Distancia. ....	30
3.4.10	Relé De Impedancia.....	30
4	Relé De Protección Sobre Corriente Alimentador Dpu2000 Abb. ....	31
4.1	Módulos.....	36
4.1.1	Conexiones De La Bornera Posterior. ....	36
4.1.2	Fuente De Poder.....	37
4.1.3	Entradas Y Salidas Digitales.....	38
4.1.4	Actuador De Reconectador. ....	39
4.1.5	Centro De Control Cpu. ....	39
4.1.6	Comunicaciones.....	40
4.1.7	Entradas De Corrientes Y Voltajes.....	42
4.1.8	Carga De La Batería Y Capacidad.....	44
4.2	Interfaz Humano-Máquina (Hmi). ....	44
4.2.1	Led Indicadores De Estado.....	44
4.2.2	Self-Check.....	45
4.3	Botones De Control Con Led Indicadores. ....	45
4.4	Led De Estado De Reconectador /Interruptor Y Controles Directos. (Recloser/Breaker Status Led And Direct Controls). ....	47
4.4.1	Menú De Ajustes (Settings Menú).....	48
4.5	Protección.....	50
4.5.1	Elemento De Sobrecorriente Temporizada De Fase.....	53

4.5.2	Elemento De Sobrecorriente Temporizada De Tierra. ....	53
4.5.3	Elemento De Sobrecorriente Instantáneo De Fase.....	54
4.5.4	Elemento De Sobrecorriente Instantánea De Tierra. ....	54
4.5.5	Elemento De Sobrecorriente Instantánea De Fase. ....	55
4.5.6	Elemento De Sobrecorriente Instantánea De Tierra. ....	56
4.5.7	Elemento De Sobrecorriente De Secuencia Negativa.....	61
4.5.8	Elemento De Sobrecorriente Temporizada Direccional De Fase. ....	62
4.5.9	Elemento De Sobrecorriente Temporizada Direccional De Tierra.....	64
4.5.10	Elemento De Potencia Direccional Positiva. 32p (I1-->) .....	65
4.5.11	Elemento De Potencia Direccional Negativa 32n (I2-->).....	66
4.5.12	Elemento De Deslastre Y Restauración De Carga Por Frecuencia. 81 (F).....	67
4.5.13	Elemento De Bloqueo De Voltaje. 81v.....	69
4.5.14	Elemento De Bajo Voltaje. (27).....	70
4.5.15	Elemento De Sobre Voltaje 59 (U>).....	72
4.5.16	Temporizador De Carga En Frío.....	73
4.5.17	Elemento De Recierre. 79 (O--> I). ....	74
4.6	Cambiando De Operación Monofásica A Trifásica. ....	79
4.7	Elemento Falla De Interruptor.....	79
5	Maniobras Básicas De Seccionadores Y Disyuntores Para Funcionamiento Del Relé Pcd 2000. ....	81
5.1	Equipos De Maniobra.....	81
5.2	Objetivo De Prácticas.....	82



FIGURA 2-13: SECCIONALIZADOR .....	17
FIGURA 2-14: CAJA PORTA FUSIBLE, CON HILO FUSIBLE .....	18
FIGURA 3-1: TIPOS DE RELÉ .....	24
FIGURA 3-2: RELÉ DIRECCIONAL.....	28
FIGURA 4-1 RELÉ DE PROTECCIÓN PCD 2000 .....	31
FIGURA 5-1: TABLERO PRINCIPAL.....	81
FIGURA 5-2: DISYUNTOR PRINCIPAL.....	84
FIGURA 5-3: RELAY DE CONTROL, CIERRE DE DISYUNTOR. ....	85
FIGURA 5-4: RELAY DE APERTURA DEL DISYUNTOR .....	85
FIGURA 5-5: TC, TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.....	86
FIGURA 5-6: PLUS DE CONEXIÓN .....	86
FIGURA 5-7: RESISTENCIAS.....	86
FIGURA 5-8: CABLES DE CONEXIÓN .....	87
FIGURA 5-9: PLUS DE CONEXIÓN .....	87
FIGURA 5-10: CARGA CAPACITIVA .....	87
FIGURA 5-11: CARGA INDUCTIVA.....	88

## Índice De Grafico.

GRAFICO 2-1: RED DE DISTRIBUCIÓN RADIAL .....	6
GRAFICO 2-2: CURVA DEL FUSIBLE .....	18
GRAFICO 2-3: FUSIBLE K.....	20
GRAFICO 2-4: FUSIBLE K, T .....	20
GRAFICO 3-1: ESQUEMA RELÉ DIFERENCIAL .....	28
GRAFICO 3-2: ESQUEMA DE RELÉ DE POTENCIA INVERSA .....	29
GRAFICO 3-3: RELEVADOR BASADO EN UN COMPARADOR DE AMPLITUD.....	30
GRAFICO 3-4: RELEVADOR DE IMPEDANCIA, USANDO UN COMPARADOR DE FASE .....	30
GRAFICO 4-1: CONEXIONES EXTERNAS TÍPICAS .....	43
GRAFICO 4-2: INTERFAZ HUMANO-MÁQUINA (HMI).....	48
GRAFICO 4-3: MENÚ PRINCIPAL DEL WINPCD.....	50
GRAFICO 4-4: DESIGNACIONES ANSI.....	51
GRAFICO 4-5: DESIGNACIONES IEC .....	52
GRAFICO 4-6: MÁXIMO ANGULO DE TORQUE 67P.....	63
GRAFICO 4-7: MÁXIMO ANGULO DE TORQUE 67N .....	64

GRAFICO 4-8: ELEMENTOS 81S Y 81R.....	68
GRAFICO 4-9: SECUENCIA DE RE CIERRE.....	76
GRAFICO 4-10: TIEMPO DE CORTE, 79 .....	78
GRAFICO 4-11: LÓGICA DE FALLA DE INTERRUPTOR. ....	80
GRAFICO 5-1: DIAGRAMA UNIFILAR DEL MÓDULO DE PRUEBA ABB. ....	82
GRAFICO 5-2: DIAGRAMA DE CONTROL DEL DISYUNTOR. ....	82

## Índice De Tablas.

TABLA 2-1: NIVEL DE TENSIÓN .....	7
TABLA 2-2: TRANSFORMADORES CON ENFRIAMIENTO OA/FA. ....	8
TABLA 2-3: TRANSFORMADORES CON ENFRIAMIENTO OA/-OA/FA-OA/FA/FA.....	9
TABLA 2-4: FUSIBLE CURVA LENTA .....	19
TABLA 2-5: FUSIBLE CURVA RÁPIDA.....	19
TABLA 4-1: TABLA DE PARÁMETROS DEL PCD 2000.....	35
TABLA 4-2: AJUSTES DE TOMA DEL MÓDULO Tc PARA CORRIENTES DE FASE Y NEUTRO .....	42
TABLA 4-3: TABLA 4-4: TOLERANCIAS DE CORRIENTE Y VOLTAJE. ....	43
TABLA 4-5: AJUSTES DE CONFIGURACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.....	51
TABLA 4-6: RELÉS DEL PCD2000 .....	52
TABLA 4-7: AJUSTES DEL ELEMENTO 51N (IN>). ....	53
TABLA 4-8: AJUSTES DEL ELEMENTO 50P-1 (3I>>1). ....	54
TABLA 4-9: AJUSTES DEL ELEMENTO 50N-1 (IN>>1). ....	55
TABLA 4-10: AJUSTES DEL ELEMENTO 50P-2 (3I>>2). ....	56
TABLA 4-11: AJUSTES DEL ELEMENTO 50N-2 (IN>>2). ....	57
TABLA 4-12: AJUSTES DE LA SENSITIVE EARTH FAULT (SEF) (FALLA A TIERRA SENSITIVA). ....	58
TABLA 4-13: AJUSTES DEL ELEMENTO 50P-3 (3I>>3). ....	59
TABLA 4-14: AJUSTES DEL ELEMENTO 50N-3 (IN>>3). ....	60
TABLA 4-15: AJUSTES DEL ELEMENTO TWO-PHASE 50P TRIPPING (DISPARO DE DOS-FASES). ....	60
TABLA 4-16: AJUSTES DEL ELEMENTO 46 (INSC>). ....	62
TABLA 4-17: AJUSTES DEL ELEMENTO 67P (3I>-->). ....	63
TABLA 4-18: AJUSTES DEL ELEMENTO 67N (IN>-->). ....	65
TABLA 4-19: AJUSTES DEL ELEMENTO 32P (I1-->). ....	66
TABLA 4-20: AJUSTES DEL ELEMENTO 32N (I2-->). ....	67
TABLA 4-21: AJUSTES DEL ELEMENTO 81 (F).....	70
TABLA 4-22: AJUSTES DEL ELEMENTO 27 (U<). ....	71

TABLA 4-23: AJUSTES DEL ELEMENTO 59(U>).	72
TABLA 4-24: AJUSTES DEL TEMPORIZADOR DE CARGA EN FRÍO.	74
TABLA 4-25: AJUSTES DEL ELEMENTO 79 (O-->).	76
TABLA 4-26: AJUSTES DEL ELEMENTO 79 (O-->).	77
TABLA 4-27: OPERACIÓN MONOFÁSICA A TRIFÁSICA.	79
TABLA 5-1: ELEMENTOS DEL MÓDULO DE PRÁCTICAS.	83

## Capítulo 1.

### 1 Generalidades.

#### *1.1 Introducción.*

El análisis de las fallas de los sistemas eléctricos, tiene mucha importancia debido a que las líneas eléctricas son desnudas y no están libres de cualquier percance. Conociendo que el sistema de distribución eléctrico lo conforman: la red de media tensión, el transformador, y la red secundaria, los equipos de seccionamiento y protección, los mismos que no están libres de anomalías y/o fallos, y sujetos a fallas atmosféricas (caída de rayo), contactos de animales que se trepan a las líneas, contacto de vegetación, la colisión de automóviles en los postes de distribución dando lugar a las fallas monofásicas, bifásicas, trifásicas.

Para realizar una adecuada protección y evitar interrupciones innecesarias del fluido eléctrico es correcto realizar los estudios de protección y ajustar de manera selectiva las protecciones para cada parte del sistema.

La protección y control de las redes de distribución, es un tema de mucha importancia para el debido funcionamiento del sistema eléctrico, el mismo que debe estar protegido y debidamente dimensionado, de acuerdo a las capacidades y potencia de cada elemento y/o equipo de la red eléctrica que lo conforman.

En el presente trabajo analizaremos, cómo realizar una correcta protección del sistema de distribución, y simularemos de la actuación de las protecciones, mediante la implementación de un relé de protección que responderá a la actuación de un modelo de cargas resistivas e inductivas, donde podremos controlar la variación de la corriente y simulación de fallos.

## ***1.2 Planteamiento Del Problema.***

Los sistemas de potencias están sujetos a fallos, sean estas provocadas por el hombre, contactos de vegetación con las líneas, descargas atmosféricas, entre otros. También es conocido de que, cuando una falla ocurre, puede desconectar grandes sectores o inclusive un alimentador; es importante ante este problema que los sistemas de alimentación actúen para distinguir distintos tipos de falla, evitando que las fallas temporales se vuelvan permanentes.

Lo que se requiere cuando ocurre una falla, es que se aisle la porción fallada capaz de que no tenga mayor incidencia en el sistema; pero es importante que los equipos de protección actúen ante estos fallos.

Uno de los equipos que permiten distinguir fallas temporales y que pueden hacer recierres, es el reconectador pero este reconectador es controlado a través de un relé que está encargado de múltiples funciones, como hacer respectivos recierres evitar picos de carga fría, evitar corrientes inrush.

En la empresa eléctrica y en algunas industrias, se cuenta con sistema de protección, los mismos que deben ser capaces de operar ante un fallo eléctrico, para aquello existen Relé de protección moderna como son los electrónicos, los mismos que cuentan con varias funciones de protección incorporadas.

## ***1.3 Justificación.***

El estudio de las protecciones en el sistema eléctrico con la incorporación de dispositivos inteligentes como es el Relé de Protección PCD2000, permitirá una mejor actuación de los sistemas de protección ante un fallo o avería o fenómeno anormal, con un correcto análisis del fluido constante de la potencia suministrada, el nivel de voltaje del circuito, la frecuencia, el factor de potencia; permitiendo analizar la situación actual de los sistemas eléctricos.

El presente proyecto beneficiará a la comunidad estudiantil eléctrica al presentarle un estudio donde podrá obtener lo referente al conocimiento de los equipos de protección utilizados en

los sistemas de distribución, un análisis de las funciones de los relés digitales , y un modelo practico de experimentación para analiza esta tematiza.

#### **1.4 Alcance.**

Para la elaboración del proyecto y cumplir con el estudio del análisis de los sistemas de distribución, se presenta una descripción de los sistemas de potencia, los elementos que forman parte de un sistema eléctrico, y los diferentes equipos de protección, disyuntor y reconectador, asociados a los relés de protección con su respectiva protección primaria o de respaldo, tipos de relé de protección. Con estos argumentos planteados se analiza la protección más adecuada a una determinada carga en el sistema, sea esta carga inductiva, capacitiva, o resistiva.

#### **1.5 Objetivos De La Investigación:**

##### **1.5.1 Objetivo General.**

El objetivo general de este proyecto es:

Analizar los sistemas de protección de distribución como un aporte al mejoramiento de la calidad de la energía en los diferentes sistemas eléctricos ante posibles fallos.

##### **1.5.2 Objetivos Específicos.**

Verificar la protección efectiva del relé de protección PCD2000 ABB.

Coordinar la protección del relé con el disyuntor para agregar carga resistiva, carga capacitiva y carga inductiva, y evaluar los parámetros de las cargas.

Analizar los parámetros del fusible con el reconectador y utilizar la técnica de salvar el fusible.

Realizar estudios de coordinación enmarcados en el rango 0.3 segundos para la protección de los elementos del sistema eléctrico.

Calcular las curvas para la protección por corrientes de inrush, y picos de carga fría.

## **2 Marco Teórico.**

### ***2.1 Componentes de un sistema de potencia.***

#### ***2.1.1 Generación.***

Es la etapa primaria en la producción de energía eléctrica. Se efectúa a tensiones relativamente bajas, en comparación con las utilizadas en el sistema de potencia de alta y extra alta tensión, debido a los aislamientos utilizados y al calentamiento producido en las máquinas. (Escobar, 2014, pág. 1)

##### ***2.1.1.1 Generación distribuida.***

Según los autores, (Carta, Calero, Castro, Collado, Colmenar, 2013, pág. 721), Es aquella que está más cerca del consumidor, e incluso en muchos de sus casos es el propio consumidor el que la genera, adoptando el papel de (prosumidor), y que va a estar conectada a la red de baja o media tensión.

##### ***2.1.1.2 Cogeneración.***

La cogeneración se define como la generación simultánea de energía térmica y eléctrica, por lo tanto esto produce un aumento de la eficiencia en el sistema al sumarse ambas en el sistema de generación. (Carta, 2013, pág. 723)

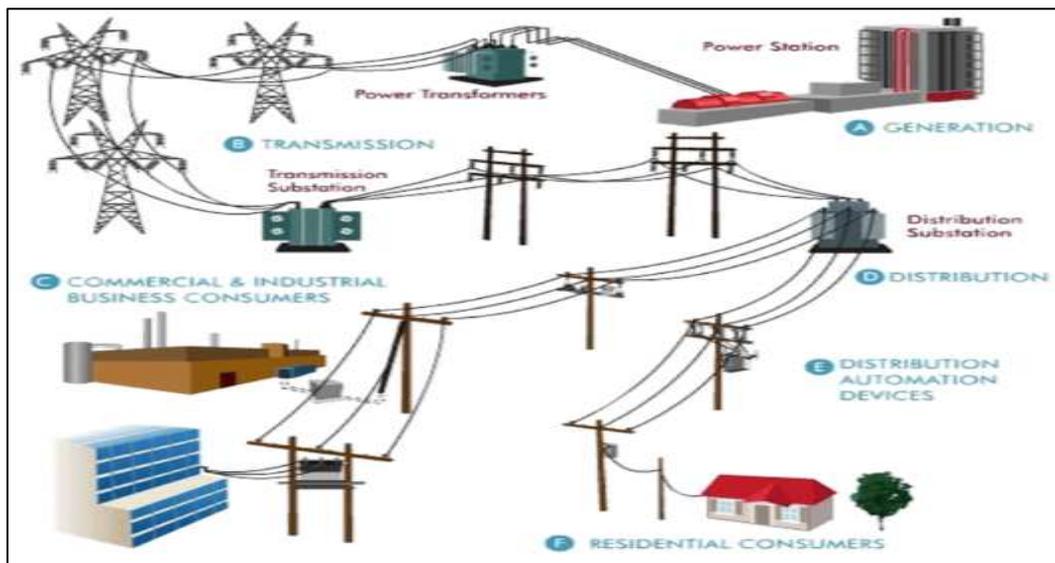
#### ***2.1.2 Sistema de transmisión.***

Es una red de transporte de energía eléctrica la cual es la encargada de llevar la energía eléctrica de un punto de generación a otro de consumo a través de grandes distancias.

Uno de los problemas de interés en la transmisión o transporte de la energía eléctrica es que se debe transportar la mayor cantidad de potencia neta, tomando en cuenta que se tienen pérdidas disipadas en forma de calor por efecto joule debido a la resistencia de la línea. (Enriquez, 2012, pág. 52)

Tal como se observa en la figura 2.1, para reducir estas pérdidas de corriente se eleva el voltaje en la generación con transformadores elevadores los mismos, según (Escobar, 2014), “son del orden de 115kv, 230 kv y 500kv”, en el punto de llegada a la subestación distribuidora se reducen los voltajes a niveles de 13.8kv, los mismos son voltajes de distribución. Ver figura 2.1

**Figura 2-1: Sistema Eléctrico de Potencia.**



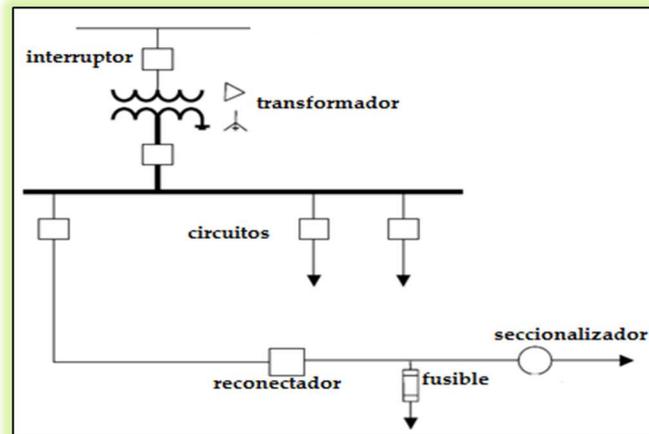
Fuente: <http://www.sectorelectricidad.com/wp-content/uploads/2014/11/9e.jpg>

### **2.1.3 Sistema de distribución.**

Los sistemas de distribución se caracterizan por la tensión de funcionamiento nominal. Esto se expresa en kV, y varían de 7,96 a 34,5 kV, para alimentar a los transformadores de potencia que reducen los niveles de tensión adecuados para una carga.

(Escobar, 2014), menciona que las instalaciones residenciales, comerciales y algunas de tipo industrial requieren tensiones de 208/120 V, 220/127 V, o 440/266 V, pero a su vez estas están conectadas en estrella en el lado de baja tensión. Ver gráfico 2-1.

**Grafico 2-1: Red de Distribución Radial.**



Fuente: Elaboración propia.

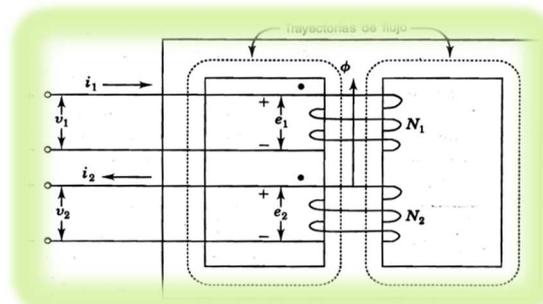
Un sistema de distribución radial lo componen los principales elementos, barra de alimentación, interruptor principal, transformador de potencia, Reanclador, fusible, seccionizador; los cuales se van a proteger son el transformador y las líneas.

## 2.2 Elementos que forman un sistema de distribución.

### 2.2.1 Transformador.

El transformador consiste en dos o más bobinas colocadas de tal forma que están enlazadas por el mismo flujo magnético. En un transformador de potencia, las bobinas se colocan sobre un núcleo de acero con el propósito de confinar el flujo de manera que el que enlace una bobina también enlace a todas las demás. (Grainger & Stevenson, 2001, pág. 38)

**Figura2-2: Transformador de dos devanados**



Fuente: John J. Grainger, William D. Stevenson Jr, Analisis de Sistemas de Potencia, pag 39.

Los transformadores son los enlaces entre los generadores del sistema de potencia y las líneas de transmisión y entre líneas de diferentes voltajes, ver figura 2-2. Un transformador es utilizado para reducir o elevar el voltaje, se clasifican como de distribución y de potencia.

Los transformadores de potencia son generalmente superiores a 500KVA. Las clasificaciones de los transformadores que son más comunes en subestaciones de distribución se discuten a continuación.

### **2.2.1.1 Rangos de Potencia y voltaje en transformadores.**

#### **2.2.1.1.1 Tensión nominal.**

“Las tensiones nominales de un transformador son aquellas a las que se refieren sus características de operación y funcionamiento”. (Harper, 2013, pág. 143), valores comunes de tensión ver tabla 2-1.

**Tabla 2:1: Nivel de tensión**

Tensión (Kv)	Tensión (Kv)
13.8	161
*23.0	230
34.5	365
69	400
115	500
138	-

Fuente: Enríquez Harper, Elementos de Diseños de Subestaciones Eléctricas, 2013, pág., 143

#### **2.2.1.1.2 Potencia Nominal.**

La capacidad nominal de los transformadores es en kilovoltampere (KVA) continuo que el devanado secundario del mismo debe suministrar a su tensión y frecuencia nominal. La selección de los kva de un transformador debe estar basada en un buen estudio de ingeniería y considerar los efectos de ciclos de carga y temperatura ambiente. (Harper, 2013, pág. 144).

La mayoría de los transformadores de subestaciones son rellenos de líquido. Los Rangos en KVA o MVA estarán en la calificación del auto-enfriado en aumento de la temperatura máxima indicada. El aumento de la temperatura promedio estándar para los transformadores llenos de líquido es de 65° C a una temperatura ambiente de 30° C. Las calificaciones son típicos 10/12 MVA OA / FA, 15/20/25 OA / FA / FOA.

- OA = en baño de aceite, con refrigeración
- OA / FA = en baño de aceite, con refrigeración / aire forzado refrigerado
- OA / FA / FOA = en baño de aceite, auto-enfriado / refrigerado por aire forzado / aceite forzado.

En la tabla 2-2, vemos las potencias nominales con aceite y auto-enfriamiento, y la máxima potencia que puede alcanzar un transformador con auto-enfriamiento y ventilación forzada para casos de límite de demanda.

**Tabla 2:2: Transformadores con enfriamiento OA/FA.**

Transformadores Monofásicos (Kva)		Transformadores Trifásicos (Kva)	
OA	FA	OA	FA
833	958	750	862
1250	1437	1000	1150
1667	1917	1500	1725
2500	3125	2000	2300
3333	4167	2500	3125
5000	6250	3750	4687
6667	8333	5000	6250
8333	10417	7500	9375
		10000	12500

Fuente: Enríquez Harper, Elementos de Diseños de Subestaciones Eléctricas, 2013, pag, 152

El valor máximo admisible de carga es necesario para determinar el tamaño de la selección de fusibles, o para la selección de Sobrecorriente (pickup) del relé. Ver tabla 2-3.

**Tabla 2:3: Transformadores con enfriamiento OA/-OA/FA-OA/FA/FA**

OA	Primer paso OA/FA	Segundo paso OA/FA/FA
12000	16000	20000
15000	20000	25000
20000	26667	33333
25000	33333	41667
30000	40000	50000
37500	50000	62500
50000	66667	83333
60000	80000	100000

Fuente: Enríquez Harper, Elementos de Diseños de Subestaciones Eléctricas, 2013, pag, 153

### **2.2.1.2 Voltaje Taps.**

La mayoría de los transformadores de potencia modernos utilizados en la subestación, tienen cambiadores de tomas en carga integrales unidos a sus tanques. Este cambia automáticamente la posición de toma en el transformador en respuesta a las variaciones de carga.

Generalmente tienen una gama de  $\pm 10\%$  del voltaje nominal de 16 pasos. La existencia de un taps, en la zona del transformador de la protección, debe tenerse en cuenta al aplicar relés diferenciales.

### **2.2.1.3 Impedancia.**

La tensión de impedancia de un transformador es la tensión necesaria para hacer circular la corriente nominal a través de uno de los arrollamientos, mientras que el otro es cortocircuitado. Tensión de impedancia se expresa normalmente como un porcentaje de la tensión nominal de la bobina que no es en corto, en la calificación de la OA de ese arrollamiento. El porcentaje de impedancia es un factor limitante en magnitud a través de fallo, que determina la capacidad transformadores para soportar las tensiones de los fallos externos. La impedancia del transformador es generalmente mucho más alta que la impedancia de la fuente.

#### 2.2.1.4 Transformador de potencia.

Figura 2-3: Transformador de Potencia S/E



Fuente: <http://vasile.com.ar/wp-content/uploads/2012/07/distribucion.jpg>

Estos están instalados en las subestaciones eléctricas son los encargados de recibir los altos voltajes y reducirlos a nivel de distribución de 13200 o 13800 voltios en los diferentes ramales de una red eléctrica ya sea esta urbana o rural.

#### 2.2.1.5 Transformador de distribución.

Es el encargado de reducir los voltajes de media tensión de 7960 voltios a 120/240 voltios o de 13200 a 240 voltios, para el consumo de electrodomésticos de los usuarios.

Figura 2.4: Transformador de Distribución 13200/120-240v



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

#### 2.2.1.6 Transformadores de Medida.

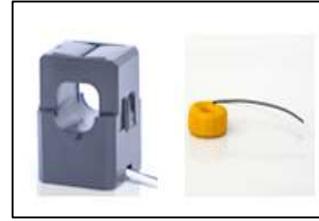
##### 2.2.1.6.1 Transformadores de corriente.

