



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

Retrofit de los Sistemas de Protección de las Líneas de Transmisión L1 y L2 de 220kV de la SEMD de ITAIPU - ACARAY

André Luiz Jordão

Rubén Antonio Miret Alvarenga

División de Ingeniería de Mantenimiento Electrónico

Itaipu Binacional

061 599 3036
ajordao@itaipu.gov.br

061 599 3587
rmiret@itaipu.gov.py

RESUMEN

Este trabajo tiene por finalidad describir el proceso de retrofit de los sistemas de protección primaria y alternativa de las líneas de transmisión LI 220kV MD ACY1 y LI 220kV MD ACY2, 50Hz, con longitud de 4.8 Km que interconecta la Subestación Margen Derecha (SEMD) de la Itaipu Binacional a la Subestación de la Central de Acaray.

Los actuales equipos de protección, con tecnología analógica (estática) de la BBC serán sustituidos por otros con tecnología digital multifuncional llamados IEDs (Intelligent Electronics Devices), suministrados por la SIEMENS de la familia Siprotec 4. Los nuevos sistemas de protección son basados en bibliotecas de funciones de software especializado de protección, control, comunicación, registro de eventos y la nueva configuración estará de acuerdo con la norma IEC61850.

La protección actual de la BBC, posee relés de distancia (21) con lógicas de teleprotección por comparación direccional por bloqueo y transferencia de disparo permisible por sobre alcance (POTT), relés de bloqueo por oscilación de potencia (68), reconexión automática monopolar (79) y relé de Falla de interruptor (50/62BF).

Los nuevos sistemas de protección principal y alternativa operaran en forma independiente uno del otro, suministrando protección unitaria y de respaldo para la respectiva línea de transmisión. La protección unitaria será proveída por una función de corriente diferencial (87L) segregada por fase. La protección de respaldo deberá ser realizada por las funciones de distancia 21 y protección direccional de tierra (67N). Además se tienen también funciones como detección de oscilación de potencia (68), esquema de reconexión automático (79), verificación de sincronismo (25), protección de sobretensión instantánea y temporizada (59/59T), lógica de eco, alimentación débil (27WI) y protección de falla de interruptor (50-62BF). Tendrá lógicas que permitirán detectar la apertura indebida o accidental de los circuitos secundarios de los transformadores de corriente y la rotura de fusibles en los transformadores de tensión, bloqueando las funciones relacionadas.



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

Además de los equipos de protección se sustituirán también los equipos de teleprotección que utilizan la señal de carrier (PLC – Power Line Carrier) por cabos de fibra óptica (OPGW - Optical Ground Wire). La comunicación entre los pares de IEDs de protección instalados en los terminales de cada línea de transmisión para intercambio de las muestras de corriente de las funciones diferencial, de las señales de teleprotección y de las demás funciones de supervisión serán soportadas por un sistema de comunicación óptico redundante.

PALABRAS CLAVES

Retrofit, Protección, Teleprotección, IED, OPGW, IEC-61850

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene la finalidad describir los requisitos técnicos que deben ser atendidos por la SIEMENS para la instalación de un sistema de protección principal y alternada de las Líneas de Transmisión L1 y L2 de 220Kv, 50 Hz que interconectan la Subestación Margen Derecha (SEMD) de a ITAIPU Binacional a la Central Hidroeléctrica de Acaray de la ANDE, incluyendo el proyecto detallado, hardware, software, materiales, componentes, accesorios, entrenamiento, ensayos de modelo, instalación, puesta en servicio, puesta en operación, documentación, y equipamientos de pruebas de los IEDs y trabajos necesarios para la sustitución y actualización tecnológica, de acuerdo con la especificación técnica ESP-08/2006 de la Itaipu binacional.

También será descrito en este trabajo las actividades desarrolladas por las divisiones de ingeniería y ejecución de mantenimiento electrónico en el proceso de sustitución de las protecciones de las líneas.

Las líneas MD-ACY1 y MD-ACY2 entraron respectivamente en operación en 1984 y 1985, consecuentemente los sistemas de protección y teleprotección están llegando al final de su vida útil.

