



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Modernización del esquema de protección
diferencial de barras de 230 kV en la
subestación eléctrica Peralvillo**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO

P R E S E N T A

JESÚS ALEJANDRO DE LA CRUZ SALCEDO

ASESOR DE INFORME

ING. DAVID VÁZQUEZ ORTIZ



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019

Contenido

Introducción	1
Justificación	2
Objetivos:.....	3
Capítulo 1. Organigrama Empresarial	4
Capítulo 2. Descripción de proyectos.....	6
Capítulo 3: Modernización y puesta en servicio del esquema de protección diferencial de barras de 230 kV en la Subestación Eléctrica Peralvillo.	8
3.1. Planteamiento inicial del proyecto.....	8
3.1.1. Antecedentes.....	8
3.1.2. Condiciones normales de operación.....	9
3.1.3. Principio de funcionamiento del esquema de protección 87B.	11
3.1.4. Características generales del relevador SEL-487B.....	12
3.2 Procedimiento de puesta en servicio	18
3.2.1 Descripción del tablero PCyM 87B 230 kV	18
3.2.2 Levantamiento eléctrico, revisión y actualización de planos de ingeniería	24
3.2.3 Análisis de ajustes de la protección y parámetros de conexión	25
3.2.4. Montaje y timbrado	32
3.2.5. Elaboración de la cédula de cableado y tendido del cable	37
3.2.6. Pruebas de resistencia de aislamiento a cables de control.	40
3.2.7. Alambrado del tablero.....	42
3.2.8. Programación del Relevador SEL-487B	44
3.2.9. Ajustes típicos del esquema de protección 87B.....	44
3.2.10. Alarmas locales y remotas del panel frontal del relevador SEL-487B	45
3.2.11. Lógica de disparo y bloqueo al cierre	46
3.2.12. Maniobras.....	46
3.2.13. Bloqueo	47
3.2.14. Modo prueba	48
3.2.15. Disparo / restablecimiento de barra	48
3.2.16. Alarmas por protocolo DNP 3.0 a través del relevador SEL-487B y el DPAC 2440	49
3.2.17. Pruebas de la protección, alarmas y disparos con el Departamento de Control	50

3.2.18. Pruebas reales de disparo, alarmas y maniobras con el Área de Control Central.....	53
3.2.19. Informe de oscilografías, faseo de las bahías y reporte final.....	56
Capítulo 4. Resultados.....	57
5. Conclusiones	59
Bibliografía.....	61
Internet:.....	61
Glosario	62
Anexos.....	66
Anexo A.....	66
Anexo B.....	70
Anexo C	76
Anexo D	80
Anexo E.....	93
Anexo F.....	95
Anexo G	96

Introducción

El Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), suministra la energía que contribuye al crecimiento y necesidades del país.

Para un funcionamiento óptimo del SEP es necesario implementar y modernizar los equipos de protección con mayor versatilidad que permitan proteger el equipo eléctrico primario y analizar fallas en forma eficiente. La Comisión Federal de Electricidad tiene el compromiso de brindar soluciones rápidas ante fallas para evitar afectaciones al usuario, al equipo y al personal que labora dentro de las instalaciones, para lo cual destina importantes recursos a la tarea de renovar sus equipos de protección en líneas de transmisión, transformadores, generadores, barras, alimentadores, etc.

La Subestación Eléctrica Peralvillo perteneciente a la Zona de Transmisión Valle de México Centro forma parte del anillo central de 230 kV. Se encarga de interconectar transmitir y distribuir la energía eléctrica mediante cuatro líneas de transmisión (cable subterráneo) de 230 kV y tres transformadores trifásicos con una capacidad total de 180 MW.

Para la protección contra fallas internas de las líneas y transformadores que se encuentran conectados a dos barras en la sección de 230 kV, se instaló una protección diferencial de barras digital marca SEL (Schweitzer Engineering Laboratories), modelo 487B contenida en un tablero de la misma marca y bajo las especificaciones de CFE reemplazando los relevadores electromecánicos marca Siemens modelo RN23, con la finalidad de proteger las barras con eficacia, basados en las características de esta protección que trabaja como una protección de respaldo, además de que cuenta con un mayor número de entradas y salidas analógicas y digitales que nos permiten monitorear, controlar y proteger de manera más adecuada las barras.

Es necesario conocer e identificar los equipos encargados de proporcionar las señales analógicas y digitales a la protección diferencial de barras tales como: transformadores de corriente (TC's) y cuchillas seccionadoras para su correcta operación.

Justificación

Desde el inicio de la toma de las instalaciones de la Compañía de Luz y Fuerza por la Comisión Federal de Electricidad el día 12 de octubre del 2009, mediante instrucciones del ejecutivo, por decreto se determina que la Comisión Federal de Electricidad será la empresa encargada de la operación y suministro de energía eléctrica en el área central del país. No obstante, el equipo instalado en las subestaciones eléctricas ya sobrepasaba la garantía, por los años de uso, haciéndolo poco funcional e incluso obsoleto para la confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional en el centro del país.

Ante ello se realiza un análisis para identificar por especialidades de: Líneas, Subestaciones, Protección y Medición, Control y Comunicaciones, el reemplazo de equipo primario, esquemas de protección, control, medición y equipo de comunicación.

Se inicia con el operativo para ir reemplazando equipo existente por equipo nuevo para tensiones de 400 kV, 230 kV, 85 kV y 23 kV. En las bahías de campo se hizo cambio de transformadores de corriente, transformadores de potencial, interruptores de potencia, cuchillas, aisladores, mantenimiento a transformadores, apartarrayos, etc.

En caseta se realiza la sustitución de relevadores electromecánicos por relevadores digitales para esquemas de 23 kV, 85 kV, 230 kV y 400 kV. Para esquemas de control se realizó la migración de tableros mímicos que contaban con control de mandos de apertura y cierre, señalización y medición a la UTR y equipo de comunicaciones con tecnología de cómputo de última generación.

Este proyecto se realizó debido a la necesidad de modernizar la subestación eléctrica Peralvillo que ya contaba con un avance del 70% en sustitución de equipos, por lo cual siendo parte importante de la red en anillo del centro de la ciudad y dada la complejidad de las maniobras para dejar desenergizada la subestación, se aprovecha los trabajos realizados por mantenimiento en la subestación encapsulada (GIS) en gas SF₆ de 230 kV por parte del departamento de Subestaciones se inician los trabajos para la sustitución de la protección diferencial de barras de tipo electromecánico, en la cual no se tiene información de alarmas, eventos registrados u oscilografías desde su puesta en servicio en 1985.

Objetivos:

- Retiro del tablero de la protección diferencial de barras electromecánica de 230 kV.
- Montaje del nuevo tablero de protección diferencial de barras digital de 230 kV marca SEL.
- Tendido de cable de control nuevo para señales de corrientes, potenciales, control de bloqueos al cierre de interruptores, alimentación del tablero, disparos a los interruptores y señalización de las cuchillas.
- Realizar pruebas de resistencia de aislamiento al cable de control.
- Conexión del cableado de control desde el gabinete centralizador en campo por cada bahía hacia el tablero.
- Realizar la configuración y programación de los relevadores digitales SEL 487B.
- Dar de alta las alarmas por protocolo DNP con el Departamento de Control.
- Migración del cableado de control de disparos y bloqueos al cierre de los tableros de protección de las líneas y transformadores al nuevo tablero de la protección diferencial de barras.
- Realizar pruebas de disparo para el esquema de la protección 87B1, 87B2, 86B1 y 86B2.
- Validar las alarmas y los disparos a los interruptores, bloqueos al cierre y señalización correcta de las cuchillas por bahía en conjunto con el Departamento de Control a nivel local, con Programación y con el Área de Control.

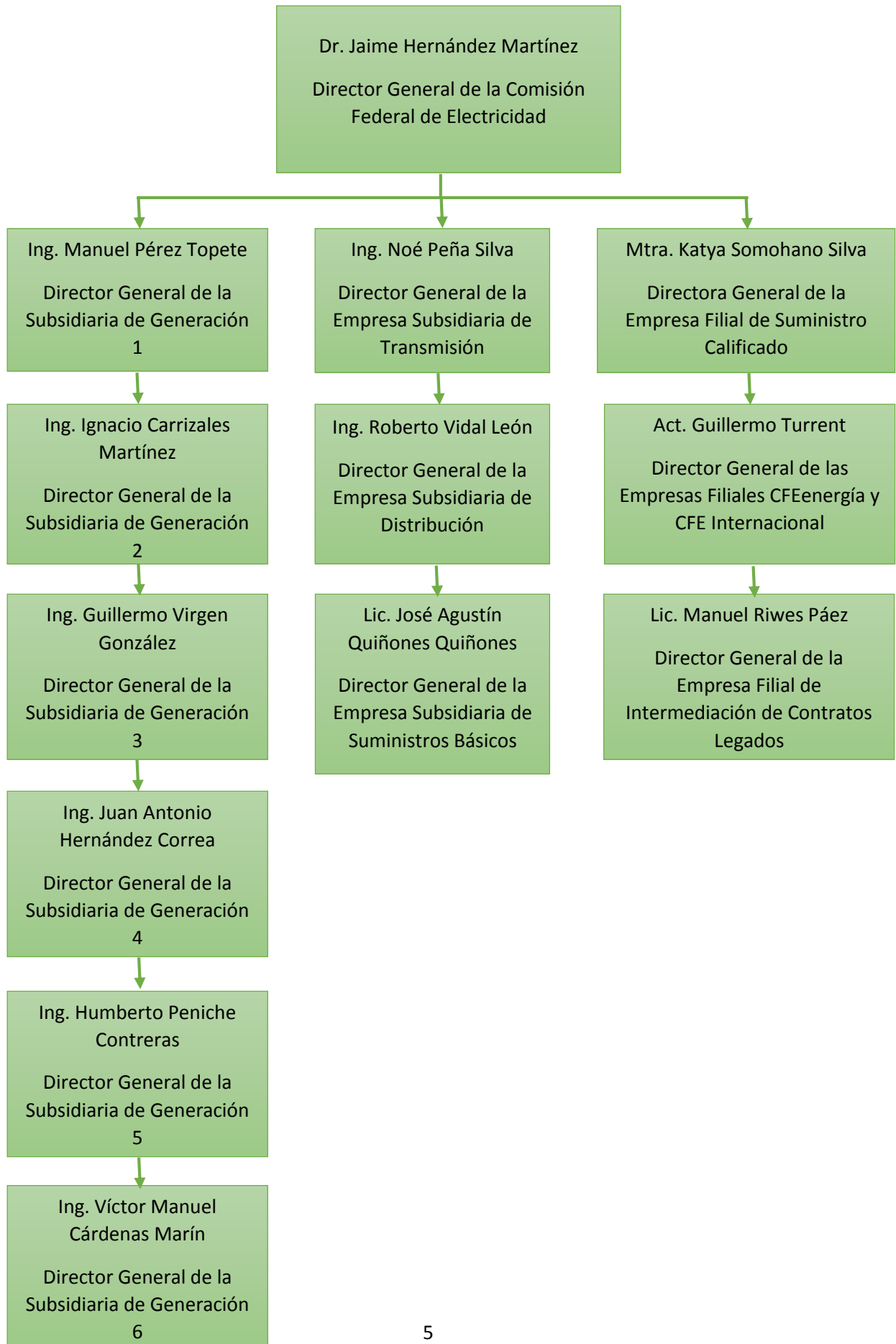
Capítulo 1. Organigrama Empresarial

Actualmente, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) es una empresa productiva del estado, propiedad exclusiva del Gobierno Federal, con personalidad jurídica y patrimonio propio, que goza de autonomía técnica, operativa y de gestión, conforme a lo dispuesto en la Ley de la Comisión Federal de Electricidad.

Tiene como fin el desarrollo de actividades empresariales, económicas, industriales y comerciales en términos de su objeto, generando valor económico y rentabilidad para el Estado Mexicano como su propietario.

Con la implementación de la Reforma Energética se realiza la separación legal en la electricidad para fomentar el acceso abierto del sector, y el Congreso debe ajustar el marco regulatorio en el cual operará la Comisión Reguladora de Energía creando las empresas subsidiarias con diferente razón social y una personalidad jurídica diferente de la empresa matriz y empresas filiales que tengan participación independiente en transacciones comerciales.

La empresa subsidiaria CFE Transmisión, tiene por objeto, realizar las actividades necesarias para prestar el servicio público de transmisión de energía eléctrica, así como para llevar a cabo, entre otras actividades, el financiamiento, instalación, mantenimiento, gestión, operación y ampliación de la infraestructura necesaria para prestar el servicio público de transmisión.



Capítulo 2. Descripción de proyectos.

El presente capítulo muestra a detalle la experiencia profesional realizada.

Octubre 2010

Dentro de la empresa FIDE en el área de Diagnosticador Energético:

- ✓ Realicé toma de lecturas para uso doméstico y comercial.
- ✓ Realice censos de carga.
- ✓ Visitas a domicilio.
- ✓ Aclaración y revisión de recibos de facturación.

Septiembre 2011

En mi capacitación dentro de CFE, en el área de Transmisión y laborando en el Departamento de Subestaciones, se realizó:

- ✓ Pruebas de factor de potencia y resistencia de aislamiento a TC's de 230 kV.
- ✓ Conexión y cambio de puentes de cable ASCR 1113 kcm entre TC's y cuchillas.
- ✓ Mantenimiento a interruptores en pequeño volumen de aceite de 23 kV tipo Metal Clad.
- ✓ Pruebas de cromatografía de gases al aceite del transformador.
- ✓ Sustitución y reemplazo de TC's de 230 kV y 85 kV.

Marzo 2012

A partir de este mes a la fecha, dentro de CFE, en el área de Transmisión y laborando en el Departamento de Protección y Medición se han realizado los siguientes trabajos:

- ✓ Pruebas de resistencia de aislamiento a conductores.
- ✓ Alambrado de tableros y gabinetes de campo.
- ✓ Elaboré cédulas de cableado y realización de ingenierías que incluyen diagramas unifilares y trifilares para diversos proyectos.
- ✓ Pruebas de esquema de funciones de protección 50, 51, 50N, 51N, 81, 79, 21, 67N, 87T, 86T, 87B, 86B, 86T, 50FI, 27 y 59.

- ✓ Modernización y puesta en servicio de esquemas de alimentadores de 23 kV y bancos de capacitores de 23 kV.
- ✓ Participe en pruebas de las protecciones mecánicas de un transformador trifásico de 230/23 kV.
- ✓ Modernización y puesta en servicio de la protección diferencial de barras en la S.E. Esmeralda, S.E. Cuauhtémoc, S.E. Merced, S.E. Madero, S.E. Peralvillo y S.E. Diana en 230 kV y 23 kV.
- ✓ Toma de lecturas de servicios propios y balance de energía.
- ✓ Mantenimiento de acuerdo a la norma CFE.
- ✓ Participe en la puesta en servicio de esquemas de protección de línea en 230 kV.
- ✓ Se apoyó en la puesta en servicio de esquema de una protección diferencial de un transformador de 230/23 kV.
- ✓ Pruebas a TC's (Relación, saturación y polaridad)
- ✓ Manejo de diversos software para algunas marcas de relevadores (SEL, ABB, GE, ALSTHOM, SIEMENS, ARTECHE, ZIVERCOM), etc.
- ✓ Manejo y uso de software para realizar pruebas de caracterización y disparo utilizando equipos de prueba (OMICRON y DOBLE).
- ✓ Dibujo de planos de ingeniería mediante el uso del software Autocad.

Capítulo 3: Modernización y puesta en servicio del esquema de protección diferencial de barras de 230 kV en la Subestación Eléctrica Peralvillo.

3.1. Planteamiento inicial del proyecto.

En el presente capítulo se detalla la metodología y actividades realizadas en el proyecto de la modernización de la protección diferencial de barras de 230kV, el capítulo se divide en el planteamiento inicial y las condiciones normales de operación.

3.1.1. Antecedentes.

Desde el inicio del operativo por parte de CFE en el 2010, para modernizar cada subestación en el Valle de México, en el área de transmisión, se ha reemplazando el equipo primario, pasando por mantenimientos, modernización de esquemas de control, protección, medición y los sistemas de comunicación para la mejora continua y la demanda de energía sin interrupciones.

En el área de Protección y Medición se ha realizado la sustitución de tableros de protección con relevadores electromecánicos por tableros con relevadores digitales de diferentes esquemas de protección tales como: protección de líneas, bancos, alimentadores, bancos de capacitores y diferencial de barras.

Esta última protección es muy sencilla en su forma de operación y a la vez muy compleja en la puesta en servicio, se requiere librar por completo la subestación, lo que conlleva a dejar de suministrar energía por la complejidad de su diseño.

La modernización del tablero de protección diferencial de barras de 230 kV requiere de un análisis previo considerando la afectación de carga y el respaldo momentáneo por maniobra realizado por CFE Distribución en el área de 23 kV para concluir la puesta en servicio.

Para realizar el trabajo se solicita a la Gerencia de Transmisión el planteamiento de la modernización, considerando las necesidades y requerimientos para iniciar el proyecto

además de incluirlo dentro del plan anual de trabajo, que se elaboró a finales del año 2016.

Para la solicitud del proyecto se deben considerar los siguientes aspectos:

- Un tablero de protección diferencial de barras destinado al proyecto, el cual fue solicitado al almacén de la subestación eléctrica Victoria con número de orden.
- Solicitud de cable de control.
- Levantamiento eléctrico y visual donde será montado el tablero para reemplazar al tablero existente.
- Solicitar las licencias al Área de Control Central para realizar los trabajos en vivo o muerto.
- Revisar el diagrama eléctrico con el cual fue fabricado el tablero para adecuarlo al proyecto.
- Realizar un programa de actividades, señalando cada día el avance de trabajo por parte del personal asignado al proyecto.
- Reunión con las especialidades involucradas: Subestaciones y Control para informar del proyecto y las actividades que se realizarán durante la puesta en servicio.

3.1.2. Condiciones normales de operación.

Para la correcta operación de la subestación eléctrica Peralvillo, se requiere que los sistemas conectados en el área de 230 kV (líneas y transformadores) se encuentren disponibles, en caso de operación o contingencia por alguna falla de algún circuito conectado. Ante una falla debe quedar una barra disponible, por lo tanto se debe repartir las cargas en ambas barras. Quien toma la decisión de esta maniobra es el CENACE.

Recordemos que el arreglo de doble barra, con interruptor de amarre, tiene buena flexibilidad para el suministro de energía. Cuenta con dos barras y dos cuchillas, una para barra 1 y otra para barra 2. Considerando el equipo primario completo sin restricciones de operación, las condiciones normales de operación en la subestación eléctrica Peralvillo en la zona de 230 kV son las descritas a continuación:

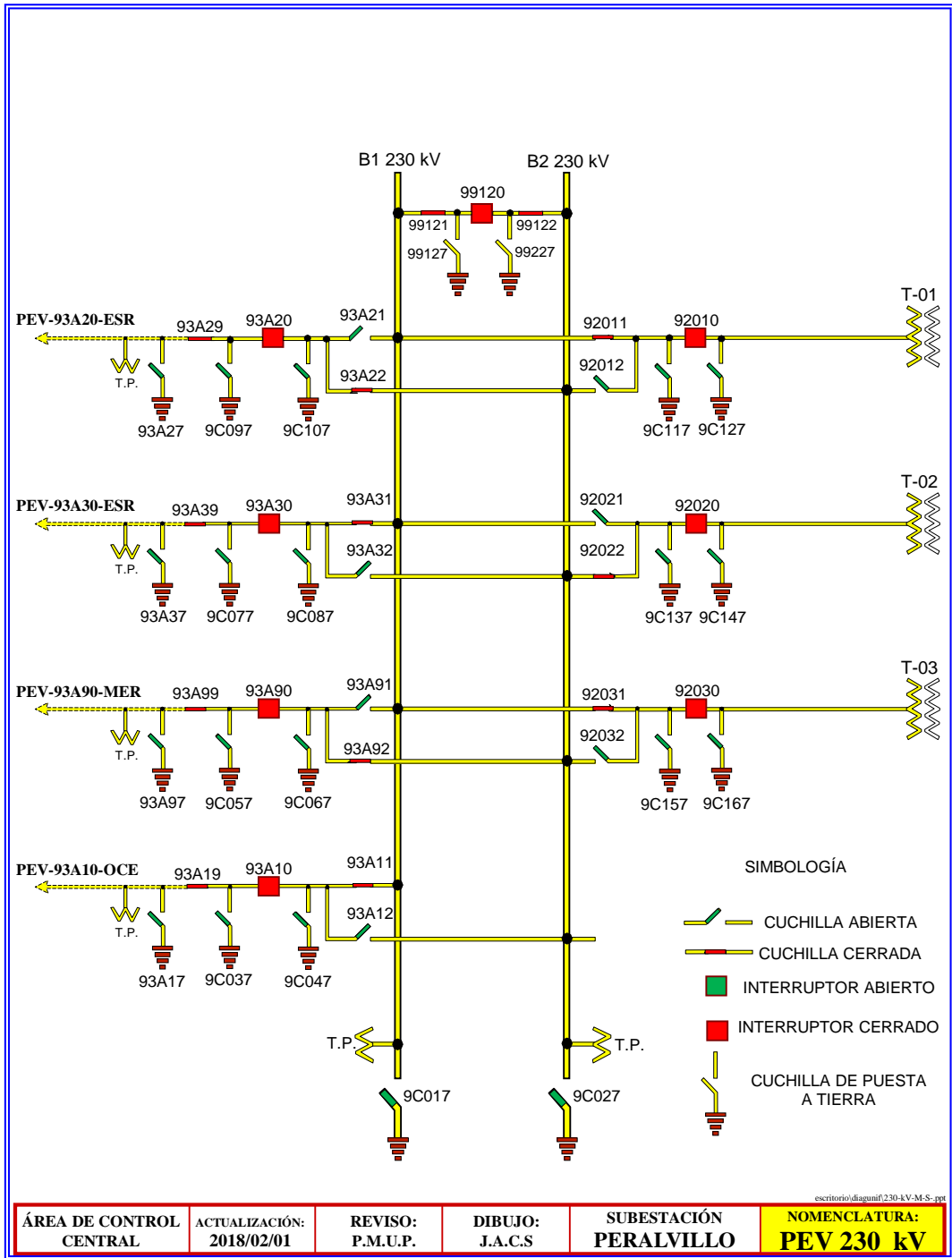


Figura 1. Condiciones de Operación.

Interruptores conectados a la barra 1 de 230 kV.

- Interruptor PEV-92010
- Interruptor PEV-92030
- Interruptor PEV-93A30
- Interruptor PEV-93A10

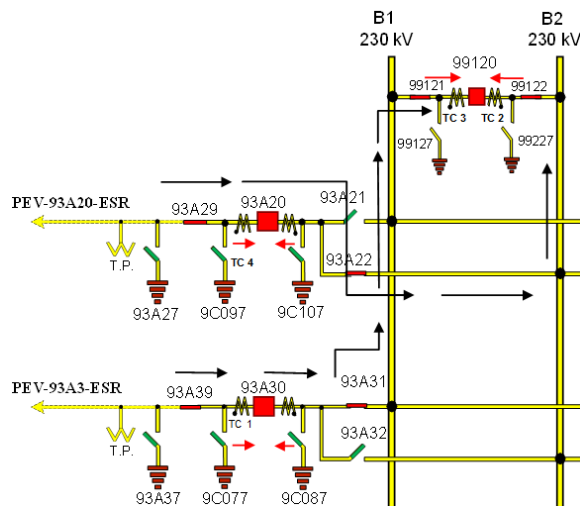
Interruptores conectados a la barra 2 de 230 kV.

- Interruptor PEV-92020
- Interruptor PEV-93A90
- Interruptor PEV-93A20

Interruptor de amarre 99120 siempre está cerrado.

3.1.3. Principio de funcionamiento del esquema de protección 87B.

La primera ley de Khirchoff establece que la suma de corrientes que ingresan a un nodo determinado es igual a la suma de corrientes que salen del mencionado nodo es igual a cero tal como se muestra en la Figura 2.



Dónde: $I_{diff} = I_{TC1} - I_{TC2} = 0$ para barra 1

$I_{diff} = I_{TC3} - I_{TC4} = 0$ para barra 2

En condiciones normales de operación, la corriente diferencial en ambas barras es cero.

Figura 2. Protección diferencial.

Para el caso de una falla externa, las corrientes que salen de las barras son iguales a la suma de todas las corrientes que ingresan a la barra, y la suma total es cero; esta situación es igual en condiciones de flujo de potencia normal. Por otro lado, para el caso de una falla interna, la suma de todas las corrientes que ingresan a la barra es igual a la corriente de falla total (la suma total no es cero) como se muestra en la Figura 3.