Estos son dispositivos primarios que se utilizan para reducir los niveles de corriente en una línea de media tensión o de baja tensión con relación de medida  $I_{nom}/5$  Amp. y llevar esta lectura a equipos secundarios de medida. Se los conecta en serie con la carga, ver figura 2,6-7

Figura 2-4: Tc, Media Tensión.



Figura 2-5: Tc, Baja Tensión.



Fuente: <http://www.desmart.net/detalle/4>

#### 2.2.1.6.2 Transformadores de potencial.

Estos son dispositivos primarios que se los utiliza para reducir los niveles de tensión de la línea de media tensión o de baja tensión con relación de tensión según se requiera  $V_{nom}/120$  voltios o  $V_{nom}/1$  voltios. Estas lecturas son llevadas a equipos secundarios de medidas, se los conecta en paralelo. Ver figura 2.8 del tp.

Figura 2-6: Transformador de Voltaje (Tp).



Fuente: <http://www.desmart.net/detalle/4>

[http://media4.picsearch.com/is?tjgdM2GfAmJwLe\\_MdwK8UnZ5DFQD7p5DhjT5AMf\\_15M&height=112](http://media4.picsearch.com/is?tjgdM2GfAmJwLe_MdwK8UnZ5DFQD7p5DhjT5AMf_15M&height=112)

Los transformadores de medidas se los utiliza para llevar a valores nominales los diferentes magnitudes eléctricas, capaz de que los equipos de lectura y protección puedan operar.

#### 2.2.2 Líneas de transporte.

Las líneas aéreas constituyen gran parte del sistema de distribución de servicios. La principal preocupación para los ingenieros de relé es mantener a los conductores libres de dañado, manteniendo al mismo tiempo la continuidad del servicio.

Para ello, los tiempos de interrupción para varios fallos, deben mantenerse más rápido que el tiempo necesario, para que el conductor a una temperatura de recocido no sufra daño.

La continuidad del servicio es mantenido por varios esquemas de control y protección (reconexión automática, preservar los fusibles, etc.), se muestra las características de conductor de recocido para ACSR.

### **2.2.3 Cables subterráneos.**

Un cable subterráneo constituye un pequeño porcentaje de una red de distribución de servicios. Por lo general, el único lugar donde el ingeniero de relé, se encuentra cables subterráneos, es los alimentadores de la subestación y en los sistemas de distribución de energía urbana de alta densidad.

Los fallos en cables subterráneos tienden a ser permanentes, en oposición a los de las líneas aéreas, que son más rápidos de solucionar. Como resultado, la protección del cable es por lo general la única consideración. La continuidad del servicio es casi siempre se pierde después de un fallo en el cable.

Las características de impedancia son también muy diferentes para los cables. El acoplamiento de impedancia tiende a ser capacitivo debido al efecto dieléctrico del aislamiento. Esto no es motivo de gran preocupación para los ingenieros, al momento de retransmitir, pero debe tenerse en cuenta cuando se modela el sistema para el análisis de cortocircuito.

### **2.2.4 El interruptor de potencia.**

También conocido como disyuntores tienen la capacidad de abrir y cerrar un circuito energizado en vacío o con carga en condiciones normales o en condiciones de fallo por cortocircuito o sobre carga, el tiempo de interrupción nominal de los interruptores de potencia varia de tres a cinco ciclos de trabajo, el cual depende de su construcción y puede ser interruptores de pequeño volumen de aceite, interruptores de gas SF<sub>6</sub>, interruptores en vacío, interruptores neumáticos; estos interruptores deben ser capaz de extinguir el arco eléctrico y se lo consigue aumentando la resistencia que ofrece el medio a la circulación de la corriente y se puede lograr enfriando, o alargando el arco.

Tienen una fuente de alimentación de respaldo de corriente directa con bancos de batería para garantizar la correcta operación es decir son autónomos en su función.

**Figura 2-7: Interruptor de Potencia**



Fuente: Mitsubishi

Especificaciones típicas para un interruptor de la clase 15 kV son 20 kA rms o más por la corriente de cortocircuito, y 3-5 ciclos de tiempo de interrupción.

#### ***2.2.4.1 Los interruptores en baño de aceite.***

Tienen una gran capacidad de ruptura para la extinción del arco, pero demandan periódicamente mantenimiento del aceite y pueden incendiarse.

**Figura 2-8: Interruptor en baño de aceite.**



Fuente: [http://media5.picsearch.com/is?Z-IIRIj\\_DdoFg9Tzq9\\_4ySWoRCXWYXuhGZksKh2-Yb8&height=154](http://media5.picsearch.com/is?Z-IIRIj_DdoFg9Tzq9_4ySWoRCXWYXuhGZksKh2-Yb8&height=154)

#### ***2.2.4.2 Los interruptores neumáticos.***

Se los utiliza para alta tensión no hay riesgo de incendio ni explosión son muy rápidos tienen capacidad interruptora a corrientes capacitivas y sus contactos no sufren un mayor desgaste pero son complejos ya que necesitan un motor para aire comprimido compresor y las cañerías. Ver figura 2.11 del interruptor.

**Figura 2-9: Interruptor neumático.**



Fuente: [http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-m/70728-2775025.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-m/70728-2775025.jpg)

#### **2.2.4.3 Los interruptores de vacío.**

Son perfectos por la alta rigidez dieléctrica que presentan cuando la corriente pasa por cero la corta están separados sus contactos en una cámara de vacío y no se provoca una re ignición del arco, se los utiliza en baja y media tensión. Ver figura 2.12 del interruptor.

**Figura 2-10: Interruptor en vacío.**



Fuente: ABB

#### **2.2.4.4 Los interruptores en $sf_6$ .**

Utilizan un gas llamado hexafluoruro de azufre el cual es muy estable inerte inodoro e inflamable se lo utiliza para extinguir el arco eléctrico y como medio de aislamiento, cuando ocurre un cortocircuito la tensión es muy baja y por lo tanto la energía disipada no alcanza valores muy elevados, se debe mantener la presión del gas en 14 atmosferas tiene una alta rigidez dieléctrica y no es abrasivo por lo que no necesita mantenimiento, opera a -25grados centígrados y +45grados centígrados. Ver figura 2.13

**Figura 2-11: Interruptor en Gas Sf6**



Fuente: ABB

[http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-mg/70728-2787161.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-mg/70728-2787161.jpg)

### **2.2.5 Reconectores.**

Un reconector es un dispositivo automático capaz de detectar la corriente de fallo y disparar y volver a cerrar automáticamente. Si el fallo es transitorio cierra y sigue operando con normalidad el circuito, pero si es permanente, el reconector se bloqueará después de un número preestablecido de operaciones, normalmente se configura al reconector para dos operaciones rápidas y dos operaciones lentas. Ver la figura 2.14 del reconector.

**Figura 2-12: Reconector Electrónico.**



Los re conectores electrónicos modernos a diferencia de los re conectores de aceite son de un tiempo de duración de vida útil mayor ya que sus contactos son magnéticos y además traen incorporados su propio circuito de control y medida, traen incorporadas curvas de corriente para diversas aplicaciones tanto para corriente nominal como para corriente de cortocircuito, también son más pequeños y menos pesado lo que los hacen ideal para la aplicación en cualquier lugar.

Un reconectador es un dispositivo autónomo con la inteligencia necesaria para detectar la corriente y para disparar y volver a cerrar automáticamente. Si el fallo debe convertirse en permanente, el reconectador se bloqueará después de un número preestablecido de operaciones. Los reconectadores tradicionales son unipolar o tripolar con los operadores hidráulicos o electrónicos, por lo general tienen interruptores de aceite o de vacío,

Los reconectadores modernos son dispositivos trifásicos que pueden operar tripolar o monopolar. Ellos tienen su propio dispositivo de montaje integral de control, transformadores de medida, y la batería. Sus operadores son magnéticos, por lo que están clasificados para muchas más operaciones que reconectadores tipo de aceites tradicionales.

En general, tienen más lentos los tiempos de interrupción y la corriente de cortocircuito nominal menor que lo hacen los interruptores. Sin embargo, en los últimos años los cortos circuitos de calificación y valoración del voltaje de reconectadores se han acercado a la de los interruptores automáticos. Como resultado, los reconectadores han comenzado a sustituir los interruptores de alimentación primaria como dispositivos de interrupción en subestaciones con el trabajo de barras por encima.

Los reconectadores son más baratos, como un tercio del costo de un interruptor, y que incluyen la totalidad de su propio aparato de protección y control. Sin embargo, reconectadores generalmente tienen un ciclo de trabajo más bajo, por lo que los intervalos de mantenimiento son más frecuente.

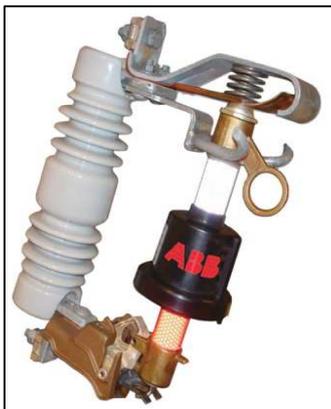
### **2.2.6 Seccionalizador.**

Según Rafael Álvarez (2014), *“La utilización de Seccionalizadores permite minimizar la desconexión de los sistemas de generación, limitándose a aquellos casos inevitables debidos a la presencia de faltas permanentes en la red”*.

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

<http://rafael-alvarezp.blogspot.com.es/2014/02/solucion-problemas-de-disparo-en-lineas.html>

**Figura 2-13: Seccionalizador**



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

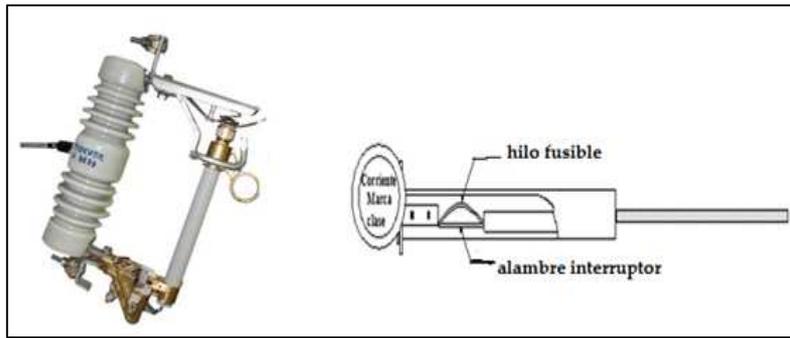
Estos dispositivos unipolares que no tienen capacidad de interrupción de fallas. Se utilizan para abrir un circuito o alimentador después de un fallo permanente. El seccionador es operado por un integrador que es operado por los impulsos de corriente de falla causados por el cierre automático de un interruptor o reconector aguas arriba. El integrador cuenta el número de pulsos y rompe el circuito después de que el recuento ha superado el ajuste. Ver figura 2.15 de la caja de seccionador con el seccionalizador.

### **2.2.7 Fusibles.**

Los fusibles son elementos que se funden a través de un excesivo aumento de corriente ya que cuentan con un elemento fusible calibrado para una determinada corriente de trabajo, los mismos tienen una curva de mínima fusión y una de tiempo máxima de limpieza, estos cuentan con una lámina sensible al paso de una corriente de corto circuito o una sobrecarga para evitar se dañe la instalación o gran parte de ella debido a las altas temperaturas que alcanza.

En la figura 2.16 se muestra la caja seccionadora con la respectiva bayoneta y una tira fusible que indica la parte del hilo fusible.

**Figura 2-14: Caja Porta Fusible, con hilo fusible**

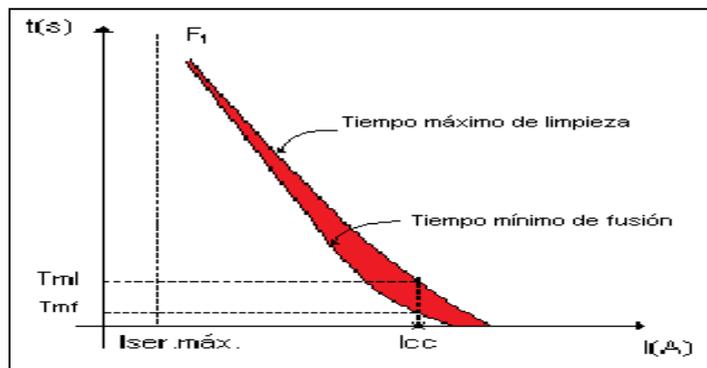


**Fuente: Elaboración propia.**

Los fabricantes suelen ofrecer dos curvas de temporización; la curva de tiempo mínimo de fusión y la de tiempo máximo de limpieza, un fusible no tiene un tiempo único para su operación, sino por el contrario este depende del nivel de la corriente que lo atraviesa, ver la figura 2.17 que indica estas curvas del fusible.

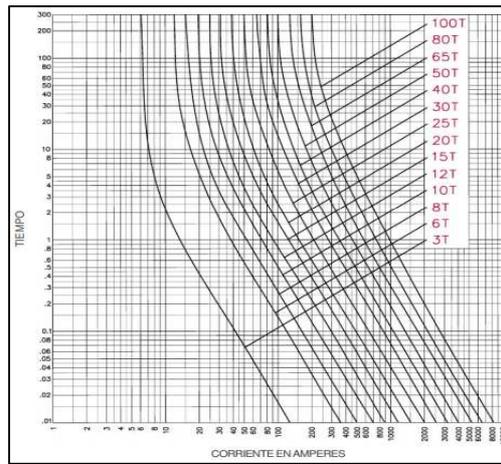
Para corrientes mayores, mayores temperaturas y, por tanto, más rápida es la fusión de la lámina fusora y todo lo contrario ocurre para menores corrientes. Es decir, el tiempo de operación es inversamente proporcional a la corriente.

**Grafico 2-2: Curva del fusible.**

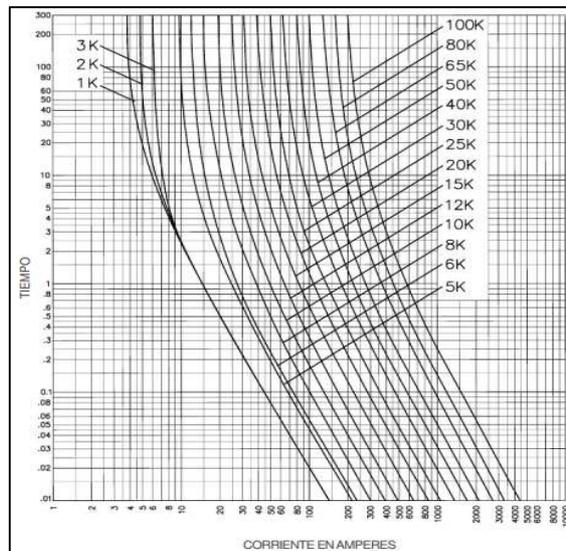


Existen fusibles tipo k son muy rápidos, fusibles tipo T estos son un poco más lentos, otros tipos, son, MS, H, E, entre otros, estos últimos H, y E, son muy empleados para proteger transformadores. Estas letras representan las características de inversión de las curvas. Presentamos, en las siguientes tablas 2-4 y 2-5, los fusibles tipo T, y tipo K.

**Tabla 2:4: Fusible Curva Lenta**

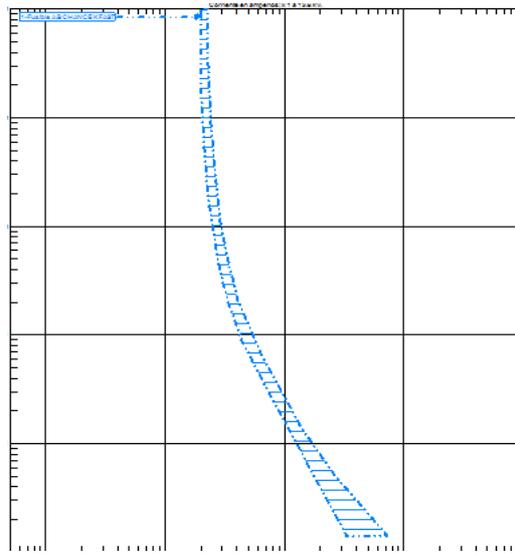


**Tabla 2:5: Fusible Curva Rápida**



En el grafico 2-3, se muestra una Curva del fusible tipo k, para una capacidad de corriente nominal de 15 amperios a con nivel de tensión de 13,8 Kv, realizada en el software CYMTC 4.5R13.

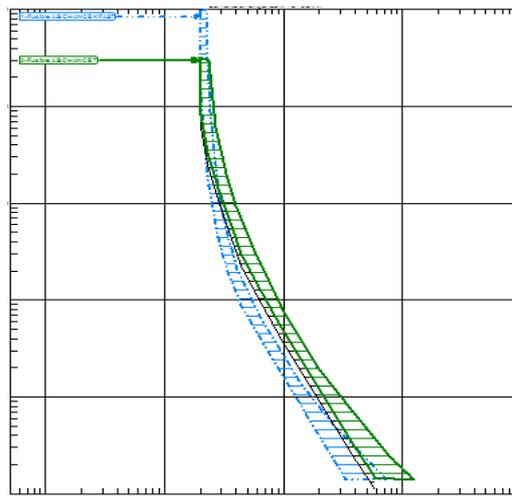
**Grafico 2-3: fusible k**



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 2-4, se muestran dos Curva de los fusibles tipo K y T, para una capacidad de corriente nominal de 15 amperios con nivel de tensión de 13,8 Kv, realizada en el software CYMTC 4.5R13.

**Grafico 2-4: fusible k, t**



Fuente: Elaboración propia

Los fusibles se utilizan generalmente para proteger ramales que salen de un tronco principal o alimentador. Ellos utilizan un elemento metálico que responde al calor producido por el flujo

de corriente. Cuando la corriente a través del enlace supera un determinado valor para una cierta cantidad de tiempo, el enlace fusible se funde, abriendo el circuito.

Después de haber interrumpido una sobrecorriente, se renueva por la sustitución de su elemento de corriente sensible. La relación tiempo-corriente se define por las curvas suministrados por los distintos fabricantes de fusibles. Las curvas de fusibles muestran un rango de valores de corriente de tiempo que representan el tiempo "mínima de fusión" y el tiempo de "máxima limpieza". Ver la grafico 2-2.

### **2.3 Criterios básicos de diseño.**

Cuatro criterios de diseño son esenciales para cualquier sistema de protección funcional y eficiente. Los que son: confiabilidad, selectividad, velocidad, sensibilidad.

#### **2.3.1 Confiabilidad.**

La flexibilidad del sistema se compone de dos elementos: la facilidad y la seguridad.

La facilidad es el grado de certeza de que un sistema funcionará correctamente ante una ocurrencia de un fallo. La seguridad es el grado en que un sistema no funcionará a un conjunto de entradas falsas.

#### **2.3.2 Selectividad.**

En un sistema eléctrico de potencia es importante la secuencia en que los relés actuarán, de manera que si falla un elemento, actúe la protección de este elemento y no la de otros elementos, pero si no actúa ésta protección, deberá actuar la siguiente que proteja el circuito. Esto significa que la protección de mayor capacidad espera un tiempo y actúa. De acuerdo a lo que afirma el Dr. Torres Breffe Orly:

*“Las protecciones tienen una propiedad o misión fundamental, que como se dijo, es la desconexión del elemento averiado, pero solo de este elemento sin necesidad de desconectar a otro elemento adyacente (selectividad absoluta)”.*

(biblioteca.cenace.org.ec,material 3,p 8).

### **2.3.3 Velocidad.**

El desarrollo de relés rápidos siempre tiene que confrontarse con la mayor probabilidad de operaciones falsas.

El tiempo es un excelente criterio para distinguir entre los problemas reales y falsas operaciones, según el Dr. Torres “la velocidad de respuesta debe ser variable, un corto circuito debe ser desconectado rápidamente, mientras que una sobrecarga debe ser desconectada según su magnitud” (biblioteca.cenace.org.ec, 2016, pág. 9).

Para lo cual, el tiempo es una herramienta utilizada ampliamente en coordinación de dispositivos y ciertas funciones de control.

### **2.3.4 Sencillez.**

La simplicidad en un sistema de relés de protección es una fuerte indicación de un buen diseño. La simplicidad del diseño mejora la fiabilidad del sistema porque hay menos elementos que no funcionen correctamente frente a un fallo.

## **2.4 Unidades de relé básicas para redes de distribución.**

Los sistemas de distribución de energía deben diseñarse de manera que los relés de protección funcionan para detectar y aislar los fallos rápidamente para limitar el alcance y la duración de un corte de luz. Las unidades básicas de relé y sus características de funcionamiento se analizan a continuación; tenga en cuenta que este es un subconjunto de todos los tipos de relés, destinados a la aplicación en subestaciones y redes de distribución de servicios.

Este tópico se profundizara en el capítulo siguiente.

## Capítulo 3.

### 3 Protección De Sistemas De Distribución Mediante Uso De Relé Digital.

Los sistemas de distribución de energía deben diseñarse de manera que, los relés de protección funcionen para detectar y aislar los fallos rápidamente para limitar el alcance y la duración de un corte de energía.

#### 3.1 Protección por relevadores.

Es necesario, utilizar algún tipo de protección en las líneas eléctricas, contra cualquier tipo de falla, los relevadores son utilizados también para detectar condiciones de operaciones anormales. Según lo que publica (Harper, 2005) *“Los relevadores de protección protegen al sistema eléctrico desconectando las líneas o equipos en falla, de manera que minimice el efecto de la falla y se mantenga la continuidad del servicio en el resto del sistema.”*

(pág. 222).

Podemos decir que los equipos de protección se los ubica en la línea energizada, los mismos van conectados según sus condiciones de servicio, los TC Y TP son elementos de medida de conexión primaria, es decir estos van conectados directamente a la línea de alimentación del circuito; ya sea de alta, media o baja tensión, los cuales llevan una señal de corriente y voltaje mucho más baja a los equipos de protección adecuadas para su óptimo funcionamiento, el relé, es un elemento de protección secundaria.

Las protecciones en los sistemas de distribución eléctrica se dividen en principal y de respaldo.

#### 3.1.1 La protección principal.

Es aquella que debe operar ante fallas en su zona asociada, garantizando el despeje total de la falla, lo más rápido posible, y la máxima continuidad del servicio.

### 3.1.2 Protección de respaldo

Es aquella que debe operar cuando por cualquier razón, no opera la protección principal, de manera que despeje totalmente la falla y garantice la máxima continuidad del servicio.

### 3.2 Clasificación de relés.

Los relés se los utiliza en un sistema para condiciones de fallo, los mismos según el tipo de construcción y según el tipo de protección, se los incorpora para actúen según sea el caso de fallo, que presente la red.

Según Warrington, en La Función y Modo de Operación del relé, dice que “*los relé de protección hacen el trabajo de un supervisor incansable, midiendo continuamente las magnitudes eléctricas del circuito protegido y listo para desconectar el circuito de inmediato cuando el valor de una de estas cantidades se vuelve anormal*”. (2012, pág. 23).

<https://play.google.com/store/books/author?id=A,+R,+van+C,+Warrington>

Figura 3-1: Tipos de Relé



Fuente: Elaboración propia.

Según su tipo de tecnología de construcción estos relés son:

**Electromecánicos.** Los relevadores electromecánicos son construidos con componentes eléctricos, magnéticos y mecánicos, tienen una bobina de operación y varios contactos, y son muy robustos y confiables.

Estado solido

Microprocesador

Numéricos o electrónicos

No eléctricos (temperatura, presión etc.)

### **3.3 *Funcionamiento y aplicación de las funciones de protección***

Las unidades de relé, básicamente se las construye con funciones determinadas para el tipo de protección que realice en función del fallo a proteger, el funcionamiento y la aplicación de los relés son varios, los cuales citamos algunos considerados como los más importantes.

- Relé de Protección Por Sobrecorriente.
- Relé de Protección Direccional.
- Relé de Protección Diferencial.
- Relé de Protección Por Sobre/ bajo voltaje.
- Relé de Protección Por Sobre/bajo frecuencia.
- Relé de Protección Por Potencia directa/inversa.
- Relé de Protección Por Secuencia positiva/negativa.

### **3.4 *Descripción de los diferentes tipos de relé de protección.***

#### **3.4.1 *Relé de Protección Por Sobrecorriente.***

##### **3.4.1.1 *Relé temporizado de corriente (51).***

El tipo más utilizado de relé en los sistemas de distribución es el relé de sobrecorriente de tiempo (TOC). El relé de TOC está diseñado para dar una característica de desconexión retardada en el tiempo que sigue a otra curva de tiempo-corriente (TCC). Las curvas asociadas a este retardo de tiempo siguen los estándares sueltos, pero son generalmente las siguientes.

- Inverso
- Muy inversa

- Extremadamente Inversa
- Tiempo Corto Inversa
- Tiempo Inverso largo

### **3.4.1.2 Relé de sobrecorriente instantánea (50).**

Relé de disparo instantáneo opera a una sobrecorriente, cuando sobrepasa el ajuste, sin retardo de tiempo intencional. Se utilizan para la operación de alta velocidad para el cierre de fallos, y para despejar las fallas temporales sin poner en funcionamiento otros dispositivos de sobrecorriente de tiempo que se encuentran en otras partes del sistema.

### **3.4.2 Relé de frecuencia (81).**

Relés de frecuencia operan a frecuencias medidas anteriores (81O) o por debajo (81U) un punto de ajuste predeterminado. Ellos tienen muchas aplicaciones, pero sólo estarán interesados aquí en los esquemas de deslastre de carga baja frecuencia.

(Harper, 2013), los relevadores de frecuencia responden a valores de frecuencias arriba o debajo de un valor especificado. (Pág., 229)

### **3.4.3 Relé diferencial (87).**

Relés diferenciales tienen muchas aplicaciones en sistemas de potencia. El principio general es el mismo para todas las situaciones, pero sólo se centrará en relés diferenciales aplicados a transformadores de subestación de distribución.

Esta técnica fundamental se ilustra en la figura 11. El principio básico es que la corriente que circula en el relé debe ser igual a la corriente que fluye fuera del relé.

$$I_o = I_1 + I_2$$

La configuración del transformador más común en una subestación de distribución es el delta del lado alto y en estrella del lado de baja. Por lo tanto, la tensión y la corriente no son iguales a través del lado de alta y baja de un transformador que difieren en magnitud y ángulo. Prácticas estándar de cableado sinuosas tienen el delta del lado de alta liderando el lado de baja en estrella de 30°.

Para que sean lo mismo en lo que se refiere al relé diferencial, las corrientes secundarias están divididas por una configuración de "toque". También, las conexiones de TC deben ser opuestas a la del transformador para anular la diferencia de ángulo de una conexión estrella-triángulo a través del transformador.