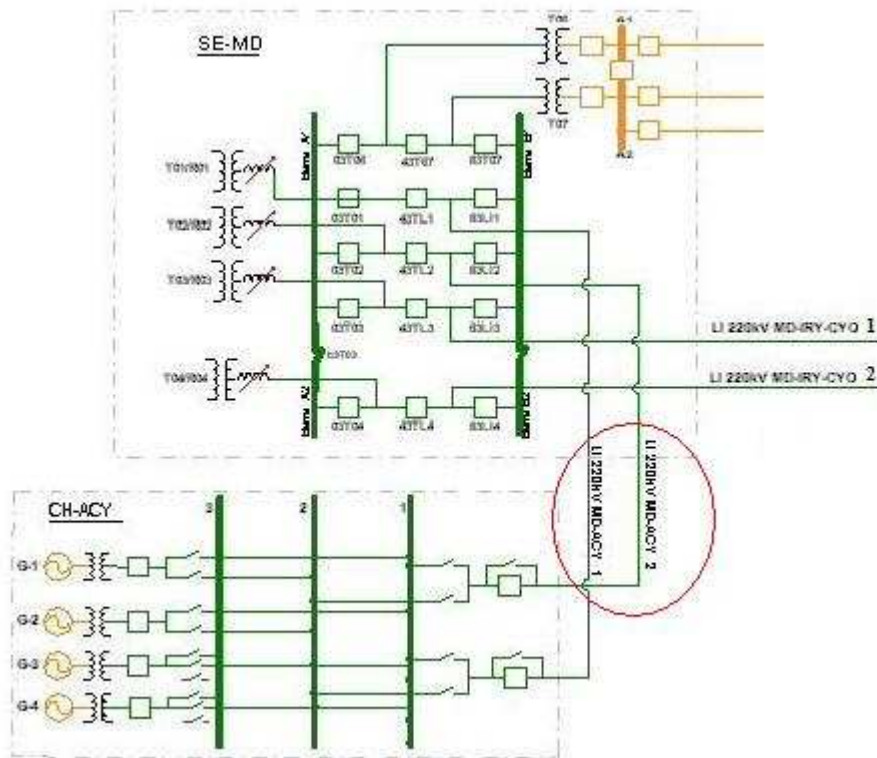


Figura 1 - Diagrama Unifilar de Interconexión entre la SEMD y CH-ACY



2. SISTEMA DE PROTECCIÓN ACTUAL DE LAS LTs DE 220 kV

La protección actual de la BBC, tecnología estática, está compuesta por dos tableros en cada extremo con las siguientes funciones de protección:

a- Tablero de la Protección Principal

- Relé de distancia (21), modelo LZ96, con lógica de teleprotección por comparación direccional por bloqueo
- Relé de bloqueo por oscilación de potencia (68), modelo UP91
- Relé de reconexión automático (79), modelo WT96
- Relé de falla de interruptor (50-62BF), modelo IRX139/SSX117
- Relé de Verificación de Sincronismo (25SC), modelo UN2940

La reconexión automática (79) opera solo para fallas monofásicas, por lo tanto el relé de verificación de sincronismo se encuentra bloqueado.

b- Protección Alternativa

- Relé de distancia (21), modelo LZ96, con lógica de teleprotección por transferencia de disparo permisible por sobrealcance (POTT)
- Relé de bloqueo por oscilación de potencia (68), modelo UP91

c- Equipamientos de Teleprotección

Los sistemas de teleprotección vinculados a la protección de distancia utilizan actualmente la señal de carrier, Power Line Carrier (PLC), compuesta de los siguientes equipamientos:

- Bobinas de bloqueo
- Caja de Sintonía
- Equipamientos de onda portadora de teleprotección, modelo ETI-21 de la Brown Boveri
- Equipamientos de tons de AF, modelo NSD-30 y NSD-40 de la Brown Boveri

El esquema por Carrier posee algunas desventajas, tales como el canal es sometido a ruidos cuando ocurre un cortocircuito en el sistema eléctrico, transmisión de pocas señales binarias (estados) y señales de esquemas simples de comparación de fase, no es aplicable a la función diferencial (87) y tiene estrecha faja de frecuencia (pocos khz), limitando el número de señales que pueden ser transferidos y su tiempo de transmisión.



3. ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE PROTECCION DE LAS LTs DE 220 kV CON EL RETROFIT

Los nuevos sistemas de protección principal y alternativa redundantes, operaran en forma independiente uno del otro, proveyendo protección unitaria y de respaldo para la respectiva línea de transmisión.

La protección unitaria será proveída por una función diferencial (87L) segregada por fase, capaz de detectar la ocurrencia de corto circuito entre fases, envolviendo o en el a la tierra, así como corto circuitos del tipo fase-tierra con elevada resistencia de falta.

La protección de respaldo contra faltas entre fases y fase-tierra deberá ser realizada por las funciones de distancia 21 y 21N, respectivamente.