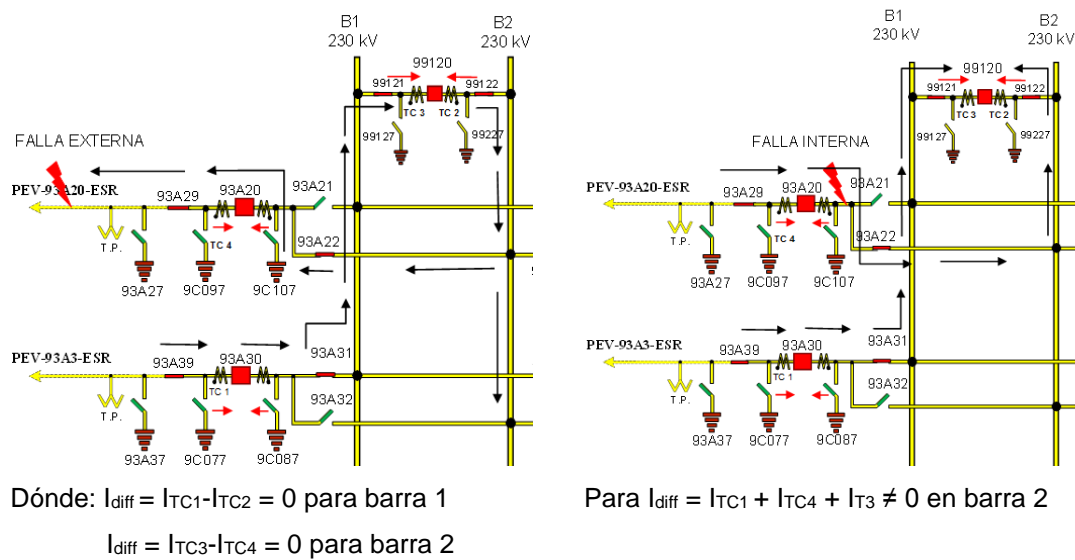


Figura 3. Falla externa y falla interna utilizando como ejemplo dos bahías.

3.1.4. Características generales del relevador SEL-487B.

Con el paso del tiempo, la tecnología de los relevadores de protección ha evolucionado con el firme objetivo de mejorar sus características de operación; de esta manera, luego de ser de tipo electromecánico (años 60's) y estático (años 80's), han pasado a ser de tipo digital (desde la década de los 90's hasta la fecha) gracias a la invención de los microprocesadores.

El relevador de protección SEL-487B, es un relevador tipo digital de la marca Schweitzer Engineering Laboratories Inc. (SEL) de tecnología americana que funciona como un relevador diferencial de barra o bus, como protección de falla de un interruptor y también

como protección de sobrecorriente de respaldo. Este dispositivo se puede configurar para que funcione como unidad monofásica o trifásica.



Figura 4. Relevador SEL-487B.

Este esquema de protección es aplicado en subestaciones de alta tensión y extra-alta tensión. Para diseño de subestaciones de una o más barras, de diferentes arreglos de bahías, incluyendo interruptor de amarre y transferencia. El relevador tiene 21 entradas analógicas de corriente y 3 entradas analógicas de voltaje. Para barras de hasta 21 terminales, se recomienda usar 3 relés SEL-487B, donde cada relevador nos proporciona hasta 6 zonas de protección como se muestra en la Figura 5.



Figura 5. Vista posterior del relevador.

Cuenta también con una tarjeta opcional Ethernet SEL-2701, además de que se puede usar el software Acselelator (programa emulador de computadora) para realizar ajustes, control y adquisición de datos local y remotamente. El relevador dispone de la flexibilidad de Selogic.

Funciones principales:

- ✓ Medición de fase segregada.
- ✓ Estable ante la saturación de TC's.
- ✓ Detección de TC abierto, a través de un elemento diferencial sensible (87s).
- ✓ Aplicación del relevador monofásico: 2 zonas trifásicas hasta para 6 terminales.
- ✓ Aplicación de 3 relevadores: 6 zonas monofásicas para 21 terminales.
- ✓ Selección dinámica de zonas.
- ✓ Monitoreo de la lógica para 48 cuchillas.
- ✓ Protección para falla de interruptor para cada terminal.
- ✓ Entradas de voltaje por fase, elementos de secuencia negativa y cero.
- ✓ Ecuaciones de control Selogic
- ✓ Monitoreo de la batería de estación.
- ✓ Oscilografía de 24 muestras por ciclo.
- ✓ 1000 registros de eventos secuenciales.
- ✓ Protocolo DNP 3.0 y IEC -61850
- ✓ Medición de corriente de fase y voltaje.
- ✓ Tres puertos seriales RS-232 y 2 puertos Ethernet.
- ✓ principio de operación

El principio en que se basa el SEL-487B en su función de relevador diferencial es básicamente la detección de una corriente diferencial mediante la comparación de la magnitud y el ángulo de fase de las corrientes de entrada y salida de la barra a proteger.

Cuando la "id" es diferente de cero, el relevador diferencial compara esta cantidad con porcentajes ajustados para determinar si pertenece a la región de operación (I_{OP}) o de restricción (I_{RT}). Si el porcentaje obtenido está en la región de operación, el relé manda la señal de disparo a los interruptores asociados a la barra.

La definición entre la operación y la restricción se hace mediante la característica diferencial del relevador como se muestra en la Figura 6.

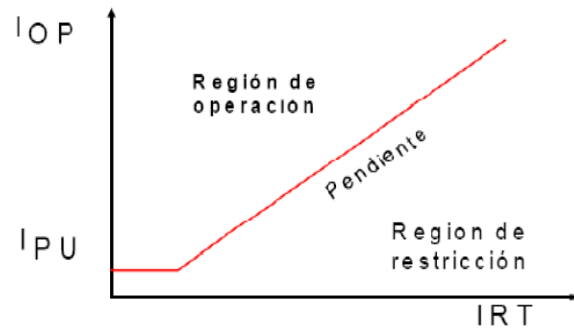


Figura 6. Definición de la región de operación y restricción del relé diferencial.

Así el relevador diferencial compara I_{OP} vs. I_{RT} para decidir si opera ante una falla dentro de su zona de operación o no opera ante una falla externa.

Conexión.

Como se ha mencionado con anterioridad, este tipo de protección diferencial puede utilizarse para cualquier diseño de subestación de alta o extra alta tensión, cualquiera que sea el arreglo de barras que se tenga instalado.

De acuerdo al diseño del tablero, se emplean dos relevadores SEL-487B propuestos por el fabricante y por la propia CFE, como se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Fotografía de dos relevadores SEL-487 montados en el tablero.

Zonas de protección

La selección de zona de protección de barras es necesaria porque de esta depende la asignación de las corrientes a los elementos diferenciales, para distintas condiciones de operación y la determinación de las terminales a disparar, después de una operación de la protección diferencial o de la falla de un interruptor.

En este caso las zonas de operación del relevador de protección SEL-487B, nos indican la fase en la cual se tiene presente la falla:

Por ejemplo en el primer relevador que protege las fases A y B de las barras 1 y 2:

- Zona 1 se designa a barra 1 para la fase A de la sumatoria de corrientes.
- Zona 2 se designa a barra 2 para la fase A de la sumatoria de corrientes.
- Zona 3 se designa a barra 1 para la fase B de la sumatoria de corrientes.
- Zona 4 se designa a barra 2 para la fase B de la sumatoria de corrientes.

El segundo relevador que protege la fase C de las barras 1 y 2

- Zona 1 se designa a barra 1 para la fase C de la sumatoria de corrientes.
- Zona 2 se designa a barra 2 para la fase C de la sumatoria de corrientes.

Ya que la subestación eléctrica Peralvillo es de arreglo de doble barra con interruptor de amarre, requerimos el monitoreo de cuchillas de 230 kV para la selectividad de elementos a disparar, ya que al haber falla en el barra 1 o barra 2, el relevador SEL-487B, dispararía los interruptores de 230 kV dependiendo de la barra que estén asociados.

El tiempo de operación del relevador SEL-487B incluyendo el tiempo de acción del relevador auxiliar de disparo 86B es menor a 30 ms.

Registrador de eventos

Este dispositivo de protección, tiene un monitoreo constante de la barra a proteger, es por eso que cuenta con un registro de eventos denominado SER (registro secuencial de eventos). Con esta función y usando el software instalado de SEL, es posible ver una oscilografía de eventos como se muestra en la Figura 8.

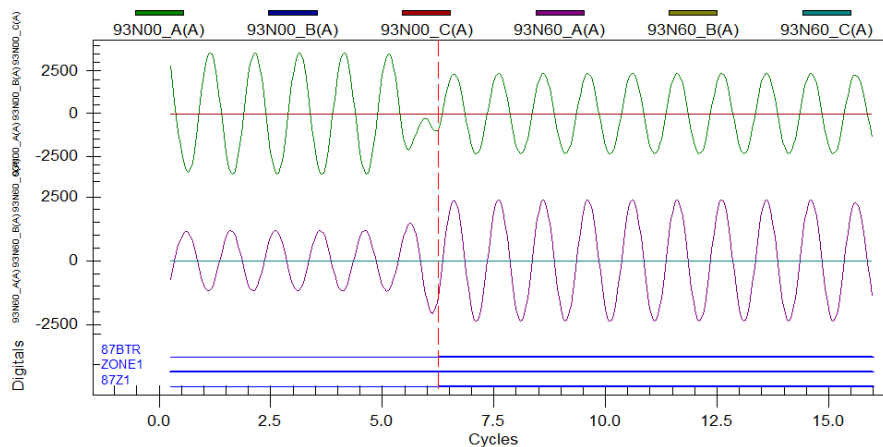


Figura 8. Oscilografía del evento o falla.

El relevador SEL-487B tiene una gran capacidad de almacenamiento y puede reportar los eventos del sistema de potencia, esto incluye oscilografía con una frecuencia de muestreo de 8, 16 y 24 muestras por ciclo, reporte de eventos que involucran variables importantes de la red y el SER (Sequence Event Reporter), que reporta cambios en las condiciones del sistema y los estados de operación del relevador.

El relevador SEL-487B está equipado con 4 tarjetas de interface y tiene un total de 31 entradas (de las cuales 20 son entradas comunes y 11 entradas independientes) y 16 salidas (6 salidas de alta velocidad y alta interrupción y 10 salidas estándar); esto es considerado por 1 sólo relevador de protección.

El relevador SEL-487B proporciona una detección optimizada de falla de diferencial de barra con el uso de protección de subciclo de alta velocidad, acoplada a una operación de alta seguridad para fallas externas. El desempeño superior de protección se combina con características integradas de automatización de estación para una transición ágil a aplicaciones nuevas y modernizadas.

Detección avanzada de TC abierto

El relevador SEL-487B mejora la seguridad del elemento de corriente diferencial con una lógica de detección de TC abierto. Lo anterior asegura que la corriente diferencial en la zona de la barra no tendrá operación fallida debido a terminales que no pueden medirse de manera apropiada.

Compromisos del esquema de protección diferencial de barras.

- Detectar todas las fallas en la barra protegida.
- Disparar todos los interruptores asociados a la barra fallada y generar alarmas por la operación de la 87B.
- Detectar desbalances de corriente en la barra protegida, por TC abierto bloquear la operación de la protección y generar alarmas por desbalance.

3.2 Procedimiento de puesta en servicio.

Para realizar el cambio de la protección electromecánica por una protección digital requiere de varios aspectos que van desde el levantamiento físico actual, donde se ubica el tablero de la diferencial de barras, hasta las pruebas finales para su entrada en operación del nuevo tablero. En los siguientes puntos se describirá la forma de trabajo inicial para la puesta en servicio.

3.2.1 Descripción del tablero PCyM 87B 230 kV.

Los tableros eléctricos son equipos pertenecientes a los sistemas eléctricos y están destinados a cumplir con algunas de las siguientes funciones: medición, control, maniobra y protección.

El tablero de protección, control y medición marca SEL se instala de acuerdo con las normas y especificación de CFE.

El tablero integra dos relevadores marca SEL modelo 487B, cuatro relevadores de bloqueo 86 marca Electros witch, 6 block de pruebas marca ABB, un Switch de

comunicaciones marca Ruddegcom, iluminación interna, relevadores auxiliares marca Scrach, calefacción y un contacto con alimentación de 120 VCA.

Estos componentes se encuentran distribuidos de acuerdo a su función y cableado para trabajar y operar adecuadamente como se muestra en la Figura 9.

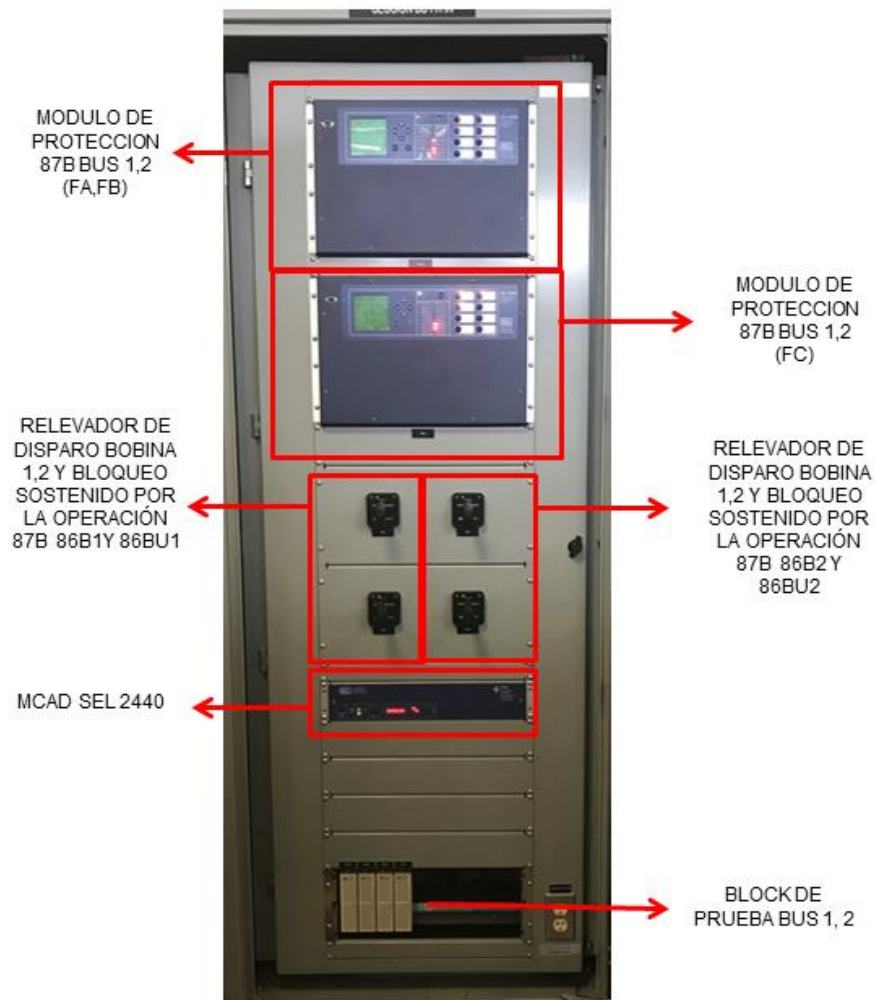


Figura 9. Fotografía del Tablero PCyM.

El cableado interno del tablero es fundamental para clasificar el funcionamiento y distinguir con facilidad su ubicación.

De acuerdo a la especificación CFE E0000-20, se clasifica el cableado por color y función mostrado en la siguiente tabla:

Color del cable	Función
Negro	Potenciales
Blanco	Corrientes
Rojo	Alimentación del equipo con VCD
Naranja	Disparos
Azul	Alimentación del Tablero en VCA
Verde	Puesta a tierra de equipos

Tabla 1. Código y función de los conductores.

El cableado utilizado para alambrado del tablero es del calibre número AWG 14 como se muestra en la Figura 10.

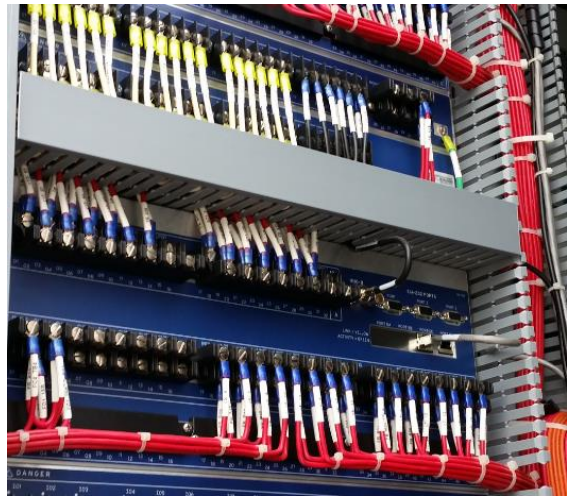


Figura 10. Fotografía del cableado del tablero.

El tablero utiliza dos tipos de tablilla: de control y cortocircuitables para conectar el alambrado del tablero interno dividido por dos secciones lado campo y lado tablero las cuales se muestran en la Figura 11.

Las tablillas de control se utilizan para conectar y unir puntos de señales de disparos, alarmas, señalización de estado de cuchillas e interruptores, potenciales, bloqueos al cierre, alimentación de voltaje de corriente alterna y de corriente directa.

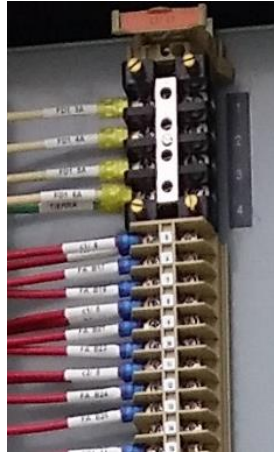


Figura 11. Fotografía de tablillas cortocircuitables y de control.

Las tablillas cortocircuitables son exclusivamente para la conexión de señales de corriente provenientes del secundario de los transformadores de corriente que se encuentran en campo.

Su función es cortocircuitar las señales de corriente del secundario de los TC's. En caso de realizar una prueba para aislar el devanado de la protección y evitar que haya circulación de corrientes hacia el tablero se utilizan los tornillos que vienen montados en la tablilla. Se debe tener cuidado al realizar esta acción ya que puede ocasionar un disparo por desbalance e incluso shock eléctrico hacia el usuario. Se recomienda realizar este trabajo con una licencia en vivo o en muerto además de bloquear la protección.

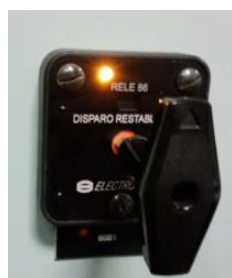
Los block de pruebas marca ABB se utilizan para bloquear las señales de corriente, disparos de la protección, señales de potenciales y activar en modo prueba el relevador mediante el uso de una peineta de la misma marca. La peineta al ser colocada asegura realizar pruebas hacia los relevadores aislando toda fuente externa para evitar daños y disparos a los interruptores de campo. No obstante para el bloqueo de las señales de corrientes utilizando la peineta, puede haber riesgo de disparo si el tablero se encuentra en servicio por un desbalance de corrientes al no introducir correctamente la peineta. Para este trabajo es recomendable bloquear la protección para evitar un disparo accidental. El block de pruebas y la peineta se muestran en la Figura 12.



Figura 12. Fotografía del block de pruebas y la peineta marca ABB.

El relevador de bloqueo 86 es utilizado como relevador auxiliar el cual se conforma de contactos móviles con dos posiciones: contactos “a” normalmente abiertos y contactos “b” normalmente cerrados, configurados para el bloqueo al cierre del interruptor y enviar disparos a los interruptores por medio del accionamiento de su bobina que libera un seguro para accionar los contactos y cambiar la posición de contactos. Para accionar la bobina se conecta en serie con un contacto normalmente abierto del relevador SEL-487B esperando un pulso de voltaje positivo para operar.

El relevador de bloqueo 86 tiene un indicador luminoso y una bandera de color amarillo para identificar que está preparado para operar; cuando opera, el indicador luminoso se apaga y la bandera queda en color negro. A continuación se muestra el relevador 86 en la Figura 13.



a) Vista frontal



b) Parte posterior de contactos

Figura 13. Fotografía del relevador de bloqueo 86.

Para reestablecer el relevador de bloqueo a su punto de operación se gira la perilla hacia la izquierda y la lámpara quedara encendida nuevamente.

El switch de la marca Rudegcomm se utiliza para enlazar la comunicación de los relevadores SEL-487B a través de un puerto Ethernet o por fibra óptica hacia la consola de Control para enviar y reportar las alarmas generadas por el relevador SEL-487B mediante el protocolo de comunicación DNP 3.0 y por el protocolo IEC-61850. La conexión se hace en cascada por equipo. También se realiza la sincronización de la hora entre los relevadores por la señal del GPS que viene de la Consola de Control por el cable de red para mantener sincronizados los equipos en tiempo real.

Las alarmas se envían a la consola de control para publicar de forma local y con el área de control central los eventos registrados por el tablero de la diferencial de barras de 230 kV, ya sea desde una anomalía de software de un relevador, el disparo de una barra, etc.

3.2.2 Levantamiento eléctrico, revisión y actualización de planos de ingeniería.

En la modernización de un esquema de protección es importante realizar un levantamiento eléctrico y arquitectónico, el cual consiste en dar un recorrido por las instalaciones identificando el equipo a reemplazar, en este caso el tablero existente, revisar las condiciones actuales en campo y en sitio de la caseta para definir los requerimientos necesarios para el proyecto.

En campo se revisan los tableros de control de la bahía del circuito, con ayuda técnica de los planos de ingeniería o esquemas lógicos, para obtener información de puntos de conexión de las tabillas de los TC's, tablillas de señalización de interruptor, señalización de cuchillas, bloqueos al cierre y disparos.

En la caseta de control se realiza la inspección visual para instalar el nuevo tablero. Se debe considerar los circuitos asociados a la protección diferencial de barras para el tendido de cable de control entre el tablero y la salida hacia campo. Con el levantamiento en esta sección se determinan las distancias, en metros, entre los alerones y el tablero, desde el piso hasta la charola donde será tendido el cableado. Así mismo, la sección de servicios propios de VCA, VCD y la Consola de Control será parte fundamental para la alimentación del tablero y la comunicación.

Una vez realizado este proceso, con apoyo de la información técnica de los planos de ingeniería de los tableros y alerones asociados a la protección diferencial de barras (ver anexo A), se localizan los puntos donde se encuentran los disparos y bloqueos al cierre, la aportación de corrientes y la señalización de cuchillas del tablero de la diferencial de barras electromecánica que será reemplazada por el nuevo tablero. Se registran los puntos de conexión de las tablillas para la elaboración de la cedula de cableado en donde serán reubicados los puntos de conexión.

Los tableros que aún no han sido modernizados de las líneas PEV-93A20-ESR, la línea PEV-93A30-ESR y la línea PEV-93A10-OCE, se colocará el cableado nuevo en los mismos puntos de conexión del tablero existente. Posteriormente el cable de control será reemplazado o reubicado al tablero en una futura modernización de los esquemas.

3.2.3 Análisis de ajustes de la protección y parámetros de conexión.

En el diagrama unifilar de la subestación se tienen los siguientes datos para la protección de la diferencial de barras como se muestra en la Figura 14.

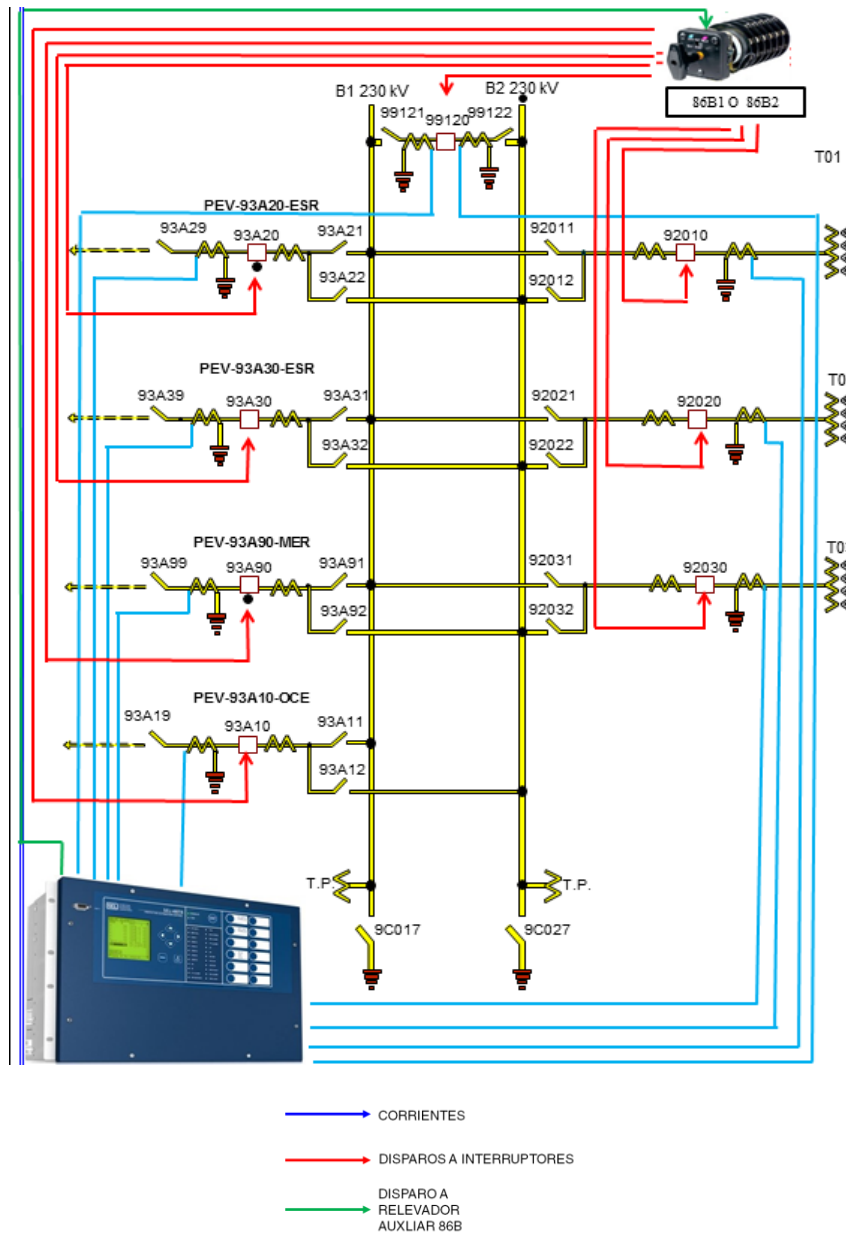


Figura 14. Diagrama unifilar del esquema 87B y sus circuitos asociados.