#### **3.4.4 Reconexión automática de relé (79).**

El relé de reconexión automática se cerrará el interruptor de circuito asociada después de haber sido conocido a una variedad de condiciones. En general, el interruptor se cerrará un número determinado de veces, con un retardo de tiempo ajustado entre los cierres. Los ajustes básicos para un relé de reconexión son:

- Número de disparos. Este es el número de reconexiones que el relé intentará. Abrir intervalo de tiempo. Este es el momento en que el interruptor está programado para permanecer abierto entre reenganches. Por lo general hay un ajuste diferente para cada disparo.
- Restablecer el tiempo. Esta es la cantidad de tiempo asignado para un evento de reconexión. Si, por ejemplo, un relé de reconexión está programado para dos disparos y un tercer fallo se produce antes de que el tiempo de reposición, el interruptor automático se puede "bloquear", o abrir por el relé de reconexión.

Se deben observar ciertas precauciones a la hora de decidir sobre una secuencia de reenganche en particular. Si un generador está cerca del alimentador, reconexión no debe intentarse. El generador puede ser severamente dañado por las fuerzas eléctricas y mecánicas que se producen debido a la pérdida de sincronismo con el sistema.

#### **3.4.5 Relé Direccional (67).**

Las protecciones direccionales se pueden catalogar como un tipo particular de las protecciones de Sobrecorriente, porque al igual que estas, reaccionan a un valor prefijado de corriente, pero actúan cuando la potencia de falla circula en un sentido determinado (el sentido positivo de operación, en la protección de líneas, es de la barra a la línea donde está conectada la protección). (ecured@idict.cu, 2013).

Las protecciones direccionales constan de órganos de medidas (de corriente o de potencia), relés de tiempo y relés auxiliares, todos los cuales deben actuar para que el interruptor opere.

(ecured@idict.cu, 2013)

**Figura 3-2: Relé Direccional**



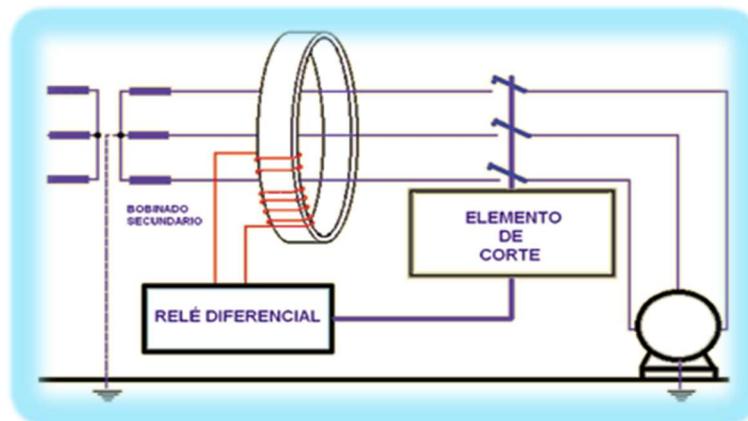
Fuente: ecured

### 3.4.6 Relé Diferencial (87).

El empleo de los relés diferenciales o interruptores diferenciales está pensado básicamente para instalaciones con régimen de neutro. La detección de la corriente diferencial se realiza mediante un transformador de corriente, generalmente con núcleo toroidal de baja dispersión y alta sensibilidad. A través del hueco del núcleo, se hacen pasar todos los conductores activos, (www.emb.cl, 2011)

Según se muestra en el grafico 3-1.

**Grafico 3-1: Esquema Relé Diferencial**



Fuente: [www.emb.cl](http://www.emb.cl), 2011

**Tabla 3:1: Nomenclatura de Relé ANSI**

21	Relé de Distancia
25	Relé de Sincronismo
27	Relé de Bajo Voltaje
32	Relé Direccional de Potencia
46	Relé de Inversión de Fase
50	Relé Instantáneo de Sobrecorriente
51	Relé de Sobrecorriente Temporizado
59	Relé de Sobre Tensión
67	Relé Direccional de Sobrecorriente
79	Relé de Re cierre
81	Relé de Frecuencia
87	Relé de Protección Diferencial

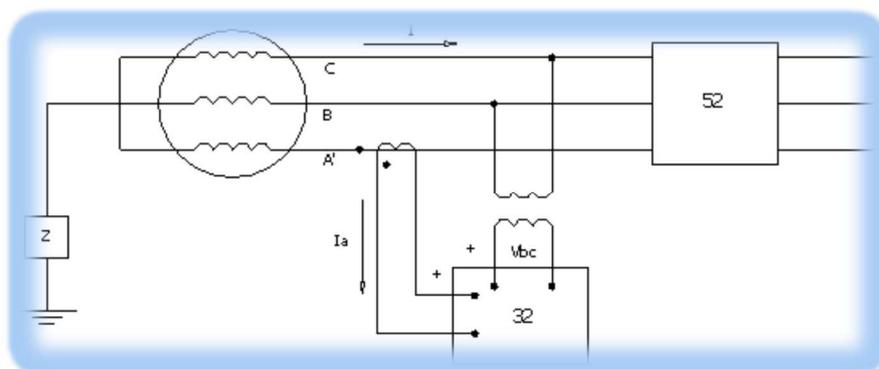
### **Relé Sobre/ Bajo Voltaje (59/27).**

El relevador de sobre voltaje responde a una magnitud de voltaje por encima de un valor especificado. “El relevador de bajo voltaje responde a una magnitud de voltaje por debajo de un valor especificado y tiene básicamente la misma construcción que un relevador de sobrevoltaje”. (Harper 2005,cap 4,pag 228)

### **3.4.7 Relé de Potencia (32).**

El relevador de potencia responde al producto de la magnitud del voltaje, la corriente y el coseno del ángulo de fase entre el voltaje y la corriente, y éste ajustada para operar por encima de un valor especificado. (Harper 2005,cap 4,pag 228), ver grafico 3-2.

**Grafico 3-2: Esquema de relé de Potencia Inversa**

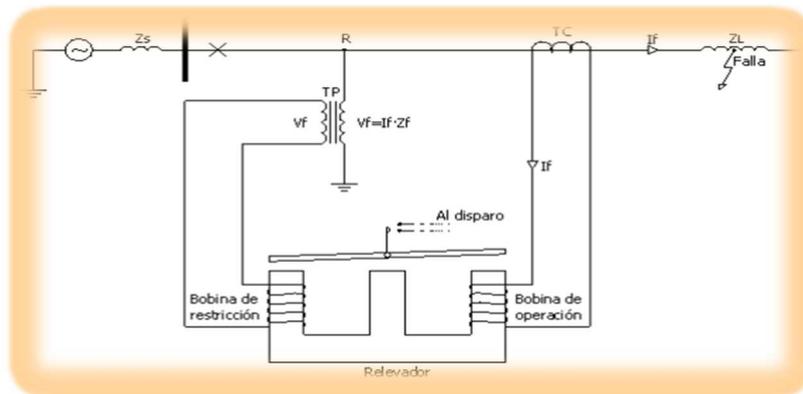


Fuente: Ramírez Samuel Castaño, Protección de los Sistemas Eléctricos, 2003, pag 230

### 3.4.8 Relé de distancia (21).

La protección de distancia tiene capacidad de distinguir entre fallas que ocurren en diferentes partes de un sistema, dependiendo de la impedancia medida. Esencialmente éste compara la corriente de falla vista por el relevador, contra el voltaje en el punto de localización del relevador para determinar la impedancia línea abajo hasta la falla. (Ramírez, 2003, pág. 185), ver gráfico 3-3.

Grafico 3-3: Relevador Basado en un Comparador de Amplitud

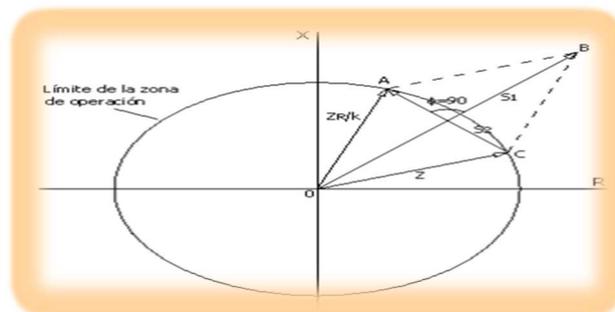


Fuente: Ramírez Samuel Castaño, Protección de los Sistemas Eléctricos, 2003, pag 187

### 3.4.9 Relé de impedancia.

El relevador de impedancia no toma en cuenta el ángulo de fase entre el voltaje y la corriente aplicada al relevador y por esta razón, su característica de operación en el plano X-R es un círculo con centro en el origen de coordenadas y un radio igual al ajuste de Z. El relevador opera para todos los valores de impedancia menores que la Z de ajuste. Ver gráfico 3-4. (Ramírez, 2003, pág. 188).

Grafico 3-4: Relevador de Impedancia, Usando un Comparador de Fase



Fuente: Ramírez Samuel Castaño, Protección de los Sistemas Eléctricos, 2003, pag 190

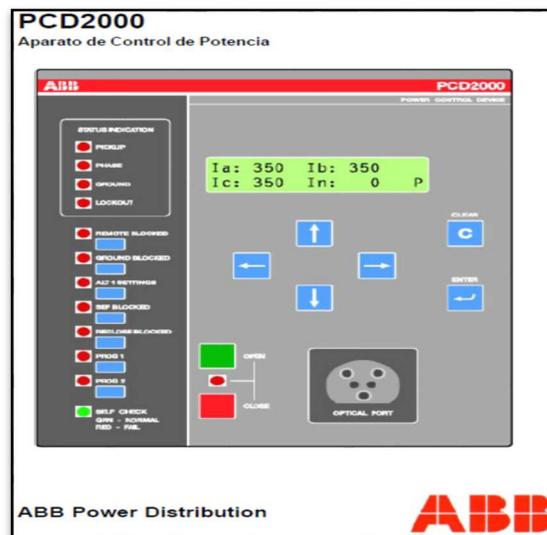
## Capítulo 4.

### 4 Relé De Protección Sobre Corriente Alimentador DPU2000 ABB.

El relé de Control PCD2000 es una unidad, basada en microprocesadores que proporciona numerosos elementos de protección a reconectadores diseñados para sistemas de automatización de distribución. La unidad combina monitoreo, control, protección, elementos de recierre y comunicaciones, medición exacta, perfil de carga y monitoreo de los sistemas de distribución. La figura 4.1 muestra el panel frontal del equipo.

El relé debe ser alimentado con una tensión de operación de 120 Vca fase-neutro, El PCD2000 se puede aplicar con transformadores de voltaje (tv's) conectados para operación a 69 o 120 Vac, o también 208 Vca fase-fase, y con señales para transformadores de corriente (tc's) con secundario de 5, o de 1 amperio, utiliza contactos auxiliares de interruptor 52a y 52b para señales de entradas lógicas.

Figura 4-1 Relé de Protección PCD 2000



Fuente: Manual, ABB Power Distribution

El PCD2000 usa una caja de tarjeta de seis ranuras las mismas son:

- ✓ Ranura A: Módulo de Fuente de Poder o UPS
- ✓ Ranura B: Módulo Actuador de Reconectador VR-3S (Tipo 2) o Módulo de I/O (e/s) Digitales (Tipo 1)

- ✓ Ranura C: Módulo de I/O (e/s) Digitales
- ✓ Ranura D: Módulo CPU
- ✓ Ranura E: Módulo de Comunicaciones
- ✓ Ranura F: Módulo de Entradas de TV/TC.

Debido a la capacidad del microprocesador, el PCD2000 proporciona las siguientes características en un paquete integrado:

- ✓ Interfaz Humano-Máquina (HMI) local
- ✓ Programación simple manejada por menús usando teclas de cuatro flechas, Enter (ingreso) y Clear (borrar).
- ✓ Pantalla iluminada de cristal líquido (LCD) despliega corrientes de fase (IA, IB, IC e IN) durante la operación normal e información de falla después de un disparo.
- ✓ Indicadores LED de estado en el panel frontal para tipo de falla: Pickup (enganche), Phase (fase), Ground (tierra), Lockout (bloqueo).
- ✓ Pulsadores de Open (abrir), Close (cerrar) en el panel frontal con indicadores LED de estado de reconectador/interruptor.
- ✓ Pulsadores en el panel frontal e indicadores LED de estado de: Remote Blocked (bloqueo remoto), Ground Blocked (tierra bloqueada), Alternate 1 Settings (ajustes alterno 1), SEF Blocked (bloqueo), Reclose Blocked (recierre bloqueado), PROG 1, PROG 2.
- ✓ Puerto de datos aislado ópticamente de montaje frontal para fácil descarga y carga de datos en sitio.
- ✓ Ajustes y controles protegidos con contraseña.
- ✓ Rango expandido de temperatura de operación, de -40°C a 70° C
- ✓ Alimentación de CA o CC para flexibilidad
- ✓ Cargador integrado de batería y monitoreo para unidades con alimentación de CA
- ✓ Medición: Corrientes, voltajes, vatios, VARes, vatios y VARes hora, factor de potencia, frecuencia
- ✓ Demandas pico de corriente, vatios y VARes con estampado de tiempo
- ✓ Capacidad de perfil de carga: Vatios, VARs y voltaje para 40, 80 o 160 días
- ✓ Totalización de trabajo de interrupción del reconectador y contador de operaciones del reconectador

- ✓ Tres grupos seleccionables de ajustes: Primary (primario), Alternate 1 (alterno 1), Alternate 2
- ✓ Protección de sobrecorriente temporizada e instantánea de fase: 51P, 50P-1, 50P-2, 50P-3 (Curvas ANSI, IEC, Reconectador y Programables por el Usuario)
- ✓ Protección de sobrecorriente temporizada e instantánea de tierra: 51N, 50N-1, 50N-2, 50N-3 (Curvas ANSI, IEC, Reconectador y Programables por el Usuario)
- ✓ Protección de sobrecorriente temporizada de secuencia negativa (I2): 46
- ✓ Recierre de múltiples operaciones: 79M
- ✓ Protección de sobrecorriente temporizada direccional de secuencia positiva de fase: 67P
- ✓ Protección de sobrecorriente temporizada direccional de secuencia negativa de tierra: 67N
- ✓ Dos elementos de deslastre, dos de restauración y dos de sobre frecuencia: 81S-1/2, 81R-1/2, 81O-1/2
- ✓ Elementos de bajo voltaje monofásico y trifásico y de sobre voltaje monofásico: 27-1P, 27-3P, 59-1P y 59-3P
- ✓ Detección de falla de interruptor
- ✓ Elemento de enganche de carga en frío
- ✓ Elemento de coordinación de secuencia de zona
- ✓ Algoritmo de localización de fallas estima la resistencia de falla y la distancia a la misma
- ✓ El almacenamiento de datos oscilográficos captura 64 ciclos de datos de forma de onda de corriente y de voltaje
- ✓ Resumen de fallas y registro detallado de fallas para los últimos 32 disparos
- ✓ Registro de operaciones (secuencia de eventos) para las últimas 128 operaciones
- ✓ Hasta 16 entradas de contacto binarias programables por el usuario (dependiendo de la configuración ordenada)
- ✓ Hasta 15 salidas de contacto binarias programables por el usuario (dependiendo de la configuración ordenada)
- ✓ Auto-diagnóstico continuo en la fuente de poder, elementos de memoria y microprocesador

- ✓ Reloj respaldado por batería mantiene la fecha y hora durante interrupciones de la fuente de poder
- ✓ Puerto posterior aislado doble RS-232 y RS-485 (activo únicamente uno a la vez)
- ✓ Tarjeta opcional de comunicaciones de fibra óptica para mejores comunicaciones libres de ruido
- ✓ Despliegue de medición y protección formateado ANSI o IEC
- ✓ HMI configurado ANSI o IEC.

Se presenta la tabla 4-1, de valores nominales y tolerancias del equipo, relacionados con la fuente de alimentación, la corriente del equipo de entrada y salida la frecuencia, etcétera.

Tabla 4:1: Tabla de Parámetros del PCD 2000.

Parámetro	Valor		
<b>Circuitos entradas corriente</b> Valor nominal entrada  Carga de entrada Frecuencia <b>Circuitos entradas voltaje</b> Carga 69/120 V Y 120/208 V delta Frecuencia	5 A (16 A continuos y 450 A por 1 segundo) 1 A (3 A continuos y 100 A por 1 segundo)  Menor que 0.1 VA @ 5 A 50 o 60 Hz Valor nominal de voltaje en base al ajuste de conexión de los TV 0.04 VA para V fase-N a 120 Vca 160 V continuos y 480 V por 10 segundos 260 V continuos y 480 V por 10 segundos 50 o 60 Hz		
<b>Circuitos de entrada binaria (contactos)</b> Carga	0.075 VA a 24 Vcc 0.140 VA a 48 Vcc 0.360 VA a 125 Vcc 0.730 VA a 250 Vcc		
<b>Carga de Potencia de Control</b>	120 Vca a 0.17 A, Rango = 102 a 132 Vca 24 Vcc a 0.70 A, Rango = 19 a 28 Vcc 48 Vcc a 0.35 A, Rango = 38 a 56 Vcc 125 Vcc a 0.16 A, Rango = 70 a 150 Vcc 250 Vcc a 0.8 A, Rango =200 a 280 Vcc		
<b>Valor nominal de contacto de salida binaria</b> Cada contacto a Disparo	120 Vca 30 A	125 Vcc 30 A	250 Vcc 30 A
Continuamente Corte (Inductivo)	5 A 2 A	5 A 0.3 A	5 A 0.1 A
Rango de temperatura de operación	- 40°C a + 70°C (temperaturas menores que -20°C pueden reducir la visibilidad de la pantalla LCD)		
<b>Tolerancias sobre rango de temperatura de -30°C a +70°C</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Enganche</b>	<b>Desenganche</b>	<b>Temporización (el mayor de los dos)</b>
51P/51N 50P/50N 46/67P	± 3% del ajuste ± 7% del ajuste ± 3% del ajuste 51P	98% del ajuste 98% del ajuste 98% del ajuste	± 7% o +/- 16 milisegundos ± 7% o +/- 16 milisegundos ± 7% o +/- 16 milisegundos
67N 27/59/81V/79V 81	± 3% del ajuste 51N ± 3% del ajuste ± 0.01 HZ	98% del ajuste 99.5% del ajuste ± 0.01 HZ	± 7% o +/- 16 milisegundos ± 7% o +/- 16 milisegundos ± 1 ciclo
Amperímetro Voltímetro Medidor de potencia Frecuencia	± 1% del ajuste de enganche de sobrecorriente temporizada de 51P y 51N ± 1% del ajuste de conexión de TV ± 2% de I x V, ajuste de enganche de 51P x ajuste de conexión de TV ± 0.01 HZ de 30-90 HZ a 120 Vca entrada en VA		

Parámetro	Valor
<b>Inmunidad a transitorio</b>	Capacidad de soporte a frentes de onda SWC y prueba de transiente rápido según ANSI C37.90.1 e IEC80 255-22-1 clase II para todas las conexiones, excepto puertos de comunicaciones o AUX  Puertos aislados de comunicaciones y AUX según la norma ANSI C37.90 usando la Onda de Prueba oscilatoria SWC únicamente y según la norma IEC 80255-22-1 clase II y 80255-22-4 clase II Prueba de aguante de impulso de voltaje según la norma IEC80255-5 Prueba de EMI para ensayo use la norma ANSI C37.90.2
<b>Humedad</b>	Según la norma ANSI C37.90, hasta 95% sin condensación
<b>Dieléctrico</b>	3,150 Vcc por 1 segundo, todos los circuitos a tierra excepto los puertos de comunicaciones según la norma IEC80255-5 2333 Vcc por 1 segundo para puertos aislados de comunicaciones

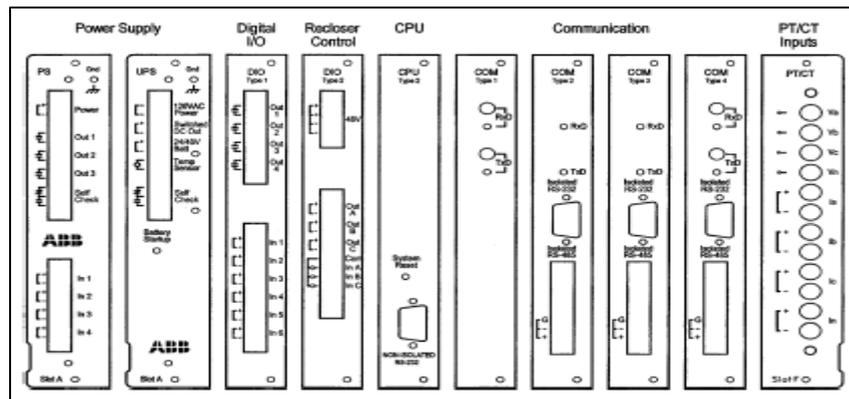
Fuente: Manual pcd 2000, pag, 1-5.

## 4.1 Módulos.

### 4.1.1 Conexiones de la bornera posterior.

Conexiones de voltaje nominal en la bornera del PCD2000, se presenta la figura 4.1

Figura 4-1: Conexiones posterior.



Fuente: manual pcd2000, pag 5-13

Power Supply = Fuente de Poder

Digital I/O = E/S digital

Recloser control = Control de reconectador

Communication = Comunicación

PT/CT = TV/TC

Gnd = Tierra

Power = Potencia

Out = Salida

Switched DC Out = Salida CC Conmutada

Temp Sensor = Sensor de temperatura

Self Check = Auto prueba

Battery Startup = Arranque con batería

DIO = Entradas y salidas digitales

Slot = Ranura

Type = Tipo

System reset = Reposición sistema

Isolated = Aislado

#### 4.1.2 Fuente de Poder.

Fuente de Poder Ininterrumpible UPS, con alimentación de voltaje de CA, Slot A (ranura A) del PCD2000, con voltaje: 120 Vca o 240 Vca. Cuando se especifica 240 Vca, se requiere un transformador. Se usa principalmente en aplicaciones con un sistema de batería con respaldo montado en el gabinete de control del reconector y mantiene una carga en el sistema de batería para operación ininterrumpida en caso de falla de la energía principal. Ver figura 4-2.

Una salida de cc auxiliar, está distribuida desde el módulo UPS a otros aparatos conectados externamente dentro del gabinete de control del reconector. La salida máxima de la salida de cc conmutada tiene un valor nominal de 5 amperios. Una conexión recomendada debe limitarse a  $\leq 0.25$  amp, para permitir que el módulo también mantenga una carga adecuada en el sistema de batería. Ver figura 4-2.

Figura 4-2: Tarjeta fuente de poder.



Fuente: Manual ABB, pag, 1-10.

Fuente: Elaboración propia

UPS - Fuente de Poder Ininterrumpible

Gnd = Tierra

120 VAC Power = Potencia 120 Vca

Switched CD Out = Salida de CC conmutada

24/48V Batt = Batería 24/48 Vcc

Temp Sensor = Sensor temp.

Self Check = Auto prueba

Battery Startup = Arranque bateria

Slot = Ranura

El rango de voltaje de operación es de -15% a +10% o, 102 a 132 Vca.

El módulo UPS soporta únicamente baterías de 24 y 48 Vcc. Deben ajustarse los puentes J3 y J11, a la misma posición para una operación adecuada.

#### 4.1.3 Entradas y salidas digitales.

El Módulo DI/O Tipo 1, proporciona 4 salidas binarias y 6 entradas binarias. Estas entradas y salidas binarias se pueden dirigir para regular una variedad de funciones lógicas usando el software de configuración WinPCD. El módulo DI/O se usa típicamente en aplicaciones de modernización de reconector con el módulo UPS. Los módulos DI/O y UPS son sumamente adecuados para sistemas de batería. Las 4 salidas binarias (contactos) tienen una configuración por defecto de fábrica normalmente abiertas (NO), las salidas binarias 2, 3 y 4 se pueden configurar como salidas normalmente cerradas (NC), retirando tres puentes color naranja etiquetados como J1, J2 y J3 en la tarjeta de circuito impreso. Ver figura 4-3.

Figura 4-3: Entradas y salidas digitales



Fuente: Manual ABB, pag, 1-11

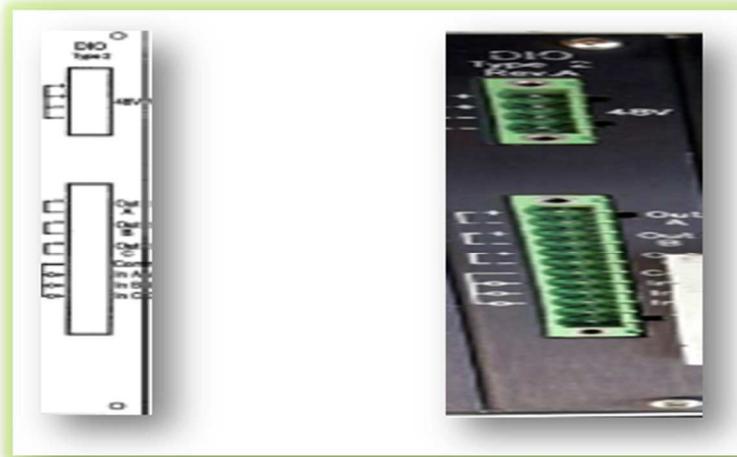
Fuente: Elaboración propia

- DIO = Entradas y Salidas Digitales
- Type = Tipo
- Out = Salida
- In = Entrada

#### 4.1.4 Actuador de Reconectador.

El DI/O Tipo 2, está diseñado específicamente para uso con el reconectador VR-3S. Proporciona 3 salidas binarias y 3 entradas binarias del VR-3S. Este módulo Actuador de Reconectador está configurado para operación óptima con el módulo PS. Ver figura 4-4.

Figura 4-4: Actuador de reconectador.



Fuente: Manual ABB, pag, 1-12

Fuente: Elaboración propia

- DIO = Entradas y Salidas Digitales
- Type = Tipo
- Out = Salida
- In = Entrada

#### 4.1.5 Centro de control CPU.

El módulo CPU es el centro de control para el PCD2000, el panel posterior tiene un pulsador “System reset” (reposición del sistema) y un puerto no aislado de comunicaciones RS-232. Al Presionar el pulsador reinicia el programa interno de arranque. Siempre que se ejecuta una reposición del sistema toda la información almacenada y ajustes son grabados. Ver figura 4-5

El puerto no aislado RS-232 se proporciona para comunicación temporal con un aparato local tal como una PC, laptop, que está siendo usada para actualizar el firmware (programa interno) del PCD2000. Para conexiones permanentes se usa un módulo de comunicaciones (Tipo 3 o

Tipo 4) que puede suministrar un puerto de comunicación aislado RS-232 o RS-485 y/o un puerto de interfaz de comunicaciones en lazo de fibra óptica. Cuando está instalado un módulo de comunicaciones, el puerto no aislado RS-232 del módulo CPU será desactivado. Ver figura 4-5.