Otras funciones con que contarán los sistemas de protección son:

- Detección de oscilación de potencia (68)
- Protección direccional de tierra (67N)
- Esquema de recierre monopolar y/o tripolar automático de alta velocidad, una tentativa (79)
- Verificación de sincronismo (25)
- Protección de sobretensión instantánea y temporizada (59/59T)
- Lógica de eco y alimentación débil (27WI)
- Protección de falla de interruptor (50-62BF)
- Protección de sobrecorriente “stub bus” (50-STUB)
- Supervisión de quema de fusible de los TP (FF), bloqueando las funciones relacionadas
- Función TC abierto, bloqueando las funciones relacionadas
- Oscilografía de faltas y registro secuencial de eventos

En cada terminal de las líneas de transmisión, en la Subestación Margen Derecha de la ITAIPU y en la Subestación Acaray de la ANDE, el acceso a los IEDs será soportado por una red local que atenderá los requisitos definidos en la norma IEC 61850 – Communication Networks and Systems in Substations. La red local será del tipo Ethernet a 100 Mbps, implementadas en fibras ópticas multimodo 62,5/125.

Conectada a cada red local se proveerá una estación de ingeniería que será utilizada para las actividades de parametrización, ingeniería, generación de pantallas, mantenimiento, consultas, acceso a datos en tiempo real, adquisición de datos referentes al estado operacional de los componentes de los IEDs (disponibilidad de memoria, eventos, alarmas, etc.), así como acceso y análisis a la colecta de datos de oscilografía y eventos SOE.

3.1 Subestación Margen Derecha (SEMD)

En cada uno de los tableros de protección primaria y alternativa de las líneas instaladas en la SEMD serán montados una unidad IED SIEMENS modelo 7SD5225 y dos unidades modelo 7VK6115.

La sincronización de tiempo se hará en la Subestación Margen Derecha con la utilización de la señal de tiempo SNTP (Simple Network Time Protocol) del receptor de GPS SyncServer S250 de la Symmetricom perteneciente al Sistema Integrado de Redes Informáticas (SIRI) y que estará disponible en un puerto Ethernet del switch 3.

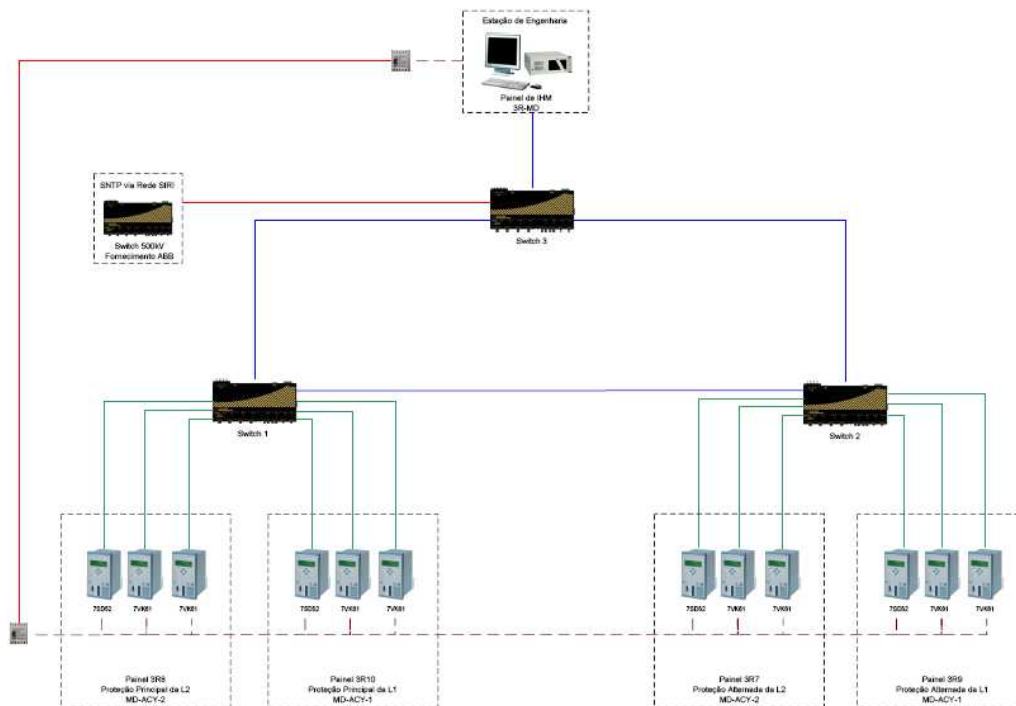


Figura 2 – Arquitectura del Sistema en la Subestación de la Margen Derecha

3.2 Subestación Acaray

En la Subestación Acaray los tableros de protección principal y alternativa tienen cada uno instalado un IED del tipo 7SD5225, debido a la diferente configuración de esta Subestación, con un solo interruptor de línea.