Elementos que componen el diagrama unifilar mostrado en la Figura 14.

Cuatro líneas de transmisión

- L.T. PEV-93A20-ESR
- L.T. PEV-93A30-ESR
- L.T. PEV-93A90-MER
- L.T. PEV-93A10-OCE

Tres transformadores trifásicos:

- T-01
- T-02
- T-03

Un interruptor de amarre

- INT. 99120

Conociendo estos datos, ahora se desglosa la información para los demás elementos que forman parte de la programación.

Ajustes

- Dieciséis juegos de cuchillas para barras 1 y 2

BARRAS 1	BARRAS 2
93A21	93A22
93A31	93A32
93A91	93A92
93A11	93A12
92011	92012
92021	92022
92031	92032
99121	99122

Tabla 2. Nomenclatura de las cuchillas por bahía.

- Ocho interruptores

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 1. Interruptor 93A30 | 5. Interruptor 92010 |
| 2. Interruptor 93A20 | 6. Interruptor 92020 |
| 3. Interruptor 93A90 | 7. Interruptor 92030 |
| 4. Interruptor 93A10 | 8. Interruptor 99120 |

- Relación de TC's y TP's por bahía:

La relación de TC's se obtuvo en el levantamiento eléctrico respetando la configuración de la protección diferencial de barras electromecánica; en total son nueve aportaciones considerando el interruptor de amarre que tiene dos TC's que ven hacia cada barra.

CIRCUITO	RELACIÓN DE TC
93A30	1200:5
93A20	1200:5
93A90	1200:5
93A10	1200:5
92010	1200:5
92020	1200:5
92030	1200:5
99120	1200:5 (en cada barra)

Tabla 3. Relación de los TC's por circuito.

La relación de los TP's para todas las bahías es de 1200:1 tomando la relación de medición por fase y no de protección que es de 2000:1 entre fases.

$$RTP = \frac{\text{Voltaje nominal primario}}{\text{Voltaje nominal secundario}} = \frac{(230000 \text{ kV})/(\sqrt{3})}{110 \text{ V}} = 1200$$

- Revisión de los planos de ingeniería

Los planos de ingeniería del tablero, que proporciona el fabricante, deben ser revisados para verificar los puntos de conexión, alambrado interno y funcionalidad para adecuarlo a las necesidades de la subestación.

Los planos deben contener la información de las dimensiones del tablero, descripción del tablero, diagrama unifilar y el alambrado del tablero por sección.

Cada sección de alambrado se divide en:

- Aportaciones de corrientes por bahía

En esta sección se observa los puntos de conexión de los TC's desde las tablillas de campo hacia las tablillas de conexión en el tablero que pasan por el block de pruebas que se muestran en la Figura 15 y 16.

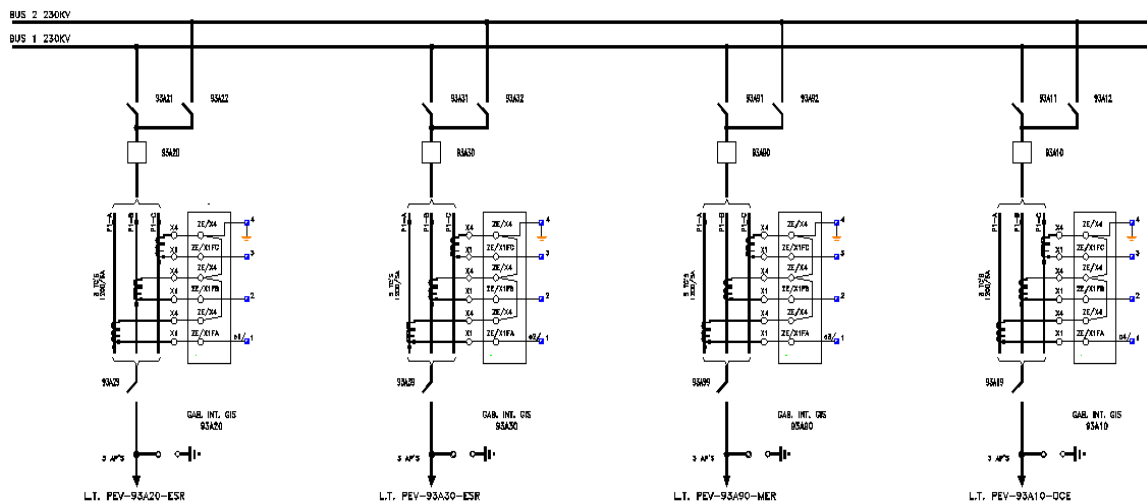
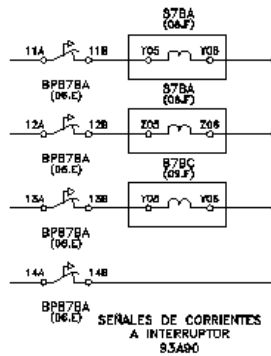


Figura 15. Conexión de los TC's de campo hacia el tablero.



a) Diagrama de conexión

b) Área de conexión

Figura 16. Conexión de las corrientes en la tablilla del tablero al relevador.

- Conexión de potenciales

En esta sección del plano de ingeniería se ubica la habilitación de los potenciales provenientes del tablero de transferencia de potenciales de 230 kV donde llegan las señales de los TP's de cada barra que se divide en potenciales de protección y medición. Para nuestro caso se toman los potenciales de medición con relación de 2000:1 como ya se había mencionado anteriormente. La diferencia de los potenciales de medición y protección es para distinguir la misma fuente pero con una relación diferente. El diagrama trifilar de los potenciales se muestra en la Figura 17.

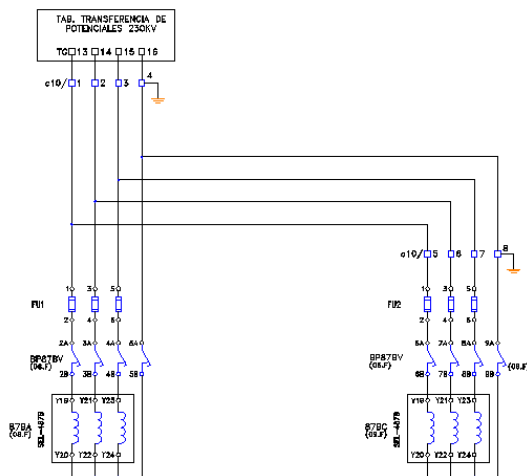


Figura 17. Diagrama trifilar de la conexión de los potenciales

La alimentación del relevador, sus alarmas correspondientes y la conexión del alambrado de las entradas de las posiciones del relevador se muestra a continuación en las Figuras 18 y 19.

- Alimentación de los relevadores y alimentación de las posiciones de cuchillas

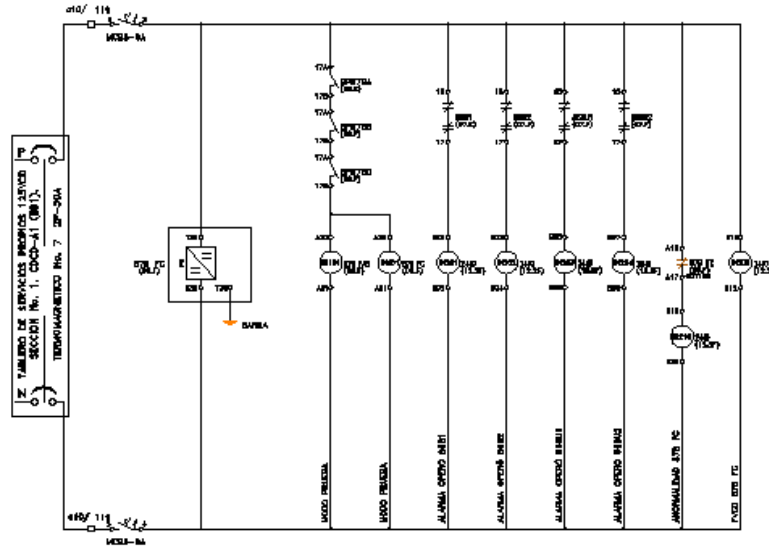


Figura 18. Alimentación y alarmas del relevador SEL-487B.

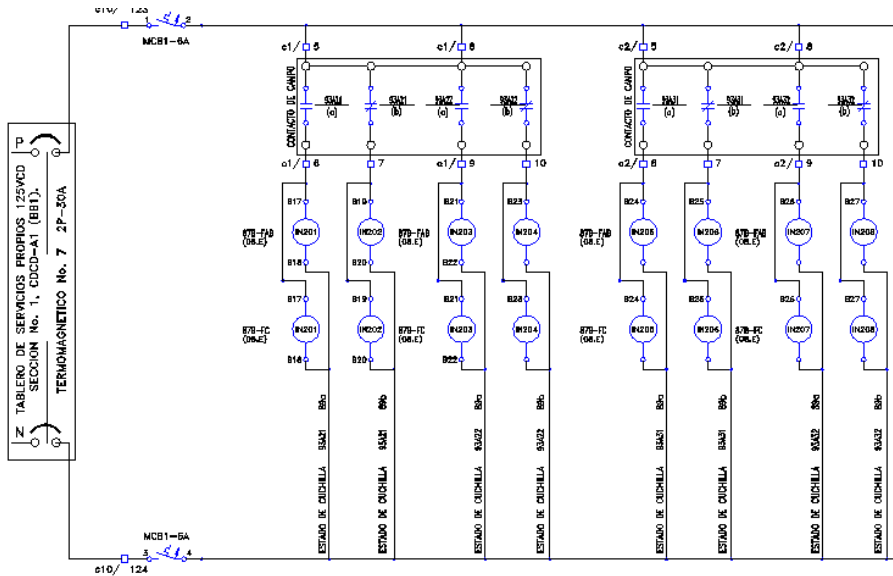


Figura 19. Diagrama de alambrado de las entradas del relevador

En las entradas del relevador SEL-487B recibe las señales provenientes de los contactos de señalización de las cuchillas. Con la señalización de las cuchillas se discrimina el disparo de los circuitos asociados a la barra fallada.

- Bloqueos al cierre

La conexión del bloqueo de la bobina de cierre del interruptor de campo en plano de ingeniería. La conexión del mando de cierre debe pasar por el relevador 86 y 86BU y por la posición del contacto de señalización de la cuchilla en barra 1 y barra 2. Cuando opere el relevador 86 o el relevador 86BU, estos contactos cambian de estado cerrado a abierto e inhiben el mando de cierre. El bloqueo al cierre se muestra en la Figura 20.

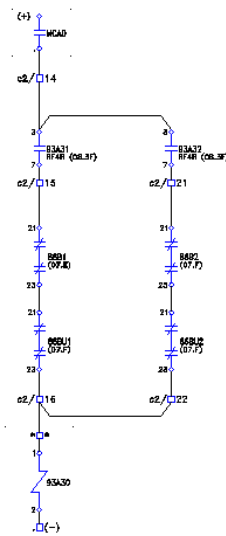


Figura 20. Bloqueo al cierre

- Disparos

El disparo será selectivo para barra 1 y barra 2, es decir, operará el relevador 86B1 o el relevador 86B2 dependiendo donde haya sido la falla. El relevador 86B1 o 86B2 envía el positivo de disparo proveniente de cada tablero de protección de las líneas y transformadores hacia los interruptores. Cuando opera la protección 87B, se energiza la bobina del relevador 86B por medio de los contactos de salida de disparo de la protección 87B. En el caso del relevador 86BU, la activación de la bobina de disparo viene

directamente del contacto de salida de la protección 50FI cuando opere por falla del interruptor, esto es, cuando la protección de línea o banco operó y no ha abierto el interruptor y continua la falla, la protección 50FI envía un redisparo al interruptor, pasado 150 ms envía un disparo al relevador 86BU y este abrirá todos los interruptores asociados a la barra. Los disparos por 86 se muestran en la Figura 21.

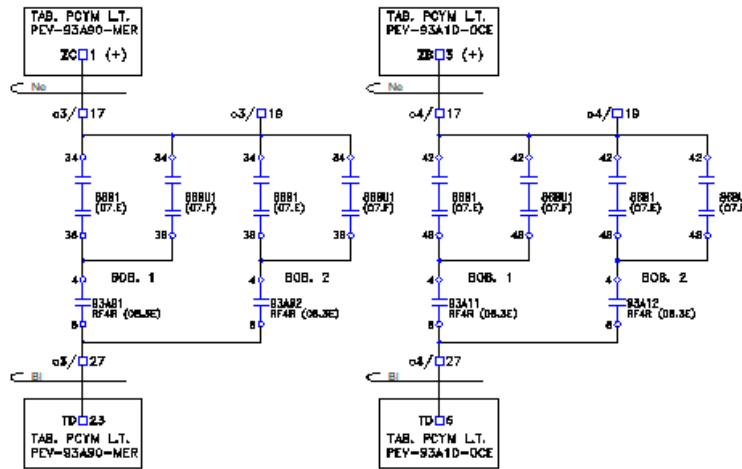


Figura 21. Disparos por 86B y 86BU.

3.2.4. Montaje y timbrado.

- Montaje

Después de haber realizado la inspección visual y el levantamiento eléctrico, se procede a montar el tablero en sitio, para ello se debe contar con una licencia en vivo del Área de Control Central con la finalidad de describir los trabajos que se realizarán en la caseta de control, informando al operador las maniobras que se ejecutarán para su montaje explicando los posibles riesgos que puedan existir.

El operador en turno debe tomar el registro de la licencia y el personal de protecciones con mayor jerarquía de categoría debe quedar a cargo como responsable de los trabajos. El operador del área de control central otorgará el permiso de la licencia registrando el nombre del trabajador de protecciones, la hora en que se concede la licencia y su nombre del mismo. Estos datos se registran en la bitácora del relatorio de licencias de la subestación por parte del operador en turno de la caseta.

Se debe informar al operador de la subestación el procedimiento que se llevará a cabo para el montaje del tablero.

Durante este acto se deben tomar las precauciones necesarias para evitar lesiones o daños a los equipos y al personal en servicio.

El montaje del tablero se lleva a cabo con la ayuda de un patín hidráulico y el personal de protecciones. Una vez montado, se procede a anclar el tablero para evitar que se mueva o exista riesgo de volcadura. En seguida se conecta el tablero a la barra de tierras por seguridad, ya que existe el riesgo de choque eléctrico cuando se encuentre en servicio.

- Timbrado

Se verifica la trayectoria del cable con la ayuda de un multímetro en función de continuidad audible para rastrear punto a punto las conexiones del cableado. Este procedimiento debe llevarse a cabo utilizando los planos de ingeniería revisados anteriormente. Con un resaltador de texto se va marcando el conductor punto a punto.

Cabe señalar que la sección del diagrama de control del tablero a revisar debe contener el inicio del bus de alimentación, pasando por diversos puntos de conexión entre tablillas, hasta llegar al último punto de conexión en el cual solo debe haber un cable.

El timbrado del tablero es primordial para verificar la garantía y funcionalidad del tablero a pesar de que el fabricante haya hecho pruebas pre operativas. En el timbrado y los puntos de conexión a revisar se debe considerar lo siguiente:

- Prensado mecánico de la zapata

La zapata debe estar sólidamente prensada al cobre del conductor con una tolerancia de salida de hilos y buena presentación. Si se detecta una zapata mal prensada se reemplazará por otra utilizando una pinza de prensado mecánico especial para zapatas.

- Conexiones o tornillos flojos

Durante las pruebas de fábrica pre operativas y el traslado del tablero se pueden aflojar los tornillos de las tablillas.

- Etiquetado del cable

Debe contener un origen y un destino para identificar la trayectoria del cable. El etiquetado se muestra en la Figura 22.



Figura 22. Fotografía de puntos de conexión y etiquetado.

- Color del cable

El color del cable será utilizado de acuerdo a su función conforme a la norma.

- Puntos de conexión

No debe haber más de dos puntos de conexión en un nodo.

- Funcionamiento del block de pruebas

El block de pruebas debe bloquear las señales analógicas, disparos, bloqueos al cierre y el modo prueba debe activarse utilizando una peineta. También se debe revisar que las conexiones del block se encuentren sólidamente fijadas.

- Puntos disponibles

El fabricante en cada sección del tablero ha colocado un número específico de tablillas de control destinadas a conectar nodos entre el alambrado interno y las salidas de conexión para el cable de control de campo, sin embargo, no abarca todos los puntos, por lo que se pueden considerar para agregar conexiones futuras o realizar modificaciones.

- Sección de tablillas por circuito

El tablero integra nueve aportaciones de corrientes que incluye la posición de cuchillas, disparos por la protección 86B1, 86B2, 86BU1, 86BU2 y bloqueos al cierre

- Sección de Potenciales

Las señales de potencial provenientes del tablero de transferencia de potenciales de 230KV se conectan por barra hacia el tablero. En este caso el tablero contiene dos secciones para la conexión de potenciales, barras 1 y barras 2. No obstante es posible utilizar solo una sección, ya que el tablero de transferencia de potenciales hace el cambio automático cuando se transfiere la barra de una a otra.

- Alimentación de los equipos

La revisión del cableado de la alimentación para los relevadores, relevadores auxiliares, el switch de comunicaciones, la lámpara interior, los contactos de voltaje de corriente alterna y calefacción es vital para su funcionamiento y monitoreo en caso de falla o corto circuito.

Modificación del Tablero

Uno de los retos en la puesta en servicio de un tablero de protección, es la modificación del mismo cuando viene de fábrica y este ya fue aceptado por la empresa. El problema es debido a la falta de información y necesidades que no fueron informadas hacia el fabricante.

No obstante, al revisar los planos de ingeniería y con base en las necesidades que se requieren en la modernización del esquema de protección, se hace un replanteamiento de la ingeniería de los diagramas de control para modificar diversas secciones que se adecuarán al funcionamiento y operación del esquema que requiere la subestación aplicando la normatividad de CFE.

En esta ingeniería se modificaron las siguientes secciones

→ Supervisores de VCD de los equipos

Se reemplazan relevadores auxiliares de supervisión de voltaje (27) por entradas analógicas y digitales, integrando un equipo SEL DPAC 2440 para monitoreo de las alimentaciones de los equipos y la anormalidad. El equipo SEL 2440, al detectar ausencia o presencia de alimentación en sus entradas envía alarmas por protocolo DNP 3.0. Anteriormente los relevadores auxiliares de supervisión, tenían que ser cableados, por lo tanto las alarmas también tenían que ser cableadas hacia el panel de alarmas y mímico.

→ Disparos

Los disparos de la protección SEL-487B energizan las bobinas de los relevadores 86B1 y 86B2 por medio de contactos de salida de disparo rápido. En la salida de los contactos del relevador 86 se anexó la posición de las cuchillas por cada barra, es decir, barra 1 y barra 2 con la finalidad de evitar que disparen las dos barras ante una falla. Dispara únicamente la barra que se encuentre asociada la falla (ver Figura 21).

→ Bloqueos al cierre

A los bloqueos al cierre por el relevador 86B1 y 86B2 se anexaron las posiciones de las cuchillas, con la finalidad de enviar el mando de cierre por la bahía que se encuentra sana y bloquear la bahía fallada para evitar un percance al equipo primario. La alimentación de positivo de la consola central quedará bloqueado ante una falla cuando se dé la orden de mando de cierre (ver Figura 20).

→ Alarmas

Las alarmas de los relevadores SEL-487B, el switch de comunicación, los relevadores 86, las alimentaciones, disparos, bloqueos y anormalidades, se encontraban cableados y monitoreados por relevadores auxiliares (supervisores de voltaje). Se modifica esta sección para enviar las alarmas por protocolo DNP, se anexa el equipo SEL-2440 para monitoreo de las protecciones y alimentaciones de los equipos y se alambran tres equipos para el monitoreo de la anormalidad y falta de alimentación desde otra fuente de alimentación externa para verificar las alarmas en caso de falla interna por algún equipo del tablero.

3.2.5. Elaboración de la cédula de cableado y tendido del cable.

Dentro de las necesidades para el desarrollo del proyecto de modernización de un esquema de protección, la cédula de cableado es parte esencial para la puesta en servicio del nuevo tablero.

La cédula de cableado se elabora a partir del levantamiento eléctrico y revisión de los planos de ingeniería del tablero para la conexión del cableado de campo hacia la caseta de control. La información contenida debe contar con los siguientes aspectos:

- Carátula

La presentación de la cédula debe llevar nombre de la empresa, gerencia, zona de operación, sector, subestación y el nombre del proyecto

- Nombre del cable de control

La designación de un nombre o número es para identificar el cable de control y ubicarlo mediante el membrete de una etiqueta de baquelita o acrílico desde campo al tablero.

- Distancia en metros

La longitud del cable utilizado permite realizar el conteo de cable necesario que se empleará para la solicitud de carretes al almacén. Posteriormente este dato se emplea para el tendido de cable en charolas y trincheras. Las longitudes del cable se obtienen utilizando un odómetro para obtener las distancias desde el tablero hacia las bahías de los circuitos asociados.

- Tipo de cable

El tipo de cable es uno de los aspectos fundamentales para el tendido de cable y aplicación donde será utilizado.

De acuerdo a la norma CFE E0000-20, los cables de control se utilizan por calibre y función.

- ✓ El cable calibre 4x10 AWG con malla se emplea exclusivamente para corrientes

- ✓ El cable calibre 4x10 AWG sin malla se emplea para señales de voltaje, alimentación de CA, disparos, señalización y bloqueos al cierre.
 - ✓ El cable calibre 2x10 AWG con malla o sin malla se emplea para alimentación de CD, disparos y bloqueos al cierre.
 - ✓ El cable calibre 6x10 AWG u 8x12 AWG sin malla se emplea para control y señalización de interruptores y cuchillas
 - ✓ El cable calibre 4x12 AWG sin malla se emplea para bloqueos, alimentación de CA y señalización.
- Salida de origen

En las bahías de los circuitos de 230kV se considera la salida del cable de control para la las aportaciones de corrientes, señalización de las cuchillas e interruptor, la alimentación de CA y CD de servicios propios, los disparos, bloqueos y alarmas provenientes del tablero de protección.

- Llegada a destino

El cable de control proveniente de campo desde las bahías de 230kV, la alimentación de CA y CD, señales de aportación de corrientes y potenciales, señales de posición de las cuchillas y disparos por 50FI de las protecciones de línea y transformador.

- Función

Se designa por el tipo de cable y calibre la función que desempeñará para el esquema de protección.

- Código de colores de los cables

Cada cable de control tiene un código de colores que será utilizado de acuerdo al calibre y tipo de cable. Se debe respetar el orden de colores para facilitar su ubicación y función.

El orden de los colores es:

Negro, Blanco, Rojo, Verde, Naranja, Azul, Blanco/Negro, Rojo/Negro, Verde/Negro, Naranja/Negro, Azul/Negro, Negro/Blanco, Rojo/Blanco, Verde/Blanco, Azul/Blanco y Negro/Rojo

El caso del calibre 2x10 se debe emplear el color negro para el polo positivo y el blanco para el polo negativo cuando este se emplea para la alimentación desde servicios propios de CD. En disparos y bloqueos al cierre el cable negro será el que aporte el polo positivo y el blanco será el regreso hacia el tablero.

- Observaciones

Se anotan las siguientes características: ninguna, si existen puentes entre puntos de conexión, retirar puntos, precauciones, advertencias, fuera de uso, etc. (Véase figura 24).

- Nombre del personal a cargo quien elaboró, revisó, supervisó y dio el visto bueno

Al final de la lista se deben colocar los nombres de los participantes en el proyecto para validar la elaboración de la cédula.

En la Figura 23 y 24 se muestra un ejemplo de la descripción de los puntos mencionados que debe contener la cedula de cableado.



		COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD SUBGERENCIA REGIONAL DE TRANSMISION CENTRAL VALLE DE MEXICO ZONA DE TRANSMISION VALLE DE MEXICO CENTRO INGENIERIA S.E. PERALVILLO LISTA NORMALIZADA CEDULA DE CABLEADO DIFERENCIAL DE BARRAS 230KV					
No.	RUTA	LONG.	CKCRCT.	SALE DE	LLEGA A	FUNCION	
1	PEV-C.C.- 87B-01	65M	4X10 MALLADO	TAB.PCYM 87B DE 230KV	GABINETE DE CORRIENTES INT. 92010 T-01	SEÑALES DE CORRIENTES PROTECCIÓN 87B DE 230KV DEL BANCO T-01 (T221-A)	
2	PEV-C.C.- 87B-02	86M	4X10 MALLADO	TAB.PCYM 87B DE 230KV	GABINETE DE CORRIENTES INT. 92020 T-02	SEÑALES DE CORRIENTES PROTECCIÓN 87B DE 230KV DEL BANCO T-02 (T221-B)	
3	PEV-C.C.- 87B-03	77M	4X10 MALLADO	TAB.PCYM 87B DE 230KV	GABINETE DE CORRIENTES INT. 92030 T-03	SEÑALES DE CORRIENTES PROTECCIÓN 87B DE 230KV DEL BANCO T-03 (T221-C)	
4	PEV-C.C.- 87B-04	90M	4X10 MALLADO	TAB.PCYM 87B DE 230KV	GABINETE DE CORRIENTES INT. 93A10 PEV-93A10-OCE	SEÑALES DE CORRIENTES PARA LA 87B DE 230KV L.T. PEV-93A10-OCE	
5	PEV-C.C.- 87B-05	80M	8X10 MALLADO	TAB.PCYM 87B DE 230KV	GABINETE DE CORRIENTES INT. 93A20 PEV-93A20-ESR	SEÑALES DE CORRIENTES PARA LA 87B DE 230KV L.T. PEV-93A20-ESR	
6	PEV-C.C.- 87B-06	84M	8X10 MALLADO	TAB.PCYM 87B DE 230KV	GABINETE DE CORRIENTES INT. 93A30 PEV-93A30-ESR	SEÑALES DE CORRIENTES PARA LA 87B DE 230KV L.T. PEV-93A30-ESR	
7	PEV-C.C.- 87B-07	67M	4X10 MALLADO	TAB.PCYM 87B DE 230KV	GABINETE DE CORRIENTES INT. 93A90 PEV-93A90-MER	SEÑALES DE CORRIENTES PARA LA 87B DE 230KV L.T. PEV-93A90-MER	
8	PEV-C.C.- 87B-08	72M	4X10 MALLADO	TAB.PCYM 87B DE 230KV	GABINETE DE CORRIENTES INT. 99120 LADO BUS 1 DE 230KV	SEÑALES DE CORRIENTES PARA LA 87B DE 230KV DEL INT. DE AMARRE 99120	
9	PEV-C.C.- 87B-09	72M	4X10 MALLADO	TAB.PCYM 87B DE 230KV	GABINETE DE CORRIENTES INT. 99120 LADO BUS 2 DE 230KV	SEÑALES DE CORRIENTES PARA LA 87B DE 230KV DEL INT. DE AMARRE 99120	

Figura 23. Lista de cable de control



			COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD SUBGERENCIA REGIONAL DE TRANSMISIÓN CENTRAL VALLE DE MEXICO ZONA DE TRANSMISIÓN VALLE DE MEXICO CENTRO INGENIERIA S.E. PERALVILLO LISTA NORMALIZADA CEDULA DE CABLEADO DIFERENCIAL DE BARRAS 230KV							
CABLE No.	CONDUCTOR Y CALIBRE	LARGO APROX (M)	SALE DE		LLEGA A	FUNCION			COLOR	OBSERVACIONES
PEV-C.C.-87B-01	4X10	85M	TABlero PCYM DIFERENCIAL DE BARRAS 230KV	C51	GABINETE DE CORRIENTES INT. 92010 T-01	ZE/x1F-A	SEÑALES DE CORRIENTES PROTECCIÓN 87B DE 230KV	FASE IA	NE	HACER PUENTES DE F-A X4 CON F-B X4 Y F-C X4
			C52	ZE/x1 F-B		FASE IB		BL		
			C53	ZE/x1 F-C		FASE IC		RO		
			C54	ZE/x4 N		FASE IN		VE		
PEV-C.C.-87B-02	4X10	86M	TABlero PCYM DIFERENCIAL DE BARRAS 230KV	C61	GABINETE DE CORRIENTES INT. 92020 T-02	ZE/x1F-A	SEÑALES DE CORRIENTES PROTECCIÓN 87B DE 230KV	FASE IA	NE	HACER PUENTES DE F-A X4 CON F-B X4 Y F-C X4
			C62	ZE/x1 F-B		FASE IB		BL		
			C63	ZE/x1 F-C		FASE IC		RO		
			C64	ZE/x4 N		FASE IN		VE		
PEV-C.C.-87B-03	4X10	77M	TABlero PCYM DIFERENCIAL DE BARRAS 230KV	C71	GABINETE DE CORRIENTES INT. 92030 T-03	ZE/x1F-A	SEÑALES DE CORRIENTES PROTECCIÓN 87B DE 230KV	FASE IA	NE	HACER PUENTES DE F-A X4 CON F-B X4 Y F-C X4
			C72	ZE/x1 F-B		FASE IB		BL		
			C73	ZE/x1 F-C		FASE IC		RO		
			C74	ZE/x4 N		FASE IN		VE		

Figura 24. Características de la cédula de cableado.

Tendido de cable

Una vez concluida y aprobada la cédula de cableado, se procede con la solicitud del pedido de la cantidad de cable de control al almacén. El carrete de cable control es de 500 metros por tipo y número de conductores.

Conforme a la cedula de cableado se cortan los metros necesarios para el tendido de cable por bahía hacia la caseta de control respetando las distancias marcadas.

Se etiquetan los cables con cinta masking tape para su identificación en ambos extremos. Las puntas del cable se deben aislar con cinta, para evitar algún posible corto por contacto con tablillas en servicio.

El tendido de cable se debe llevar a cabo con el apoyo de varias personas que irán jalando el cable en las charolas y ductos de las trincheras, con el uso de equipo de protección personal (guantes, faja, casco y lentes de seguridad) y el empleo de herramientas tales como: escaleras, lazos, guía de cable, cinta de aislar, cinchos de plástico y barreta para realizar el trabajo correspondiente.

3.2.6. Pruebas de resistencia de aislamiento a cables de control.

Después del tendido de cable, el paso a seguir es la realización de la prueba de resistencia de aislamiento al cable.

De acuerdo con la especificación PROT-0011-14, la prueba se realiza para verificar que no exista una baja resistencia en el aislamiento, al inyectar un voltaje de corriente directa entre cables y con respecto a tierra.

Esta prueba es vital para el buen funcionamiento del cableado de control, ya que, aunque sea nuevo, el cable puede presentar defectos de fabricación o, en su caso, durante el tendido o traslado se puede dañar por el esfuerzo de jalar en sitios muy estrechos o curvas o al dejarlo caer.

El procedimiento de la prueba se lleva de acuerdo al tipo de cable y al número de hilos que contenga el cable, empleando un equipo de resistencia de aislamiento.

Los resultados de la prueba se deben llenar en un formato para referencias futuras. Dependiendo del tipo de cable, el formato puede variar de acuerdo a la prueba.

El equipo a utilizar es de la marca METREL modelo M3125 (véase figura 25), de corriente directa alimentado con baterías. Se debe tener cuidado al emplear el equipo de prueba y, siguiendo las precauciones y advertencias del fabricante, utilizar equipo de seguridad y preferentemente hacerla a una temperatura mayor a 20°C para evitar lecturas incorrectas.

El voltaje inyectado al conductor será de 500 VCD a 1000 VCD durante un minuto. El valor aceptado será a partir de 15MΩ por prueba. Un valor inferior en la prueba realizada al conductor será causa de sustitución por otro.



Figura 25. Fotografía del equipo de medición de la resistencia de aislamiento.

3.2.7. Alambrado del tablero.

El alambrado del tablero es la parte importante del proyecto, se conectará el cable que va de cada bahía hacia la caseta, al tablero correspondiente.

El cable tendido se debe pelar uno por uno con la herramienta pela-cable o en su defecto usar una navaja tipo cutter cuidando de no cortar los hilos de cable en su interior que se muestra en la Figura 26.

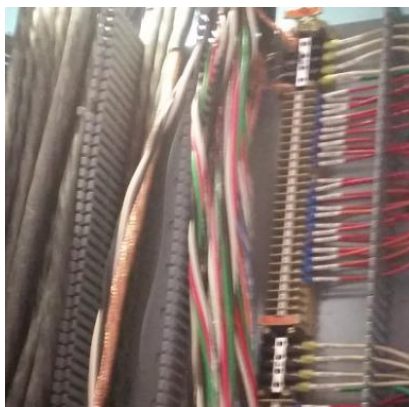


Figura 26. Procedimiento de pelado del conductor.

En esta actividad es importante utilizar guantes y lentes de seguridad para evitar accidentes.

Para los cables de 4x10 AWG con malla, que son exclusivos para corrientes, se debe aterrizar la malla en la barra de tierra del tablero PCYM de la diferencial de barras, no en campo. No debe aterrizarse en ambos extremos.

Se debe peinar cada hilo de cable para acomodarlo de manera uniforme en las canaletas destinadas para el mismo. Esto facilita la conexión del cableado. El peinado del cable consiste en dejar de forma recta el cable empleando un taladro o pinza de presión colocando la punta del cable en el broquero o punta de la pinza y darle el mínimo torque inverso y en sentido de las manecillas del reloj, ya que al pelarlo viene trenzado y la conexión no es sencilla y ordenada. El peinado de cable se muestra en la Figura 27.



Figura 27. Fotografía del peinado de los conductores.

La conexión de cada hilo de cable en campo debe hacerse correctamente usando zapatas para el calibre del cable, una pinza para prensado, una pinza pela-cable y destornilladores aislados. Se usa zapata de ojillo amarilla para calibre 10-12 AWG y zapata azul de ojillo para calibre 14-16 AWG. El correcto prensado mecánico de la zapata será fundamental para evitar fallas a corto y mediano plazo.

La cedula de cableado es importante en este proceso, ya que es nuestra guía a seguir para la conexión de punto por punto en cada tablilla del equipo al tablero de la diferencial de barras, respetando cada cable de control y el color del hilo que se muestra en la Figura 28.



Figura 28. Fotografía de la conexión del cable de control por color de acuerdo a la cedula de cableado en el punto correspondiente.

3.2.8. Programación del Relevador SEL-487B.

La programación del relevador SEL-487B lleva una secuencia de pasos que deben revisarse con detalle para evitar algún error. Utilizando la cédula de cableado, la ingeniería elaborada y los datos mencionados en el punto 3.2, se procede a configurar los dos relevadores SEL-487B con una laptop y utilizando el cable de comunicación. Los pasos para la programación básica se muestra en el anexo B.

3.2.9. Ajustes típicos del esquema de protección 87B.

Los criterios de ajuste para la operación del esquema de protección de diferencial de barras se basan de acuerdo al manual de procedimientos ST-87B-01 de CFE en la sección 6.5 para la operación y correcto funcionamiento del relevador ante una falla u alarma.

- Pick up de alarma desbalance

Los relevadores SEL-487B se deben ajustar con el pick up de alarma de desbalance a 0.10 p.u. (0.5 amperes secundarios de corriente diferencial referida al TC de relación más alta y ajustar el tiempo de la alarma de desbalance a 5 segundos.

- Pick up de la unidad diferencial con restricción

Se ajusta el pick up de la unidad diferencial con restricción a 1.0 p.u. (5 amperes secundarios de corriente diferencial referida al TC de relación más alta). En caso que el corto circuito con aportación mínima en la barra sea menor a 2 p.u. (10 amperes secundarios), el ajuste será de 0.5 del valor de dicho corto circuito.

- Pendiente de la unidad diferencial

Los relevadores cuya pendiente es fija, no requiere ser ajustada. Para las protecciones que tienen ajustes predefinidos de 60% a 80% de pendiente, no se deberán modificar los ajustes establecidos de fábrica. Para esquemas de una sola pendiente, esta se ajusta al 80%.

Para esquemas de dos pendientes, se ajusta la pendiente nueva uno al 60% y ajustar la pendiente nueva 2 al 80%.

3.2.10. Alarmas locales y remotas del panel frontal del relevador SEL-487B.

Después de haber programado los relevadores, las alarmas propias de cada relevador son visualizadas en la sección de led's de estado (status) que se muestra en la Figura 29.



Figura 29. Características del panel frontal del relevador.

A continuación se describe el grupo de led's mostrado y botones en el panel frontal de acuerdo a la Figura 30 y su explicación en la tabla 4.

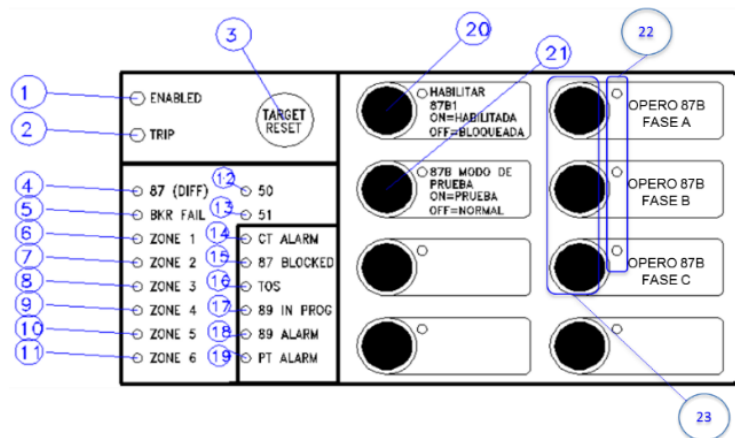


Figura 30. Botones y led's del relevador SEL-487B.

Panel frontal de señalización y de bloqueo del esquema 87B	
Descripcion del led	Función
1. ENABLED	Indicación del estado del relevador SEL-487B
2. TRIP	Disparo
3. TARGET RESET	Botón de reset de los led's
4. 87 DIFF	Opero proteccion diferencial
5. BKR FAIL	Disparp de falla interruptor
6. ZONA 1	Opera fase A barra 1/ Opera fase C barra 1
7. ZONA 2	Opera fase A barra 2/ Opera fase C barra 2
8. ZONA 3	Opera fase B barra 1
9. ZONA 4	Opera fase B barra 2
10. ZONA 5	No usado
11. ZONA 6	No usado
12. 50	Opero sobrecorriente instantáneo (no habilitado)
13. 51	Opero sobrecorriente temporizado (no habilitado)
14. CT ALARM	Alarma TC abierto
15. 87 BLOCKED	Protección 87B bloqueado
16. TOS	Bahias fuera de servicio (no habilitado)
17. 89 IN PROG	Cuchilla en progreso de operación
18. 89 ALARM	Discrepancia de cuchillas
19. PT ALARM	Perdida de ptenciales
20. BOTON 1	Protección 87B1 Habilitado/ Bloqueado
21. BOTON 2	Modo prueba
22. BOTON 3	No usado
23. BOTON 4	No usado
24. BOTON 5	Protección 87B2 Habilitado/ Bloqueado
25. BOTON 6	No usado
26. BOTON 7	No usado
27. BOTON 8	No usado

Tabla 4. Funciones del panel frontal.

3.2.11. Lógica de disparo y bloqueo al cierre.

En el eventual caso de falla sobre la barra de 230 kV de la S.E. Peralvillo y partiendo de que la instalación se encuentra operando en condiciones normales.

Para falla en barra 1, se producirá el disparo y bloqueo al cierre de todos los interruptores de 230 kV asociados a la barra 1.

Para falla en barra 2, se producirá el disparo y bloqueo al cierre de todos los interruptores de 230 kV asociados a la barra 2.

En cada falla asociada a una barra operará el relevador 86B1 o el 86B2, y no dejará cerrar ningún interruptor asociado a la barra disparada por falla tanto de forma local como remota.

3.2.12. Maniobras.

Considerando el equipo primario completo sin restricciones de operación, las condiciones normales de operación en la subestación eléctrica Peralvillo, en la zona de 230 kV, son las descritas a continuación:

Interruptores conectados a la barra 1 de 230 kV.

- Interruptor PEV-92010
- Interruptor PEV-92030
- Interruptor PEV-93A30
- Interruptor PEV-93A10

Interruptores conectados al barra 2 de 230 kV.

- Interruptor PEV-92020
- Interruptor PEV-93A90
- Interruptor PEV-93A20

Interruptor de amarre 99120 siempre está cerrado

3.2.13. Bloqueo.

Si eventualmente es requerido el bloqueo de la protección esta se puede realizar de manera independiente. Esta maniobra de bloqueo será realizada de manera manual directamente sobre el relevador de protección SEL – 487B:

Para la barra 1 o barra 2 ubicando el botón 1 (barra 1) y botón 5 (barra 2) manteniéndolo pulsado 5 segundos respectivamente, se apagará el led indicando la protección 87B se encuentra bloqueada y de forma automática el otro relevador también se bloqueara seleccionado la barra bloqueada como se muestra en la Figura 31.



Figura 31. Botones de bloqueo y modo prueba de la protección 87B

3.2.14. Modo prueba.

Sirve para poder caracterizar el relevador 87B, bloqueando la salida de disparo; este modo prueba puede ser habilitado de 2 modos:

- Pulsando una vez, el botón 2 del relevador SEL-487 fase A-B o el relevador SEL-487B fase C encendiendo el led del botón, para salir de modo prueba se vuelve a presionar el botón 2, una vez (véase Figura 31).
- Insertando la peineta al block de pruebas, se habilita el modo prueba encendiendo el led del botón 2 de cada caja, para salir del modo prueba basta con retirar la peineta del block de pruebas.

3.2.15. Disparo / restablecimiento de barra.

Para poder discriminar la fase y barra donde se tuvo la falla de la barra disparada, es necesario revisar en el tablero PCYM, los dos relevadores SEL-487B, en los led's y en el display:

- Para el relevador SEL-487B fase A-B la zona 1 para barra 1 fase A, zona 2 para barra 2 fase A, zona 3 para barra 1 fase B y zona 4 para barra 2 fase B.
- En el relevador SEL-487B fase C zona 1 para barra 1 fase C y zona 2 para barra 2 fase C.

A la UTR llegará la alarma de operación 87B1 o 87B2 DE 230 kV Y 86B1 o 86B2 (indicándonos operado el relevador de disparo y bloqueo sostenido 86B).

Para la normalización de las barra después de la operación de la protección diferencial 87B1 o 87B2, es necesario restablecer manualmente el relevador de bloqueo sostenido 86B1 o 86B2, el cual se encontrará con los led's apagados; esta reposición no se podrá realizar de manera remota a través de la UTR, pero no es recomendable hacer un intento de cierre a ningún interruptor de la barra fallada sin antes acudir a la subestación y hacer una inspección y evaluación del evento y con la previa coordinación con la zona de operación metropolitana.

Después de ejecutar éste paso se procederá a la normalización de cada circuito asociado a las alarmas a nivel superior.

3.2.16. Alarmas por protocolo DNP 3.0 a través del relevador SEL-487B y el DPAC 2440.

Cada equipo integrado al tablero envía diversas alarmas mediante un mapa configurado en cada equipo. El mapa es un listado de puntos declarados mediante una etiqueta programada que son enviados a la UTR, por protocolo DNP.

El listado es el siguiente:

	PTO DNP	DESCRIPCION	VARIABLE LOGICA
SEL-2440	BI_1	OPERO 86B1	IN201
	BI_2	OPERO 86B2	IN202
	BI_3	OPERO 86BU1	IN203
	BI_5	OPERO 86BU2	IN204
	BI_7	FVCD 87B1 87B2 FASE A Y FASE B	IN205
	BI_8	FVCD 87B1 87B2 FASE C	IN206
	BI_9	FVCD POSICION CUCHILLAS	IN207
	BI_10	FVCD 86B1, 86B2, 86BU1 Y 86BU2	IN208
	BI_11	ANORMALIDAD RELEVADOR 87B FASE A Y FASE B	IN209
	BI_12	ANORMALIDAD RELEVADOR 87B FASE C	IN210

Tabla 5. Alarmas hacia el equipo SEL-2440.

Las alarmas marcadas en amarillo, salen a nivel superior.

Alarmas por protocolo DNP 3.0 a través del relevador SEL-487B.

	PTO DNP	DESCRIPCION	VARIABLE LOGICA
SEL-487B CAJA 1	BI_1	OPERO 87B1 FASE A	87Z1
	BI_2	OPERO 87B1 FASE B	87Z2
	BI_3	OPERO 87B2 FASE A	87Z3
	BI_4	OPERO 87B2 FASE B	87Z4
	BI_5	BARRAS INTERCONECTADOS	PSV19
	BI_6	CUCHILLAS INDETERMINADAS	89AL
	BI_7	87B BLOQUEADA B1	PLT01
	BI_8	87B BLOQUEADA B2	PLT05
	BI_9	TC ABIERTO	PSV06
	BI_10	MODO PRUEBA 87B1	IN101

Tabla 6. Alarmas del relevador 1 SEL-487B.

	PTO DNP	DESCRIPCION	VARIABLE LOGICA
SEL-487B CAJA 2	BI_1	OPERO 87B1 FASE C	87Z1
	BI_2	OPERO 87B2 FASE C	87Z2
	BI_3	BARRAES INTERCONECTADOS	PSV19
	BI_5	CUCHILLAS INDETERMINADAS	89AL
	BI_7	87B BLOQUEADA B1	PLT01
	BI_8	87B BLOQUEADA B2	PLT05
	BI_9	TC ABIERTO	PSV06
	BI_10	MODO PRUEBA 87B	IN101

Tabla 7. Alarmas del relevador 2 SEL-487B.

Las alarmas marcadas en amarillo, salen a nivel superior.

Las alarmas TC abierto, 87B1 bloqueada y modo prueba, 87B2 bloqueada y modo prueba, falta de voltaje de corriente directa (FVCD) de los relevadores SEL-487B, anomalía de los relevadores SEL-487B están agrupadas a nivel superior cayendo la alarma anomalía 87B.

3.2.17. Pruebas de la protección, alarmas y disparos con el Departamento de Control.

Las pruebas pre operativas que se realizan para la diferencial de barras consisten en simular disparos por fallas externas e internas, estas se realizan con la ayuda de un equipo de inyección de corriente trifásico. Las fallas externas son aquellas que se encuentran fuera de la zona de operación de las barras. No debe operar el relevador. Las fallas internas son aquellas que se encuentran dentro de la zona de operación en las dos barras, zona 1 para barra 1 y zona 2 para barra 2, al igual que el interruptor de amarre, en este caso ante cualquier falla que se presente en un circuito, el relevador deberá operar correctamente. La simulación de falla se realiza de forma monofásica, bifásica y trifásica inyectando un desbalance en las corrientes y con un desplazamiento angular.

Los valores se registran en el siguiente formato.



Comisión Federal de Electricidad

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
SUBGERENCIA REGIONAL DE TRANSMISION CENTRAL VALLE DE MEXICO
ZONA DE TRANSMISION VALLE DE MEXICO CENTRO
PYM SECTOR CENTRO NORTE



PROTOCOLO DE PRUEBA DIFERENCIAL BARRAS 1 Y 2 DE 230 KV S.E. PERALVILLO

No.	PRUEBA	CIRCUITO	CUCHILLA BUS 1	CUCHILLA A BUS 2	FAS E	CORRIENTE		CORRIENTE		CORRIENTE DE FALLA RELE	OPERO 87 B1	OPERO 87 B2	TIEMPO	Z-1	Z-2	Z-3	Z-4	Z-5	Z-4	Z-3	Z-2	Z-1	OP MODO PRUEBA	OPERO BLOQ.	OPERO 84 B1	OPERO 84 B2	OBSERVACIONES		
						MAG	ANG	MAG	ANG																				
1					A	2	100	3	100																				
2	MONOFASICA				B	1	-120	1	60																				
3					C	1	120	1	300																				
4					A	1	0	1	100																				
5	MONOFASICA				B	3	60	3	60																				
6					C	1	120	1	300																				
7					A	1	0	1	100																				
8	MONOFASICA				B	1	-120	1	60																				
9					C	3	300	3	300																				
10					A	1	0	1	100																				
11	BIFASICA				A	2	100	3	100																				
12					B	3	60	3	60																				
13					C	1	120	1	300																				
14	BIFASICA				A	1	0	1	100																				
15					B	3	60	3	60																				
16					C	3	300	3	300																				
17	BIFASICA				A	3	100	3	100																				
18					B	1	-120	1	60																				
19					C	3	300	3	300																				
20	TRIFASICA				A	3	100	3	100																				
					B	2	60	3	60																				

Figura 32. Formato de pruebas para el relevador de Protección Diferencial de Barras

Durante la inyección de corrientes se introducen las peinetas en el block BP-87BA, BP-87BB correspondiente al circuito bajo prueba. Se debe tener precaución de no abrir las corrientes durante la prueba para evitar riesgo de shock eléctrico.

- ✓ Prueba del elemento diferencial sensible S87P

Se toma el ajuste del elemento diferencial sensible $S87P=0.05$ p.u y el valor de la RTC de cada bahía que es de $1200:5 = 240$

Para calcular el valor en amperes

$$TAP = (240) (5)/240 = 5 \text{ A}$$

Para la entrada I01 del relevador

$$I01 = (0.05) (5) = 0.25 \text{ A}$$

- ✓ Prueba de pickup del elemento diferencial O87P

Para esta prueba se calcula el valor de corriente:

$$O87P=1 \text{ y } I01= (1) (5) = 5 \text{ A}$$

- ✓ Prueba de bloqueo de disparo con el botón 87 DIFF ENABLED

Estando el botón con el led apagado la protección diferencial de esta fase está bloqueada y no debe ocurrir disparo inyectando corrientes. Efectué una inyección trifásica con cinco amperes por fase en el circuito 92010.

- ✓ Prueba para obtener el tiempo de disparo de los relevadores SEL-487B.

Usando el equipo de prueba trifásico se inyecta una falla trifásica de 5 amperes por fase en el circuito 93A20, se ponen los siguientes datos en el equipo OMICRON:

Tiempo de prueba:

Se conecta un contacto directamente del 86B para medir el tiempo total desde la protección SEL487B hasta el 86B.

Tiempo obtenido= 0.0397 86B1

Tiempo obtenido= 0.0418 86B2

Estos son los tiempos obtenidos de la protección SEL-487B en los dos relevadores.

- ✓ Pruebas de disparo con interruptores tanto a barra 1 como a barra 2.

Previo a energizar la barra estas pruebas se deben ejecutar cuando ya estén listas todas las bahías que se conectan a cada barra y no se tengan que hacer trabajos en campo ni en el tablero, es decir, ya no se deberá manipular ninguna conexión, debido a que se probarán los disparos a cada interruptor y la protección quedara lista para operar cuando entre en servicio. Después de un periodo de 3 a 5 años se recomienda programar licencias para realizar pruebas de disparo.