**Figura 4-5: Unidad central de proceso.**



Fuente: Manual ABB, pag, 1-13

Fuente: Elaboración propia.

- CPU = Unidad Central de Proceso
- System Reset = Reposición del Sistema
- Non-Isolated = No aislado

#### **4.1.6 Comunicaciones.**

El relé puede ser operado con dos modulo

- 1.- El módulo de comunicaciones COM Tipo 3.
- 2.- El módulo de comunicaciones COM Tipo 4.

Los cuales cada uno son importante, y tienen la siguiente característica: El módulo de comunicaciones COM Tipo 3 proporciona un puerto aislado RS-232 con handshacking (inicio de comunicación) seleccionable RTS/CTS y puerto RS-485 en el panel posterior del PCD2000, para instalación en la ranura Slot E. ver figura 4-6.

**Figura 4-6: Tarjeta de comunicaciones**



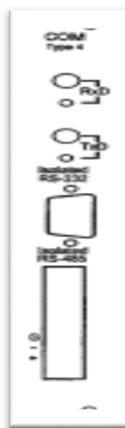
Fuente: Manual ABB, pag, 1-14

Fuente: Elaboración propia

- COM = Comunicaciones
- Type = Tipo
- Isolated = Aislado

El módulo de comunicaciones COM Tipo 4 proporciona un puerto aislado RS-232, puerto RS-485 y puerto de fibra óptica en el PCD2000. Ver figura 4-7.

**Figura 4-7: Tarjeta de comunicaciones**



Fuente: Manual ABB, pag, 1-15

- COM = Comunicaciones
- Type = Tipo
- Isolated = Aislado

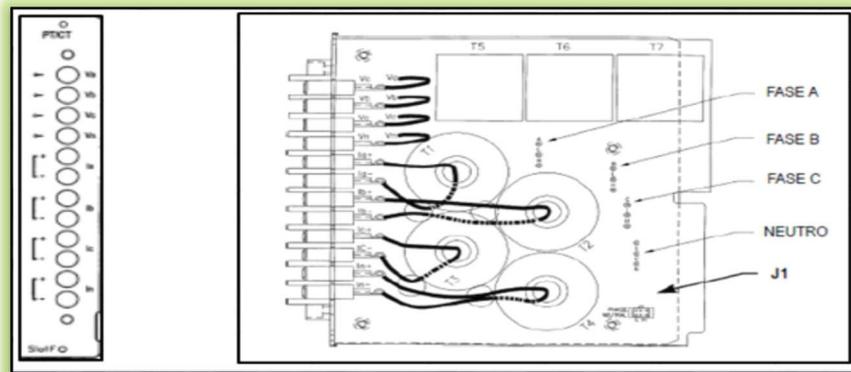
#### 4.1.7 Entradas de corrientes y voltajes.

El módulo TV/TC acepta 4 entradas de voltaje y 4 entradas de corriente

El módulo TV/TC está disponible para uso con tres TC de relación: 1000:1 y 600:1

El módulo TV/TC debe instalarse en la Slot E (ranura E) de la plataforma PCD2000, ver figura 4-8.

**Figura 4-8: Conexiones de corriente y voltaje.**



Fuente: Manual ABB, pag 1-17.

**Tabla 4:2: Ajustes de Toma del Módulo TC para Corrientes de Fase y Neutro**

Modulo TC	Ajuste de Toma	Rango para Fases	Rango para Neutro
600:1 (Tipo 1 o 2)	Low (bajo)	50 a 800 A Primario	25 a 400 A Primario
	High (alto)	100 a 1600 A Primario	50 a 800 A Primario
1000:1 (Tipo 3 o 4)	Low (bajo)	50 a 800 A Primario	25 a 400 A Primario
	High (alto)	100 a 1600 A Primario	50 a 800 A Primario
Reconector (Tipo 5 o 6)	Low (bajo)	0.2 a 3.2 A Secundario	0.2 a 3.2 A Secundario
	High (alto)	1 a 16 A secundario	1 a 16 A secundario
600:1 (Tipo 7 o 8)	Low (bajo)	20 a 320 A Primario	10 a 160 A Primario
	High (alto)	100 a 1600 A Primario	50 a 800 A Primario
1000:1 (Tipo 9 o A)	Low (bajo)	20 a 320 A Primario	10 a 160 A Primario
	High (alto)	100 a 1600 A Primario	50 a 800 A Primario

Fuente: Manual ABB, pág., 1-16.

El módulo TV/TC del PCD2000 se puede configurar para dos ajustes de toma: Toma HIGH (alta) y toma LOW (baja). Ajustes de los transformadores de corriente para fase y neutro, se pueden observar en la tabla 4-2. En la tabla 4-3, se muestra los ajustes de conexiones de los transformadores de corriente y de los transformadores de voltaje.

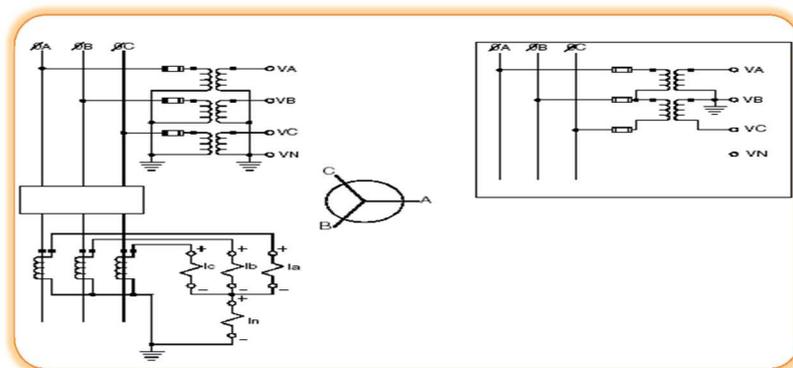
**Tabla 4:3: Tabla 4:4: Tolerancias de corriente y voltaje.**

Abreviación HMI	Nombre y Descripción del WinPCD
SE CT Ratio (relación to)	Especificación de la relación del TC que monitorea la corriente a tierra (para unidades ordenadas con la opción de Falla a Tierra Sensitiva). El rango de ajuste es de 1 a 2000 con un incremento de 1. El valor por defecto es 100
VT Ratio (relación tv)	VT Ratio (relación de TV) Especificación de la relación de los transformadores de potencial (TV's o TP's) conectados a las entradas de voltaje en el módulo TV/TC. El rango de ajuste es de 1 a 2000 con un incremento de 1. El valor por defecto es 100
VT Conn: (conexión tv)	VT Connection (conexión de TV) Especificación de la configuración del cableado de los transformadores de potencial (TV's o TP's) conectados a las entradas de voltaje en el módulo TV/TC. Las alternativas son 80V o 120V Estrella (fase-a-tierra); o 120V o 208V Delta (fase-a-fase). El valor por defecto es 120 V Estrella
Pos Seq X/M (sec pos)	Positive Sequence Reactance/Mile (reactancia/milla de secuencia positiva) El rango de ajuste es de 0.001 a 4 Ohmios primarios con un incremento de 0.001. El valor por defecto es de 0.001
Pos Seq R/M (sec pos)	Positive Sequence Resistance/Mile (resistencia/milla de secuencia positiva) El rango de ajuste es de 0.001 a 4 Ohmios primarios con un incremento de 0.001. El valor por defecto es de 0.001
Zero Seq X/M (sec cero)	Zero Sequence Reactance/Mile (reactancia/milla de secuencia cero) El rango de ajuste es de 0.001 a 4 Ohmios primarios con un incremento de 0.001. El valor por defecto es de 0.001
Zero Seq R/M (sec cero)	Zero Sequence Resistance/Mile (resistencia/milla de secuencia cero) El rango de ajuste es de 0.001 a 4 Ohmios primarios con un incremento de 0.001. El valor por defecto es de 0.001
Line Length (longitud línea)	Line Length (longitud de línea millas) El rango de ajuste es de 0.1 a 50 millas. El valor por defecto es de 0.1
Phase Rotation (rotación fase)	Phase Rotation (rotación de fase) La especificación de rotación de fase en uso en la línea protegida. Las alternativas son ABC (por defecto) o ACB
Frequency (frecuencia)	Frequency (frecuencia) La especificación de frecuencia en uso en la línea protegida. Las alternativas son 50 Hz o 60 Hz (por defecto)

Fuente: Manual ABB

Conexiones externas típicas se muestran en el grafico 4-1.

**Grafico 4-1: conexiones externas típicas**



Fuente: manual pcd2000, pag 1-19.

#### **4.1.8 Carga de la Batería y Capacidad.**

Una batería de 8 A-h 48 V cargada totalmente debe soportar una configuración promedio de PCD2000 durante un día, consume alrededor de 0.2 A a 48 V o 0.4 A a 24 V.

El UPS apaga al PCD2000 y desconecta la Salida Conmutada de CC cuando el voltaje de la batería cae a 40 V para una batería de 48 V (20 V en una batería de 24 V).

##### **4.1.8.1 Operación sin Batería.**

El PCD2000 con módulo UPS puede operarse en forma segura sin una batería conectada para propósitos de prueba y configuración. Sin embargo, una batería adecuada debe estar siempre conectada cuando el sistema está en servicio.

##### **4.1.8.2 Salida Conmutada de CC.**

La Salida conmutada de CC no está protegida contra corto circuitos. Es recomendable por lo tanto que se instale una resistencia externa limitadora y fusible en serie con la Salida conmutada de CC.

Resistencia: 3 Ohmios, 10%, 25W alambre enrollado, Ohmite L25J3R0 o equivalente

Fusible: 2.5 A, acción rápida.

#### **4.2 Interfaz Humano-Máquina (HMI).**

Esta sección describe la Interfaz Humano-Máquina del panel frontal. Los controles de la HMI se pueden usar para controlar directamente el reconectador/interruptor o PCD2000, para cambiar los ajustes del PCD2000 y para ver información almacenada dentro de la unidad PCD2000, en el grafico 3-8, se muestra un diagrama de árbol.

##### **4.2.1 LED indicadores de estado.**

- ✓ Pickup. (enganche) Indica que la corriente en las fases o neutro superan el ajuste mínimo de enganche programado en cualquiera de los elementos de sobrecorriente del PCD2000 (51P, 51N, 50P-1, 50P-2, 50P-3, 50N-1, 50N-2, 50N-3, 46, 67P o 67N).

- ✓ Phase. (fase) Indica que ha ocurrido una falla de sobrecorriente en una de las fases.
- ✓ Ground. (tierra) Indica que ha ocurrido una falla de sobrecorriente en el neutro.
- ✓ Lockout. (bloqueo) Indica que el reconectador/interruptor ha completado su secuencia programada de recierre y ha sido bloqueado con el reconectador/interruptor en la posición abierto.

#### **4.2.2 Self-Check.**

Auto-chequeo, Indica el estado funcional del PCD2000.

- ✓ Green. (verde) indica que el PCD ha pasado exitosamente su prueba de diagnóstico interno y está funcionando adecuadamente.
- ✓ Red. (rojo) indica que el PCD ha fallado su prueba de diagnóstico interno. Cuando el indicador Self-Check (auto-chequeo) está encendido, todos los elementos de protección están desactivados, el contacto dedicado de Self-test (auto-prueba) en el panel posterior (en el Power Supply (fuente de poder) o módulo UPS) se desconectará y los contactos de alarma son activados. Reemplace la unidad tan pronto como sea posible.

#### **4.3 Botones De Control Con Led Indicadores.**

##### **Remote Blocked (bloqueado remoto).**

Cuando está encendido, todos los comandos remotos recibidos a través del puerto posterior de comunicaciones.

La condición de Remote Block (bloqueo remoto) se puede activar ya sea presionando el pulsador Remote Blocked (bloqueo remoto) en el panel frontal O usando la entrada lógica Remote Blocked (bloqueo remoto) (RBI).

El LED del panel frontal se iluminará desde cualquier fuente de bloqueo. Se genera además una salida lógica (RBA) que puede ser dirigida a una salida física usando las I/O.

El control SCADA se refiere a cualquier protocolo de comunicaciones soportado tal como Modbus, ASCII, Modbus, RTU o DNP 3.0

### **Ground Blocked (tierra bloqueada).**

Cuando está iluminada, las siguientes funciones de sobrecorriente a tierra están desactivadas: 50N-1, 50N-2, 50N-3, 51N y 67N. Además, el elemento SEF, si está disponible, está bloqueado. La condición Ground Block (tierra bloqueada) se puede activar de cualquiera de tres maneras: (1) Presionando el pulsador Ground Blocked (tierra bloqueada) en el panel frontal, (2) Usando la entrada lógica Ground Torque Control (GRD) (control de torque a tierra), o, (3) Usando los puntos de SCADA Ground Block/Unblock (bloquear/desbloquear tierra).

### **Alt 1 Settings (ajustes).**

Cuando está iluminado, el grupo Alternate Settings 1 (grupo alternativo 1) está activo. “A1” se desplegará además en la esquina inferior derecha de la pantalla LCD (se desplegará “P” para Primary Settings (ajustes primarios) y “A2” por el grupo Alternate Settings 2 (ajustes alternos 2). Para usar los A1, se los puede activar ya sea presionando el pulsador Alt 1 Settings (ajuste alternativo 1) del panel frontal O usando la entrada lógica Alt Settings 1. Esto podría usarse para colocar ajustes orientados a “seguridad” en lugares ubicados convenientemente durante operaciones de mantenimiento.

### **SEF Blocked (SEF bloqueado).**

Cuando está iluminado el elemento Sensitive Earth Fault (falla a tierra sensitiva) está bloqueado. El control SEF Blocked (bloqueo SEF) trabaja esencialmente lo mismo como el Ground Blocked (bloqueo de tierra) excepto que éste afecta a la unidad SEF únicamente. La condición SEF Blocked (bloqueo SEF) se puede activar ya sea presionando el pulsador SEF Blocked (bloqueo SEF) en el panel frontal O usando la entrada lógica SEF Blocked (bloqueo SEF). El LED del panel frontal se iluminará con cualquier fuente de bloqueo de SEF, y además si está activada Ground Blocked (tierra bloqueada).

### **Reclose Blocked (bloqueo recierre).**

El control Reclose Blocked (recierre bloqueado) se usa para desactivar el elemento 79 (reclose) (recierre). La condición recierre bloqueado, se puede activar de tres maneras: (1)

Presionando el pulsador Reclose Blocked, (2) Usando la entrada lógica de activación de recierre (43A), o, (3) Usando los puntos Block/Unblock (bloqueo/desbloqueo) 43A de SCADA. El LED del panel frontal iluminará para cualquier fuente de bloqueo.

#### **PROG 1.**

Presionando este pulsador iniciará una secuencia de prueba de batería, el indicador led permanecerá iluminado durante la ejecución de la prueba.

#### **PROG 2.**

Presionando este pulsador simulará una corriente de falla de 2.0 por unidad en todas las fases y tierra. Aunque la falla es simulada el PCD2000 responderá como si una corriente de falla real hubiera sido aplicada. Cuando el PCD dispara en la falla simulada, la corriente de falla irá automáticamente a cero permitiendo que el interruptor despeje adecuadamente. Cuando es detectada la apertura del interruptor, se sale del modo de prueba.

Presionando el botón “C” en el panel frontal también abortará la prueba.

#### ***4.4 Led de estado de reconectador /interruptor y controles directos. (Recloser/Breaker Status LED and Direct Controls).***

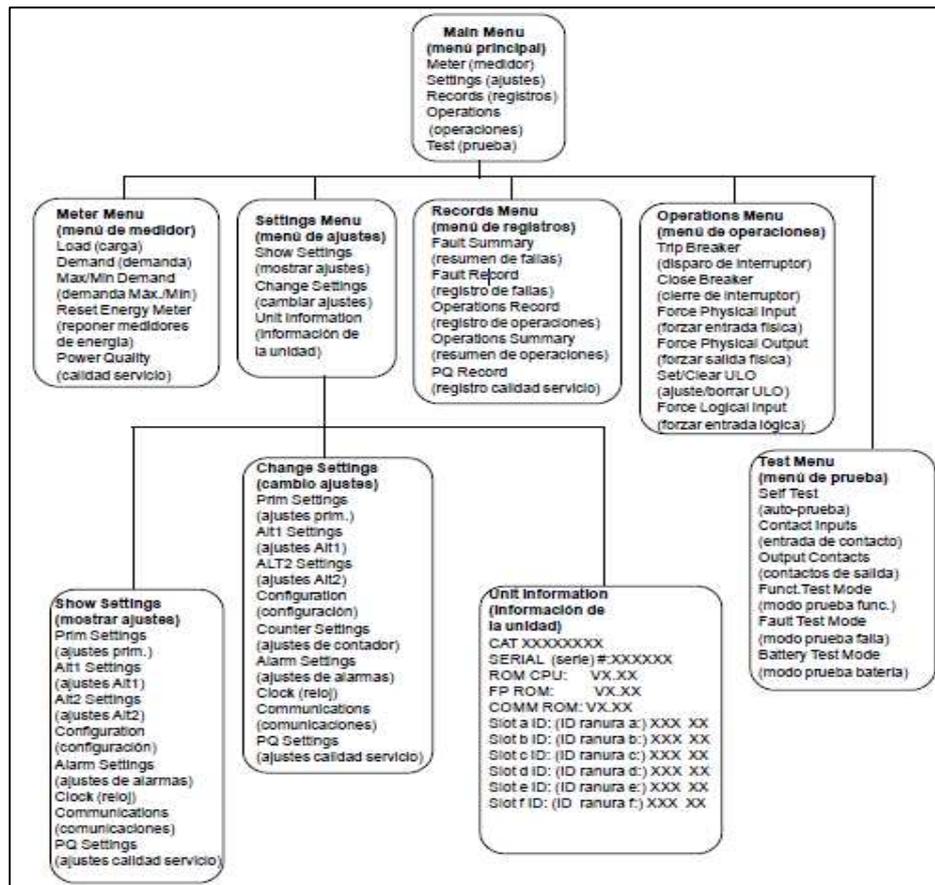
Presionando el pulsador CLOSE, envía una señal de cierre al reconectador/interruptor. Las unidades ANSI tienen un pulsador rojo de cierre, mientras que las unidades IEC tienen un pulsador verde de cierre.

(Si una unidad es ANSI o IEC es designada con el primer dígito en el número de catálogo del PCD2000: 8 = ANSI, y 9 = IEC).

Las unidades con el firmware (programa interno) versión 1.15 o más reciente tienen una característica que permite un retardo de tiempo fijo antes de cerrar el reconectador/interruptor. Este ajuste es accesible vía el menú Configuration Settings (ajustes de configuración) del HMI o el software WinPCD. El ajuste Close Delay Time (retardo de tiempo de cierre) permitirá un retardo de 0 a 250 segundos después de presionar el pulsador de cierre antes de cerrar el reconectador/interruptor.

El pulsador OPEN (abrir) envía una señal de disparo al reconector/interruptor.

**Grafico 4-2: Interfaz Humano-Máquina (HMI)**



Fuente: Manual ABB, pag. 3-8.

#### 4.4.1 Menú de ajustes (Settings Menú).

Hay tres opciones básicas:

Receive Data from Unit (recibir datos de la unidad)

Send Database to Unit (enviar datos de la base de datos a la unidad)

Send Unit Data to Database (enviar datos de la unidad a la base de datos)

**Recibir datos**, desplegará datos de la unidad en la pantalla únicamente. **Enviar datos** enviará datos de la base de datos a la unidad o viceversa.

Escoger una opción de enviar datos reemplazará los datos en el destino con los datos de la fuente.

## Pasos para cambiar ajustes.

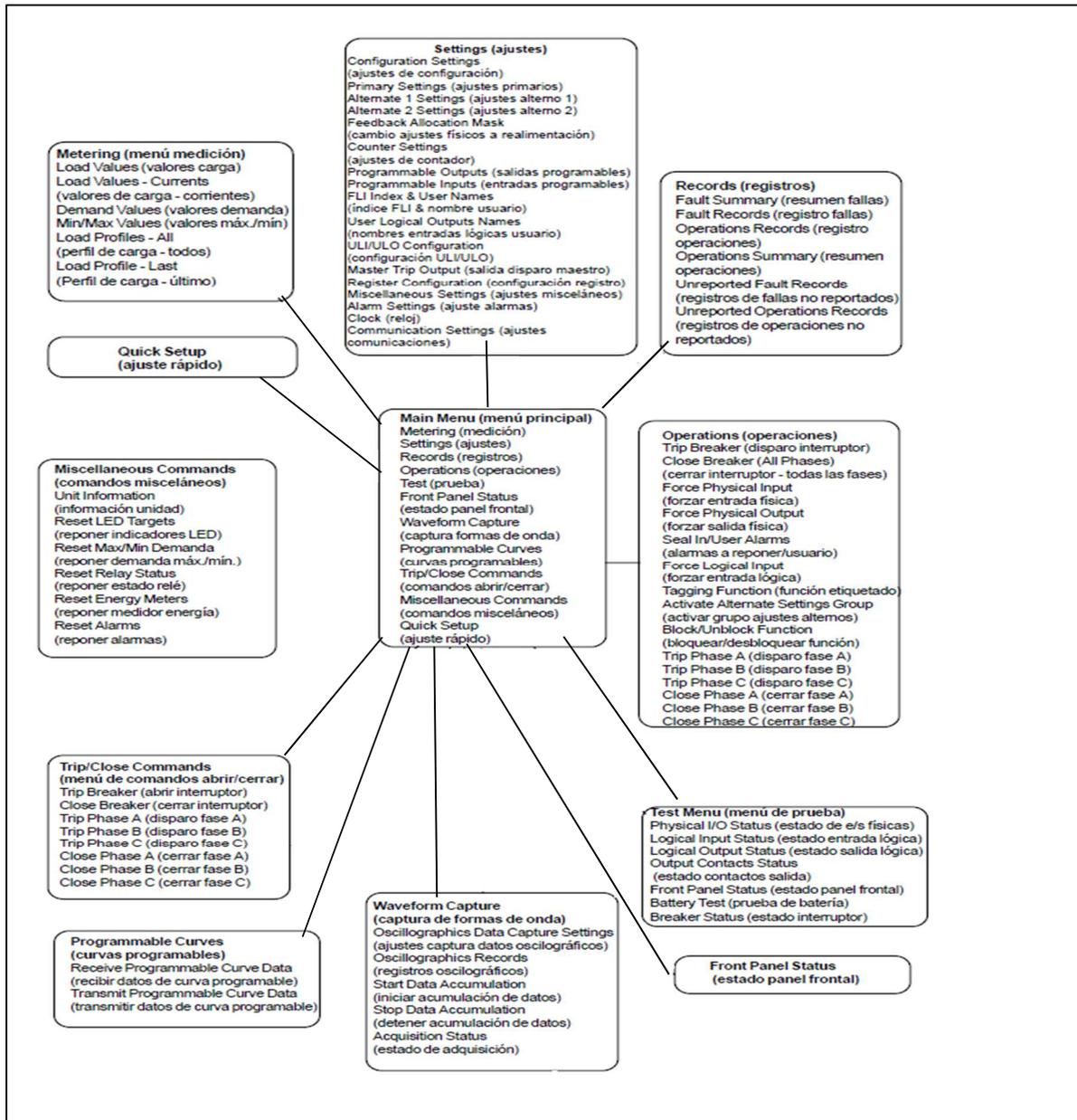
- Del Explorador Enterprise – WinPCD resalte la unidad que quiere programar y escoja [Manage] (administrar)
- Del menú Manage Unit (administrar la unidad) escoja (Database & Unit Value] (base de datos y valor de la unidad) para programación en línea o [Database values] (valores de base de datos) para programación fuera de línea.
- Del menú Unit Information (información de la unidad), escoja [Proceed] (proceder). Si Ud. no llega satisfactoriamente a este menú, verifique su enlace de comunicaciones con el PCD2000 y trate nuevamente.
- Del Main menu (menú principal) resalte “Settings” (ajustes) y escoja [Detail] (detalles).
- Del Settings Menu (menú de ajustes) resalte el grupo de ajustes que quiere cambiar y escoja [Details] (detalles).

Setting (ajuste) – lista el nombre del ajuste.

Database Value (valor de base de datos) – esta columna muestra el valor para el ajuste almacenado en la base de datos en su PC local.

Actual Unit Value (valor real de la unidad) – esta columna muestra el valor real almacenado en el PCD2000.

Grafico 4-3: Menú principal del WinPCD



Fuente: Manual ABB, pag. 4-6.

#### 4.5 Protección.

Los sistemas de distribución están diseñados para operar en forma segura con aparatos de protección para detectar y aislar fallas, limitando el tiempo y magnitud de las interrupciones del sistema de potencia. Los elementos de los relés de protección utilizados dentro del PCD2000 son importantes para conseguir una potencia segura y confiable para los usuarios

evitando grandes pérdidas de energía debido a apagones innecesarios de equipos o daño de los mismos como resultado de una falla o sobrecarga.

La aplicación de elementos de relés de protección en un sistema de potencia se obtiene del conocimiento y experiencia puesto que existe una filosofía involucrada hacia hacer las selecciones apropiadas, entender cómo operan los elementos de protección con relés dentro del PCD2000. La máxima protección, mínimo costo de equipos, alta sensibilidad a las fallas, insensibilidad a corrientes normales de carga y selectividad en aislar una sección pequeña en el sistema es el objetivo de un sistema de distribución bien coordinado. Ver tabla 4-5.