La sincronización de tiempo se hará en la Subestación Acaray con la utilización de un receptor GPS Reason RT420, que pondrá a disposición a través de la red Ethernet la señal de tiempo utilizando protocolo NTP (Network Time Protocol)

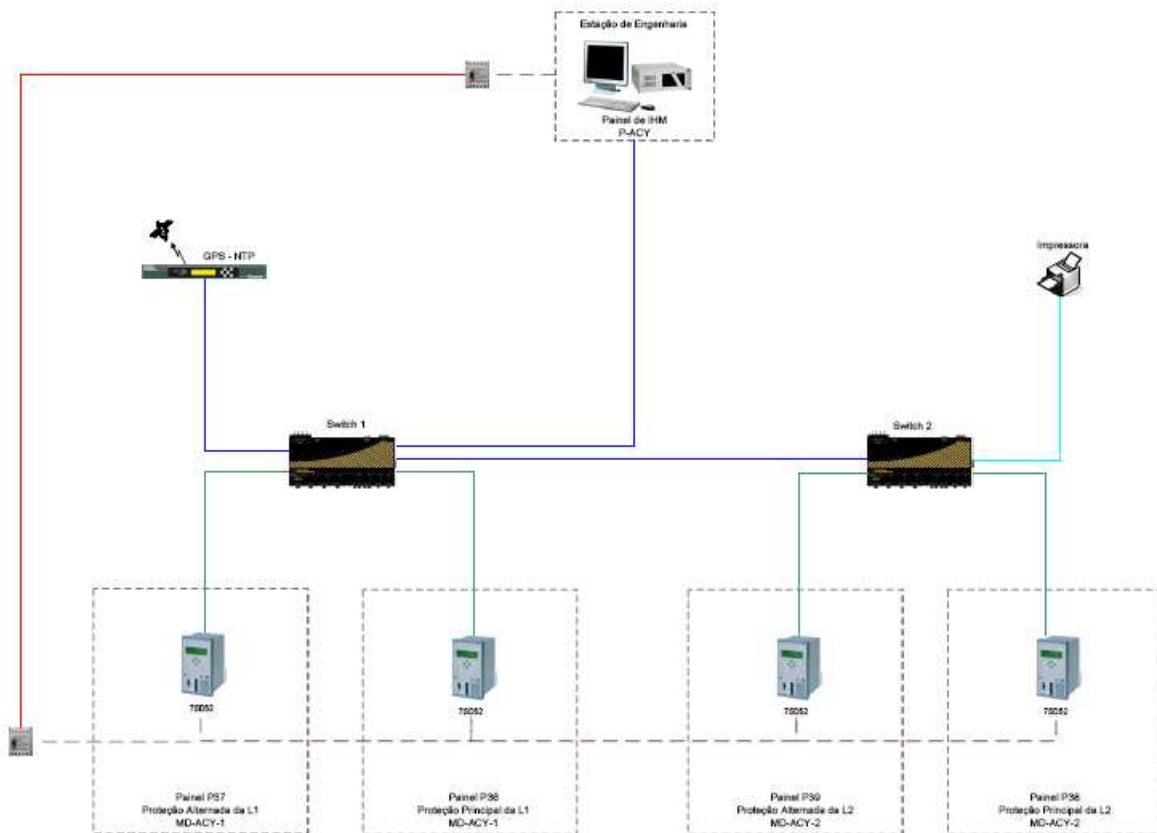


Figura 3 – Arquitectura del sistema en la Subestación Acaray

3.3 Sistema Óptico de comunicación

La comunicación entre los pares de IEDs de protección instalados en los terminales de cada línea de transmisión para intercambio de las muestras de corriente de las funciones diferencial, de las señales de teleprotección y de las demás funciones de supervisión serán soportadas por un sistema de comunicación óptico redundante, la información procedente de cada IED tiene dos caminos alternativos para llegar a su destino.

La interconexión se hará a través de los cables pararrayos en las de los líneas de transmisión con fibra óptica monomodo (Optical Ground Wire - OPGW) en la faja de 1300 nm, con 24 fibras, formando parte del suministro la sustitución de cables pararrayos existentes por el OPGW. Para minimizar el tiempo de desconexión de las líneas, el contratista realizó el servicio de instalación de los cables OPGW con las líneas energizadas.