Las pruebas de disparo que se recomiendan son:

- ✓ Todo conectado a Barra 1.
- ✓ Todo conectado a Barra 2
- ✓ Circuitos conectados tanto a Barra 1 y Barra 2 y con el interruptor de amarre cerrado.
- ✓ Pruebas de disparo con buses interconectados, se cierra cuchillas tanto a bus 1 y bus 2, cada circuito se debe interconectar.

- ✓ Pruebas de disparo bus de transferencia con cada uno de los circuitos, solo debe disparar el interruptor 99120 según corresponda.

3.2.18. Pruebas reales de disparo, alarmas y maniobras con el Área de Control Central.

Una vez que las pruebas han sido realizadas y que la protección está operando correctamente así como su equipos auxiliares, se procederá de manera integral a entregar en servicio el tablero PCyM y a energizar las barras mediante la secuencia de maniobras que dictará el operador en turno a el Área de Control Central.

Actividades previas a la energización del bus:

- a) Verificar que estén conectados todos los cables de corrientes en cada caja centralizadora de TC's, en borneras y en las tablillas del gabinete de la protección diferencial de barras.
- b) Verificar que el cierre en estrella de cada circuito de corrientes este correctamente conectado hacia el circuito a proteger, en este caso hacia la barra y no hacia el equipo. Es importante realizar este paso, ya que un incorrecto alambrado provocará la mala operación de la protección.
- c) Verificar que estén conectados los cables de disparo hacia cada uno de los interruptores de la barra.
- d) Verificar que estén conectados los cables de bloqueo al cierre de cada uno de los interruptores.
- e) Verificar que estén conectados los cables de alarmas hacia la Consola de Control.
- f) Verificar que los dos relevadores SEL-487B estén encendidos y con el disparo habilitado con el botón 87DIFF ENABLED, el led debe estar encendido indicando que está en servicio la 87B.
- g) Verificar que la protección no esté en modo de prueba.
- h) Verificar que el Departamento de Subestaciones y el operador en turno revisen que ya no hay gente trabajando en campo, además de revisar cada bahía si las cuchillas de tierra no están cerradas, si es así, se procederá a abrir las cuchillas por bahía.

Efectuadas las verificaciones previas, el operador del CENACE procede a energizar la barra cerrando la línea fuente que energiza la subestación para energizar la Barra 1 con alguno de los interruptores de línea. En esta condición se estará probando la barra en vacío; no debe conectarse carga hasta el momento. No debe bloquearse el disparo por 87B, se debe probar la barra con la función habilitada, es mejor un disparo en este momento con la barra sin carga en el caso de que este algo mal conectado para cuando ya entre en servicio.

En esta condición se tiene carga reactiva entrando a la barra con la corriente adelantada 90 grados respecto al voltaje. Si la línea es mediana o larga se tendrá por lo menos 14 MVAR para revisar el faseo de corrientes de los esquemas de línea y también a la diferencial de barras únicamente con este circuito. En esta condición se pueden medir las corrientes de operación y restricción en la protección diferencial de barras en barras 1.

Luego se continua el cierre de otra línea para que tome carga el bus ,es en este momento cuando la corriente entra y sale del bus, tomar nuevamente las lecturas de la IOP Y IREST, la que debe ser mayor es la IREST.

Faseo del esquema SEL-487B.

El faseo se puede efectuar tomando las lecturas de corriente de cada bahía en las tres fases, verificando que entre corrientes de entrada y salida estén a 180 grados de desplazamiento mostrado en las siguientes figuras.



Figura 33. Fotografía que muestra el faseo de corrientes de las fases A y B.

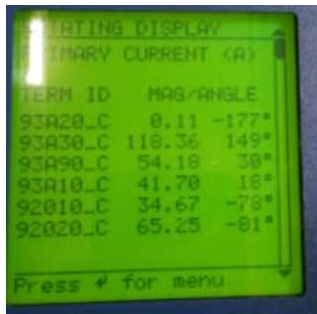


Figura 34. Fotografía que muestra el faseo de corrientes de la fase C.

Para confirmar que la protección diferencial de barras está en condiciones normales de operación se debe verificar las corrientes de desbalance en cada fase.



Figura 35. Fotografía que muestra las corrientes de operación y restricción por zona.

Si estos valores son mayores a los 10 miliamperes hay algún error significativo en la medición de TC's.

Otra revisión importante es observar si el LED de TC ALARM cae durante los primeros días de operación de la barra, si es así, se recomienda revisar con detalle los circuitos de corriente, ya que puede existir un falso contacto, una punta floja en algún punto.

La señal de alarma de CT-ALARM se debe poner local y remota como una alarma prioritaria de la Subestación.

3.2.19. Informe de oscilografías, faseo de las bahías y reporte final.

Durante el ajuste, programación y pruebas de la protección SEL487B se sugiere que se documente de acuerdo con el siguiente orden:

- a) Diagrama unifilar del bus protegido con las polaridades de TC`S.
- b) Lista de cables de TC's, TP's, alarmas, disparos.
- c) Diagramas trifilares de corrientes, con la actualización de números de cables.
- d) Datos de placa de TC`S
- d) Pruebas de TC`S
- e) Pruebas de aislamiento a cables de control.
- f) Listado de ajustes de la protección SEL-487B
- g) Pruebas al esquema SEL-487B: medición en display, verificar el elemento sensible S87, verificar pickup elemento O87P, disparo bus 1 y bloqueo, disparo bus 2 y bloqueo, bus interconectado y bloqueos, disparo bus de transferencia y bloqueos además y el porcentaje de la pendiente de la curva.

Este reporte de inspección y pruebas es la memoria de puesta en servicio del esquema SEL487B, que se toma como su acta de nacimiento del esquema.

Capítulo 4. Resultados

La modernización del esquema de Protección Diferencial de Barras en la subestación Peralvillo demostró que el proyecto es de gran utilidad ya que se obtienen beneficios como la obtención de eventos, registros oscilográficos, mediciones en tiempo real de cada una de las bahías, un mejor aspecto a la subestación y principalmente una mejora continua al Sistema Eléctrico de Potencia que ofrece una mayor confiabilidad en el sistema.

Se presentaron inconvenientes durante el proceso como fue la modificación del tablero para recibir la señalización de forma eléctrica de cada cuchilla ante la falta de entradas del relevador por diseño del fabricante, el cual proponía que la señalización recibida por cada caja se repartiera en cuatro bahías para el relevador 87B FAB y cuatro bahías para el relevador 87B FC, estas se publicarían en ambos relevadores mediante protocolo de comunicación IEC 61850. Se implementó el alambrado por cada entrada para recibir la posición de las cuchillas de cada bahía a los dos relevadores con la finalidad de que ambos estén reportando la secuencia de eventos cuando se realicen maniobras de apertura y cierre de las cuchillas. Esto no afectó el funcionamiento de la protección, no obstante, esta decisión se tomó para discriminar los disparos por barra 1 y barra 2 e integrar los bloqueos al cierre por cada bahía considerando la posición de las cuchillas para evitar accidentes ante una falla y que solo mediante el restablecimiento de reposición manual del relevador de bloqueo 86 se normalizara la protección.

La metodología de SEL en la ingeniería de su tablero es utilizar el protocolo IEC 61850 para evitar el uso excesivo de alambrado en el tablero y ahorrar espacio. El proyecto IEC 61850 se siguió implementando en la comunicación para alarmas y bloqueos de la protección 87B para los dos relevadores.

Recordemos que la protección Diferencial de Barras ante una falla interna operara en la barra fallada, por lo cual para discriminar el disparo, la posición de la cuchilla juega un papel importante en la zona de operación asociada y para dar una mayor confiabilidad, requerimos que la señal llegue de forma eléctrica y no por comunicación basándonos en la especificación CFE-00061.

El trabajo se realizó en un mes y medio cumpliendo los horarios y jornadas establecidas, desde los preparativos hasta las pruebas finales para la puesta en servicio. Se trabajó con un grupo inicial de dos personas para finalizar en un grupo de 8 personas.

El tendido de cable es un factor de trabajo pesado ya que requiere la habilidad y la fuerza física del personal para ingresar por las trincheras y jalar el cableado por ductos estrechos cuidando de no dañar el cable de control desde la caseta hacia las bahías. Durante este trabajo se cumplió con el reglamento de seguridad "Capítulo 800" de la empresa para cuidar la integridad de cada uno de los participantes sin que ponga en riesgo su vida.

En el proceso de la licencia fue un factor contra tiempo ya que la subestación quedó desenergizada por 48 horas dejando las contingencias del flujo de carga bajo el control de CFE Distribución y para el CENACE quienes están conscientes del riesgo ante una falla y la indisponibilidad del equipo en Sistema Eléctrico de Potencia lo cual en un momento determinado pueden cancelar los trabajos y pedir que se normalice la Subestación. Esto no sucedió ya que los trabajos se llevaron en tiempo y forma mediante un programa de actividades desarrollado como parte del plan de trabajo del proyecto de modernización.

5. Conclusiones

Con la modernización del esquema de protección, de electromecánico a un esquema con relevadores digitales, lo primero que se obtiene es un incremento de la confiabilidad en el esquema de protección en la red de 230 kV, la obtención de datos, alarmas y oscilografías en tiempo real.

La planificación de los trabajos mediante un estudio inicial de las condiciones actuales de la subestación y del equipo a modernizar permitió desarrollar el trabajo en tiempo y forma. Se llevó un programa de actividades, el cual es notificado a cada especialidad involucrada, en este caso, el departamento de Subestaciones y el departamento de Control para intervenir en cada una de las actividades destinadas al proyecto de modernización, sin afectar los trabajos entre especialidades.

Durante las pruebas se verifico que cada interruptor se abra ante una falla realizada con el equipo de prueba para cada bahía conectada en barras 1 y barras 2, operando de forma correcta solo los elementos conectados a la barra donde se simula la falla sin afectar la barra donde no existiese falla. Esta prueba es muy importante para garantizar la operación correcta de la diferencial de barras.

También se simularon fallas externas para ver el comportamiento de la protección diferencial de barras la cual no debe operar ante esta falla, ya que no se encuentra dentro de la sumatoria de corrientes que aporta cada bahía a los relevadores SEL-487B. Esta prueba verifica que todas las aportaciones de corriente están bien conectadas al relevador. Si alguna aportación de corriente estuviese invertida la protección diferencial de barras va a operar en falso.

Aprendí como pasante de Ingeniería Eléctrica el procedimiento para la puesta en servicio de un esquema mediante una metodología de planeación, la cual indicará cuales son los pasos a seguir para obtener los resultados esperados de la puesta en servicio. Como técnico en protecciones debo utilizar los procedimientos que dicta la empresa de acuerdo a las especificaciones para la planificación y control del proyecto. La comunicación con las demás especialidades debe ser una prioridad en los trabajos de puesta en servicio

para evitar accidentes y, en general, el personal que esté involucrado en los trabajos pueda desarrollarlos de forma eficiente.

El manejo del relevador SEL-487B me permitió aprender y aplicar mis conocimientos adquiridos en campo para llevarlos a las aplicaciones y funciones del relevador usando el software del equipo. Durante el proceso revisé a detalle la programación del relevador, llevando en mano los planos de ingeniería del proyecto para asignar el nombre a las variables programadas y todo lo que conlleva a programar un relevador.

Para programar adecuadamente el relevador es necesario recopilar la información requerida en el campo, leer cuidadosamente el manual -y apoyarse en los compañeros que tengan experiencia en el manejo del relevador y en mi jefe inmediato, para aclaración de dudas, asimismo es necesario hacer una revisión cruzada, esto es, que después de programar el relevador, otro compañero revisará la programación del relevador en conjunto con el jefe para detectar algún error.

En este informe de trabajo se hizo un breve análisis de cada uno de los procesos que se llevan a cabo en la puesta en servicio de un esquema de protección diferencial de barra.

Como empresa productiva del estado, CFE está comprometida a suministrar la energía eléctrica con la calidad y confiabilidad que demandan los usuarios, para lo cual está modernizando los equipos que por su edad y condición así lo requieran, asimismo, con el programa de expansión del sistema, desarrolla proyectos de construcción de plantas generadoras, subestaciones y líneas de transmisión, con lo que se consolida como una empresa de calidad mundial.

Bibliografía

1. Schweitzer E. L., Inc., "SEL-487B Relay", ProtectionAutomation Control, Instruction Manual", USA, 2014.
2. CFE G0000-81, Especificación, "Características técnicas para relevadores de protección". Abril 2008.
3. CFE PROT-0011-014, Especificación, "Procedimiento De Prueba Para Puesta En Servicio". Noviembre 2013.
4. CFE, Especificación, "Tableros De Protección, Control, Medición, Supervisión Y Registro Para Unidades Generadoras Y Subestaciones Eléctricas". Noviembre 2013.
5. CFE. "Introducción a los esquemas de protección diferencial de barras numéricos", México, 2006. Ing. Carlos Morán Ramírez.
6. CFE. Curso De Protección Diferencial De Barras, México, 2006.
7. CFE. "Manual de prácticas SEL-487B", Centro de Capacitación Occidente, México, 2007. M.C. Carlos Morán Ramírez.
8. J. Raúll M., Diseño de Subestaciones Eléctricas, McGraw-Hill de México, 1987.
9. C. Russell Mason, El Arte y la Ciencia de la Protección por Relevadores, Editorial a. CECSA, 1982.
10. G. Enríquez H., Fundamentos de Protección de Sistemas Eléctricos por Relevadores, Editorial LIMUSA, S. A., México, 1981.
11. J. L. Blackburn, "AppliedProtectiveRelaying, Relay-Instruments Division, Westinghouse Electric Corporation", Florida, 1982.

Internet:

- <https://selinc.com/es/>
- <https://www.cfe.mx/Pages/Index.aspx>
- <https://lapem.cfe.gob.mx/LapemServicios/default.aspx>

Glosario

Alimentador. Es el circuito conectado a una sola estación, que suministra energía eléctrica a subestaciones distribuidoras o directamente a los usuarios.

Bloqueo. Es el medio que impide el cambio parcial o total de la condición de operación de un dispositivo, equipo o instalación de cualquier tipo.

Bus-Zone. Área de protección formada por un mínimo de dos terminales, en este caso, serán las bahías a proteger dentro de la barra.

CENACE: El Centro Nacional de Control de Energía.

Centro Nacional de Control de Energía. Es la entidad creada por la Comisión para: la planificación, dirección, coordinación, supervisión y control del despacho y operación del SEN.

Cerrar. Es conectar una parte del equipo, para permitir el paso de la corriente eléctrica.

CheckZone. Zona de protección formada por dos o más terminales donde el diferencial el cálculo es independiente del estado de los contactos auxiliares de desconexión.

Checklist. Es un formato de verificación para realizar actividades repetitivas, controlar el cumplimiento de un listado de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de manera sistemática. Se utilizan para hacer comprobaciones sistemáticas de actividades o productos asegurándose de que el trabajador o inspector no se olvida de nada importante.

Confiabilidad. Es la habilidad del Sistema Eléctrico para mantenerse integrado y suministrar los requerimientos de energía eléctrica en cantidad y estándares de calidad, tomando en cuenta la probabilidad de ocurrencia de la contingencia sencilla más severa.

Continuidad. Es el suministro ininterrumpido del servicio de energía a los usuarios, de acuerdo a las normas y reglamentos aplicables.

Cuaderno de Relatorio. Es el documento oficial en el cual se deben de anotar los sucesos de la operación de un equipo.

Demanda máxima. Es la potencia máxima suministrada durante un periodo de tiempo determinado.

Disparo. Es la apertura automática de un dispositivo por funcionamiento de la protección para desconectar uno o varios elementos del Sistema Eléctrico Nacional.

EIA-232. Definición eléctrica para interfaces de comunicaciones de datos en serie punto a punto, basado en el estándar EIA / TIA-232. Anteriormente conocido como RS-232.

Ethernet. Una red física y capa de enlace de datos definida por IEEE® 802.2 y IEEE 802.3.

Gerencia Regional de Transmisión. Es la entidad que tiene a su cargo el mantenimiento de un conjunto de subestaciones y líneas de transmisión dentro de un área geográfica determinada.

GIS.(Gas Insulated Switchgear) Dispositivo de distribución con aislamiento de gas

Global Settings. Ajustes generales, incluidos los identificadores de retransmisión y estación, número de interruptores, número de desconexiones, formato de fecha, frecuencia nominal del sistema, permite, monitoreo de CC de estación, entradas de control, selección de grupo de configuraciones y controles de restablecimiento de datos.

IEC 61850.Método de comunicación e integración internacionalmente estandarizado concebido con el objetivo de admitir sistemas de IED's de múltiples proveedores en red juntos para realizar protección, monitoreo, automatización, medición y control.

LED. Diodo emisor de luz. Utilizado como indicadores en el panel frontal del relé.

Licencia de emergencia. Es toda licencia que se solicita para realizar trabajos inmediatos en elementos, dispositivos o equipos que se encuentran en condiciones críticas de operación.

Licencia en muerto. Es una autorización que se concede a un trabajador para que éste y/o el personal a sus órdenes, ejecute algún trabajo en equipo desenergizado.

Licencia en vivo. Es la autorización que se concede a un trabajador para que éste y/o el personal a sus órdenes, ejecute un trabajo en equipo energizado.

Licencia programada. Es toda licencia que se solicita para realizar trabajos de mantenimiento preventivo en elementos, dispositivos o equipos que se encuentran en condiciones normales de operación.

Licencia. Es la autorización especial que se concede a un trabajador para que éste y/o el personal a sus órdenes se protejan, observen o ejecuten un trabajo en relación con un equipo o parte de él, o en equipos cercanos, "en estos casos se dice que el equipo está en licencia".

Maniobra. Se entenderá como lo hecho por un Operador, directamente o a control remoto, para accionar algún elemento que pueda o no cambiar el estado y/o el funcionamiento de un sistema, sea eléctrico, neumático, hidráulico o de cualquier otra índole.

Mantenimiento. Es el conjunto de actividades para conservar las obras e instalaciones en adecuado estado de funcionamiento.

Metal Clad. Estos interruptores son unidades móviles que se transportan sobre ruedas, empujándolos hasta su gabinete.

Número de registro. Es el número que se le otorga al solicitante de una licencia para su pronta referencia, antes de que se de autorización de la misma.

Oscilografía. Se representan las señales analógicas y binarias como una función a lo largo del tiempo. Las magnitudes analógicas se pueden representar como valores instantáneos o eficaces.

Peinado de cable. Actividad que consiste en organizar el cableado por canaletas y ductos de forma uniforme y simétrica.

Pick up. Es el ajuste de corriente mínima de operación de un relevador.

Protocolo DNP 3.0. El protocolo de comunicación DNP3 (Distributed Network Protocol versión 3) fue creado por Harris Controls Division con la intención de ser utilizado en el sector eléctrico. En 1993 le transmitió los derechos a DNP3 User Group, el cual le brinda soporte al protocolo desde entonces.

RTC. Proporción que existe entre la magnitud primaria y la magnitud secundaria de un transformador de corriente.

SEL DPAC 2440. Es un controlador discreto de automatización programable de 48 puntos, ideal para aplicaciones de empresas suministradoras de energía e industriales que necesitan tarjetas de entradas y salidas robustas en la recepción de alarmas, mandos y control de uno o varios equipos.

SICLE. Sistema de Información y Control Local de Estación, y es un tipo de SCADA definido de manera muy concreta, con especificaciones avanzadas, especialmente diseñado para la industria eléctrica de potencia.

Sistema Eléctrico de Potencia (SEP). Es el conjunto de centrales generadoras estaciones y líneas de transmisión, conectadas eléctricamente entre sí.

Subárea de Control. Es la entidad que tiene a su cargo el control y la operación de un conjunto de Centrales generadoras, subestaciones, y líneas de transmisión dentro de un área geográfica y que corresponde a un Área de Control.

TC. Transformador de Corriente

Tiempo de operación. Es la medida en segundos en que tarda en operar el relevador, ya sea de forma instantánea o con un retardo de tiempo.

Timbrado. Es la acción de comprobar que dos extremos de un cable son en sí del mismo cable mediante la comprobación de su continuidad.

TP. Transformador de Potencial

VCA. Voltaje de corriente alterna

VCD. Voltaje de corriente directa

Zonas de protección. Se definen como el área de cobertura de un dispositivo de protección, el cual protege uno o más componentes del sistema eléctrico en cualquier situación anormal o falla que se presente.

Anexos

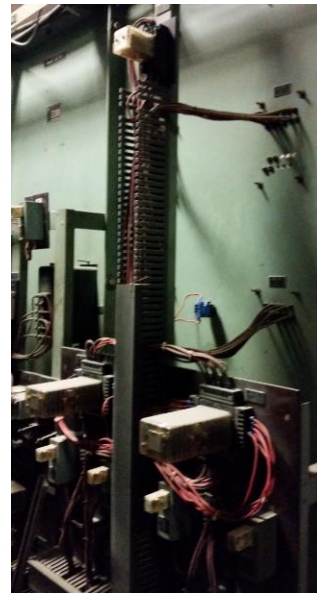
Los anexos presentados a continuación, son los documentos realizados durante el proyecto, sin embargo la información contenida se resume de la información auténtica, esto debido a las políticas de confidencialidad de la empresa y del proyecto.

Anexo A.

Fotografías del trabajo realizado en la S.E. Peralvillo.



a) Parte frontal



b) Parte posterior

Figura 1. Fotografías que muestran el tablero de la protección diferencial de barras electromecánica existente antes de su reemplazo por el nuevo tablero.



a) Interruptor



b) Gabinete de Control

Figura 2. Fotografías que muestran la bahía de la línea PEV-93A90-ESR de la subestación encapsulada de 230 kV en gas SF₆.



a) Parte Frontal



b) Parte posterior



c) Montaje

Figura 3. Fotografías que muestran el tablero a su llegada a la subestación y el montaje final dentro de la caseta de control.

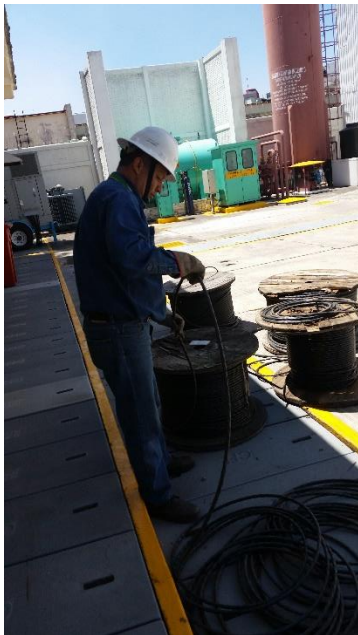


Figura 4. Fotografías que muestran el proceso de tendido de cable comenzando por el conteo de metros de cable a utilizar, el acomodo del cable en trinchera desde las bahías de 230 kV hacia la caseta de control para su destino en el tablero de la protección 87B.

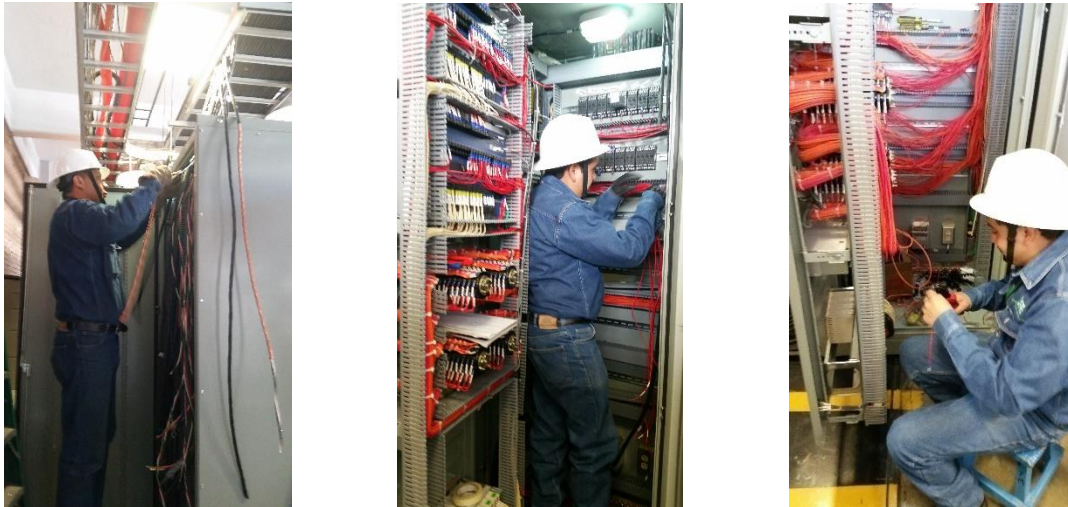


Figura 5. Fotografías que muestran el procedimiento de la conexión del cableado de campo y la modificación realizada al tablero para adecuarlo a las necesidades de la protección 87B y al arreglo propio de la subestación.