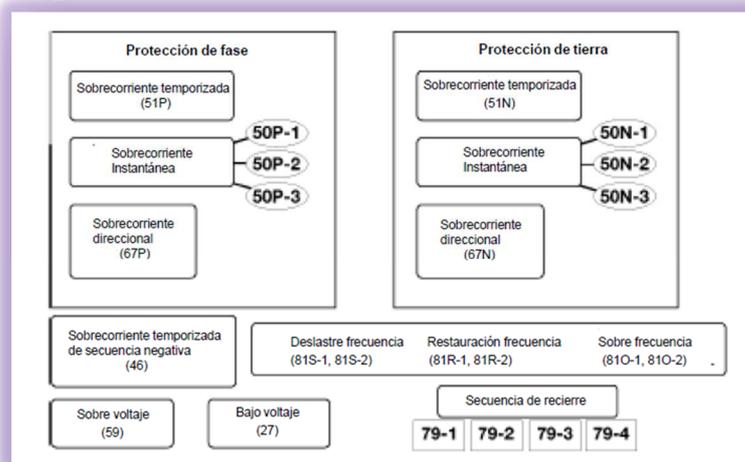
**Tabla 4:5: Ajustes de Configuración de los Elementos de Protección**

Setting (ajuste)	Descripción
Protection Mode (modo de protección)	El comportamiento de la protección se puede basar ya sea en valores fundamentales (por defecto) o RMS
Alternate 1 Settings (ajustes alterno 1)	Si desea usar el grupo de ajustes Alternate 1 (alterno 1), este ajuste debe ser activado (por defecto está desactivado)
Alternate 2 Settings (ajustes alterno 2)	Si desea usar el grupo de ajustes Alternate 2 (alterno 2), este ajuste debe ser activado (por defecto está desactivado)

Fuente: Manual ABB, pag, 5-1.

Elementos de Protección del PCD2000 - Designaciones ANSI, ver gráfico 4-4.

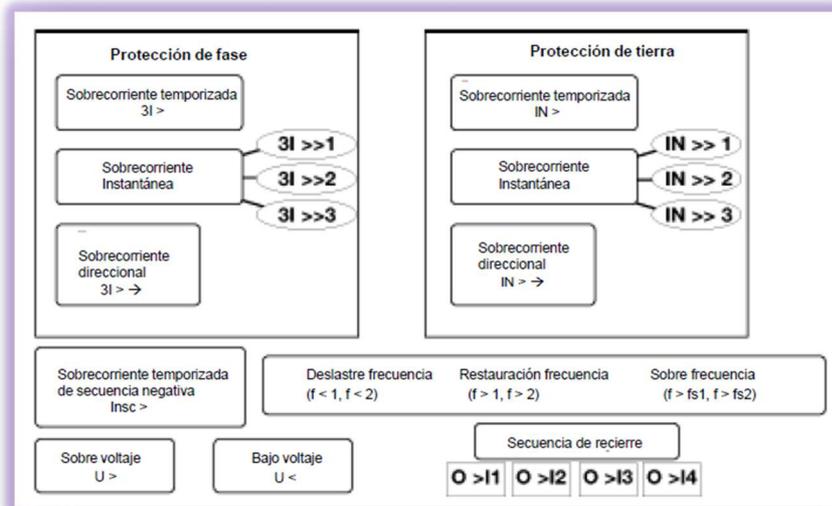
**Gráfico 4-4: Designaciones ANSI**



Fuente: Manual ABB, pag, 5-2.

Elementos de Protección del PCD2000 - Designaciones IEC, ver gráfico 4-5

**Grafico 4-5: Designaciones IEC**



Fuente: Manual ABB, pag, 5-2.

Lista de Número de Aparato de los elementos del PCD2000, ver tabla 4-6.

**Tabla 4:6: Relés del PCD2000**

Element Device Number (número de aparato del elemento)	Function (función)
27   U <	Undervoltage (bajo voltaje)
32	Directional Power (potencia direccional)
46   Insc >	Negative Sequence Current (corriente de secuencia negativa)
50   3I >>	Instantaneous Overcurrent (sobrecorriente instantánea)
51   3I >	Inverse Time Overcurrent (sobrecorriente temporizada inversa)
59   U >	Overvoltage (sobre voltaje)
67   3I > ->	Directional Overcurrent (sobrecorriente direccional)
79   O	Recloser (recierre)
81   f	Frequency (frecuencia)

Fuente: Manual ABB, pag, 5-3.

#### 4.5.1 Elemento de sobrecorriente temporizada de fase.

El elemento 51P de sobrecorriente temporizada de fase se ajusta en base a la corriente secundaria del TC conectado a las entradas de corriente de fase: IA, IB, IC.

Se usa tanto en protección primaria como de respaldo. El elemento de sobrecorriente temporizada proporciona una característica de retardo de tiempo versus corriente para disparo usando una característica de curva temporizada inversa.

#### 4.5.2 Elemento de sobrecorriente temporizada de tierra.

El elemento 51N de sobrecorriente temporizada de tierra o residual, se ajusta en base a la corriente secundaria del TC conectado a la entrada de corriente del neutro, el ajuste del 51N se expresa en amperios primarios.

El elemento proporciona una característica de retardo de tiempo versus corriente para disparo. El elemento 51N puede ser activado o desactivado en los grupos de ajustes. Las curvas tiempo corriente ANSI, IEC y de Reconectador (hidráulico) están incluidas en el PCD2000, ver tabla 4-7.

Tabla 4:7: Ajustes del elemento 51N (IN>).

Setting (ajuste) 51N (IN>)	Descripción
51N Curve Select (seleccionar curva) IN> Curve (curva)	Selección de la función de curva de sobrecorriente temporizada usada para calcular el retardo de tiempo entre enganche y disparo. Ver la Tabla 5-7 siguiente para alternativas y detalles. Note que el Reset Mode (modo reposición) puede afectar además el retardo de tiempo (ver la página 5-44)
51N Pickup Amps (amperios enganche) IN> amps (amperios)	El elemento 51N enganchará cuando la corriente medida en el secundario del TC aumenta sobre el valor especificado. El rango de ajuste y el incremento dependen de la configuración del módulo TV/TC (ver página 1-16)
51N Time Dial/Delay (dial tiempo.retardo) IN> Time Multiplier (multiplicador tiempo)	Valor especificado que es una variable en la función de curva de sobrecorriente temporizada. Ver la Tabla 5-7 siguiente para detalles
51N Time-Curve Adder (incrementador tiempo-curva)	Un retardo de tiempo fijo adicional incrementado al retardo de tiempo resultante de los ajustes 51N Curve Select (seleccionar curva) y 51N Time Dial (dial tiempo). Este ajuste no está disponible cuando se usen curvas IEC. El rango de ajuste es de 0.00 a 2.00 segundos con un incremento de 0.01 segundos
51N Minimum Response (respuesta mínima)	El retardo mínimo de tiempo que ocurrirá entre el enganche y disparo, aún si el retardo de tiempo basado en la curva de sobrecorriente temporizada sea más pequeño.

Fuente: manual pcd2000, pag 5-6.

#### 4.5.3 Elemento de sobrecorriente instantáneo de fase.

El 50P-1 es un elemento de sobrecorriente instantánea de fase, nivel 1 que es un múltiplo del elemento 51P para coordinación precisa. Debe activarse cuando se desea disparo instantáneo de fase.

El tiempo de operación del 50P-1 debe ajustarse para operar igual o más rápido que el elemento 51P. El elemento 50P-1 puede ser activado o desactivado en los grupos de ajuste. Ver tabla 4-8.

**Tabla 4:8: Ajustes del Elemento 50P-1 (3I>>1).**

Setting (ajuste) 50P-1 (3I>>1)	Descripción
50P-1 Curve Select (seleccionar curva) 3I>>1 Curve (curva)	Selección de la curva de sobrecorriente temporizada usada para calcular el retardo de tiempo entre enganche y disparo (Ver la Tabla 5-9 siguiente para detalles). Note que el Reset Mode (modo reponer) también puede afectar el retardo de tiempo (ver página 5-44)
50P-1 Pickup (enganche) 3I>>1 / 3I>	El elemento 50P-1 enganchará cuando la corriente medida en el secundario del TC aumenta sobre el valor especificado. El valor es especificado como un múltiplo del ajuste de enganche 51P. El rango de ajuste es de 0.5 a 20.0 con un incremento de 0.1
50P-1 Time Dial/Delay (dial tiempo.retardo) t>>1 Time Multiplier (multiplicador tiempo)	Un valor especificado que es una variable en la función de curva de sobrecorriente temporizada. Ver la Tabla 5-9 siguiente para detalles
50P-1 Time-Curve Adder (incrementador tiempo-curva)	Un retardo de tiempo fijo adicional incrementado al retardo de tiempo resultante de los ajustes 50P-1 Curve Select (seleccionar curva) y Time Dial (dial tiempo). Este ajuste no está disponible cuando se usen curvas IEC. El rango de ajuste es de 0.00 a 2.00 segundos con un incremento de 0.01 segundos
50P-1 Minimum Response (respuesta mínima) 3I>>1 Minimum Response	El retardo mínimo de tiempo que ocurrirá entre el enganche y disparo, aún si el retardo de tiempo basado en la curva de sobrecorriente temporizada sea más pequeño. El rango de ajuste es de 0.00 a 2.00 segundos con un incremento de 0.01 segundos
50P-1 Curve Block Pickup (enganche de bloqueo de curva)	El elemento 50P-1 no enganchará si la corriente es mayor que este ajuste. Use este ajuste para permitir que otro elemento de protección maneje corrientes de falla mayores. El rango de ajuste es de 1 a 20, o desactivado (por defecto)

Fuente: manual pcd2000, pag 5-8.

#### 4.5.4 Elemento de sobrecorriente instantánea de tierra.

El 50N-1 es un elemento de sobrecorriente instantánea de tierra o residual, Level 1 que es un múltiplo del elemento 51N para coordinación precisa. Debe activarse cuando se desea disparo instantáneo de tierra o residual. El tiempo de operación del elemento 50N-1 debe ajustarse para operar igual o más rápido que el elemento 51N. El elemento 50N-1 puede ser activado o desactivado.

Se ajusta en base a la corriente secundaria del TC conectado a la entrada de corriente del neutro, Están disponibles múltiples curvas de tiempo y diales de tiempo para que el elemento

50N-1 coordine estrechamente con elementos de protección y otros aparatos externos en el sistema de distribución. El elemento 50N-1 se ajusta por defecto en fábrica para operar el contacto Trip (disparo). El elemento 50N-1 siempre iniciará recierre a menos que el recierre esté desactivado. Ver tabla 4-9.

**Tabla 4:9: Ajustes del Elemento 50N-1 (IN>>1).**

Setting (ajuste) 50N-1 (IN>>1)	Descripción
50N-1 Curve Select (seleccionar curva) IN>> 1 Curve (curva)	Selección de la función de sobrecorriente temporizada usada para calcular el retardo de tiempo entre enganche y disparo (Ver la Tabla 5-11 siguiente para detalles). Note que el Reset Mode (modo reponer) también puede afectar el retardo de tiempo (ver página 5-44)
50N-1 Pickup (enganche) IN>>1 / IN>	El elemento 50N-1 enganchará cuando la corriente medida en el secundario del TC aumenta sobre el valor especificado. El valor es especificado como un múltiplo del ajuste de enganche 51N. El rango de ajuste es de 0.5 a 20.0 con un incremento de 0.1
50N-1 Time Dial/Delay (dial tiempo.retardo) IN>>1 Time Multiplier (multiplicador tiempo)	Un valor especificado que es una variable en la función de curva de sobrecorriente temporizada. Ver la Tabla 5-11 siguiente para detalles
50N-1 Time-Curve Adder (incrementador tiempo-curva)	Un retardo de tiempo fijo adicional incrementado al retardo de tiempo resultante de los ajustes 50N-1 Curve Select (seleccionar curva) y Time Dial (dial tiempo). Este ajuste no está disponible cuando se usen curvas IEC. El rango de ajuste es de 0.00 a 2.00 segundos con un incremento de 0.01 segundos
50N-1 Minimum Response (respuesta mínima)	El retardo mínimo de tiempo que ocurrirá entre el enganche y disparo, aún si el retardo de tiempo basado en la curva de sobrecorriente temporizada sea más pequeño. El rango de ajuste es de 0.00 a 2.00 segundos con un incremento de 0.01 segundos
50N-1 Curve Block Pickup (enganche de bloqueo de curva)	El elemento 50N-1 no enganchará si la corriente es mayor que este ajuste. Use este ajuste para permitir que otro elemento de protección maneje corrientes de falla mayores. El rango de ajuste es de 1 a 20, o desactivado (por defecto)

Fuente: manual pcd2000, pag 5-10.

#### **4.5.5 Elemento de sobrecorriente instantánea de fase.**

El 50P-2 es un elemento de sobrecorriente instantánea de fase, nivel 2, que se ajusta como un múltiplo del elemento 51P para coordinación precisa. Debe activarse cuando se desea un segundo nivel de disparo instantáneo de fase de alta velocidad. El elemento 50P-2 tiene una característica de tiempo definido, definida por el usuario.

El tiempo de operación del 50P-2 debe ajustarse para operar igual o más rápido que el elemento 50P-1. El elemento de sobrecorriente instantánea temporizada instantánea de fase 50P-2 contenido en el PCD2000 se ajusta en base a la corriente secundaria del TC conectado a las entradas de corriente de fase: IA, IB, IC.

El elemento 50P-2 puede ser activado o desactivado, el modo instantáneo se usa para coordinar con otros aparatos de reposición instantánea tales como un reconector u otros equipos de protección en el sistema de distribución.

El elemento 50P-2 siempre iniciará recierre a menos que el recierre esté desactivado. Ver tabla 4-10.

**Tabla 4:10: Ajustes del Elemento 50P-2 (3I>>2).**

Setting (ajuste) 50P-2 (3I>>2)	Descripción
50P-2 Select (seleccionar) 3I>>2 Curve (curva)	Alternativa de si el elemento 50P-2 está usualmente activado o desactivado. La alternativa puede ser cambiada temporalmente por la entrada lógica PH3
50P-2 Pickup (enganche) 3I>>2 / 3I>	El elemento 50P-2 enganchará cuando la corriente medida en el secundario del TC aumenta sobre el valor de ajuste, que es especificado como un múltiplo del ajuste de enganche 51P. El rango de ajuste es de 0.5 a 20.0 con un incremento de 0.1
50P-2 Time Delay (retardo tiempo) t>>2	El retardo de tiempo definido entre enganche del 50P-2 y la salida de disparo del 50P-2. El rango es de 0.00 a 9.99 segundos con un incremento de 0.01
50P-2 Curve Block Pickup (enganche de bloqueo de curva)	El elemento 50P-2 no enganchará si la corriente es mayor que este ajuste. Use este ajuste para permitir que otro elemento de protección maneje corrientes de falla mayores. El rango de ajuste es de 1 a 20, o desactivado (por defecto)

Fuente: manual pcd2000, pag 5-12

#### **4.5.6 Elemento de sobrecorriente instantánea de tierra.**

El 50N-2 es un elemento de sobrecorriente instantánea de tierra o residual, nivel 2 que se ajusta como un múltiplo del elemento 51N para coordinación precisa. Debe activarse cuando se desea un segundo nivel de disparo instantáneo de tierra o residual de alta velocidad.

El elemento 50N-2 tiene una característica de tiempo definido definida por el usuario. El tiempo de operación del elemento 50N-2 debe ajustarse para operar igual o más rápido que el elemento 51N-1.

Se ajusta en base a la corriente secundaria del TC conectada a las entradas de corriente de neutro: IN. El elemento 50N-2 puede ser activado o desactivado. El modo instantáneo se usa para coordinar con otros aparatos de reposición instantánea.

Se ajusta por defecto para operar el contacto Trip (disparo). El elemento 50N-2 siempre iniciará recierre a menos que el recierre esté desactivado, se puede desactivar presionando el botón Ground Blocked (tierra bloqueada), dirigiendo la entrada lógica GRD (tierra) a una

entrada física para supervisión externa o a una salida lógica para supervisión interna. Ver tabla 4-11.

**Tabla 4:11: Ajustes del Elemento 50N-2 (IN>>2).**

Setting (ajuste) 50N-2 (IN>>2)	Descripción
50N-2 Select (seleccionar) IN>>2 Curve (curva)	Alternativa de si el elemento 50N-2 está usualmente activado o desactivado. La etapa 2 no está disponible en unidades ordenadas con la opción SEF. La alternativa puede ser cambiada temporalmente por la entrada lógica PH3
50N-2 Pickup (enganche) IN>>2 / IN>	El elemento 50N-2 enganchará cuando la corriente medida en el secundario del TC aumenta sobre el valor ajustado, que es especificado como un múltiplo del ajuste de enganche 51N. El rango de ajuste es de 0.5 a 20.0 con un incremento de 0.1
50N-2 Time Delay (retardo tiempo) tN>>2	El retardo de tiempo definido entre el enganche del 50N-2 y la salida de disparo 50N-2. El rango es de 0.00 a 9.99 segundos con un incremento de 0.01
50N-2 Curve Block Pickup (enganche de curva de bloqueo)	El elemento 50N-2 no enganchará si la corriente es mayor que este ajuste. Use este ajuste para permitir que otro elemento de protección maneje corrientes de falla mayores. El rango de ajuste es de 1 a 20, o desactivado (por defecto)

Fuente: manual pcd2000, pag 5-13

#### **4.5.6.1 Falla a tierra sensitiva.**

La Sensitive Earth Fault (SEF) (falla a tierra sensitiva), es aplicable únicamente en sistemas donde todas las cargas están conectadas, línea a línea y no circula corriente de neutro o de tierra a menos que ocurra una falla a tierra. Esta opción no es recomendada para uso en sistemas de 4 hilos multi-aterrizado.

El elemento SEF puede ser activado o desactivado, Por defecto está desactivado el elemento SEF está disponible como una opción con el PCD2000 y reemplaza al elemento normalizado 50N-2. Si el PCD2000 se ordenó sin la opción SEF, el indicador LED SEF Blocked (SEF bloqueado) en el panel frontal estará encendido todo el tiempo.

Todos los modelos SEF tienen una entrada de corriente SEF aparte suministrada como IO SEF. Esta entrada puede ser conectada residualmente en serie con el TC de fase (normalizado) suministrado o puede ser conectada a un TC aparte tipo ventana que encierra todos los tres conductores de fases.

Elemento SEF tiene una característica de tiempo definido, definida por el usuario.

El filtrado analógico y digital proporciona una relación de rechazo de tercera armónica mayor que 50:1 para evitar la operación incorrecta debida a los efectos de las corrientes de excitación del transformador de distribución. Ver tabla 4-12.

**Tabla 4:12: Ajustes de la Sensitive Earth Fault (SEF) (falla a tierra sensitiva).**

Setting (ajuste) SEF	Descripción
SEF Torque Angle (ángulo torque)	Especificación del ángulo de torque. El rango de ajuste es de 0° a 355° en pasos de 5° con un ancho de sector de 180°
SEF Pickup Amps (amperios enganche)	Ajuste de umbral de enganche SEF en amperios. EL rango de ajuste es de 0.005 a 0.200, incremento 0.0005
SEF Cold Load Time (temporizador carga frío)	Este ajuste es un Cold Load Timer (temporizador de carga en frío) aparte que aplica únicamente al elemento SEF

Fuente: manual pcd2000, pag 5-14

#### **4.5.6.2 Elemento de sobrecorriente instantánea de fase.**

El 50P-3 es un elemento de sobrecorriente instantánea de fase, nivel 3 que se ajusta como un múltiplo del elemento 51P para coordinación precisa. Debe activarse cuando se desea un tercer nivel de disparo instantáneo de fase de alta velocidad. El elemento, tiene una característica de tiempo definido, definida por el usuario.

El tiempo de operación del 50P-3 debe ajustarse para operar igual o más rápido que el elemento 50P-2. El elemento 50P-3 se ajusta en base a la corriente secundaria del TC conectado a las entradas de corriente de fase: IA, IB, IC. El elemento 50P-3 puede ser activado o desactivado.

El modo instantáneo se usa para coordinar con otros aparatos de reposición instantánea, En el modo instantáneo el 50P-2 y todos los demás elementos de sobrecorriente instantánea repondrán instantáneamente cuando el nivel de corriente medido por el PCD2000 cae por debajo del ajuste de arranque durante medio ciclo.

El elemento es ajustado por defecto para operar el contacto Trip (disparo). El elemento 50P-3 siempre iniciará recierre a menos que el recierre esté desactivado,

El elemento 50P-3 se puede desactivar presionando el botón Ground Blocked (tierra bloqueada) en el panel frontal, o supervisar (controlado por torque) dirigiendo la entrada

lógica PH3 a una entrada física para supervisión externa o a una salida lógica para supervisión interna

Las unidades PCD2000 ordenadas con la opción monofásica tienen un elemento 50P aparte para cada fase para cada nivel: 50P-1 se vuelve 50P-1A, 50P-1B, 50P-1C, 50P-2 se vuelve 50P-2A, 50P-2B, 50P-

2C y 50P-3 se vuelve 50P-3A, 50P-3B, 50P-3C. Todos los tres elementos para cada nivel comparten los mismos ajustes.

Si el interruptor se cierra presionando el botón CLOSE en el panel frontal, o con una fuente externa, vía SCADA, el elemento 50P-3 se puede desactivar de disparo durante un

Período especificado por el ajuste de Cold Load Time (temporización de carga en frío). Ver tabla 4-13.

**Tabla 4:13: Ajustes del Elemento 50P-3 (3I>>3).**

Setting (ajuste) 50P-3 (3I>>3)	Descripción
50P-3 Select (seleccionar) 3I>>3 Curve (curva)	Alternativa de si el elemento 50P-3 está usualmente activado o desactivado. La alternativa puede ser cambiada temporalmente por la entrada lógica PH3
50P-3 Pickup (enganche) 3I>>3 / 3I>	El elemento 50P-3 enganchará cuando la corriente medida en el secundario del TC aumenta sobre el valor de ajuste, que es especificado como un múltiplo del ajuste de arranque 51P. El rango de ajuste es de 0.5 a 20.0 con un incremento de 0.1
50P-3 Time Delay (retardo tiempo) 3I>>3 Time Delay	El retardo de tiempo definido entre el enganche del 50P-3 y la salida de disparo del 50P-3. El rango es de 0.00 a 9.99 segundos con un incremento de 0.01

Fuente: manual pcd2000, pag 5-15

#### **4.5.6.3 Elemento de sobrecorriente instantánea de tierra.**

El 50N-3 es un elemento de sobrecorriente instantánea de tierra o residual, nivel 3, que se ajusta como un múltiplo del elemento 51N para coordinación precisa. Debe activarse cuando se desea un tercer nivel de disparo instantáneo de tierra o residual de alta velocidad. El elemento 50N-3 tiene una característica de tiempo definido, definida por el usuario.

El tiempo de operación del elemento 50N-3 debe ajustarse para operar igual o más rápido que el elemento 50N-2. El elemento 50N-3 puede ser activado o desactivado, el modo instantáneo

se usa para coordinar con otros aparatos de reposición instantánea. Contiene la misma configuración de los anteriores elementos de sobrecorriente. Ver tabla 4-14.

**Tabla 4:14: Ajustes del Elemento 50N-3 (IN>>3).**

Setting (ajuste) 50P-3 (3I>>3)	Descripción
50P-3 Select (seleccionar) 3I>>3 Curve (curva)	Alternativa de si el elemento 50P-3 está usualmente activado o desactivado. La alternativa puede ser cambiada temporalmente por la entrada lógica PH3
50P-3 Pickup (enganche) 3I>>3 / 3I>	El elemento 50P-3 enganchará cuando la corriente medida en el secundario del TC aumenta sobre el valor de ajuste, que es especificado como un múltiplo del ajuste de arranque 51P. El rango de ajuste es de 0.5 a 20.0 con un incremento de 0.1
50P-3 Time Delay (retardo tiempo) 3I>>3 Time Delay	El retardo de tiempo definido entre el enganche del 50P-3 y la salida de disparo del 50P-3. El rango es de 0.00 a 9.99 segundos con un incremento de 0.01

Fuente: manual pcd2000, pag 5-16.

#### 4.5.6.4 Disparo de dos fases.

Si está activado el disparo de dos-fases 50P, los elementos 50P-1, 50P-2 y 50P-3 dispararán únicamente si dos o tres fases exceden el ajuste de disparo, para fallas fase-a-tierra. La corriente residual debe exceder los ajustes de enganche instantáneos 50N-1, 50N-2 o 50N-3.

*Si está activado el disparo de dos-fases, los elementos 50P no responderán a fallas monofásicas a tierra.*

En líneas de distribución, los elementos de sobrecorriente instantánea de fase y tierra se ajustan muy altos a fin de coordinar con fusibles grandes aguas abajo. Activando el disparo de dos-fases 50P, el elemento 50N-1 se puede ajustar para coordinar con los fusibles grandes aguas abajo, mientras que el elemento 50P-1 se puede ajustar por debajo del ajuste de enganche del 50N-1 para incrementar la sensibilidad y mejorar el tiempo de despeje para fallas trifásicas, fase-fase y dos fases a tierra en la sección principal de líneas de distribución radiales. Ver la tabla 4-15.

**Tabla 4:15: Ajustes del Elemento Two-Phase 50P Tripping (disparo de dos-fases).**

Setting (ajuste) 2 Phase 50P Trip (disparo de dos-fases)	Descripción
2 Phase Tripping (disparo 2 fases) 2I>> Trip (disparo)	Selección de si el disparo two-phase 50P (dos-fases) está activado o desactivado (por defecto)

Fuente: manual pcd2000, pag 5-17

#### ***4.5.7 Elemento de sobrecorriente de secuencia negativa.***

El elemento de sobrecorriente de secuencia negativa (46, Insc>) mide la cantidad de corriente desbalanceada en la línea de distribución. Puesto que el elemento de secuencia negativa mide la cantidad de corriente de secuencia negativa en el sistema, se lo puede ajustar para engancharse justo por arriba del máximo nivel de corriente de secuencia negativa producido por un desbalance de carga monofásica.

Esto hace del PCD2000, sea mucho más sensitivo a fallas fase-fases. El elemento 46 se puede activar o desactivar, el elemento de sobrecorriente de secuencia negativa se puede usar además para detectar fallas fase a tierra y fase a fase a tierra, pero siempre que ocurre una condición de desbalance en asociación con tierra, las cantidades de secuencia cero están presentes predominantemente y los elementos del neutro del PCD2000 pueden detectar estas fallas. El elemento de secuencia negativa se puede usar para respaldo de este tipo de fallas.

Para que el elemento 46 opere el contacto trip (disparo), se lo debe seleccionar en, master trip output (salida de disparo maestro). El elemento 46 está ajustado por defecto para operar el contacto de disparo, está ajustado para iniciar recierre a menos que el recierre esté desactivado.

Hay dos modos seleccionables disponibles de reposición para el elemento 46. El modo instantáneo se usa para coordinar con otros aparatos de reposición instantánea, tales como relés basados en microprocesadores.