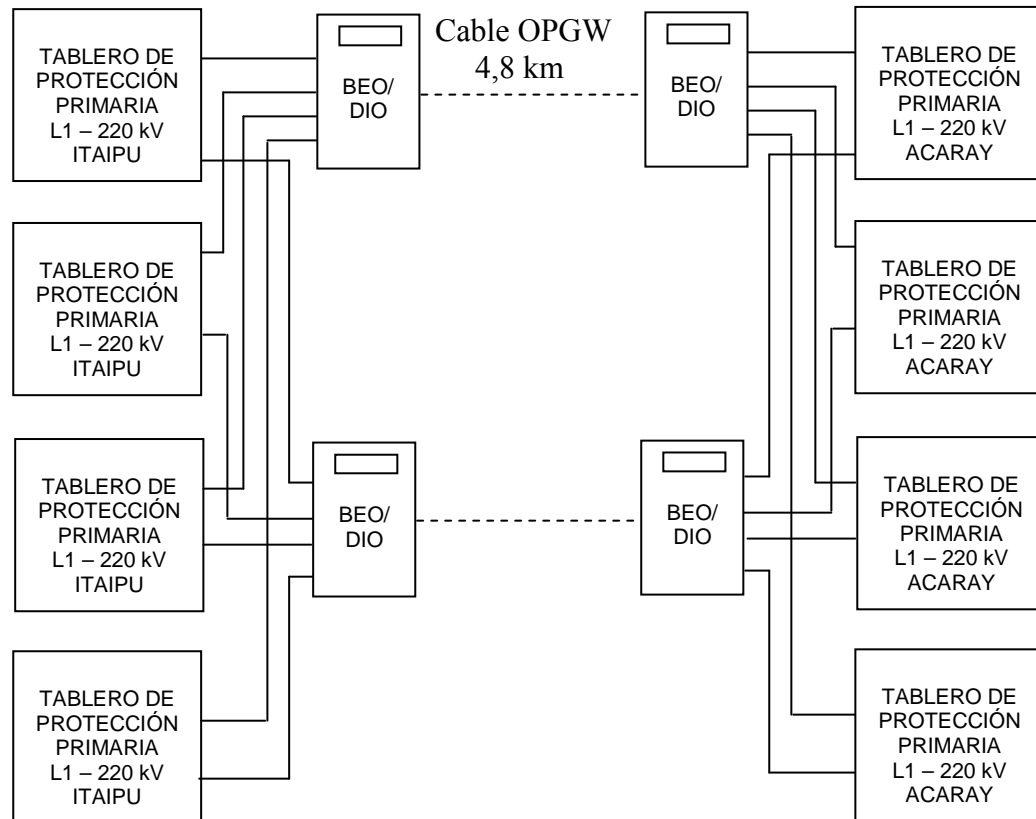


Figura 4 – Sistema óptico de comunicación con cables OPGW

4. ATIVIDADES REALIZADAS Y FUTURAS DEL RETROFIT

Este capítulo tiene el objetivo de describir las etapas y responsabilidades que la contratada Siemens tendrá que cumplir hasta la puesta en servicio del nuevo sistema de protección de las líneas de 220 kV, así como será citado la participación de los profesionales de la Itaipu Binacional en las varias actividades realizadas y futuras del proceso del retrofit del sistema de protección de las líneas.

4.1 Work Statement

Después de la firma del contrato de suministro de los nuevos sistemas de protección de las líneas MD-ACY 1 y 2 de 220 kV, la Siemens elaboró y sometió a la aprobación de la ITAIPU un documento, denominado Work Statement, conteniendo la descripción formal y detallada de todos los ítems de hardware, software, accesorios, ensayos, verificaciones, entrenamiento y demás servicios incluidos en el suministro.



El documento Work Statement, contiene las siguientes informaciones:

- Descripción de las características técnicas y las cantidades de todos ítems de hardware, software y servicios.
- Lista de todos los documentos del proyecto, incluyendo informaciones técnicas de todos los ítems del suministro, manuales de instrucciones y operación, memorial descriptivo del método de ejecución de los trabajos en el campo, diseños y documentos técnicos nuevos y existentes, a ser revisados, planillas de inspección y test (PIT).
- Cronograma del suministro, incluyendo los marcos contractuales, emisión de documentos, desenvolvimiento en fabricación, entrenamientos, test, entrega de los ítems de hardware y software (inclusive las licencias de instalación y utilización), montaje y colocación en servicio (comisionamiento).
- Emisión de los entrenamientos contractuales, incluyendo la documentación comprobatoria de la calificación de los respectivos instructores.