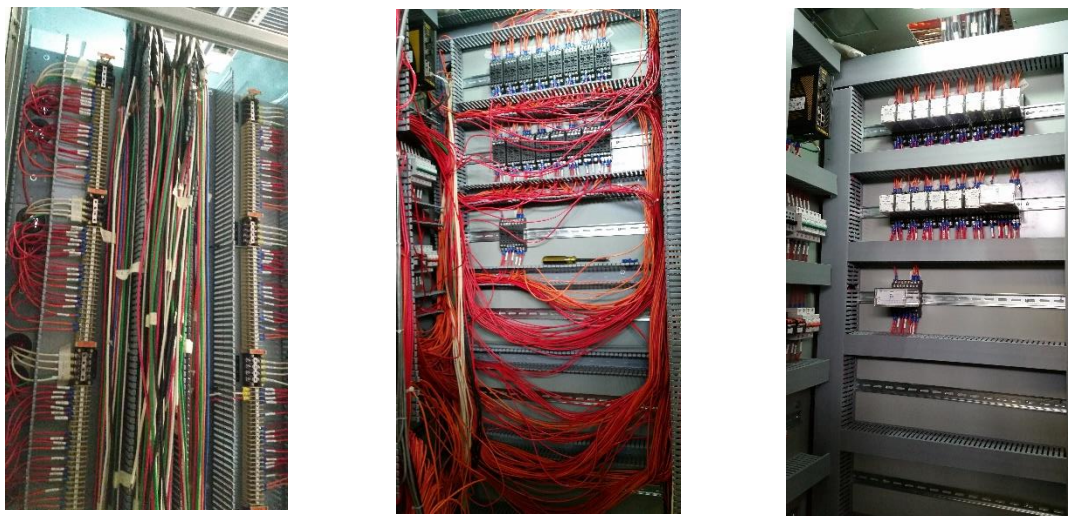


Figura 6. Fotografías que muestran el procedimiento del peinado del cableado de campo y peinado del cable de control interno del tablero. Se observa que debe quedar de forma ordenada y colocado correctamente dentro de las canaletas para un acabado uniforme.



Figura 7. Fotografías que muestran el proceso de prueba de la resistencia de aislamiento a los conductores y pruebas de inyección de corriente al cable de corrientes para faseo y correspondencia de fases por cada bahía.



Figura 8. Fotografía que muestra el proceso de conexión de los cables de control y de corrientes en cada una de las bahías de 230 kV.



Figura 9. Fotografías que muestran el proceso de pruebas de la protección diferencial de barras. En estas pruebas se validan los disparos de la protección 87B en barras 1 y barras 2 con todas las bahías asociadas a la protección, alarmas de la protección 87B, alarmas del tablero y bloqueos al cierre por la protección 86B en conjunto con el Departamento de Control a nivel local, con Programación y con el Área de Control.

Anexo B.

Características de la Subestación Eléctrica Peralvillo

La Subestación Eléctrica Peralvillo es una subestación de tipo encapsulado en SF6, que fue puesta en servicio en diciembre de 1985, por la empresa Luz y Fuerza del Centro.

A partir del 11 de octubre de 2009, por decreto presidencial, CFE toma posesión de las instalaciones de Luz y Fuerza del Centro que daba por terminada sus operaciones como empresa. Posteriormente CFE crea la Zona de Transmisión Valle de México Centro en la cual el Sector Centro Norte se encarga de esta subestación y 8 subestaciones adicionales.

Dentro del presente anexo se describe la ubicación geográfica de la subestación eléctrica Peralvillo y sus características generales en cuanto al equipo instalado.

Localización geográfica de la subestación

- Ubicación geográfica.

La subestación eléctrica Peralvillo se encuentra localizada en la dirección: Calzada de Guadalupe S/N, Colonia Siete de Noviembre, Código Postal 07840, Ciudad de México, teléfono 57396129 M.O 4198 Latitud 19.4632° longitud -99.1249 (véase figura 1 y 2).

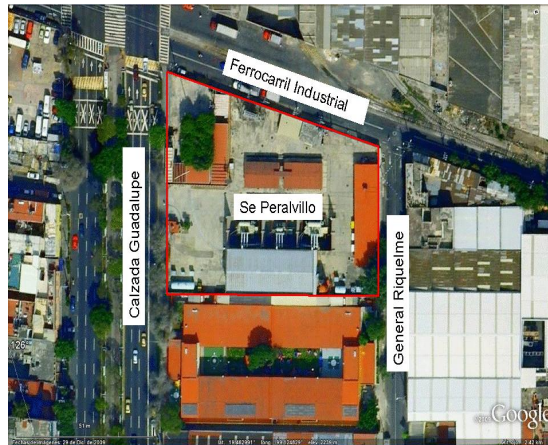


Figura 1A. Vista aérea.

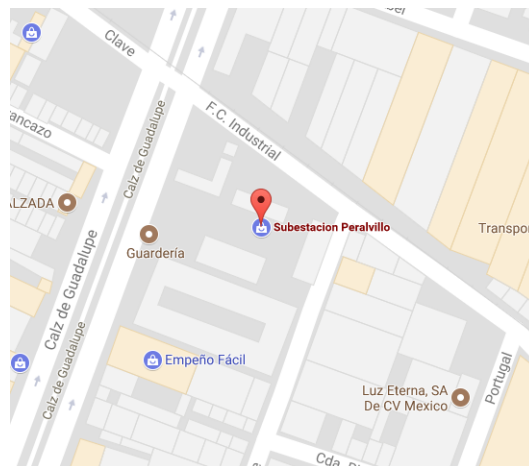


Figura 2A. Localización geográfica.

- Localización dentro del Sistema Eléctrico Nacional

La Subestación Eléctrica Peralvillo forma parte de la red en anillo de 230 kV que conforma la Zona de Transmisión Valle de México Centro, perteneciente a la Gerencia Regional de Transmisión Central, es alimentada por medio de 3 cables subterráneos de potencia

presurizados en aceite, dos provienen de la subestación eléctrica Esmeralda con las siguientes nomenclaturas: PEV-93A20-ESR y PEV-93A30-ESR. El tercer cable proviene de la subestación eléctrica Merced, con la siguiente nomenclatura: PEV-93A90-MER y se encuentra como respaldo. Adicionalmente se cuenta con un cuarto cable de potencia tipo XLPE subterráneo que va hacia la subestación eléctrica Oceanía con la nomenclatura: PEV-93A10-OCE, es tipo cliente y pertenece al STC Metro.

La nomenclatura de las líneas se debe a la identificación de cada equipo montado en la subestación designado por el Área de Control, el cual establece que cada equipo tendrá un código de letras y números referente al anexo.

- Distribución interna de la S.E. Peralvillo

Dentro de la subestación eléctrica se ubican diferentes áreas por secciones:

- Sección de 230 kV
- Sección de transformación 230 kV/23 kV
- Sección de 23 kV
- Caseta de Control
- Caseta de comunicaciones
- Sección de la consola de bombeo para cable subterráneo en 230 kV

- Diagrama Unifilar

El diagrama unifilar de 230 kV corresponde al arreglo de doble barra con interruptor de amarre en el que se observa las líneas de transmisión, transformadores, interruptores y las cuchillas de enlace, de salida y de tierra.

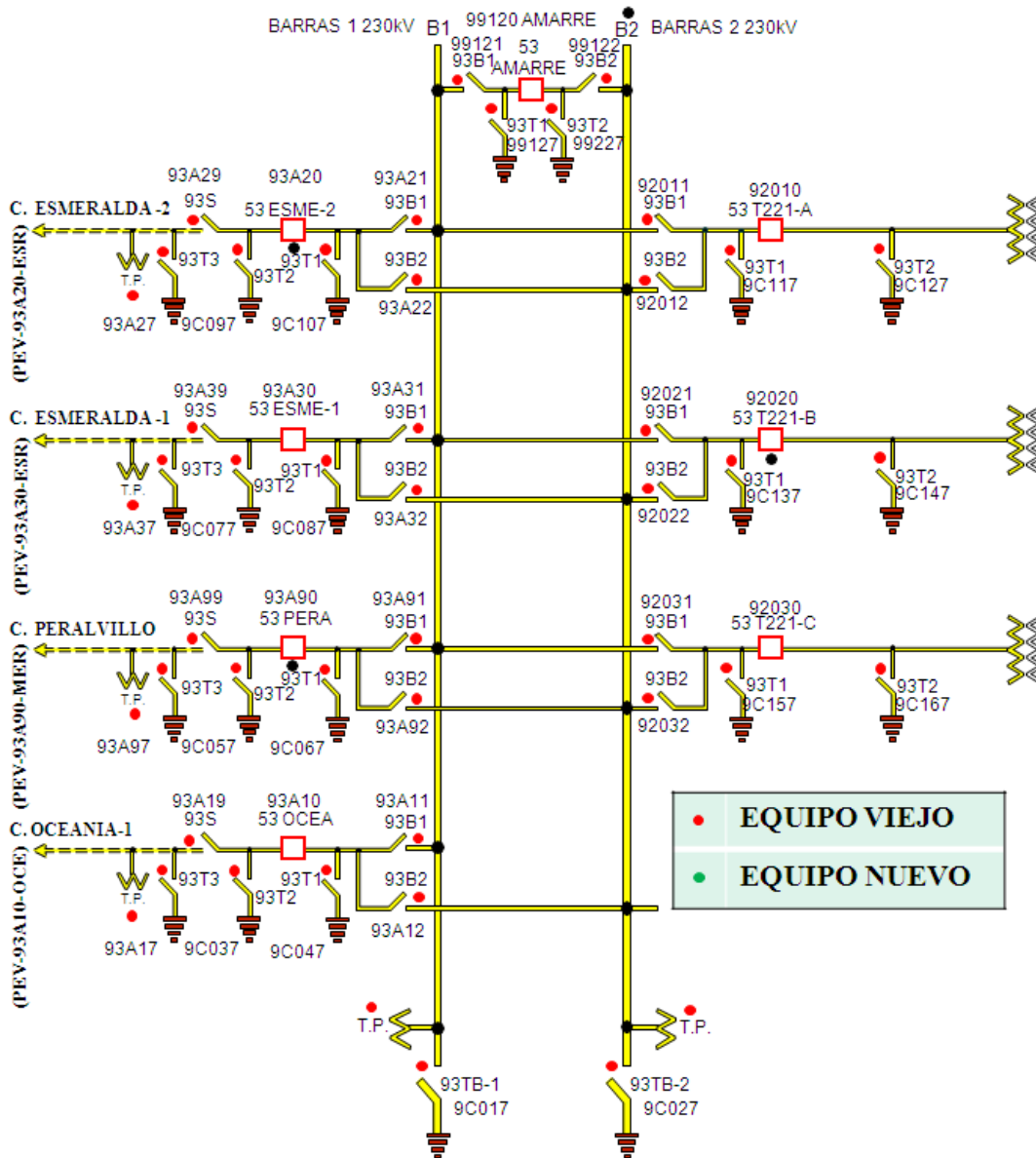


Figura 5A. Diagrama Unifilar de 230kV

A continuación en la figura 6A se muestra el diagrama unifilar de la sección de 23 kV correspondiente al arreglo de doble barra doble interruptor.

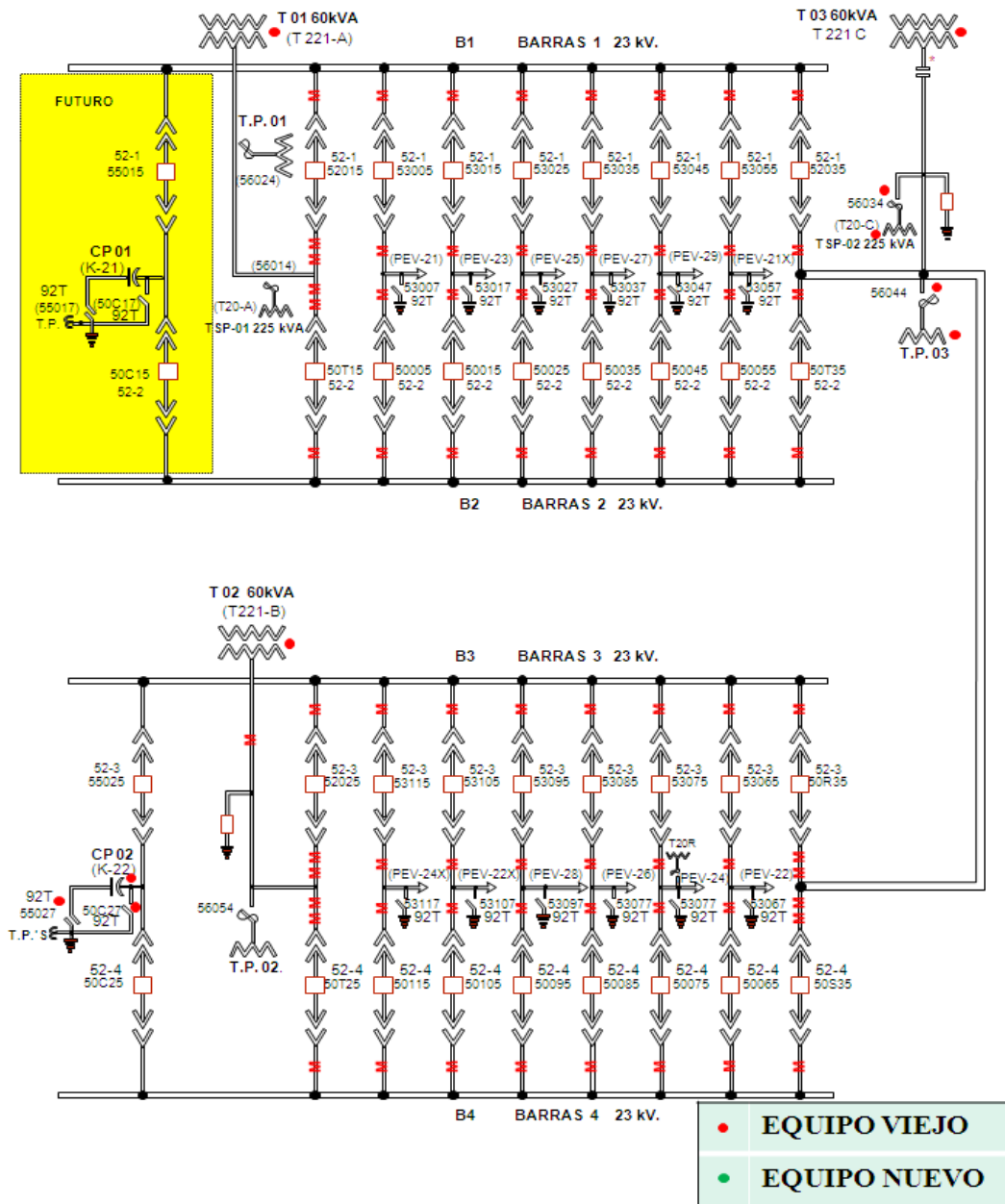


Figura 6A. Diagrama unifilar de 23 kV

- Arreglo en Alta Tensión

Para el nivel de tensión en 230kV, el arreglo es de doble barra con interruptor de amarre (véase figura 5A). En condiciones normales de operación la mitad de las líneas de transmisión y la mitad de los bancos de transformación se conectan a la barra 1 y la otra mitad de los elementos de la subestación se conectan a la barra 2.

El interruptor de amarre en condiciones normales de operación permanece cerrado para mantener el mismo potencial en ambas barras y, además, para poder realizar la transferencia de los elementos conectados de una barra a la otra, cuando se requiera realizar mantenimiento a una de ellas, sin necesidad de que ninguno de los elementos de la subestación quede fuera de servicio

En caso de presentarse una falla en cualquiera de las barras queda fuera la mitad de la subestación, mientras se realizan las maniobras necesarias para la transferencia hacia la barra sana de los elementos que estaban conectados a las barras afectadas.

Sin embargo para el mantenimiento de cualquiera de los interruptores es necesario sacar de servicio la línea de transmisión o banco de potencia asociado, ya que este diseño de subestación no cuenta con cuchilla de transferencia Q8.

El arreglo en 230kV es de tipo encapsulado en SF6 (hexafloruro de azufre) por motivo de reducción de espacio y a la planeación de urbanización.

- Arreglo en Baja Tensión

En el nivel de tensión de 23 kV, el arreglo es de doble barra - doble interruptor (véase figura 6A), el cual brinda un nivel de disponibilidad superior comparado con otro tipo de arreglos. Uno de los inconvenientes del arreglo es el costo total de la instalación.

Sin embargo, esta consideración en el diseño de la instalación ha sido justificada debido a la cantidad y el tipo de clientes con los que se cuenta en la zona para garantizar el suministro eléctrico.

Cuando se desee sacar un interruptor para mantenimiento o en caso que opere la diferencial de barras en 23kV de una barra, no se pierde el suministro ya que se cuenta con el respaldo del interruptor asociado a la otra barra.

Los tipos de interruptores que se tienen en este arreglo son tipo Metal Clad, debido al reducido espacio del terreno.

- Capacidad instalada

Se tiene una capacidad instalada de 180 MVA suministrada por 3 Transformadores trifásicos de 60 MVA cada uno.

En condiciones normales de operación se tiene una capacidad de 120 MVA en servicio y de 60 MVA disponible, esto por el arreglo que se utiliza en el cuál se mantiene el banco de transformación T-02 energizado en vacío.

Anexo C

Funciones básicas del relevador SEL-487B

El relevador SEL-487B es un dispositivo multifuncional que brinda diferentes características de protección, control y comunicación. Con la finalidad de simplificar el ajuste del relevador, al ingresar a la base de datos, los ajustes están distribuidos por secciones que se despliegan en cascada al seleccionar una pestaña.

Se puede activar y desactivar diversas funciones como son: grupos de ajustes, controles, lógicas y comunicaciones.

Acceso al relevador

Para poder describir las formas de acceso al relevador es importante conocer los componentes principales del hardware de la parte frontal y de la parte posterior. A continuación se muestran gráficamente en la figura 1B.

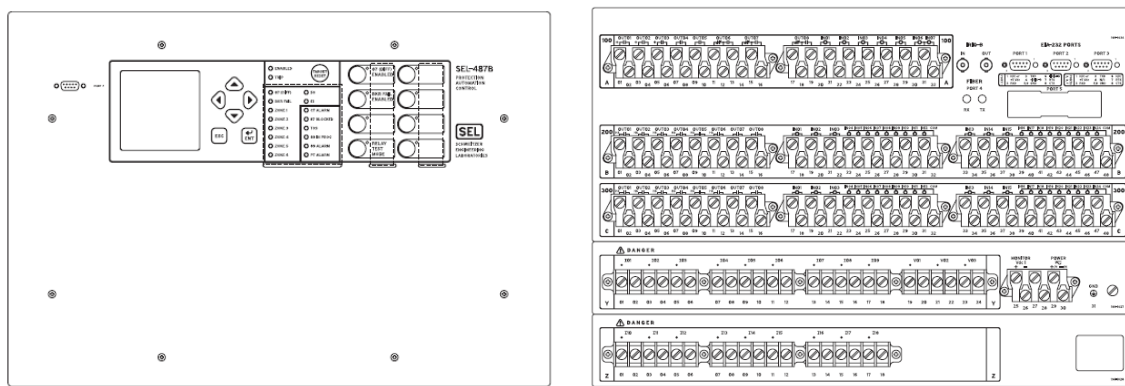


Figura 1C. Panel frontal y posterior del relevador SEL-487B

El panel frontal del relevador SEL-487B permite una rápida y eficiente adquisición de datos desde el sistema de potencia y el sistema de control. Mediante el panel frontal se puede

examinar la información de operación del sistema de potencia, visualizar y cambiar ajustes de puerto y realizar funciones de control.

En el display o pantalla de cristal líquido (LCD) se muestran menús estructurados que se controlan desde el panel frontal y ofrecen las diversas opciones del relevador. Los LEDs (light-emitting diodes) de señalización del panel frontal, así como otros LEDs indicadores, entregan una rápida visión del estado operacional del SEL-487B. Mediante el panel frontal se pueden efectuar acciones de control cotidianas en forma rápida, empleando los botones de gran tamaño destinados a operación directa. Todas estas características permiten la operación del relevador vía panel frontal e incluyen lo siguiente:

- Lectura de medidas
- Inspección de señalizaciones
- Acceso a los ajustes de puerto, fecha y hora
- Operaciones de control del relevador

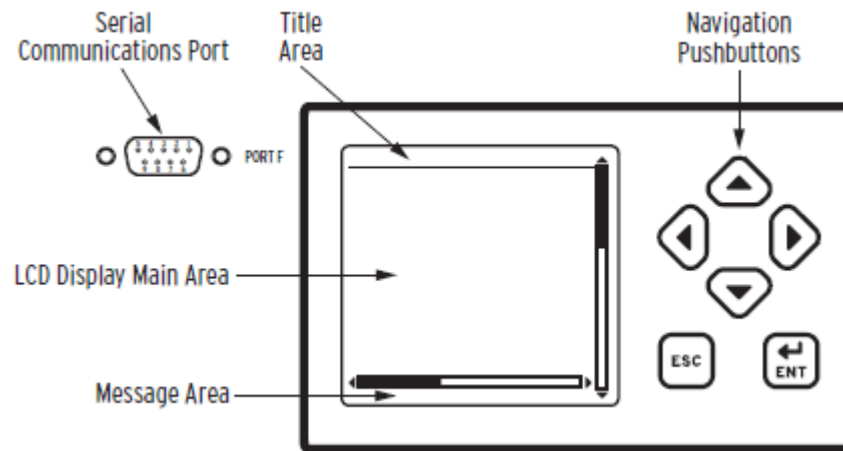


Figura 2C. Características del panel frontal

Los menús del relevador muestran listas de ítems que despliegan información u opciones de control. Una caja rectangular alrededor de una acción o una opción, indica que el ítem del menú se ha seleccionado

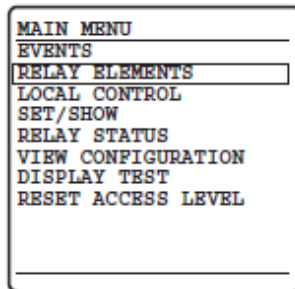


Figura 3C. Menú principal

Saliendo del menú con la tecla {ESC} se retorna al despliegue de auto-rotación. En el modo de desplazamiento manual, si presionamos las teclas {UP ARROW} o {DOWN ARROW} repetidamente para seleccionar y moverse dentro de las diversas pantallas de medida. Las pantallas de medida habilitadas en fábrica se desplazan entre las siguientes opciones:

- Cantidades diferenciales (Differential quantities)
- Configuración de zonas (Zone configuration) (cuando está activa)
- Corrientes fundamentales (Fundamental Current)
- Voltajes fundamentales (Fundamental Voltage)

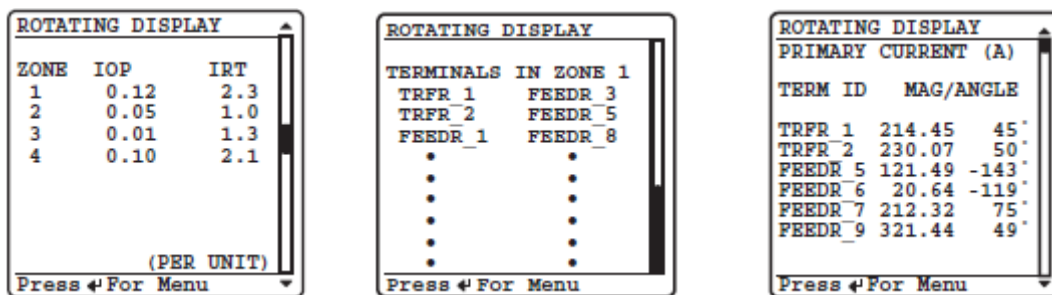


Figura 4C. Menú de ajustes

Las interfaces de usuario para la comunicación son tres:

- Por la parte frontal del relevador con las teclas de navegación. En el display se mostrara un menú principal de la programación del relevador.
- Por el puerto frontal PORT F en el cual se debe conectar con el cable serial y utilizar el software AcSEleratorQuickSet.
- Por los puertos traseros PORT 1, PORT 2, PORT 3 y Ethernet (PORT 5) utilizando el cable serial o cable UTP y el software AcSEleratorQuickSet.

Para las opciones de ajuste por medio de la conexión de alguno de los puertos seriales y de red se podrá visualizar y modificar los ajustes del relevador, guardar los ajustes, extraer eventos y oscilografías, sincronizar la hora y borrar ajustes.

Los puertos de comunicación serial del SEL-487B usan niveles de señal estándar EIA-232 en un conector de 9 pines D-subminiatura. Para establecer comunicación entre el relé y una computadora u ordenador portátil se debe emplear dos modelos de cable: el SEL C662 con conexión directa DB-9 a USB o utilizar un cable SEL C234A y un convertidor serial DB-9 a USB universal.

Las opciones de ajuste por medio de las interfaces anteriores son:

- Visualización y modificación de todos los ajustes.
- Visualización / extracción de medidas.
- Extracción de eventos y oscilografías.
- Ajustes del esquema lógico programable.
- Borrado de eventos y oscilografías.
- Sincronización horaria.
- Órdenes de control

Niveles de acceso:

El Nivel de Acceso 0 es el de menor seguridad y el más limitado de los niveles de acceso, en tanto que el Nivel de Acceso 2 es el más seguro y desde donde se accede a todas las funcionalidades del relé. Por ejemplo, desde el Nivel de Acceso 1 se pueden ver los ajustes, pero no es posible modificarlos a menos que se acceda a un nivel de acceso superior. La siguiente tabla muestra los niveles de acceso y las funciones de operador del SEL-487B.

Nivel de Acceso	Cursor	Operaciones permitidas
0	=	Ir al Nivel de Acceso 1, algunas pruebas de diagnóstico.
1	=>	Ver información de datos y estados.
B	==>	Funciones del Nivel de Acceso 1 y además control de interruptores.
P	P=>	Funciones del Nivel de Acceso B y además funciones de protección.
A	A=>	Funciones del Nivel de Acceso B y además funciones de automatización.
O	O=>	Funciones del Nivel de Acceso B y además ajuste de salidas.
2	=>>	Realizar funciones de cualquiera de los niveles de acceso

Figura 5C. Niveles de acceso al relevador SEL-487B

El relevador SEL-487B realiza la interpretación y ejecución de comandos de acuerdo con el nivel de acceso validado. Cada nivel de acceso tiene una contraseña (password) que el relevador debe verificar, antes de autorizar el control del relevador desde ese nivel.