Si el interruptor se cierra presionando el botón CLOSE (cerrar) en el panel frontal, o con una fuente externa tal como un conmutador de control o vía SCADA, el elemento 46 se desactiva de disparo durante un periodo especificado por el ajuste de Cold Load Time (temporización de carga en frío). Ver la tabla 4-16.

**Tabla 4:16: Ajustes del Elemento 46 (Insc>).**

Setting (ajuste) 46 (Insc>)	Descripción
46 Curve Select (seleccionar curva) Insc> Curve (curva)	Selección de la función de sobrecorriente temporizada usada para calcular el retardo de tiempo entre enganche y disparo (Ver la Tabla 5-19 siguiente para detalles). Note que el Reset Mode (modo reponer) también puede afectar el retardo de tiempo (ver página 5-44)
46 Pickup Amps (enganche amp) Insc> Amp	El elemento 46 enganchará cuando la corriente medida en el secundario del TC aumenta sobre el valor especificado. El rango de ajuste e incremento dependen de la configuración del módulo de TV/TC (ver página 1-16)
46 Time Dial/Delay (dial tiempo,retardo) Insc> Time Multiplier (multiplicador tiempo)	Un valor especificado que es una variable en la función de curva de sobrecorriente temporizada. Ver la Tabla 5-19 siguiente para detalles
46 Time-Curve Adder (incrementador tiempo-curva)	Un retardo de tiempo fijo adicional incrementado al retardo de tiempo, resultante de los ajustes 46 Curve Select (seleccionar curva) y Time Dial (dial tiempo). Este ajuste no está disponible cuando se usen curvas IEC. El rango de ajuste es de 0.00 a 2.00 segundos con un incremento de 0.01 segundos
46 Minimum Response (respuesta mínima)	El retardo mínimo de tiempo que ocurrirá entre el enganche y disparo, aún si el retardo de tiempo basado en la curva de sobrecorriente temporizada sea más pequeño. El rango de ajuste es de 0.00 a 2.00 segundos con un incremento de 0.01 segundos

Fuente: manual pcd2000, pag 5-13

#### **4.5.8 Elemento de sobrecorriente temporizada direccional de fase.**

El elemento de sobrecorriente temporizada direccional de fase (ANSI 67P, IEC 3I>-->) proporciona protección de sobrecorriente temporizada en una dirección del flujo de potencia. El usuario define en qué dirección debe detectar el elemento 67P (p.ej. dirección fuente o carga). El elemento 67P es esencialmente un AND lógico, combinación de un elemento 32P activando un elemento 51P.

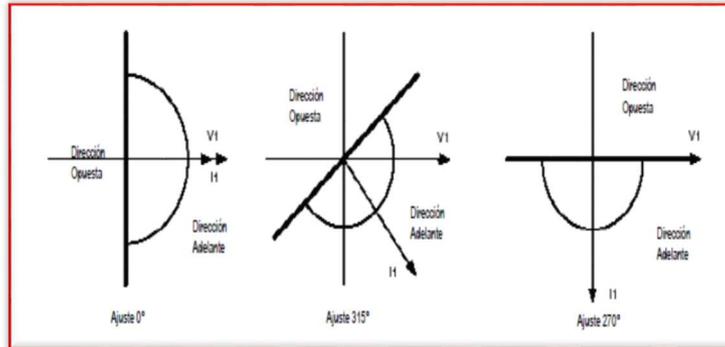
El elemento 67P tiene siete ajustes

El voltaje V1 de secuencia positiva proporciona polarización del 67P en el sistema de potencia. Es sensitivo hacia abajo a 1 voltio de CA línea a línea. Si el voltaje de polarización cae por debajo de este nivel, el 67P perderá la dirección y no disparará.

Entonces, cualquier disparo en la línea de distribución puede ser respaldado por el elemento 51P que es no-direccional. El elemento 67P opera comparando el voltaje de secuencia positiva V1 con la dirección de la corriente de secuencia positiva I1. El ángulo de torque se ajusta entre 0° a 355° en pasos de 5°.

(I1 adelantando a V1) con un ancho de sector de 180°, cuando el voltaje detectado por el PCD2000 es o está cerca del punto mínimo de sensibilidad de 1 voltio de CA línea a línea, el ajuste del ángulo se puede desplazar entre ±10°. Ver gráfico 4-6.

**Grafico 4-6: Máximo Angulo de Torque 67P**



Fuente: manual pcd2000, pag 5-20.

Si el interruptor se cierra presionando el botón CLOSE en el panel frontal, o con una fuente externa tal como un conmutador de control o vía SCADA, el elemento 67P está desactivado de disparo durante un periodo especificado por el ajuste de Cold Load Time, las unidades con la opción monofásica tienen un elemento 67P aparte para cada fase para cada nivel: 67P se vuelve 67P-A, 67P-B, 67P-C. Todos los tres elementos comparten los mismos ajustes.

Un retardo mínimo de tiempo de disparo de 50 milisegundos se impone en las unidades monofásicas 67P-X a fin de garantizar que la direccionabilidad está establecida antes de que el PCD2000 pueda iniciar una señal de disparo. Ver tabla 4-17.

**Tabla 4:17: Ajustes del elemento 67P (3I>-->).**

Setting (ajuste) 67P (3I>-->)	Descripción
67P Select (seleccionar) 3I>--> Select	Selección de si el elemento 67P está activado o desactivado (por defecto)
67P Curve Select (seleccionar curva) 3I>--> Curve (curva)	Selección de la función de sobrecorriente temporizada usada para calcular el retardo de tiempo entre enganche y disparo. Ver la Tabla 5-21 siguiente para detalles. Note que el Reset Mode (modo reponer) puede además afectar el retardo de tiempo (ver página 5-44)
67P Pickup Amps (amperios enganche) 3I>--> amps (amperios)	El elemento enganchará cuando la corriente medida en el secundario del TC aumenta sobre el valor especificado. El rango de ajuste y el incremento dependen de la configuración del módulo TV/TC (ver página 1-16)
67P Time Dial/Delay (dial tiempo/retardo) 3I>--> Time Multiplier (multiplicador tiempo)	Un valor especificado que es una variable en la función de curva temporizada de sobrecorriente. Ver la Tabla 5-21 siguiente para detalles
67P Torque Angle (ángulo torque) 3I>--> Torque Angle	Especificación del ángulo de torque. El rango de ajuste es de 0° a 355° en pasos de 5° con un ancho de sector de 180°
67P Time-Curve Adder (incrementador tiempo-curva)	Un retardo de tiempo fijo adicional incrementado al retardo de tiempo, resultante de los ajustes 67P Curve Select (seleccionar curva) y 67P Time Dial (dial tiempo). Este ajuste no está disponible cuando se usen curvas IEC. El rango de ajuste es de 0.00 a 2.00 segundos con un incremento de 0.01 segundos
67P Minimum Response (respuesta mínima)	El retardo mínimo de tiempo que ocurrirá entre el enganche y disparo, aún si el retardo de tiempo basado en la curva de sobrecorriente temporizada sea más pequeño. El rango de ajuste es de 0.00 a 2.00 segundos con un incremento de 0.01 segundos

Fuente: manual pcd2000, pag 5-21.

#### 4.5.9 Elemento de sobrecorriente temporizada direccional de tierra.

El elemento de sobrecorriente temporizada direccional de tierra (ANSI 67N, IEC IN>-->) proporciona protección de sobrecorriente en una dirección del flujo de potencia, dirección del elemento, fuente o carga, puede ser activado o desactivado.

Para que el elemento 67N opere el contacto trip (disparo), debe estar seleccionado en el direccionamiento master trip output (salida de disparo maestro). El elemento 67N se ajusta por defecto para operar el contacto de disparo. El elemento 67N está ajustado para iniciar recierre a menos que el recierre este desactivado.

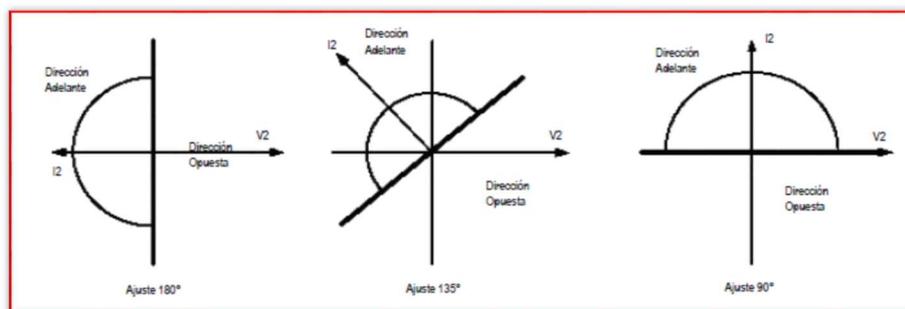
Sin embargo, el elemento 67N está desactivado en los ajustes de fábrica por defecto.

El voltaje V2 de secuencia negativa proporciona polarización del 67N en el sistema de potencia. Es sensitivo hacia abajo a 1 voltio de CA línea a línea. Si el voltaje de polarización cae por debajo de este nivel, el 67N perderá la dirección y no disparará. Entonces, cualquier disparo en la línea de distribución puede ser respaldado por el elemento 51N que es no direccional.

Se consigue comparando el voltaje de secuencia negativa V2 con la dirección de la corriente de secuencia negativa I2. El ángulo de torque se ajusta entre 0° a 355° en pasos de 5° (I2 adelantando a V2), Ver gráfico 4-7.

Cuando el voltaje detectado por el PCD2000 es o está cerca del punto mínimo de sensibilidad de 1 voltio de CA línea a línea, el ángulo ajustado puede desplazarse entre  $\pm 10^\circ$ .

**Gráfico 4-7: Máximo Angulo de Torque 67N**



Fuente: manual pcd2000, pag 5-23.

Si el interruptor se cierra presionando el botón CLOSE (cerrar) en el panel frontal, o con una fuente externa de control o vía SCADA, el elemento 67N está desactivado de disparo durante un periodo especificado por el ajuste de Cold Load Time

Las unidades con la opción monofásica tienen un elemento 67N aparte para cada fase para cada nivel: 67N se vuelve 67N-A, 67N-B, 67N-C. Todos los tres elementos comparten los mismos ajustes. Un retardo mínimo de tiempo de disparo de 50 milisegundos se impone en las unidades monofásicas 67N-X a fin de garantizar que la direccionabilidad está establecida antes de que el PCD2000 pueda iniciar una señal de disparo. Ver tabla 4-18.

**Tabla 4:18: Ajustes del Elemento 67N (IN>-->).**

Setting (ajuste) 67N (IN>→)	Descripción
67N Select (seleccionar) IN>→ Select	Selección de si el elemento 67N está activado o desactivado
67N Curve Select (seleccionar curva) IN>→ Curve (curva)	Selección de la función de sobrecorriente temporizada usada para calcular el retardo de tiempo entre enganche y disparo. Ver la Tabla 5-23 siguiente para detalles. Note que el Reset Mode (modo reponer) puede además afectar el retardo de tiempo.
67N Pickup Amps (amperios arranque) IN>→ amps (amperios)	El elemento 67N enganchará cuando la corriente medida en el secundario del TC aumenta sobre el valor especificado. El rango de ajuste y el incremento dependen de la configuración del módulo TV/TC (ver página 1-16)
67N Time Dial/Delay (dial tiempo/retardo) IN>→ Time Multiple (múltiple de tiempo)	Un valor especificado que es una variable en la función de curva temporizada de sobrecorriente. Ver la Tabla 5-23 siguiente para detalles
67N Torque Angle (ángulo torque) IN>→ Torque Angle	Especificación del ángulo de torque. El rango de ajuste es de 0° a 355° en pasos de 5° con un ancho de sector de 180°
67N Time-Curve Adder (incrementador tiempo-curva)	Un retardo de tiempo fijo adicional incrementado al retardo de tiempo, resultante de los ajustes 67N Curve Select (seleccionar curva) y 67N Time Dial (dial tiempo). Este ajuste no está disponible cuando se usen curvas IEC. El rango de ajuste es de 0.00 a 2.00 segundos con un incremento de 0.01 segundos
67N Minimum Response (respuesta mínima)	El retardo mínimo de tiempo que ocurrirá entre el enganche y disparo, aún si el retardo de tiempo basado en la curva de sobrecorriente temporizada sea más pequeño.

Fuente: manual pcd2000, pag 5-24.

#### **4.5.10 Elemento de potencia direccional positiva. 32P (II-->)**

El elemento de potencia direccional positiva 32P, puede supervisar control de torque, opera independientemente del elemento 67P, compara el ángulo de la corriente de secuencia positiva I1 con el ángulo del voltaje (V1) de secuencia positiva. Usando el ángulo de voltaje como referencia (0°) el ángulo de corriente se compara con un ajuste. Si la diferencia angular está dentro de  $\pm 90^\circ$ , la salida lógica “32P” va a HIGH (alta).

El elemento 32P tiene dos ajustes: (1) si está activado o desactivado y (2) el ángulo de torque. Ver la Tabla 5-24 siguiente. El ajuste 32P puede ser diferente en los grupos de ajustes primario, alterno 1 y alterno 2. Ver tabla 4-19.

**Tabla 4:19: Ajustes del Elemento 32P (I1-->).**

Setting (ajuste) 32P	Descripción
32P Selec (seleccionar) I1 → Select	Selección de si el elemento 32P está activado o desactivado (por defecto)
32P Torque Angle (ángulo torque) I1 → Torque Angle	Especificación del ángulo de torque del 32P. El rango de ajuste es de 0° a 355° en pasos de 5°, con un ancho de sector de 180°

Fuente: manual pcd2000, pag 5-26.

Si el interruptor es cerrado por una fuente externa tal como un conmutador de control o vía SCADA, el elemento 32P puede ser desactivado temporalmente por la función (temporizador de carga en frío, se puede programar para controlar un contacto de salida física y para supervisar aparatos externos.

Nota: Si el elemento 32P se usa para supervisar al elemento 50P, se requiere un retardo de tiempo de mínimo 50 milisegundos en el elemento 50P para una adecuada coordinación.

El ángulo ajustado puede desplazarse 10° cuando el voltaje detectado por el PCD2000 es o está cerca del punto mínimo de sensibilidad de 1 voltio de CA línea a línea.

#### **4.5.11 Elemento de potencia direccional negativa 32N (I2-->).**

El elemento de potencia direccional negativa 32N puede supervisar, control de torque, opera independientemente del elemento 67N, el elemento 32N compara el ángulo de la corriente de secuencia negativa (I2) con el ángulo del voltaje (V2) de secuencia negativa. Usando el ángulo de voltaje como referencia (0°) el ángulo de corriente se compara con un ajuste. Si la diferencia angular está dentro de  $\pm 90^\circ$ , la salida lógica 32N, va a HIGH (alta). Si bien el elemento 32N es independiente del elemento 67N, el ajuste de ángulo se define de la misma manera: I2 adelantando a V2 ver tabla 4-20.

El elemento 32N tiene dos ajustes:

- 1.) si está activado o desactivado

2.) el ángulo de torque.

**Tabla 4:20: Ajustes del Elemento 32N (I2-->).**

Setting (ajuste) 32N	Descripción
32N Selec (seleccionar) I2 → Select	Selección de si el elemento está activado o desactivado (por defecto)
32N Torque Angle (ángulo torque) I2 → Torque Angle	Especificación del ángulo de torque. El rango de ajuste es de 0° a 355° en pasos de 5°, con un ancho de sector de 180°

Fuente: manual pcd2000, pag 5-27.

El ajuste 32N puede ser diferente en los grupos de ajustes primario, alterno 1 y alterno 2, Si el interruptor es cerrado por una fuente externa tal como un conmutador de control o vía SCADA, el elemento puede ser desactivado temporalmente por la función, temporizador de carga en frío, se puede programar para controlar un contacto de salida física y para supervisar aparatos externos.

Nota: Si el elemento 32N se usa para supervisar al elemento 50N, se requiere un retardo de tiempo de mínimo 50 milisegundos en el elemento 50N para una adecuada coordinación, además que el ángulo ajustado puede desplazarse 10° cuando el voltaje detectado por el PCD2000 es o está cerca del punto mínimo de sensibilidad de 1 voltio de CA línea a línea.

#### ***4.5.12 Elemento de deslastre y restauración de carga por frecuencia. 81 (f)***

El equipo proporciona dos módulos lógicos independientes que contienen elementos para deslastre de carga por baja frecuencia (81S), y alarma (81O) por restauración de carga por sobrefrecuencia (81R). Los elementos 81S, 81R y 81O se pueden activar o desactivar en los grupos de ajustes. Estos elementos usan la frecuencia medida en la fase C como su magnitud de operación.

El 81S es una unidad de Load Shed (deslastre de carga) por baja frecuencia, cuando la frecuencia del sistema de distribución cae por debajo de un umbral durante un periodo específico de tiempo, se genera una salida en forma tal que se deslastra la carga. El elemento inverso es el 81R, este restaurará la carga después de que ocurre una operación de deslastre cuando la frecuencia del sistema aumenta sobre un umbral programable durante un periodo dado de tiempo.

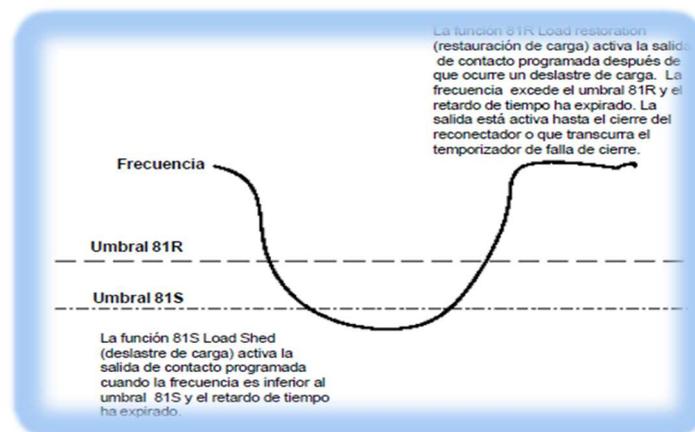
Las salidas lógicas de estos módulos pueden asignarse a salidas físicas para el disparo y cierre de un interruptor en base a la frecuencia. La función 81 en general se usa para deslastre de carga en un reconectador cuando el sistema de distribución se vuelve inestable y la frecuencia comienza a caer. Si se sacrifica la estabilidad del sistema debido a la sobrecarga, la frecuencia generalmente caerá lentamente.

El retardo de tiempo del elemento de disparo de deslastre de carga por baja frecuencia puede ajustarse a un punto de tolerancia, para dar al sistema de potencia tiempo para recuperarse.

La frecuencia del sistema de potencia se mide desde el cruce del cero en la entrada de voltaje VA-N para los TVs, conectados en estrella y VA-B para los TVs conectados en delta.

Se proporcionan dos elementos lógicos independientes de frecuencia con salidas lógicas separadas. El primer elemento tiene 81S-1, 81R-1 y 81O-1 para sus salidas lógicas, mientras que el segundo módulo tiene 81S-2, 81R-2 y 81O-2 para sus salidas lógicas. Estas salidas se vuelven activas cuando el ajuste de enganche de frecuencia ha alcanzado su límite. Hay una excepción a esto que involucra al elemento 81V donde el voltaje del sistema es inferior al ajuste de bloqueo de voltaje, ver gráfico 4-8.

**Gráfico 4-8: Elementos 81S y 81R.**



Fuente: manual pcd2000, pag 5-27.

Cuando el interruptor es cerrado por una fuente externa tal como un conmutador de control o vía SCADA, 81S, 81R y 81O, son desactivados de disparo para temporizador de carga en frío.

Las salidas de deslastre por frecuencia 81S-1 y 81S-2 pueden asignarse al mismo contacto de salida de disparo, con cada ajuste a diferentes umbrales de frecuencia y ajustes de tiempo de disparo. Esto proporciona una respuesta de disparo rápida para las perturbaciones severas y tiempos de disparo más lentos para perturbaciones más tolerables en el sistema.

Los elementos de restauración (81R-1 y 81R-2) se pueden usar para restaurar automáticamente la carga después de que un disparo de deslastre de carga por frecuencia 81S-1 o 81S-2 disparó al reconectador. El PCD2000 detecta un disparo de deslastre de carga por la operación del 81S-1 o del 81S-2 y por el cambio de los contactos 52A y 52B. Durante esta condición las salidas lógicas 81R-1 y 81R-2 están permitidas para operar. El elemento 81R se activará cuando la frecuencia aumente sobre el ajuste de frecuencia y expire el temporizador asociado. Si la frecuencia del sistema de potencia cae por debajo del ajuste del 81 antes que expire el temporizador de restauración de carga, el temporizador se repondrá y reiniciará cuando la frecuencia retorne a normal.

Las salidas lógicas del 81R permanecerán activas hasta un cierre exitoso del reconectador o hasta que expire el temporizador de falla de disparo. Ver trip fail time (temporizador de falla de disparo) en la sección de re cierre para más detalles. El elemento 81R no vuelve a armarse otra vez hasta la siguiente operación de deslastre de carga.

Se incluyen además dos elementos de sobrefrecuencia (81O-1 y 81O-2). Sus salidas lógicas se activan cuando la frecuencia aumenta en exceso del ajuste del 81R y expira el retardo de tiempo del 81R. Estas se pueden usar para disparar el reconectador, pero no inician la restauración automática.

La histéresis o punto de caída para las salidas lógicas 81S y 81R son de 0.02 Hz sobre el ajuste de frecuencia. La histéresis para el elemento 81O es de 0.02 Hz debajo del ajuste de frecuencia.

#### ***4.5.13 Elemento de bloqueo de voltaje. 81V***

Este elemento bloquea la operación de las salidas lógicas 81S-1 y 81S-2 cuando el voltaje del sistema de potencia es inferior al ajuste 81V. El elemento 81V se puede activar o desactivar

en los grupos de ajustes. Los TVs conectados en estrella usan VA-N y los TVs conectados en delta usan VA-B para monitorear el voltaje. La operación de las salidas lógicas es reportada cuando el voltaje retorna al valor normal. Los elementos 81S-1 u 81S-2 se desactivarán si están activos cuando el voltaje del sistema potencia cae por debajo del ajuste 81V. El rango para este ajuste es de 40 - 200 VCA. Ver tabla 4-21.

Si el interruptor es cerrado por una fuente externa tal como un conmutador de control o vía SCADA, el elemento 81V es desactivado de disparo por temporizador de carga en frío.

**Tabla 4:21: Ajustes del Elemento 81 (f)**

Setting (ajuste) 81 (f)	Descripción
81 Selec (seleccionar) f → Select	Alternativa de si el elemento 81 es activado o desactivado
81s-1 Pickup Frequency (frecuencia de enganche) f < 1 Hz	Especificación de frecuencia a la cual enganchará el elemento 81S-1. El rango de ajuste es de 56 a 64 Hz para modelos a 60 Hz y de 46 a 54 Hz para modelos a 50 Hz, con un incremento de 0.01 Hz
81s-1 Time Delay (retardo tiempo) tf < 1	Retardo de tiempo entre el enganche 81S-1 y el deslastre de carga. El rango de ajuste es de 0.08 a 9.98 segundos, con un incremento de 0.02 segundos
81r-1 Pickup Frequency (frecuencia de enganche) f > 1 Hz	Especificación de frecuencia a la cual enganchará el elemento 81R-1. El rango de ajuste es de 56 a 64 Hz para modelos a 60 Hz y de 46 a 54 Hz para modelos a 50 Hz, con un incremento de 0.01 Hz
81r-1 Time Delay (retardo tiempo) tf > 1	Retardo de tiempo entre el enganche 81R-1 y la restauración de carga. El rango de ajuste es de 0 a 999 segundos, con un incremento de 1 segundo
81s-2 Pickup Frequency (frecuencia de enganche) f < 2 Hz	Especificación de frecuencia a la cual enganchará el elemento 81S-2. El rango de ajuste es de 56 a 64 Hz para modelos a 60 Hz y de 46 a 54 Hz para modelos a 50 Hz, con un incremento de 0.01 Hz
81s-2 Time Delay (retardo tiempo) tf < 2	Retardo de tiempo entre el arranque 81S-2 y el deslastre de carga. El rango de ajuste es de 0.08 a 9.98 segundos, con un incremento de 0.02 segundos
81r-2 Pickup Frequency (frecuencia de enganche) f > 2 Hz	Especificación de frecuencia a la cual enganchará el elemento 81R-2. El rango de ajuste es de 56 a 64 Hz para modelos a 60 Hz y de 46 a 54 Hz para modelos a 50 Hz, con un incremento de 0.01 Hz
81r-2 Time Delay (retardo tiempo) tf > 2	El retardo de tiempo entre el enganche 81R-2 y la restauración de carga. El rango de ajuste es de 0 a 999 segundos, con un incremento de 1 segundo
81v Voltaje Block (bloqueo voltaje) fU < Block (bloqueo)	Si el voltaje está por debajo del valor especificado, los elementos 81S-1 y 81S-2 serán bloqueados (entonces, no se intentará la restauración de carga). El rango de ajuste es de 40 a 200 voltios de CA con un incremento de 1 voltio. Ver la sección 5.17.1

Fuente: manual pcd2000, pag 5-30.

#### **4.5.14 Elemento de bajo voltaje. (27)**

El elemento de bajo voltaje se proporciona para propósitos de alarma y control cuando el voltaje del sistema cae por debajo de un umbral pre-ajustado. El elemento 27 puede activarse

o desactivarse en los grupos de ajustes, se proporcionan dos salidas lógicas con el elemento 27: Una para bajo voltaje monofásico 27-1P, y una para bajo voltaje trifásico 27-3P.

El elemento 27-1P operará cuando cualquiera de las fases cae por debajo del ajuste de bajo voltaje.

El elemento 27-3P operará cuando todas las tres fases caen por debajo del ajuste de bajo voltaje.

Ningún elemento puede operar el main trip contact (contacto principal de disparo). Estas salidas lógicas deben direccionarse a physical outputs (salidas físicas) si se desea alarma o disparo. El elemento 27 también puede usarse para supervisar, control torque a otros elementos de protección tales como el 51P.

El direccionar el elemento 27 a la entrada lógica PH3 vía lógica programable, proporciona un elemento de protección de sobrecorriente controlada por voltaje.

Cuando el interruptor se cierra con una fuente externa tal como un conmutador de control o vía SCADA, el elemento 27 se desactiva de disparo para temporización de carga en frío.