4.2 Diseños y Documentos Técnicos

Posteriormente al Work Statement, la Siemens envió para la aprobación de la ITAIPU, los siguientes documentos técnicos relativos al proyecto detallado:

- Diagramas unifilares, diagramas trifilares, diagramas funcionales, diagramas lógicos, diseños dimensionales, diseños de vistas y diseños con detalles necesarios para la correcta instalación de los equipamientos, sistemas y accesorios en cada uno de los tableros de protección.
- Diagramas o tablas de cableado interno conteniendo todas las conexiones entre los terminales de los dispositivos y reglas de bornes de cada uno de los tableros.
- Diagramas electrónicos funcionales y topológicos de las placas y módulos de circuitos impresos componentes de los relés con la identificación individual de cada componente y la correspondiente lista de materiales específica.
- Listas de materiales referentes a los equipamientos, sistemas, componentes y accesorios instalados en cada uno de los tableros.
- Diseños de las plaquetas de identificación de los equipamientos y componentes de cada uno de los tableros.
- Informe de los estudios, memorias de cálculos y simulaciones de los ajustes y parametrización de las funciones lógicas de protección, supervisión y control suministrados. Debería ser considerado en estos estudios las características de los TCs y TPs, así como la implementación de todos los esquemas lógicos necesarios para atender al proyecto.
- Manuales de mantenimiento y operación, conteniendo las instrucciones detalladas sobre los procedimientos requeridos para la instalación, configuración, operación y mantenimiento de todos los ítems relacionados a los sistemas de protección suministrados.
- Planillas de inspección y test de cada equipamiento y sistemas.

Los servicios y actividades de campo solamente podrán ser iniciados después de la aprobación por la ITAIPU de todos los documentos técnicos referentes al suministro, excepto si hubiere autorización por escrito de la ITAIPU.



IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

La revisión de los documentos relativos a los tableros existentes, tales como diagramas de interconexiones externas de los tableros, diagramas funcionales de operación, diseños de vistas y de los detalles constructivos de los tableros, también hacen parte de la estructura del suministro.

Después de la conclusión de las actividades de colocación en servicio, la Siemens deberá encaminar a la ITAIPU la revisión de “como ha sido construido” de los diseños de proyecto, conteniendo todas las alteraciones, adaptaciones, adecuaciones, ajustes y modificaciones realizadas en campo.

4.3 Entrenamiento

El programa de entrenamiento fue realizado en las instalaciones de la Central Hidroeléctrica de ITAIPU, teniendo como objetivo suministrar la plena capacitación de los profesionales envueltos en las actividades de configuración, operación y mantenimiento de los IEDs de protección. El entrenamiento referente a los IEDs de protección suministrados tuvo una carga horaria de 60 (sesenta) horas para dos grupos, cada un con una cantidad de 12 (doce) especialistas en sistemas de protección.

Los cursos suministrados deberían contener todas las informaciones necesarias para garantizar la auto-suficiencia de los participantes cuando se realizan los test, verificación y creación de nuevas lógicas de control, nuevas interfaces gráficas correspondientes al sistema de protección suministrado.

Todas las lógicas de protección, control, supervisión, comunicación y complementos implementados en los sistemas suministrados deberían ser presentadas de manera teórica y práctica, con detalles, en los entrenamientos.

Los tópicos del programa de entrenamiento fueron los siguientes:

- Principios básicos, conceptualización y aplicación de los sistemas de protección digital.
- Arquitectura de hardware y de software de los IEDs de protección digital.
- Algoritmos de las funciones de protección aplicadas a la protección de líneas de transmisión.
- Comportamiento transitorio de las funciones de protección del sistema suministrado.
- Protocolos de comunicación y esquemas de teleprotección. Teoría y configuración.
- Utilización de las herramientas y facilidades de configuración de hardware y software incluidas en el suministro.
- Elaboración y edición de las pantallas de IHM, configuración de bases de datos y composición de funciones lógicas de adquisición de datos, supervisión, monitoreo y control, utilizando las herramientas de software suministradas.
- Cálculo e implementación de los ajustes. Los ejemplos presentados en el entrenamiento deberá incluir, necesariamente, los datos contenidos en los informe de estudios, cálculos y simulaciones de los ajustes de parametrización de los IEDs de protección suministrados.
- Herramientas de análisis oscilográfica y de registro secuencial de eventos (SOE).
- Estudio y solución de fallas.
- Actualización de la documentación.
- Actualización del *firmware*.



4.4 Inspecciones, test y fiscalización de los servicios en fábrica y de campo

Todos los ítems de hardware, software, redes de comunicación, aplicativos, utilitarios, componentes y accesorios incluidos en el suministro deberán ser sometidos a test e inspecciones, en la fábrica y en el campo, con la finalidad de asegurar la calidad, desempeño y conformidad con los requisitos contractuales.

La Siemens es responsable por la ejecución del control de calidad, test e inspecciones programadas de acuerdo a las Planillas de Inspección y Test (PIT).