Anexo D

Descripción y uso del software para Acseleator para acceso a la configuración y ajustes del relevador SEL-487B.

Para configurar el relevador SEL-487B se utiliza el software Acseleator, es una herramienta para ajustar y analizar el relevador con diversas aplicaciones.

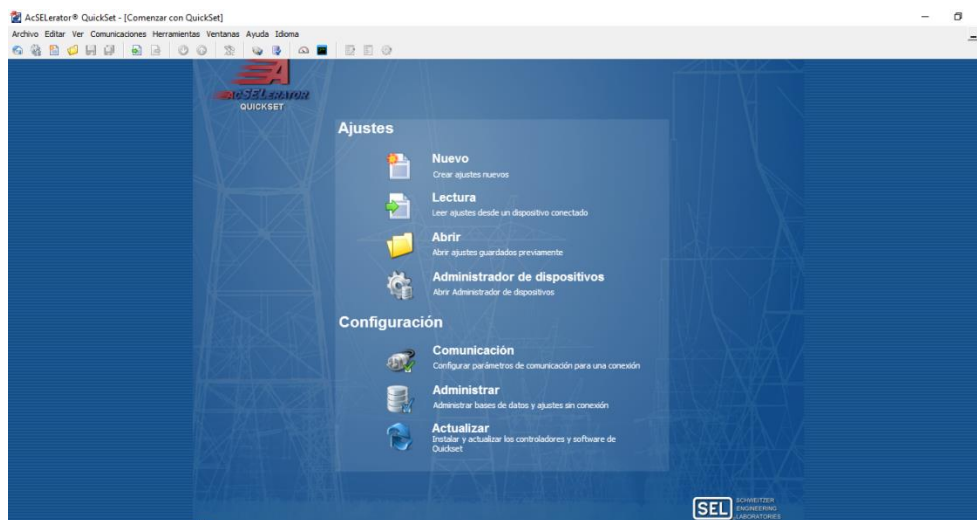


Figura 1D. Menú principal del software Acseleator.

Seleccionamos la opción en Comunicaciones y en la sección parámetros damos clic para configurar las opciones de conexión al relevador.

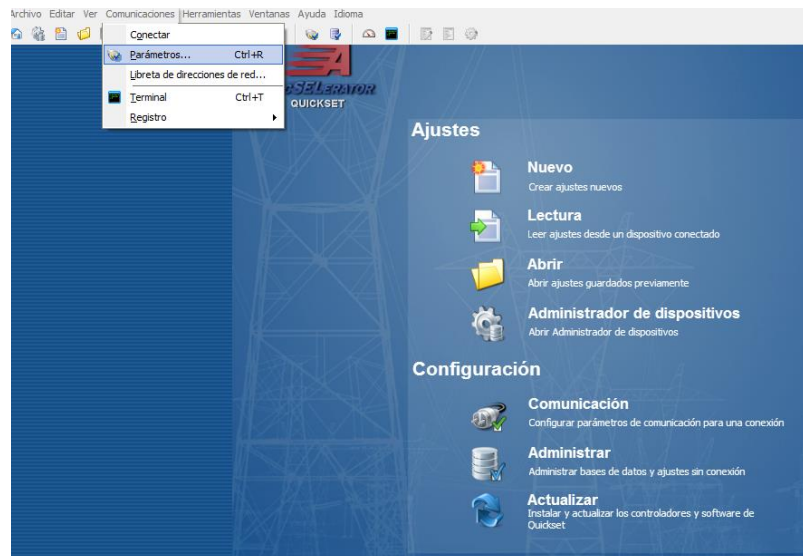


Figura 2D. Selección de la pestaña comunicaciones.

Después aparecerá una ventana en la cual podremos seleccionar los parámetros de conexión al relevador, en este caso muestra tres opciones de conexión: por red, serial y modem.

Si seleccionamos la opción por red se emplea un cable tipo Ethernet para la conexión además de requerir la dirección IP del equipo; esta se obtiene mediante el acceso por el display frontal, seleccionando el puerto y sus configuraciones. También necesitamos el nombre de la conexión, el número de puerto Telnet, la opción de transferencia de archivos y las contraseñas de nivel de acceso.

Si seleccionamos la opción serial, conectamos el cable SEL-C662 o un convertidor serial DB-9 a USB universal; debe aparecer el puerto COM donde se encuentra conectado el cable. Para usar el cable SEL-C662 se requiere instalar el controlador del cable para que pueda reconocerlo el programa.

Seleccionamos la velocidad de transmisión de datos en forma automática o puede obtenerse desde la configuración del puerto frontal al navegar por el display del relevador. En esta sección encontraremos además de la velocidad, la conexión sin paridad o paridad, los bits de datos, el RTS, DTR y los niveles de acceso de las contraseñas.

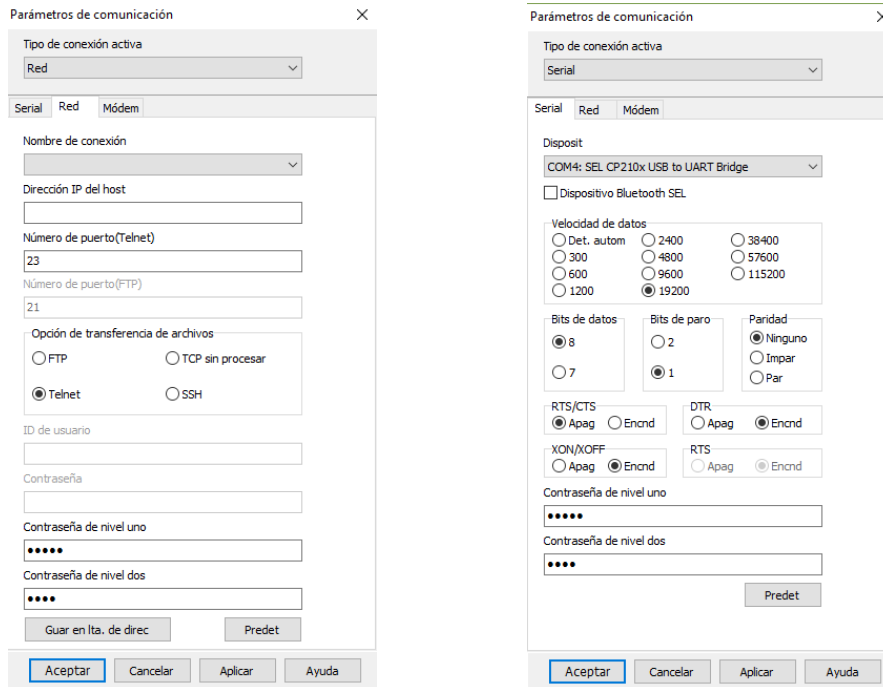


Figura 3D. Parámetros de comunicación

Para el caso del modem se requiere un número de marcación.

Una vez configurados los parámetros de conexión, automáticamente el programa detecta el relevador para mostrar la conexión en línea.

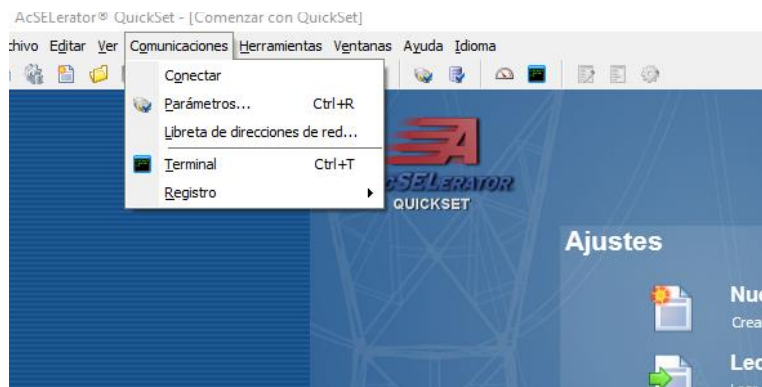


Figura 4D. Configuración de comunicaciones.

Esta es la pantalla de inicio del relevador SEL-487B.

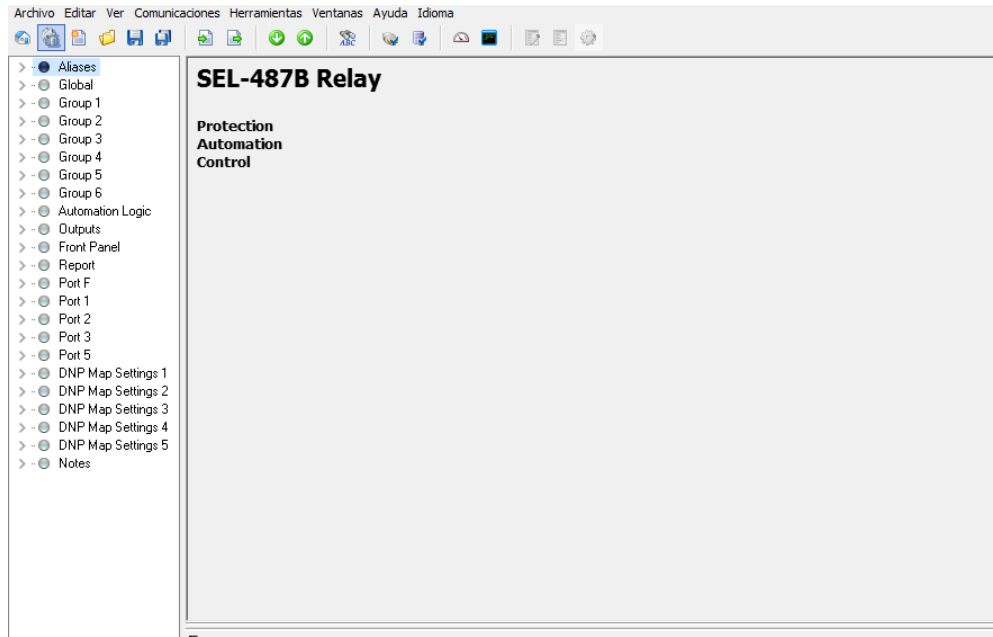


Figura 5D. Menú de configuración del relevador SEL-487B.

Aparecerá un árbol de la programación que incluye principalmente: ALIAS, GLOBAL, GROUP, OUTPUTS, FRONT PANEL, REPORT, PORT Y DNP.

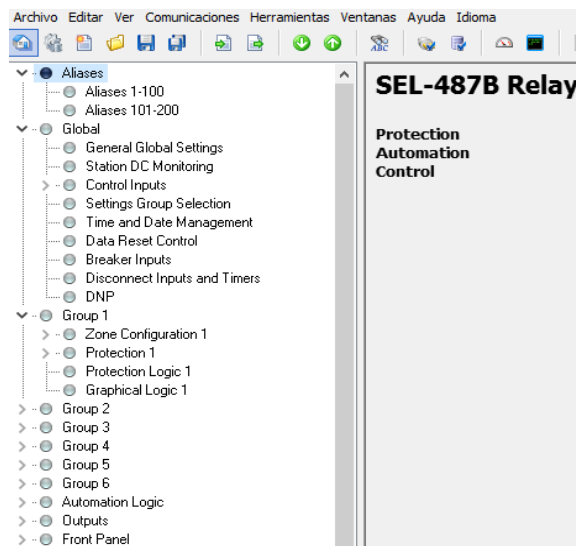


Figura 6D. Menú configurado en árbol de submenús.

En la sección de alias se etiquetan las variables tales como: las aportaciones de corriente por fase, entradas, salidas, bahías, nombre de las cuchillas, variables lógicas, relayworldbits

(variables propias del relevador) en las que se asigna un nombre para su identificación. Hay hasta 200 alias para etiquetar.

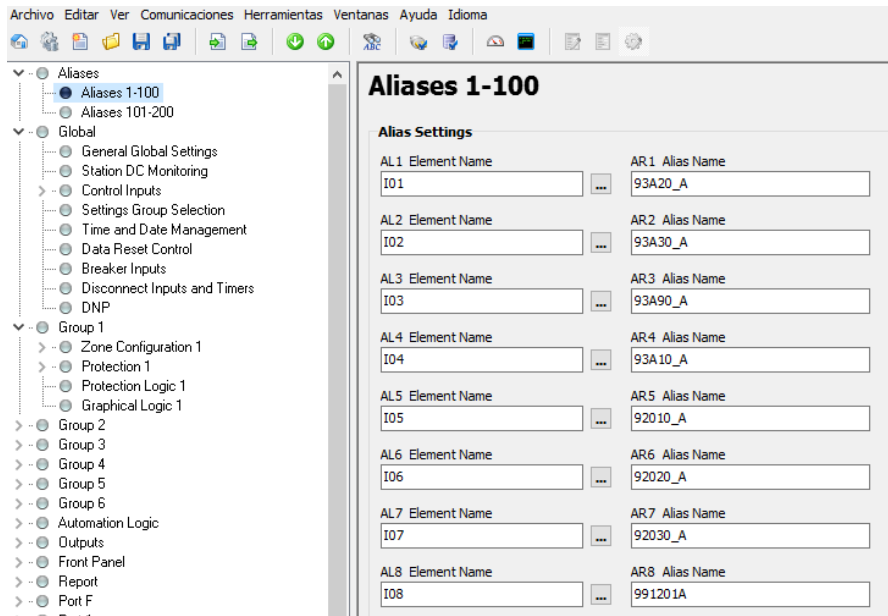


Figura 7D. Alias (Dar el nombre a cada elemento).

En la sección general global de ajustes y habilitación general, se configura el nombre del relevador o de los relevadores, número de interruptores, número de cuchillas, se configura la frecuencia de operación, monitoreo de la alimentación y control independiente de entrada de ajustes.

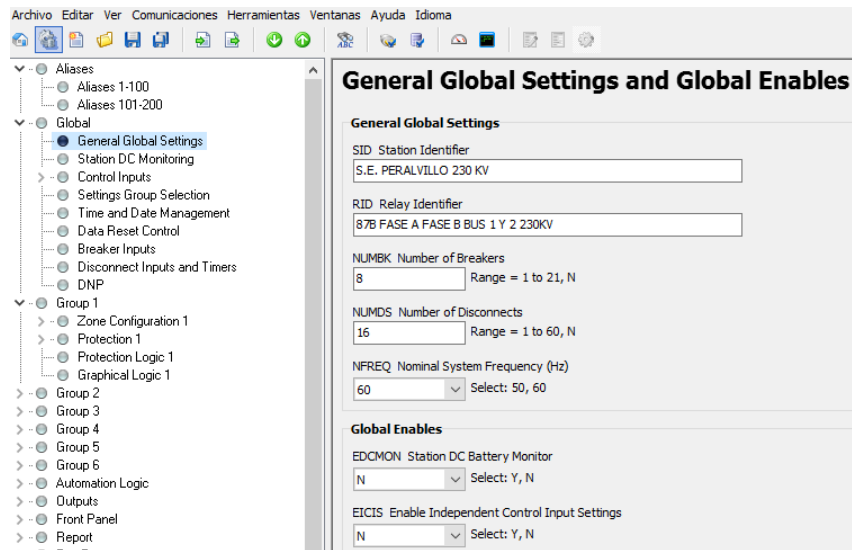


Figura 8D. Datos generales

En la sección de ajustes de selección, tenemos hasta seis grupos de trabajo dentro del árbol de programación del relevador. Normalmente se trabaja con un solo grupo de ajuste.

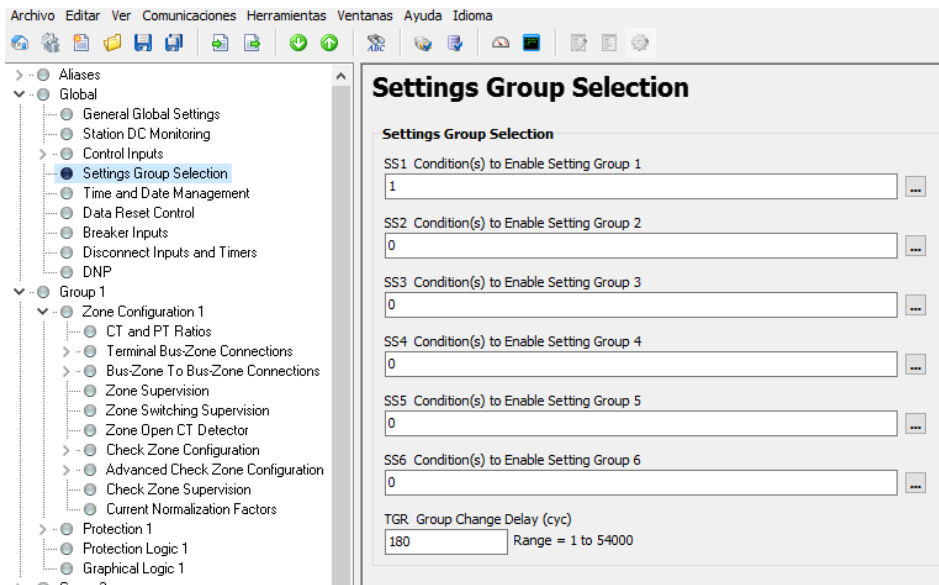


Figura 9D. Selección de grupo de ajustes.

En esta sección se configura la posición de las cuchillas que se encuentran en las bahías de 230 kV y de estas recibimos las señales de abierto y cerrado en cada entrada del relevador. Así mismo se configura el tiempo de alarma cuando se realizan maniobras en campo y las cuchillas se encuentran en progreso de operación.

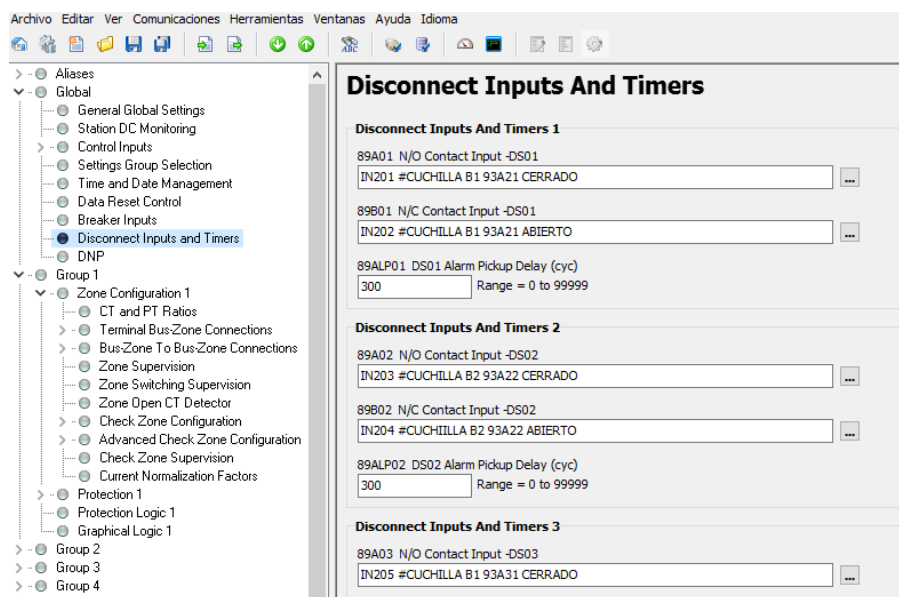


Figura 10D. Configuración de las cuchillas por bahía.

En el grupo de ajuste 1, se configura la relación de los TC's y TP's para la protección. Cabe señalar que de acuerdo a las bahías que se tienen en campo se debe considerar el número de aportación de corrientes y con ello configurar la relación del TC por bahía.

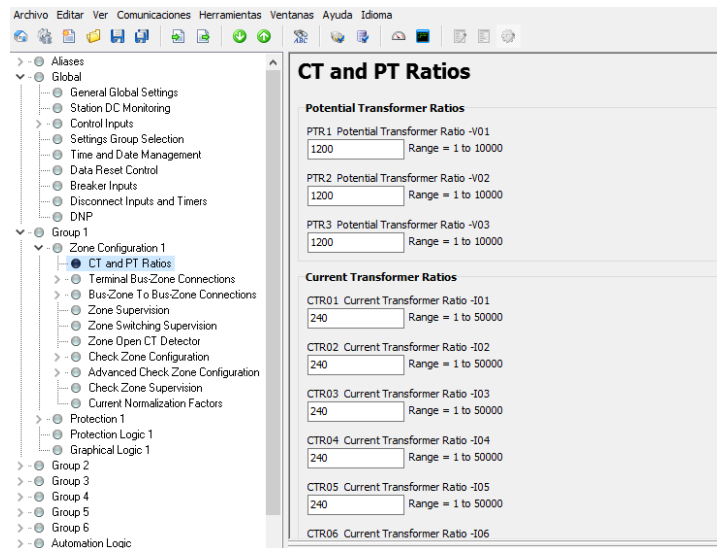


Figura 11D. Configuración de la relación de TC's por bahía y de los TP's.

En esta sección se configura las terminales de zona, en las cuales se determinará bajo qué condiciones las terminales pasarán a formar parte de una zona o bajo qué condiciones no lo serán. La determinación de la terminal se hace por medio de la maniobra de las cuchillas según la barra a la que se encuentra conectada la bahía.

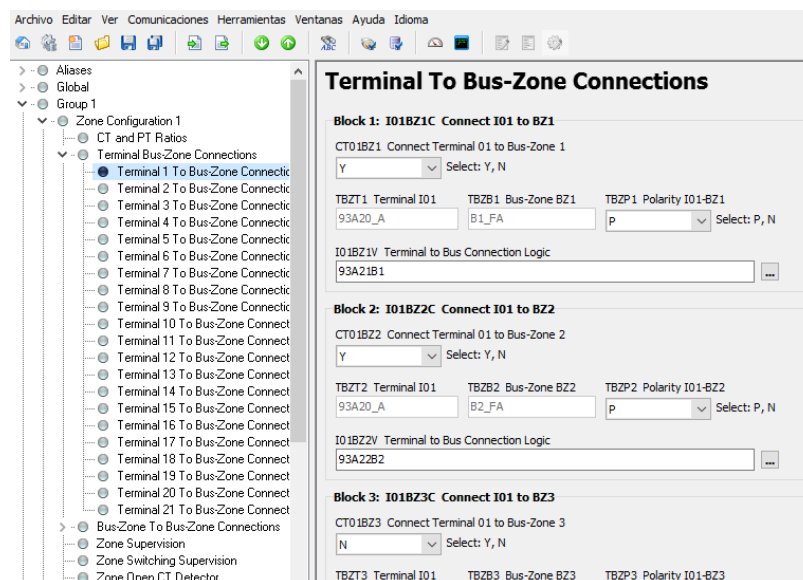


Figura 12D. Configuración de las zonas.

En la sección de bus-zone to bus zone, se configura la indicación al relevador bajo qué condiciones se conectarán las diferentes zonas para formar solo una zona. Anteriormente se configuró cada zona por separado.

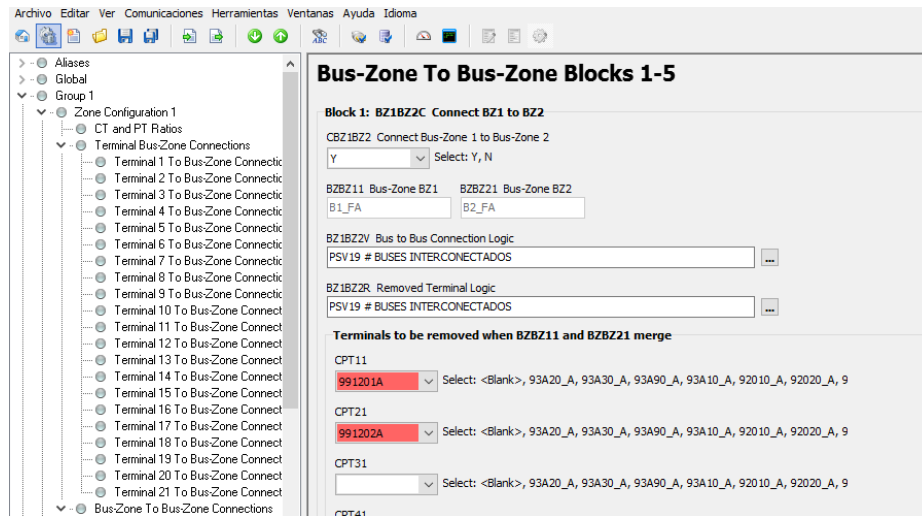


Figura 13D. Configuración del amarre de buses.

Se configura la supervisión de zona para indicarle al relevador utilizando la variable de programación 87CZ1 para que dispare por 87B en las dos zonas de operación cuando el bit se encuentre en “1”. Si se encuentra activa la función PLT01 o PLT05 el relevador detectara la zona de supervisión en “0” al no cumplir la lógica por lo que no operará.