El umbral y el retardo de tiempo del elemento 27 se ajustan en los grupos de ajustes. ver Tabla

**Tabla 4:22: Ajustes del Elemento 27 (U<).**

Setting (ajuste) 27 (U<)	Descripción
27 Select (seleccionar) U< Select	Alternativa de si el elemento 27 es activado (por defecto) o desactivado
27 Pickup Voltaje (voltaje de enganche) U< Volts (voltios)	Ocurrirá el enganche si el voltaje cae por debajo del valor especificado. El rango de ajuste es de 10 a 200 voltios, con un incremento de 1 voltio
27 Time Delay (retardo tiempo) tU<	Retardo de tiempo entre el enganche y el disparo. El rango de ajuste es de 0 a 60 segundos, con un incremento de 1 segundo

Fuente: manual pcd2000, pag 5-31.

El rango de retardo de tiempo para cada elemento es de 0 a 60 segundos. Si se desean tiempos de disparo menores de un segundo, ajuste el time delay (retardo de tiempo) a cero y fijar el tiempo de disparo deseado en los temporizadores de las salidas físicas.

Las unidades PCD2000 ordenadas con la opción monofásica tienen un elemento 27 aparte para cada fase para cada nivel: 27 se vuelve 27-A, 27-B, 27-C. Todos los tres elementos para cada nivel comparten los mismos ajustes.

Se proporcionan dos salidas lógicas adicionales: 27-1P es la lógica OR de las tres fases separadas, mientras que 27-3P es la lógica AND. Para información acerca de cómo ellos controlan las salidas lógicas para disparo.

#### 4.5.15 Elemento de sobre voltaje 59 (U>).

El elemento de sobre voltaje 59 se proporciona para propósitos de alarma y control cuando el voltaje del sistema se incrementa por arriba de un umbral pre-ajustado. El elemento 59 puede activarse o desactivarse en los grupos de ajustes, El elemento 59 no puede operar el Main Trip contact (contacto principal de disparo).

La salida lógica del elemento 59 debe direccionarse a una salida física, si se desea alarma o disparo. Cuando el interruptor se cierra con una fuente externa tal como un conmutador de control o vía SCADA, el elemento 59 se desactiva de disparo para temporización de carga en frío. El umbral y el retardo de tiempo del elemento 59 se ajustan en los grupos de ajustes. Ver Tabla 4-23.

**Tabla 4:23: Ajustes del Elemento 59(U>).**

Setting (ajuste) 59 (U>)	Descripción
59 Selec (seleccionar) U> Select	Alternativa de si el elemento 59 es activado (por defecto) o desactivado
59 Pickup Voltage (voltaje enganche) U> Volts (voltios)	Ocurrirá el arranque si el voltaje cae por debajo del valor especificado. El rango de ajuste es de 70 a 250 voltios, con un incremento de 1 voltio
59 Time Delay (retardo tiempo) tU>0	Retardo de tiempo entre el enganche y el disparo. El rango de ajuste es de 0 a 60 segundos, con un incremento de 1 segundo

Fuente: manual pcd2000, pag 5-32.

El rango de retardo de tiempo para cada elemento es de 0 a 60 segundos. Si se desean tiempos de disparo menores de un segundo, ajustar el retardo de tiempo, a cero y fijar el tiempo de disparo deseado en los temporizadores de las salidas físicas.

Las unidades con la opción monofásica tienen un elemento 59 aparte para cada fase para cada nivel: 59 se vuelve 59-A, 59-B, 59-C. Todos los tres elementos comparten los mismos ajustes. Se proporcionan dos salidas lógicas adicionales: 59-1P es la lógica OR de las tres fases separadas, mientras que 59-3P es la lógica AND.

#### ***4.5.16 Temporizador de carga en frío.***

El Cold Load Timer (temporizador de carga en frío), se ajusta en los grupos de ajustes Primary (primario), Alternate 1 (alterno 1) y Alternate 2 (alterno 2) y se usa para bloquear el disparo involuntario de elementos de protección debido a las corrientes de pico detectadas por el PCD2000 después de que el reconectador ha estado abierto durante un período específico de tiempo.

El temporizador se ajusta desde 0 a 254 con una resolución de 1 ya sea en minutos o en segundos. Durante el período de retardo del tiempo de carga en frío, se afirma una salida lógica CLTA. Esta salida lógica puede direccionarse a una salida física para propósitos de alarma y control.

El temporizador de carga en frío es operacional únicamente después de que el reconectador ha sido cerrado durante un período especificado de tiempo. No opera durante una secuencia normal de recierre del PCD2000. El cold load timer está desactivado en los ajustes por defecto de fábrica.

El elemento permite que ésta corriente de restauración sea detectada como una corriente de carga en frío la cual puede exceder la corriente normal de carga del circuito de distribución. Debido en parte a la magnitud de tiempo en que el circuito ha estado desenergizado, junto con la resistencia de CC del circuito aguas abajo. El retirar la resistencia de CC del circuito, está relacionado directamente a la magnitud de tiempo necesaria para que se normalice la corriente de carga en el circuito.

Durante este tiempo la corriente de carga en frío puede exceder los ajustes normales del relé de sobrecorriente temporizada. Por lo tanto, para restaurar el circuito, los ajustes de enganche de carga en frío permiten la restauración de la carga y simultáneamente protegen el circuito.

El temporizador de carga en frío se consigue extendiendo los valores de temporización y enganche de los elementos de sobrecorriente temporizada de fase y de neutro. Siempre que el enganche de carga en frío están inactivos los elementos de sobrecorriente temporizada de fase y neutro operan normalmente. Ver tabla 4-24.

Cuando el temporizador de carga en frío se vuelve activo los elementos de protección asociados con él son extendidos mientras mantienen el mismo dial de tiempo y curvas de sobrecorriente temporizada para mantener la coordinación con otros aparatos de protección tanto aguas arriba como aguas abajo.

**Tabla 4:24: Ajustes del temporizador de carga en frío.**

Setting Cold Load Timer (ajuste del temporizador de carga en frío)	Descripción
Cold Load Timer Mode (modo de temporizador de carga en frío)	Alternativa de la unidad de tiempo para Cold Load Timer (temporizador de carga en frío) (segundos o minutos). Este es un ajuste de configuración
Cold Load Time (tiempo carga en frío)	Duración del temporizador de carga en frío. El ajuste es "disable" (desactivado) o un valor en el rango de 1 a 254. La unidad de tiempo es segundos o minutos (ver fila de arriba)

Fuente: manual pcd2000, pag 5-33.

#### **4.5.17 Elemento de recierre. 79 (O--> I).**

Después de que ha ocurrido una falla, el 79 Reclosing Element (elemento de recierre), cierra la unidad cuando expira el intervalo programado de tiempo abierto. Se pueden programar de cero a cuatro recierres y cada recierre tiene aparte su propio temporizador de intervalo abierto. La secuencia de recierre de operaciones múltiples ocurre únicamente si el PCD2000 inicia un disparo de sobrecorriente o se inicia una entrada programable 79M.

El temporizador de reposición inicia la cuenta descendente desde el ajuste Reset Time (temporizador de reposición) a cero después de cada recierre, siempre que las corrientes de fase y tierra estén por debajo del ajuste de enganche más bajo de todos los elementos. A cada paso en la secuencia de recierre, se pueden activar o desactivar los elementos 50P-1, 50P-2, 50P-3, 51N, 50N-1, 50N-2 o 50N-3, o ajustar los elementos para bloquear el recierre como resultado de disparar en cualquiera de estos elementos.

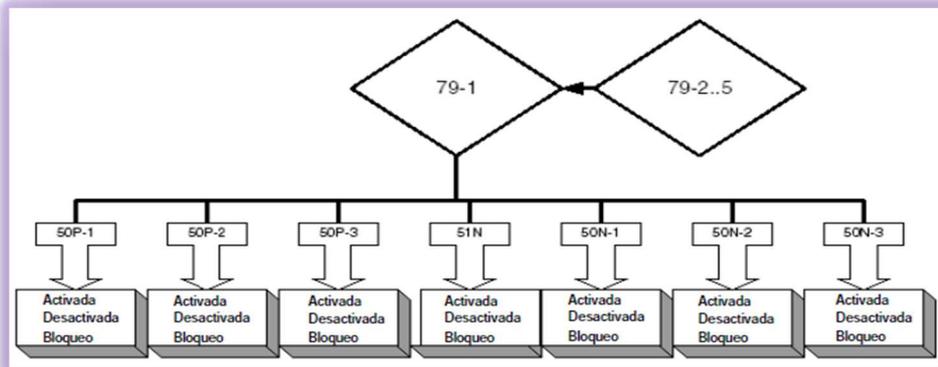
Desactive el elemento, de recierre en los ajustes seleccionando LOCKOUT (bloqueo) para el primer, Reclose Open Interval Time (tiempo de intervalo abierto de recierre), o abriendo permanentemente la entrada de contacto 43A programada.

Puede ocurrir un estado de bloqueo bajo cualquiera de las siguientes condiciones:

- ✓ Persiste una falla durante toda la secuencia programada de recierre.
- ✓ La unidad se cierra manualmente y ocurre una falla antes que expire el tiempo de reposición.
- ✓ Ocurre una salida TRIP (disparo) y no se elimina la corriente de falla o los contactos 52a y 52b del interruptor no indican que la unidad está abierta. Tanto la eliminación de la corriente de falla como la apertura de la unidad deben ocurrir antes de que expire el Trip Failure Time (temporizador de falla de disparo) (5 a 60 ciclos) o el PCD2000 procederá a bloqueo.
- ✓ El elemento de recierre está ajustado para bloqueo después de un disparo de sobrecorriente de 51P, 50P-1, 50P-2, 50P-3, 51N, 50N-1, 50N-2, 50N-3, 67P o 67N.
- ✓ El elemento 79V está activado, el voltaje de barra está por debajo del ajuste de bloqueo de voltaje, y el retardo de tiempo de bloqueo ha expirado.
- ✓ Un Reclose Block (bloqueo de recierre) es activado desde el HMI o vía SCADA y ocurre un disparo de sobrecorriente.

Adicionalmente a la indicación del panel frontal (LED) de que la unidad está en Lockout State (estado de bloqueo), contacto 52a y 52b indiquen que la unidad ha sido cerrada manualmente y el tiempo de reposición ha expirado. Ver el diagrama de flujo en el gráfico 4-9, y la tabla de ajustes 4-25 y 4-26.

Grafico 4-9: Secuencia de re cierre.



Fuente: manual pcd2000, pag 5-34.

Tabla 4:25: Ajustes del elemento 79 (O-->).

79 (O-->) Setting (ajuste)	Descripción
79-0 Mode (modo rearme)	Para unidades ordenadas con la opción de disparo y rearme monofásico, este ajuste especifica el modo de disparo (OPUP o OCAP). Ver la Sección 11. Este es un ajuste de configuración.
79-1 Reset Time (tiempo reposición)	Especificación del tiempo de reposición de rearme. El rango de ajuste es de 3 a 200 segundos, incrementos de 1 segundo.
79-1 Mode Select: 51P 79-1 Mode Select: 50P-1 79-1 Mode Select: 50P-2 79-1 Mode Select: 50P-3 79-1 Mode Select: 51N 79-1 Mode Select: 50N-1 79-1 Mode Select: 50N-2 79-1 Mode Select: 50N-3 79-1 Mode Select: 46 79-1 Mode Select: 67P 79-1 Mode Select: 67N	Especificación de si cada elemento de protección activado que permanece activado es desactivado, o puede causar bloqueo durante la Stage 1 (etapa 1) de la secuencia de rearme. Para unidades ordenadas con la opción de disparo monofásico, las alternativas son: Desactivar, activar con operación monofásica, activar con operación trifásica, bloqueo con operación monofásica, bloqueo con operación trifásica, o alarma (que no tiene efecto en la secuencia de rearme pero permite que operen las salidas lógicas de alarma)
79-1 Open Interval Time (tiempo intervalo abierto)	Especificación del tiempo de intervalo abierto de la Etapa 1. El rango de ajuste es de 0.1 a 200.0 segundos, con incremento de 0.1 segundo.
79-2 Select (seleccionar)	Especificación de si la Etapa 2 de rearme está activada o desactivada.
79-2 Mode Select: 51P 79-2 Mode Select: 50P-1 79-2 Mode Select: 50P-2 79-2 Mode Select: 50P-3 79-2 Mode Select: 51N 79-2 Mode Select: 50N-1 79-2 Mode Select: 50N-2 79-2 Mode Select: 50N-3 79-2 Mode Select: 46 79-2 Mode Select: 67P 79-2 Mode Select: 67N	Especificación de si cada elemento de protección activado que permanece activado es desactivado, o puede causar bloqueo durante la Stage 2 (etapa 2) de la secuencia de rearme. Para unidades ordenadas con la opción de disparo monofásico, las alternativas son: Desactivar, activar con operación monofásica, activar con operación trifásica, bloqueo con operación monofásica, bloqueo con operación trifásica, o alarma (que no tiene efecto en la secuencia de rearme pero permite que operen las salidas lógicas de alarma)
79-2 Open Interval Time (tiempo intervalo abierto)	Especificación del tiempo de intervalo abierto de la Stage 2 (etapa 2). El rango de ajuste es de 0.1 a 200.0 segundos, incrementos de 0.1 segundos
79-3 Select (seleccionar)	Especificación de si el rearme de la stage 3 (etapa 3) está activado o desactivado
79-3 Mode Select: 51P 79-3 Mode Select: 50P-1 79-3 Mode Select: 50P-2 79-3 Mode Select: 50P-3 79-3 Mode Select: 51N 79-3 Mode Select: 50N-1 79-3 Mode Select: 50N-2 79-3 Mode Select: 50N-3 79-3 Mode Select: 46 79-3 Mode Select: 67P 79-3 Mode Select: 67N	Especificación de si cada elemento de protección activado que permanece activado es desactivado, o puede causar bloqueo durante la Stage 3 (etapa 3) de la secuencia de rearme. Para unidades ordenadas con la opción de disparo monofásico, las alternativas son: Desactivar, activar con operación monofásica, activar con operación trifásica, bloqueo con operación monofásica, bloqueo con operación trifásica, o alarma (que no tiene efecto en la secuencia de rearme pero permite que operen las salidas lógicas de alarma)
79-3 Open Interval Time (tiempo intervalo abierto)	Especificación del tiempo de intervalo abierto de la Stage 3 (etapa 3). El rango de ajuste es de 0.1 a 200.0 segundos, incrementos de 0.1 segundos
79-4 Select (seleccionar)	Especificación de si el rearme de la Stage 4 (etapa 4) está activado o desactivado

Fuente: manual pcd2000, pag 5-35.

**Tabla 4:26: Ajustes del elemento 79 (O-->).**

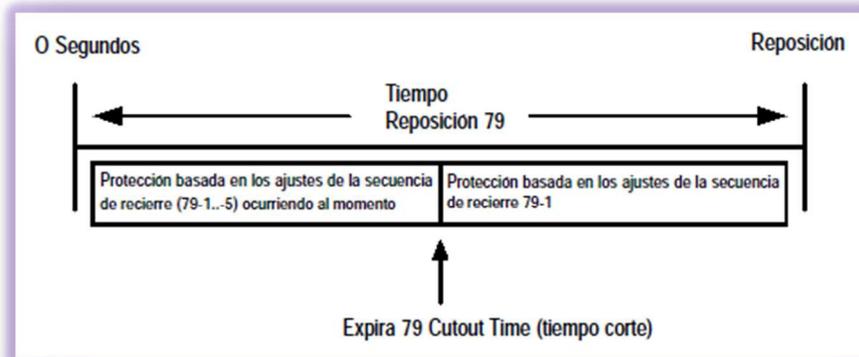
79 (O-->) Setting (ajuste)	Descripción
79-4 Mode Select: 51P 79-4 Mode Select: 50P-1 79-4 Mode Select: 50P-2 79-4 Mode Select: 50P-3 79-4 Mode Select: 51N 79-4 Mode Select: 50N-1 79-4 Mode Select: 50N-2 79-4 Mode Select: 50N-3 79-4 Mode Select: 46 79-4 Mode Select: 67P 79-4 Mode Select: 67N	Especificación de si cada elemento de protección activado que permanece activado es desactivado, o puede causar bloqueo durante la Stage 4 (etapa 4) de la secuencia de recierre. Para unidades ordenadas con la opción de disparo monofásico, las alternativas son: Desactivar, activar con operación monofásica, activar con operación trifásica, bloqueo con operación monofásica, bloqueo con operación trifásica, o alarma (que no tiene efecto en la secuencia de recierre pero permite que operen las salidas lógicas de alarma)
79-4 Open Interval Time (tiempo intervalo abierto)	Especificación del tiempo de intervalo abierto de la Stage 4 (etapa 4). El rango de ajuste es de 0.1 a 200.0 segundos, incrementos de 0.1 segundos
79-5 Select (seleccionar)	Especificación de si el recierre de la Stage 5 (etapa 5) está activado o desactivado
79-5 Mode Select: 51P 79-5 Mode Select: 50P-1 79-5 Mode Select: 50P-2 79-5 Mode Select: 50P-3 79-5 Mode Select: 51N 79-5 Mode Select: 50N-1 79-5 Mode Select: 50N-2 79-5 Mode Select: 50N-3 79-5 Mode Select: 46 79-5 Mode Select: 67P 79-5 Mode Select: 67N	Especificación de si cada elemento de protección activado que permanece activado es desactivado, o puede causar bloqueo durante la Stage 5 (etapa 5) de la secuencia de recierre. Para unidades ordenadas con la opción de disparo monofásico, las alternativas son: Desactivar, activar con operación monofásica, activar con operación trifásica, bloqueo con operación monofásica, bloqueo con operación trifásica, o alarma (que no tiene efecto en la secuencia de recierre pero permite que operen las salidas lógicas de alarma)
79-5 Open Interval Time (tiempo intervalo abierto)	Especificación del tiempo de intervalo abierto de la Stage 5 (etapa 5). El rango de ajuste es de 0.1 a 200.0 segundos, incrementos de 0.1 segundos
79 Cutout Time (tiempo corte)	Especificación del cutout time (tiempo corte) del reconectador (ver la Sección 5.21.1 adelante). El rango de ajuste es de 1 a 200.0 segundos, incrementos de 1 segundo
79v Select (seleccionar)	Especificación de si el elemento 79V está activado o desactivado
79 Pickup Voltage (voltaje enganche)	Especificación del voltaje de enganche del elemento 79V. El rango de ajuste es de 10 a 200 voltios de CA, incrementos de 1 voltio
79v Time Delay (retardo tiempo)	Especificación del retardo de tiempo de voltaje del elemento 79V. El rango de ajuste es de 4 a 200, incrementos de 1. (Ver el siguiente ajuste concerniente a la unidad usada)
79v Timer Mode: (modo temporiz.)	Especificación de si el retardo de tiempo 79V es en segundos o en minutos

Fuente: manual pcd2000, pag 5-36.

#### **4.5.17.1 Elemento de tiempo de corte 79.**

El elemento Cutout Time (tiempo de corte) 79, (79-CO), permite la detección de fallas de bajo nivel o intermitentes antes de la reposición de la secuencia de recierre. Al final del período de tiempo de corte seleccionado, todos los elementos de sobrecorriente son reactivados en base a los ajustes del 79-1. Por ejemplo, si la secuencia de recierre 79-3 está ajustada para diez segundos y el 79 Cutout Time (tiempo de corte) está ajustado para cinco segundos, los primeros cinco segundos de la secuencia de recierre siguen a los ajustes del elemento de sobrecorriente para la secuencia de recierre 79-3. Pero los segundos cinco segundos (después del periodo de tiempo de corte) siguen a los ajustes del 79-1. El ajuste 79-CO es programable de 1 a 200 segundos. Cuando está activado, el ajuste 79-CO debe ser menor que el 79 Reset Time (tiempo de reposición). Ver gráfico 4-10.

**Grafico 4-10: Tiempo de corte, 79**



Fuente: manual pcd2000, pag 5-37.

#### **4.5.17.2 Recierre de una operación. 79S (Single-Shot Reclosure).**

El elemento de entrada programable 79S inicia un recierre de una operación cuando las entradas de contacto 52a y 52b indican que el interruptor ha sido disparado externamente. La señal de cierre se inicia después de que expira el tiempo de intervalo abierto 79-1. Si el interruptor permanece cerrado por el ajuste Reset Time (tiempo de reposición), la secuencia de recierre repone. Si el interruptor se reabre dentro del ajuste Reset Time, no se emiten otros recierres.

El Reclose Block Control (control de bloqueo de recierre) del panel frontal bloquea este elemento, la entrada lógica 43a y el punto de bloqueo de recierre SCADA.

Para unidades PCD2000 ordenadas con la opción monofásica, cuando está activado Single Phase Reclosing (recierre monofásico), la función Single Reclose Initiate (iniciar recierre simple) no estará disponible.

#### **4.5.17.3 Recierre de múltiples operaciones (79M Multi-Shot Reclosure).**

Basado en que un aparato externo dispara la unidad, el elemento de entrada programable 79M escala a través de toda la secuencia de recierre. Cuando la entrada 79M está activada, la secuencia de recierre de operación múltiple es iniciada o continuada cuando las entradas de contacto 52a y 52b indican que la unidad ha sido disparada por un aparato externo.

El Reclose Block Control (control de bloqueo de recierre) del panel frontal bloquea este elemento, la entrada lógica 43a y el punto de bloqueo de recierre SCADA.

Para unidades PCD2000 ordenadas con la opción monofásica, cuando está activado Single Phase Reclosing (recierre monofásico), la función Multishot Reclose Initiate (iniciar recierre de múltiples operaciones) no estará disponible.

#### 4.6 *Cambiando de Operación Monofásica a Trifásica.*

Cuando el control de modo global está cambiado de monofásico a trifásico y el estado del interruptor no es consistente con una operación normal trifásica, el sistema no estará listo para operación trifásica normal. Ciertos eventos deben ocurrir para obtener consistencia del polo como se detalla en la siguiente tabla 4-27.

**Tabla 4:27: Operación Monofásica a Trifásica**

Estado del Interruptor cuando está cambiando a modo trifásico	Acciones requeridas al adquirir consistencia de polo y disposición para operación normal
Todos los polos abren y/o bloquean	Ninguna
Todos los polos cerrados	Ninguna
Uno o dos polos abiertos	Operación de apertura manual o remota Operación de cierre manual o remota Falla y subsecuente disparo en el polo (s) cerrado (s)
Uno o dos polos abiertos y bloqueados	Operación de apertura manual o remota Operación de cierre manual o remota Falla y subsecuente disparo en el polo (s) cerrado (s)

Fuente: manual pcd2000, pag 5-38.

Si ocurre una falla cuando los polos están inconsistentes, todos los polos cerrados serán abiertos y llevados a bloqueo. El criterio de disparo se basará en los ajustes 79-1

#### 4.7 *Elemento falla de interruptor.*

Una Breaker Failure Alarm (alarma de falla de interruptor) ocurrirá si un PCD2000 envía una señal de TRIP (disparo) y ocurre una o más de las siguientes condiciones:

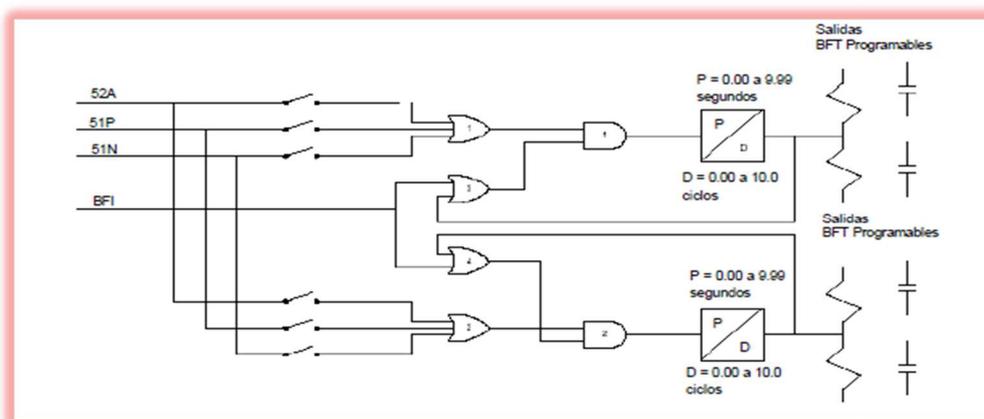
- La corriente de falla no disminuye para caer por debajo de al menos 5% del menor ajuste de enganche.

- Los contactos 52a y/o 52b de la unidad no indican que el reconectador/interruptor ha abierto.
- La unidad entra a un modo especial de falla cuando está instalado un Recloser Control Module (módulo de control de reconectador) (DIO tipo 2).

La disminución de la corriente de falla y la apertura de la unidad deben ocurrir antes de que expire el Trip Failure Time (tiempo de falla de disparo) o se activará la Breaker Failure Alarm (alarma de falla de interruptor). Ver el grafico 4-11.

La luz de estado para la unidad destellará alternativamente roja y verde en este momento.

**Grafico 4-11: Lógica de falla de interruptor.**



Fuente: manual pcd2000, pág. 5-39.

Durante la alarma de falla de interruptor, el PCD2000 continúa enviando una señal de disparo hasta que abra la unidad, ya sea a través de SCADA o disparo manual. Cuando la unidad es disparada, el PCD2000 va a bloqueo y se retira la alarma de falla de interruptor.

Las salidas lógicas BFT y ReTrip comparten la misma lógica y ambas requieren una entrada Breaker Fail Initiate (iniciar falla interruptor) (BFI) y una entrada “iniciadora”. La entrada iniciadora puede ser de una fase interna del PCD2000 y detector de nivel de tierra, contacto 52a o una combinación de ambos.

Las salidas lógicas BFT y ReTrip deben dirigirse a salidas físicas y el BFI y entrada iniciadora deben dirigirse a entradas físicas para operación.

## Capítulo 5.

### 5 Maniobras básicas de seccionadores y disyuntores para funcionamiento del Relé PCD 2000.

#### 5.1 Equipos de maniobra.

Para la modelación y utilización del relé pcd 2000 se ha diseñado e implementado un módulo de prácticas denominado RELÉ PCD 2000 cuyo esquema se presenta en la figura 5-1.