Todos los ensayos deberán ser ejecutados por la Siemens en la presencia de un inspector designado por la ITAIPU, a menos que fuese dada una autorización por escrito por la ITAIPU.

Los inspectores designados por la ITAIPU tienen autoridad para rechazar cualquier ítem del suministro en el que no estuviere de acuerdo con los requisitos especificados. Todas las correcciones efectuadas fueron previamente aprobadas y documentadas por el inspector de ITAIPU y una vez implementadas las correcciones, la secuencia de test debería ser de nuevo realizada sin cualquier costo para la ITAIPU.

Después de haber completado los ensayos, la Siemens enviaba a la ITAIPU un documento conteniendo los informes y certificados de los ensayos ejecutados. Los equipamientos y materiales solamente serían transportados para el Almacenamiento de la ITAIPU después liberación formal por los inspectores designados por la ITAIPU.

4.4.1 Ensayos de Tipo

El conjunto de ensayos de tipo, considerado en el suministro, debería ser capaz de demostrar que los IEDs de protección, componentes, accesorios y demás ítems del suministro atienden, en lo mínimo, a los requisitos establecidos en las siguientes normas internacionales:

- Ensayos de aislación: IEEE C37.90 / IEC 61000-4 / IEC 60255-5.
- Ensayos de compatibilidad electromagnética: IEC C37.90-1 y 2 / IEC 60255-22 / IEC61850-3 y IEEE 1613-2003.
- Ensayos de vibración, golpes y caídas: IEC 60255-21-1 y 2.

4.4.2 Planillas de Inspección y Test (PIT)

La Siemens preparó y sometió a la aprobación de la ITAIPU los procedimientos e instrucciones con los detalles de la ejecución de cada uno de los ensayos a ser ejecutado. Los procedimientos e instrucciones fueron estructurados de manera que las Planillas de Inspección y Test (PIT) sean individuales para cada terminal de la línea de transmisión a ser testado. Cada PIT contenía las siguientes informaciones:

- Identificación del ítem a ser testado.
- Descripción de todas las etapas de los test a ser ejecutados.



IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

- Descripción de cada escenario de teste, disposición de los componentes, simuladores, herramientas de hardware y software y accesorios utilizados en los test.
- Resultados esperados y criterios de evaluación.
- Otras informaciones relevantes para la ejecución y análisis de los resultados del test considerado.

La ITAIPU se reservaba el derecho de efectuar alteraciones, inclusiones o supresiones en el Plan de Test sometido por la Siemens para su aprobación.

4.4.3 Test de Aceptación en Fábrica

Todos los ítems de hardware y software, componentes y demás accesorios de los sistemas de protección suministrados deberían ser sometidos a test de rutina en la fábrica, realizados con acompañamiento de inspectores designados por la ITAIPU.

Los ensayos de Aceptación en fábrica (FAT) fueron realizados en las instalaciones de la Siemens en Jundiaí – SP – Brasil, se iniciaron en el mes de octubre de 2009 y fueron finalizados en febrero de 2010. En octubre de 2009 fueron realizadas inspecciones físicas de los tableros y verificaciones punto a punto del cableado interno. En el mes de diciembre de 2009 fueron ejecutados ensayos funcionales de los IEDs de protección y de la red de comunicación. Esta segunda etapa, en primer momento presentó resultados que fueron rechazados debido al no cumplimiento de los requisitos técnicos y después de un período de corrección, los test especificados fueron repetidos en febrero de 2010.

Los test fueron ejecutados de acuerdo a las planillas de inspección y test (PIT) preparadas por la Siemens y aprobado por la ITAIPU. Los IEDs, ordenadores industriales, estaciones de trabajo, *switches*, componentes y accesorios de los sistemas de protección suministrados solamente fueron liberados para el transporte al Almacenamiento de la ITAIPU después de su aprobación por los inspectores designados.

Fueron realizados los ensayos de funcionalidad de los IEDs de protección, tales como aplicación de señales de corriente y tensión con verificación de la correcta lectura de estas señales en los IEDs, levantamiento de curvas características de las diversas funciones de protección activas en los IEDs, actuación de las entradas y salidas digitales a través de la simulación del status de interruptores y seccionadoras.

También se realizaron ensayos de funcionalidad de la red de comunicación utilizando como referencia los requisitos establecidos por la Norma IEC 61850, cuyo objetivo era la verificación de la real efectividad del intercambio de mensajes a través de la red de acuerdo con la norma IEC 61850. Fueron medidos los tiempos de respuesta de la red, cuando hubiere la transmisión de mensajes prioritarios del tipo GOSSE.