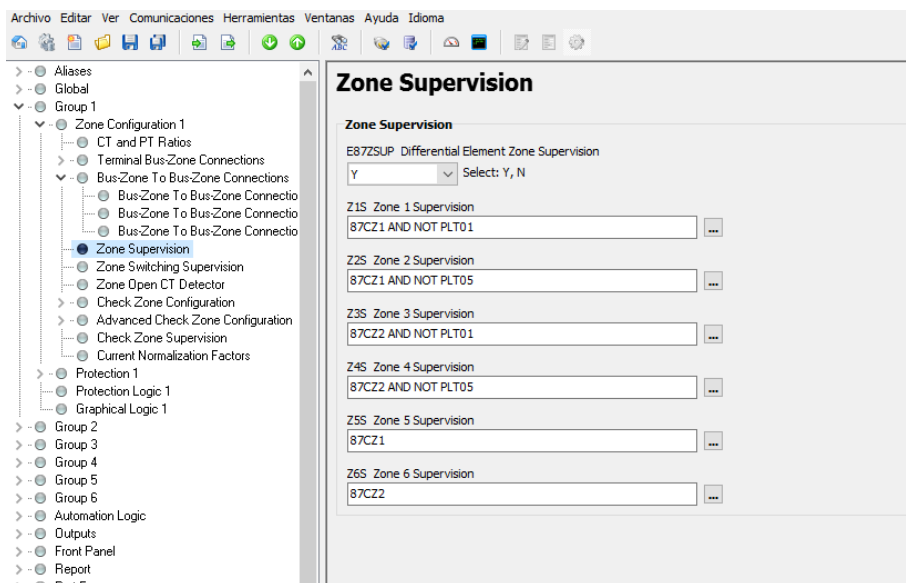


Figura 14D. Configuración de la supervisión de las zonas.

En la sección de Protección 1 referente a los elementos diferenciales y direccionales se configura la habilitación de la 87B, la sensibilidad de la corriente diferencial de operación y de restricción, que se encarga de comparar ambas corrientes.

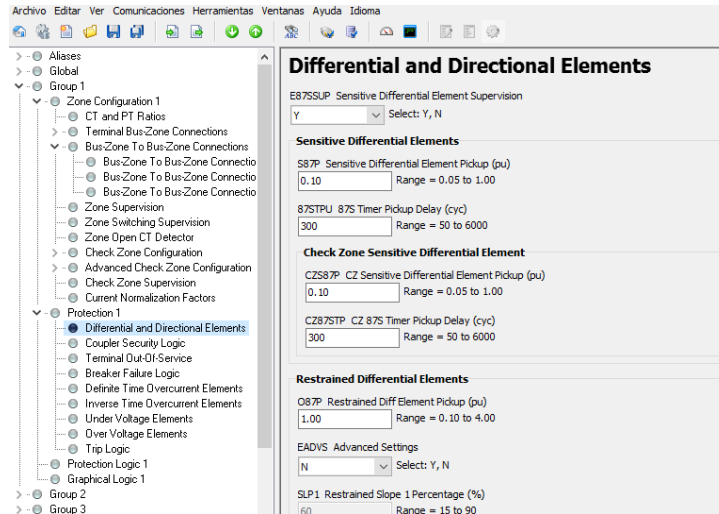


Figura 15D. Configuración del pick up y el elemento diferencial 87B.

Así mismo en esta sección se habilita el elemento de pick up mínimo con el que opera la diferencial, se activa el porcentaje de las dos pendientes de operación del relevador. En la figura 16C se ejemplifica la lógica de operación de la protección 87B.

Después de configurar los elementos de protección 87B, se configura la sección de Terminal Out-Of Service, esta función permite dejar fuera de la protección una bahía cuando se encuentre fuera de servicio, es decir, que exista un trabajo de mantenimiento a una línea o un transformador con la finalidad de evitar un disparo sobre esa bahía.

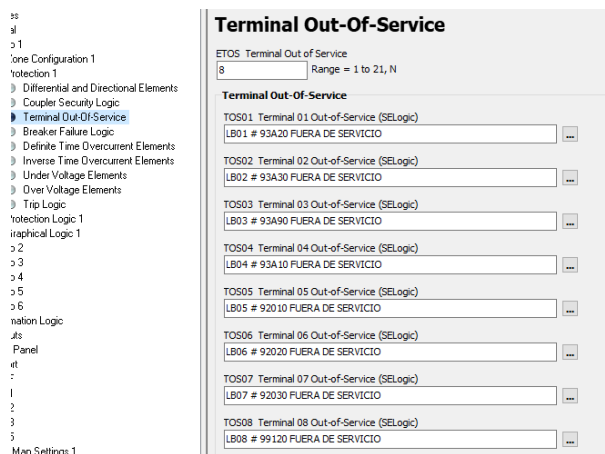


Figura 16D. Configuración de las terminales fuera de servicio.

La opción de TripLogic permite indicarle al relevador que bits activaran el TRIP1, TRIP2, etc., que serán los que utilizaremos para el disparo por cada bahía.

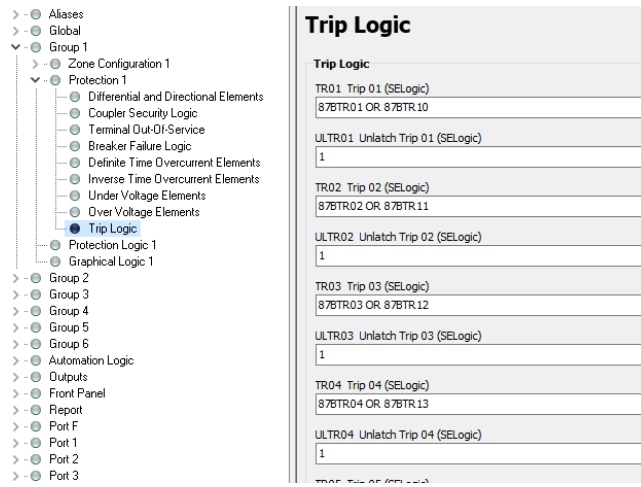


Figura 17D. Elementos de la configuración del disparo.

La configuración de ProtectionLogic, se utiliza para desarrollar operaciones lógicas empleando variables de programación, variables de tiempo, variables de secuencia, variables definidas por el usuario entre otras para la configuración y operación del relevador. En la figura 18D se muestra la configuración del bit de bloqueo de protección PLT01 constituye la función de habilitación diferencial en el botón del panel frontal etiquetado 87 PROTECCIÓN HABILITADA.

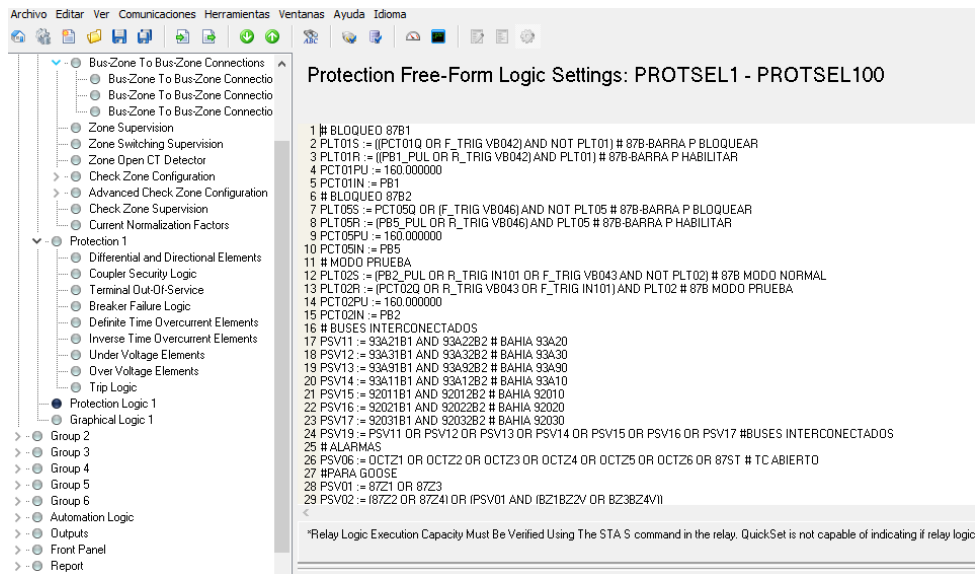


Figura 18D. Configuración de lógicas de protección.

En la configuración de salidas del relevador se programan los contactos que se activan cuando se presenta la operación de la protección mediante variables lógicas o alarmas del relevador.

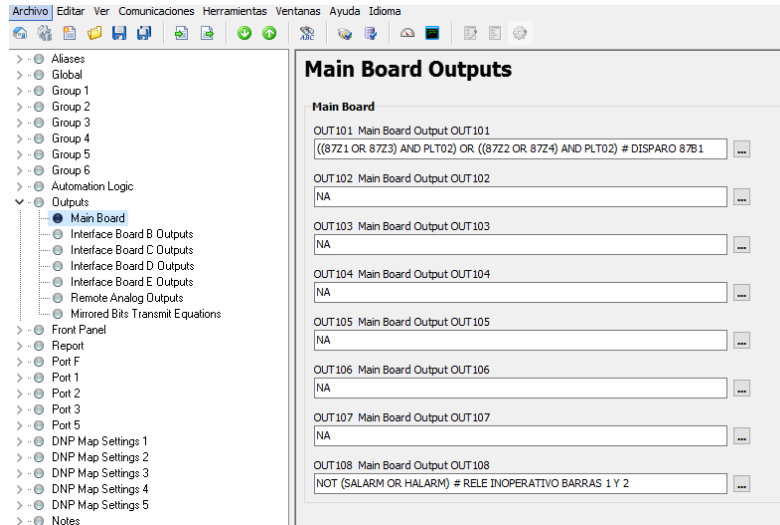


Figura 19D. Configuración de las salidas del relevador SEL-487B.

La configuración de los botones se encuentra ligada a la sección de ProtectionLogic mostrada en la figura 18D, mediante la función lógica asignada se manipulan los botones para realizar una función tal como el bloqueo de la protección 87B, modo prueba, etcétera.

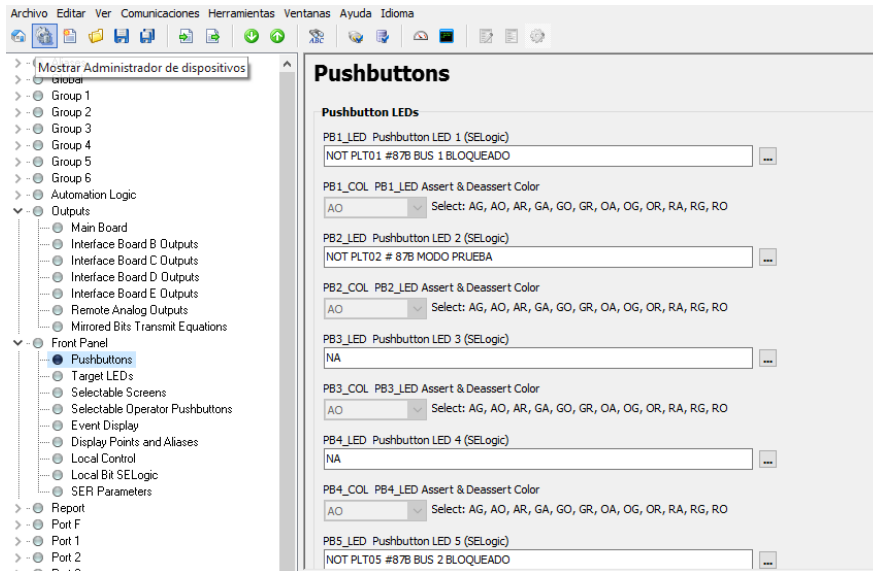


Figura 20D. Configuración de los botones del panel frontal.

En la sección del SER points and alias, se asignan en cada punto el nombre de la variable que dimos de alta, una entrada, una salida de contacto, variables lógicas del relevador, relayworld bits del relevador, etcétera, que será reportada ante un evento o falla.

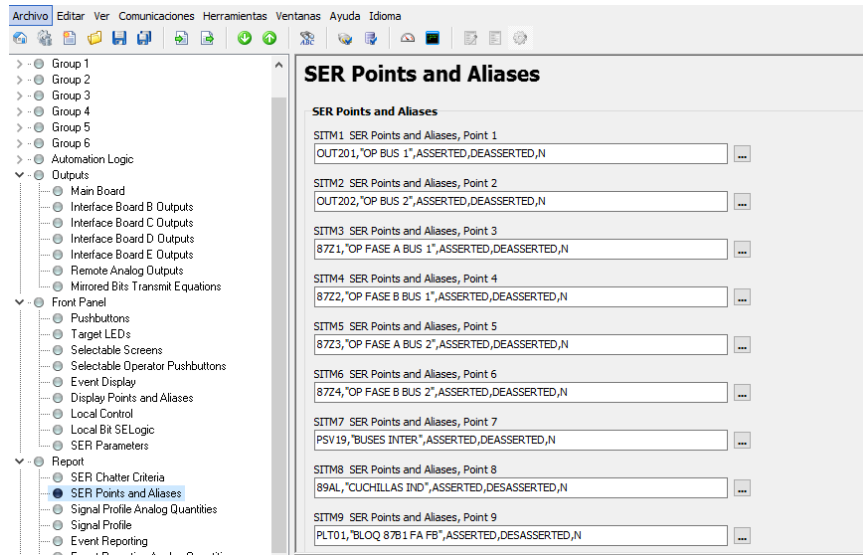


Figura 21D. Configuración de los eventos de protección.

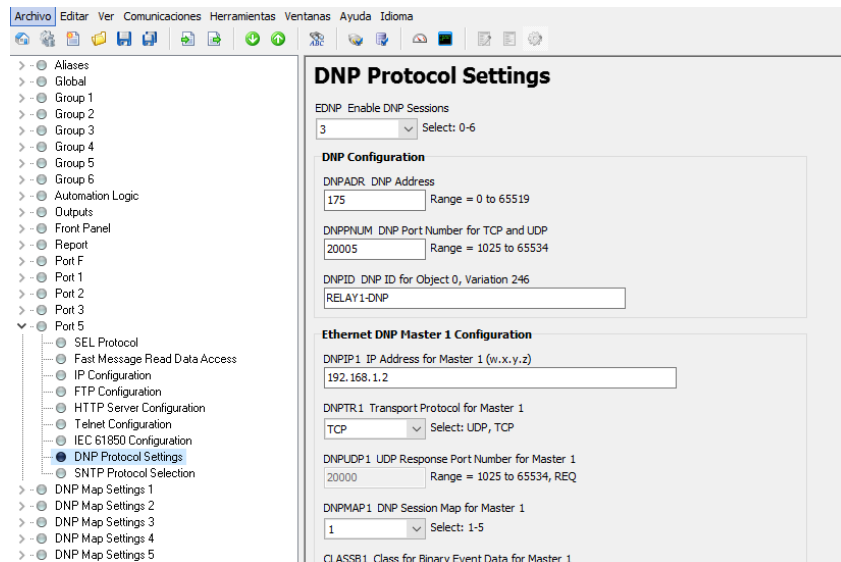


Figura 22D. Configuración del protocolo DNP

La configuración del protocolo de comunicación es esencial para el reporte de alarmas del relevador a la consola de control local y remoto. Debemos seleccionar las sesiones DNP a las que será reportada, la dirección DNP, el puerto DNP, la dirección IP de comunicación y el protocolo de la maestra que es TCP. Estos datos son asignados por el departamento de Control, quien asignara cada punto y nosotros debemos programarlo en el relevador. Una vez hecho esto debemos programar la base del mapa de datos DNP en el cual se asignan los puntos mediante un listado que Control dará de alta en la consola para que los reporte a la maestra y de ahí sean dados de alta con el Área de Control para que ellos visualicen también las alarmas que reporta el relevador ante una falla.

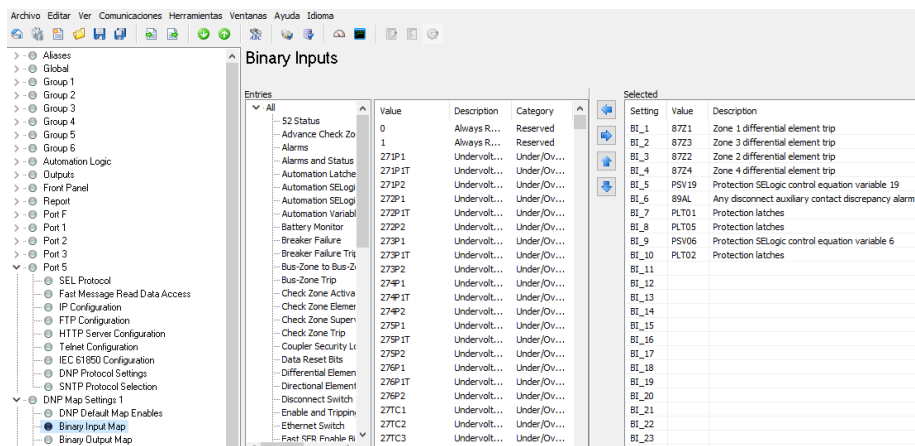
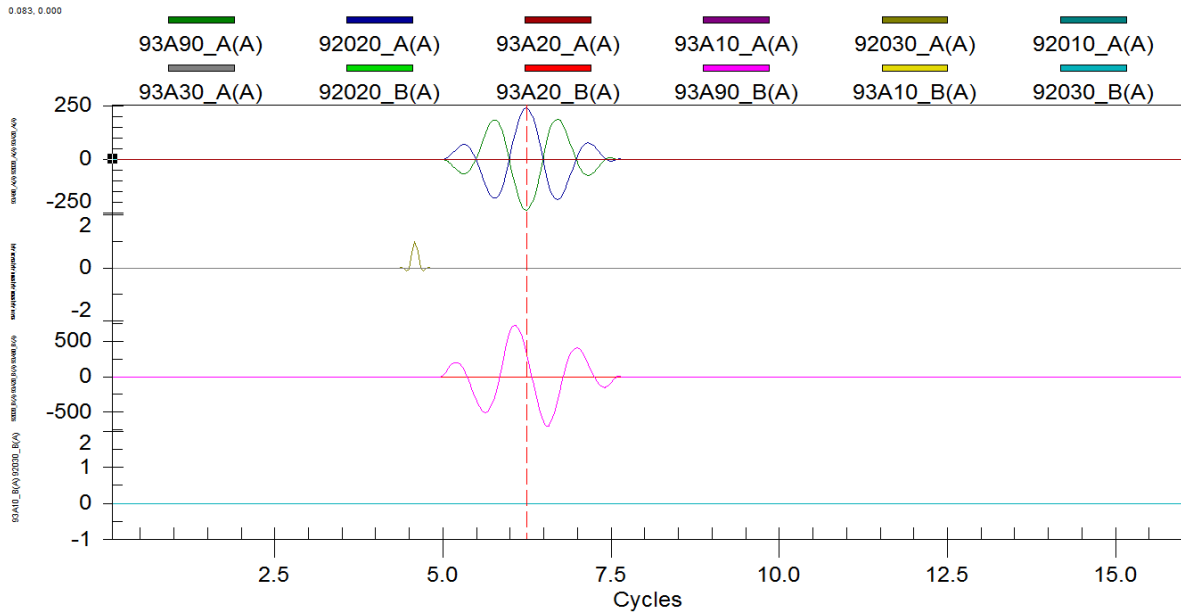


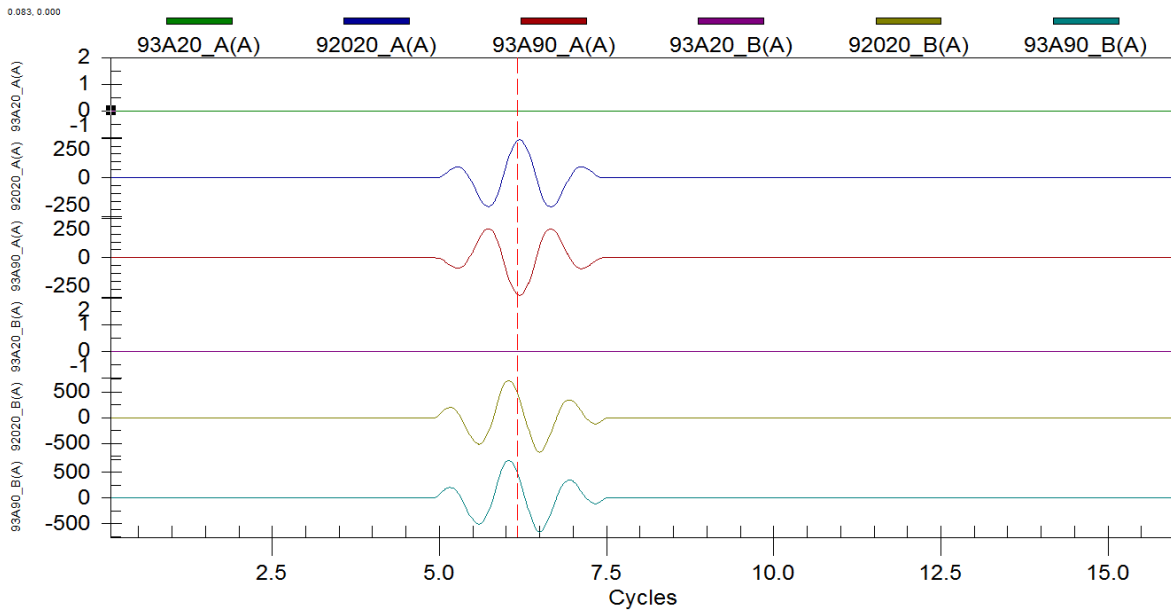
Figura 23D. Mapa DNP

Anexo E

Oscilografías

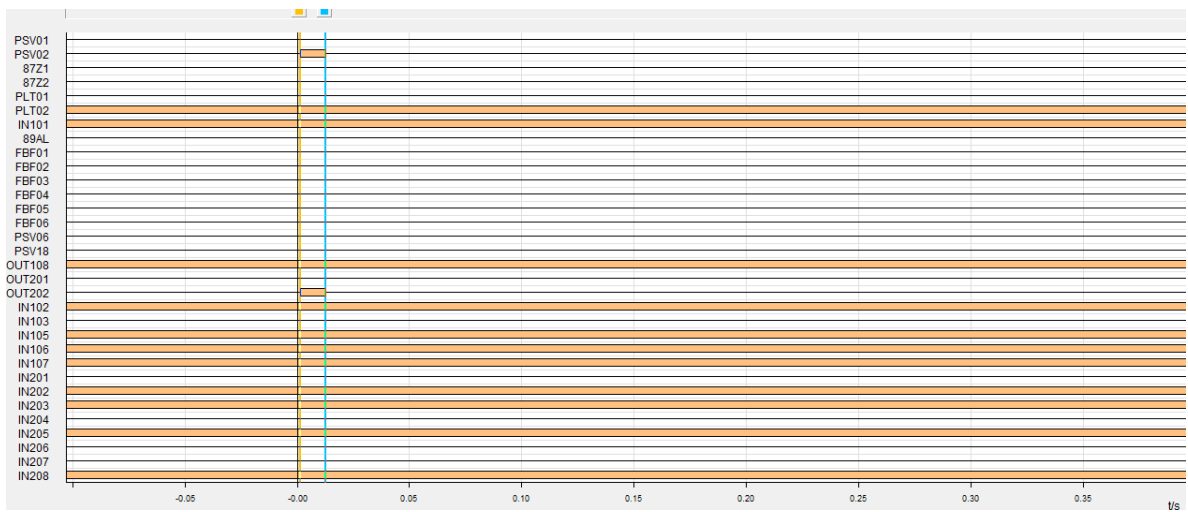
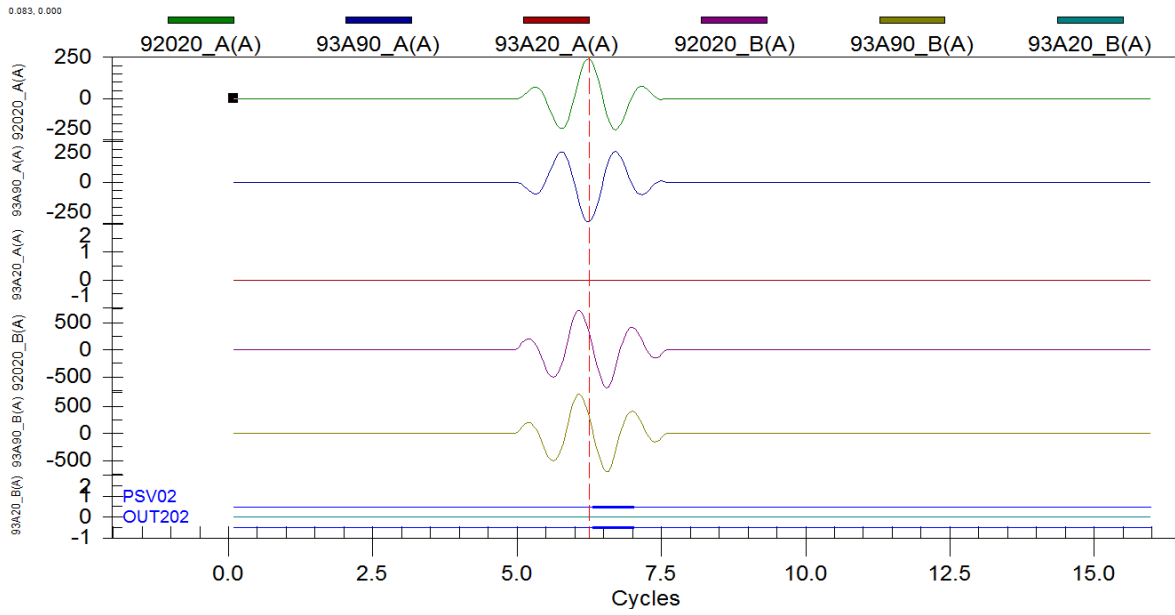


92020 vs 93A90



93A90 vs 92020

Barra 2 230 KV



Anexo F
Ingeniería de Luz y Fuerza