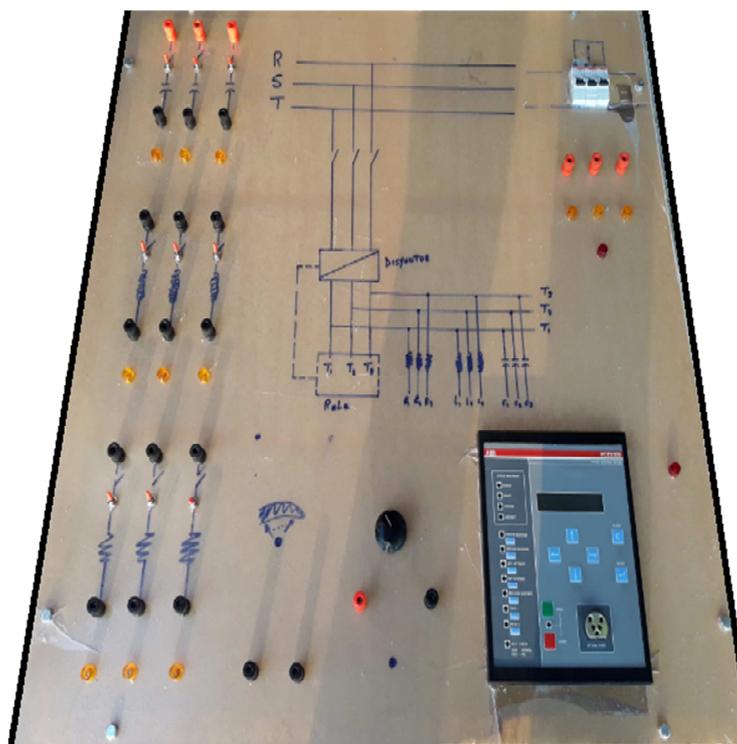
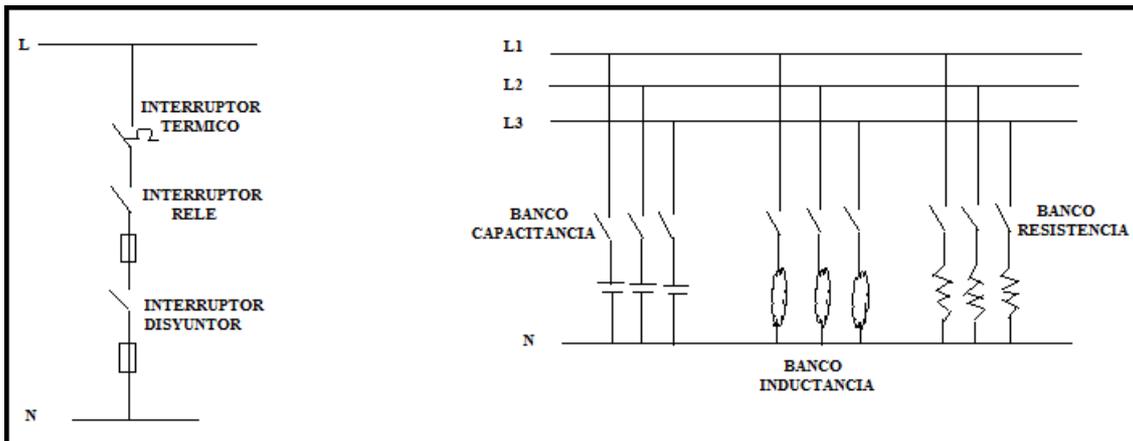


Figura 5-1: Tablero principal

Se describe el módulo de prácticas a través de un diagrama unifilar, para comprender de una manera más óptima el funcionamiento del mismo y evitar lesiones o daños personales; de tal manera que una vez identificado, los puntos de energía y el cableado de los elementos que integran el módulo de prácticas, se pueda realizar las debidas conexiones externas para la maniobra seleccionada, ver el grafico 5-1, el mismo representa el conexionado del módulo.

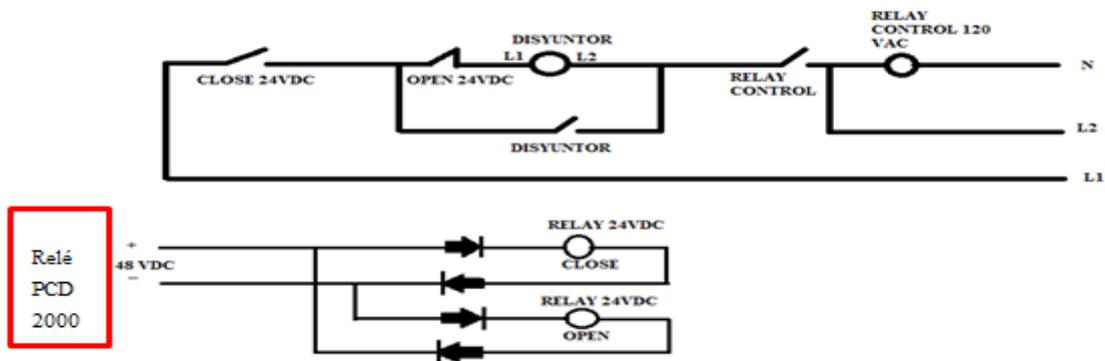
**Grafico 5-1: Diagrama unifilar del módulo de prueba ABB.**



Se representa a continuación el diagrama del cableado de control para el disyuntor, el mismo tiene una bobina de 220 Vac, para lo cual utilizaremos un Relay de control de 120 Vac para energizar una línea de la bobina (L1) y la otra línea (L2) para el comando de apertura y cierre a través de los relay Trip y Close, para el trip es el mismo Relay de open. Ver gráfico 5-2.

**Grafico 5-2: Diagrama de control del disyuntor.**

**Grafico 5-2: Diagrama de control del disyuntor.**



## 5.2 Objetivo de prácticas.

El objetivo de la presente práctica es mostrar cómo se realizan las maniobras básicas de los disyuntores, seccionadores, entrada de las cargas con relé de protección en un sistema de distribución. En el caso de nuestra aplicación con el relé PCD 2000, contamos con una configuración de línea a barra sencilla; tal y como se muestra en el grafico 5-1.

### 5.3 Maniobras de línea.

En el sistema de distribución es usual conectar varios circuitos para distribuir el flujo de potencia a las diferentes cargas del sistema, para ello familiarizarse con:

- ✚ Interruptores que permiten controlar el flujo de energía o aislar líneas para mantenimiento o trabajos, y elementos que tengan alguna falla.
- ✚ Transformadores de medida, usados para mediciones de tensión y de corriente.
- ✚ Cargas del sistema, resistiva, inductiva, capacitiva.

### 5.4 Elementos que conforman el módulo de prácticas.

**Tabla 5:1: Elementos del módulo de prácticas.**

Ítem	Nombre	Cantidad	Características nominal	Función
1	Breaker alimentación 3F	1	220 Vac 4 amp 3 polos	Protección del modulo
2	Luces piloto	3	120 Vac 10 amp	Indicador de alimentación Fase A,B,C (color amarillo).
3	Luces piloto	1	120 Vac 10 amp	Indicador de fallo (color rojo).
4	Reóstato	1	120 Vac 7.5Ohmios 3.85 amp	Provocar caídas de tensión para modelar operación del relé por variación de corriente.
5	Disyuntor principal 3F	1	220 Vac 30 amp	Interruptor del alimentador.
6	Relé de protección ABB	1	Relé digital pcd 2000, ABB	Protección contra fallas, lecturas de parámetros, registro de fallas.
7	Seccionador monofásico	9	120 Vac 10 amp	Abrir, cerrar las cargas.
8	Plus de conexión	28	120 Vac 25 amp	Realizar prácticas.
9	Cargas Resistiva	3	120 Vac x 200 Watios, 2 amp	Consumo de energía activa con factor de potencia 1.
10	Cargas capacitiva	3	120 Vac - 350 Vac x 45	Consumo de energía reactiva con factor de potencia negativo.
11	Cargas inductiva	3	120 Vac 2 amp	Consumo de energía activa con factor de potencia positivo.
12	Breaker de control 2F	1	220 Vac 6amp 2 polos	Alimentación del interruptor y relé
13	Relay de control	1	120 Vac 10 amp	Control bobina del interruptor y señal energía de control.
14	Relay de cierre y apertura	2	24 Vcc 10 amp	Control de apertura y cierre del interruptor.
15	Borneras de carga	1	250 Vac 20 amp	Conexiones de la línea con la carga.
16	Borneras del neutro	1	250 Vac 20 amp	Conexiones de todos los terminales del neutro de las cargas.
17	Tc	3	30 /5 amp	Censar la corriente de las cargas
18	Ventilador	1	115 Vac 10 Watios	Eliminar el exceso de calor dentro del módulo de prueba.

19	Bocina	1	115 Vac 4 Watos	Alarma del módulo.
----	--------	---	-----------------	--------------------

### Cierre del disyuntor.

Accionando el Breaker principal B-3F, para energizar todo el modulo, se encenderá una luz de color rojo indicando que el disyuntor se encuentra abierto, luego con el botón rojo del relé PCD 2000, se pulsa para dar la señal de cierre, el equipo empieza a contar 9 segundos para realizar el cierre.



**Figura 5-2: Disyuntor Principal.**

El disyuntor principal cierra y se verifica la presencia de energía a través de las luces led de color amarillo.

**Apertura del disyuntor.** Con el botón color verde del relé PCD 2000, se pulsa para dar la señal abrir, debe ser instantáneo. Se encienden las luces del módulo de color amarillo.

Para el cierre se utiliza un Relay de 24 Vdc ver figura 5-3.





Figura 5-5: Tc, transformador de corriente

Bloque de conexión de las resistencias. Ver figura 5-6.



Figura 5-6: Plus de conexión

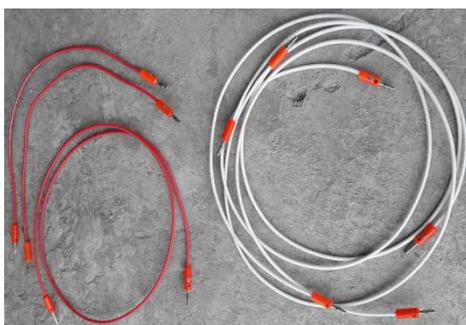
Las resistencias son las que se muestran en la figura 5-7.



Figura 5-7: Resistencias.

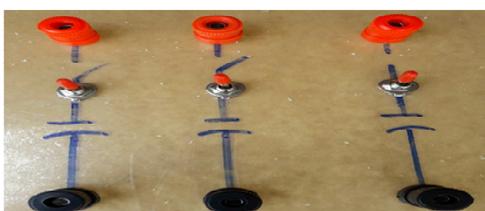
### Conexión de la carga capacitiva.

Se colocan los cables de prueba de las líneas L1, L2, L3, a la parte superior de las cargas las mismas son con conexión de neutro, puesto que cada uno de los capacitores es de 120Vac de trabajo. En cada capacitor tenemos un valor de corriente primario de 2.4 amperios, estos son medidos a través de transformadores de corriente (tc), estos son de relación 30/5 amperios, las lecturas en el secundario están alrededor de 0.4 y 0.45 amperios; estas corrientes entran al PCD 2000, el mismo muestra corriente de 232 amp. Aproximadamente, ver figura 5-8.



**Figura 5-8: Cables de conexión**

Plus bananas de conexión de las cargas capacitivas, ver figura 5-9.



**Figura 5-9: Plus de conexión**

Capacitores de secos de 250 Vac para simular las cargas capacitivas, ver figura 5-10.



**Figura 5-10: Carga capacitiva**

### **Conexión de la carga inductiva.**

Se colocan los cables de prueba de las líneas L1, L2, L3, a la parte superior de las cargas las mismas son con conexión de neutro, puesto que cada uno de los capacitores es de 120Vac de trabajo. En cada transformador que tenemos un valor de corriente primario de 2.2 amperios,

estos son medidos a través de transformadores de corriente (tc), estos son de relación 30/5 amperios, las lecturas en el secundario están alrededor de 0.35 amperios; estas corrientes entran al PCD 2000, el mismo muestra corriente de 210 amp. Aproximadamente, ver figura 5-11.



Figura 5-11: carga inductiva

### **Pasos para realizar prácticas en el módulo (PCD-1).**

- 1.- Con todos los interruptores de alimentación en posición OFF.
- 2.- Realice el cableado desde la fuente de alimentación
- 3.- Active el Breaker principal del módulo (B-3F)
- 4.- Cerrar el disyuntor (Dyt-1), pulsando el botón color rojo (Close), del PCD 2000,
- 5.- Activamos los seccionadores de las cargas
- 6.- Verificamos las cargas en el display del (R1-PCD)

Realizar la siguiente maniobra:

- a) Cerrar los conmutadores de los seccionadores
- b) Cerrar el disyuntor
- c) Al ser el cierre efectivo, observará que las lámparas indicadoras del estado de la línea se encienden.

- d) Verificar los valores de voltaje, corriente, factor de potencia, frecuencia.
- e) Realizar prueba de disparo de corto circuito.
- f) Realizar prueba de disparo por bajo voltaje

### **Carga.**

La práctica de carga instantánea se la realiza con el módulo, el cual debe iniciarse la operación de cierre del equipo, accionando el Breaker principal B-3F, para energizar todo el modulo, se encenderá una luz de color rojo indicando que el disyuntor (Dyt-1), se encuentra abierto, luego con el botón rojo del relé PCD 2000 (R1-PCD), se pulsa para dar la señal de cierre, el equipo empieza a contar 9 segundos para realizar el cierre, una vez cerrado el disyuntor se procede a energizar la carga.

### **Sobre Carga.**

La práctica de sobre corriente instantánea se la realiza con el modulo, el cual debe iniciarse la operación de cierre del equipo, accionando el Breaker principal B-3F, para energizar todo el modulo, se encenderá una luz de color rojo indicando que el disyuntor (Dyt-1), se encuentra abierto, luego con el botón rojo del relé PCD 2000 (R1-PCD), se pulsa para dar la señal de cierre, el equipo empieza a contar 9 segundos para realizar el cierre, una vez cerrado el disyuntor se procede a energizar la carga con todos los bloques de carga.

Hay que configurar el equipo (R1-PCD), para que dispare con el elemento 51P, si se requiere un disparo por sobre carga con retardo de tiempo.

Hay que configurar el equipo (R1-PCD), para que dispare con el elemento 50P, si se requiere un disparo instantáneo por sobre carga.

Hay que configurar el equipo (R1-PCD), para que dispare con el elemento 27P, si se requiere un disparo con retardo de tiempo por bajo voltaje.

Hay que configurar el equipo (R1-PCD), para que dispare con el elemento 27P, si se requiere un disparo con retardo de tiempo por sobre voltaje.

Hay que configurar el equipo (R1-PCD), para que dispare con el elemento 81P, si se requiere un disparo por caída de frecuencia.

De igual manera hay que configurar el equipo si se requiere protección contra falla de neutro, protección diferencial, protección direccional, auto recierre y secuencia negativa.

### **Prácticas.**

Ajuste de Tap, Dial y arrancar cargas resistivas; ( Td=Dial )

Programe el relé para los siguientes ajustes.

Carga resistiva 0.37 amp.

$$\text{TAP} = 0.37 \rightarrow ( I = \text{Tap} \times T_c ) = ( 0.37 ) ( 600 ) = 222 \text{ amp}$$

### **Operación Normal.**

I normal. Toma de carga sin disparo ( R1 )

$$\text{TAP} = 0.4 ( I \rightarrow 240 \text{ amp. } )$$

$$I_{\text{nom}} = 0.37 ( 600 ) = 222 \text{ amp.}$$

$$T_d = 0.1$$

$$I_{\text{carga}} < I_{\text{ajuste}}$$

$$222 < 240 ( \text{No, se dispara} )$$

### **Disparo Instantáneo.**

I falla (50P) = 450 amperios; toma de carga ( R1+L1+C1 )

$$I_{\text{carga}} = R1+L1+C1 = 505 \text{ amperios}$$

$$I_{\text{falla}} = 450$$

$$T_c = 300$$

$$\text{TAP} = I_{\text{falla}} / I_{\text{nom}} t_c \rightarrow ( 450 / 300 ) = 1.5$$

$$T_d = 0.05$$

$$I_{\text{carga}} > I_{\text{ajuste}}$$

$$505 > 450 \text{ ( Si, se dispara)}$$

🚧 **Sin recierre. (Recloser Blocked) → Encendido.**

Hay que activar 50P-3 y 50N-3

🚧 **Con recierre. (Recloser Blocked) → Apagado.**

Hay que desactivar 50P-3 y 50N-3

### **Disparo por Falla 1Φ.**

$$T_c = 300$$

$$I_{\text{falla}} = 300$$

Curva = IEC, Extremadamente Inversa. (EI)

$$T_d = 0.05 \text{ fase}$$

$$TAP = I_{\text{falla}} / I_{\text{nom tc}} \rightarrow ( 300 / 300 ) = 1$$

$$T_c = 300$$

$$I_{\text{falla}} = 240$$

Curva = IEC, Extremadamente Inversa. (EI)

$$Dial = 0.10 \text{ neutro}$$

$$TAP = I_{\text{falla}} / I_{\text{nom tc}} \rightarrow ( 240 / 300 ) = 1.25$$

$$I_{\text{normal}} = 232 \text{ A (R1)}$$

(No dispara)

I falla 51P = 355 A ( R1 + L1 )

Pickup = Arranque > 300 Amp.

Trip = Disparo

Calculo de tiempo según curva = 10.51 seg.

a) Con fallo Permanente

1. Abre
2. Cierra
3. Abre...Lockout.

b) Con fallo Temporal

1. Abre
2. Se quita una (1) carga manualmente
3. Cierra.....Queda cerrado.

### Posibles fallas.

El interruptor no cierra. Ocurre cuando el display del relé muestra lockout y la luz indicadora se encuentra parpadeando entre rojo y verde, significa que el equipo se encuentra bloqueado y no cerrará.

**Solución.** Verifique el estado del disyuntor, sus contactos auxiliares deben conectarse a la tarjeta DI/O Tipo 2, esta proporciona 3 salidas binarias y 3 entradas binarias; las mismas tienen que ser conectadas a las entradas binarias, estas le dan el estado del disyuntor al relé, abierto o cerrado.

Se conecta los auxiliares del disyuntor.



**El relé manda a cerrar pero el interruptor no realiza la acción.**

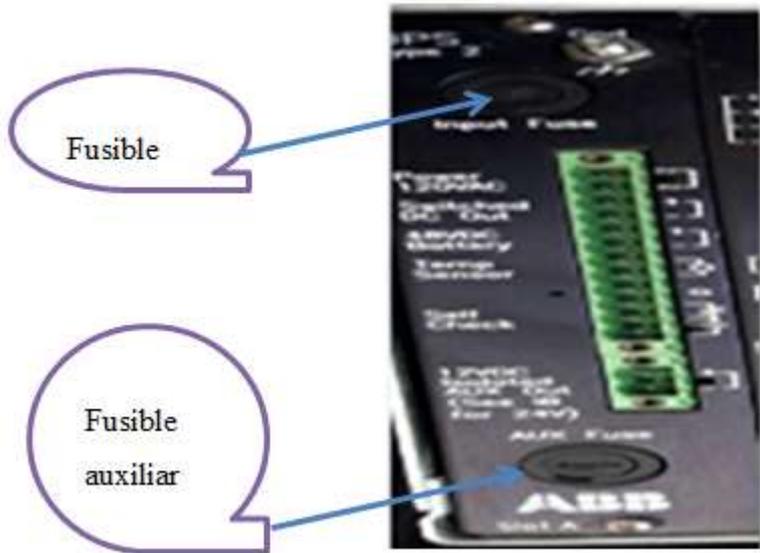
Ocurre cuando el relé realiza el auto chequeo interno y verifica, que se encuentra el estado operativo del disyuntor, realiza la acción de cierre empieza el ciclo de cierre y lo hace correctamente en el display pero no cierra físicamente el disyuntor.

**Solución.** En este caso se debe a fuente de alimentación de 48 Vdc, ya que la misma no la detecta el equipo porque no es su fuente primaria, se debe reemplazar de ser necesario.

**El relé no enciende.** Si existe energía en el módulo y el relé permanece apagado es necesario revisar las protecciones.

**Solución.** Verificar el Breaker de control de dos polos que se encuentra dentro del módulo, si la falla continua quitar la fuente de alimentación del módulo y retirar el relé PCD 2000, en la parte posterior se encuentra un porta fusible verifíquelo y reemplácelo de ser necesario.

La tarjeta cuenta con uno auxiliar de repuesto.



**El relé permanece bloqueado.** Ocurre cuando el relé está operativo y luego de ocurrir un evento, muestra el display lockout y la luz indicadora se encuentra parpadeando entre rojo y verde, significa que el equipo se encuentra bloqueado y no operará.

**Solución.** Revisar configuración en el modo Change Settings, desplazarse con las flechas de dirección e ingresar con la tecla Enter, en la pantalla pide código de acceso ingresar con la tecla Enter y proceder a realizar el cambio < Eneable> activar o <Diseable>desactivar, el elemento 50P-3 y el elemento 50N-3, según sea el caso para la acción deseada

## Capítulo 6.

### 6 Conclusiones y Recomendaciones

#### 6.1 Conclusiones.

En el trabajo teórico práctico sobre las protecciones de los sistemas de distribución se llega a la conclusión, de que para mantener un servicio continuo de energía con la menor cantidad de tiempo de interrupción posible, es necesario instalar un equipo de protección que supervise los fallos y los clasifique en fallos transitorios o permanentes.

De tal manera que se abra el alimentador o disyuntor principal cortando la energía cuando la falla sea repetitiva o permanente, y no cuando la falla sea transitoria, como el roce de una rama de árbol, contacto de un ave, etcétera

Puesto que si ocurre una falla en un sector solo interrumpa el servicio de energía en esa zona para lo cual se realiza una protección selectiva, de tal manera que el sistema será técnico y económico, al saber con precisión el lugar afectado para intervenir de una manera más ágil.

#### 6.2 Recomendaciones.

Es necesario que los técnicos e ingenieros eléctricos sobre todo, apliquen equipos de protección a las instalaciones eléctricas en general aunque al principio de un proyecto se eleve un poco el costo, pero es el respaldo de todo el sistema que está protegiendo y la final le salvara la instalación eléctrica, evitando que la misma colapse, cuando suceda alguna falla en el sistema de distribución o de la propia carga.

## 7 Referencia Bibliografía.

- ABB. (s.f.). *ABB MEDIA Y ALTA TENSION*. Recuperado el 03 de 10 de 2016, de [www.scribd.com/doc/171601421/ABB-Equipamiento-pa-subestaciones-product-de-media-y-alta-tens](https://www.scribd.com/doc/171601421/ABB-Equipamiento-pa-subestaciones-product-de-media-y-alta-tens): <https://www.scribd.com/doc/171601421/ABB-Equipamiento-pa-subestaciones-product-de-media-y-alta-tension>
- biblioteca.cenace.org.ec. (1 de 10 de 2016). *Material 3. Generalidades de las Protecciones.pdf* - cenace. (D. O. eléctricas, Productor) Recuperado el 1 de 10 de 2016, de <http://biblioteca.cenace.org.ec/jspui/bitstream/123456789/826/69/Material%203.%20Generalidades%20de%20las%20Protecciones.pdf>
- Carta, C. C. (2013). *Centrales de energia renovables* (2.da Edicion ed.). (M. Martin Romo, Ed.) Madrid, España: Pearson Educacion, S.A.
- Dr. Torres, O. E. (5 de 08 de 2012). *www:blog.espol.edu.ec*. Recuperado el 2 de 10 de 2016, de [blog.espol.edu.ec/](https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjDk7nin_TPAhVICz4KHeP4D74QFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fblog.espol.edu.ec%2Fconde%2Ffiles%2F2012%2F08%2FConferencia-7.-La-protecci%25C3%25B3n-de-los-alimentadores-de-ecured@idict.cu): [https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjDk7nin\\_TPAhVICz4KHeP4D74QFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fblog.espol.edu.ec%2Fconde%2Ffiles%2F2012%2F08%2FConferencia-7.-La-protecci%25C3%25B3n-de-los-alimentadores-de-ecured@idict.cu](https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjDk7nin_TPAhVICz4KHeP4D74QFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fblog.espol.edu.ec%2Fconde%2Ffiles%2F2012%2F08%2FConferencia-7.-La-protecci%25C3%25B3n-de-los-alimentadores-de-ecured@idict.cu)
- ecured@idict.cu. (24 de 01 de 2013). *www.ecured.cu*. Recuperado el 14 de 10 de 2016, de [https://www.ecured.cu/Protecci%C3%B3n\\_direccional](https://www.ecured.cu/Protecci%C3%B3n_direccional)
- Enriquez, G. H. (2012). *Manual del tecnico en subestaciones electricas industriales y comerciales*. Mexico: LIMUSA.
- Escobar, J. R. (2014). *Diseño de subestaciones electricas* (1 ed., Vol. 1). Bogota, Colombia: Escuela Colombiana de Ingenieria.
- Grainger, J. J., & Stevenson, W. D. (2001). *Analisis de sistemas de potencia*. Mexico: Mc Graw-Hill.

Harper, H. (2013). *Elementos de Diseño de subestaciones electricas* (2.da ed., Vol. 1). Mexico: Limusa.

Ramirez, C. S. (2003). *Proteccion De Sistemas Electricos* (primera ed.). Manizales, Colombia.

Warrington, A. C. (2012). *Protective Relays: Their Theory and or Practice Volume one*. New York: Springer Science.

www.emb.cl. (JUNIO de 2011). Reles Diferenciales. *Electro Industria*, Ultima Parte.

## 8 ANEXOS.

### ANEXO. 1: TABLERO O CONSOLA.



### ANEXO. 2: UBICACIÓN DEL RELÉ DE PROTECCIÓN EN LA CONSOLA.



### ANEXO. 3: MODULO DE INDUCTANCIAS.



**ANEXO. 4: MODULO DE CAPACITANCIAS.**



**ANEXO. 5: MODULO DE RESISTENCIAS.**



**ANEXO. 6: DISYUNTOR PRINCIPAL Y TRANSFORMADOR DE CORRIENTE Tc**



**ANEXO. 7: ELEMENTOS PARA CIRCUITOS DE CONTROL,**

**RELAY BORNERAS, CABLES, TERMINALES DE CONEXIÓN**

**Y CABLES DE PRÁCTICAS.**



**ANEXO. 8: SISTEMA DE ENFRIAMIENTO CON DISIPADOR DE CALOR.**



**ANEXO. 9: REOSTATO VARIACION DE TENSION.**



**ANEXO. 10: CONSTRUCCION DE LA CONSOLA DE PRACTICA.**