El equipo de inspectores de la ITAIPU estaba compuesto por un profesional de la dirección financiera, área de inspecciones, y profesionales de la dirección técnica, específicamente de la ejecución e ingeniería de mantenimiento y la ingeniería de proyecto.



4.4.4 Ensayos Dinámicos de Modelo de los IEDS de Protección

Los IEDs de protección fueron sometidos a ensayos dinámicos en un simulador digital en tiempo real de sistemas eléctricos (RTDS), donde las diversas condiciones de operación deberían ser reproducidas. Esos ensayos fueron realizados en las instalaciones de la Siemens en Erlangen – Alemania, en el mes de octubre de 2009.

El simulador reproducía las condiciones de operación anormales del sistema eléctrico al cual los IEDs serán aplicados, teniendo como base los datos constantes en los parámetros característicos de las líneas de transmisión y valores de las corrientes de corto-circuito.

Fue considerado, en los ensayos, la actuación integrada de las funciones de protección, así como también las lógicas de control y soporte de comunicación de los IEDs de protección.

La Siemens preparó y sometió para la aprobación de ITAIPU la planilla de inspección y test (PIT) con los detalles de los ensayos dinámicos, donde estaba prevista la realización de aproximadamente 800 casos para los sistemas de protección de las líneas de transmisión.

Los ensayos fueron ejecutados en la presencia de inspectores designados por la ITAIPU que tenían plena autoridad para aceptar o rechazar los IEDs asociados al suministro, en función de los resultados de los ensayos, con base en los requisitos establecidos en los documentos contractuales.

Durante los ensayos dinámicos de modelo, diversos parámetros y ajustes de los IEDs de protección fueron alterados de modo a permitir el correcto desempeño del sistema de protección. Pero la función de bloqueo por oscilación de potencia (68) presentó actuaciones incorrectas. Para corregir este defecto, un nuevo firmware del IED 7SD5225 será instalado en octubre de 2010 y probablemente el ensayo de modelo será repetido en noviembre de 2010.

El equipo de inspectores de la ITAIPU estaba compuesto por profesionales de la dirección técnica, siendo de las áreas de operación, mantenimiento e ingeniería de proyecto.

4.4.5 Colocación en Servicio (Comisionamiento)

Esta etapa del proceso de sustitución del sistema de protección de las líneas MD-ACY 1 y 2 tiene previsión de ser realizado en el 1º semestre de 2011. Para la realización de cualquiera de las actividades de campo se tienen que obedecer las normas, instrucciones y procedimientos internos de las áreas de operación, construcción, montaje, mantenimiento y seguridad del trabajo de la ITAIPU, para el caso de los trabajos en la Subestación de la Margen Derecha, y de la ANDE, para el caso de las actividades realizadas en la Central Hidroeléctrica de la ANDE.

Después el montaje de los tableros de protección, comunicación, componentes y accesorios referentes a cada línea de transmisión, en ambos terminales, antes del inicio de las actividades y colocación en servicio del sistema de protección suministrado, será realizada, por los inspectores designados por la ITAIPU, la verificación de la conformidad de los trabajos ejecutados con los



IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

requisitos especificados. La inspección de aceptación en el campo será efectuada con base en los documentos aprobados y contendrá los siguientes ítems:

- Inspección visual y dimensional del tablero.
- Verificación de la continuidad del cableado interno.
- Verificación de la resistencia de aislación del cableado interno.
- Después de la aprobación de los trabajos de montaje de los IEDs serán realizadas las actividades de colocación en servicio, con base en la planilla de comisionamiento preparada por la SIEMENS y sometida a la aprobación de ITAIPU.

En la Subestación de la Margen Derecha de ITAIPU, los test de comisionamiento serán ejecutados por el personal de la ITAIPU bajo la supervisión y responsabilidad de un representante de la Siemens.

En la Subestación de Acaray de la ANDE, la Siemens será la responsable por la ejecución de los test de comisionamiento, que serán realizadas con el acompañamiento de representantes técnicos de la ANDE y de la ITAIPU.

Por lo menos los siguientes test y actividades deberán constar en la planilla de comisionamiento:

- Levantamiento de las curvas características operacionales de las funciones de protección y demás funcionalidades disponibles en los IEDs, con base en los catálogos, manuales de operación y otros documentos técnicos relacionados, incluidos en el suministro.
- Test funcionales.
- Test operacionales locales en cada terminal de las líneas de transmisión.
- Test de punta-a-punta entre los terminales de la Subestación de la Margen Derecha y de la Subestación de Acaray utilizando las señales generadas por los equipamientos de test de IEDs, sincronizados por satélite.
- Funcionamiento sin interrupción durante 72 (setenta y dos) horas.

Todas las actividades de campo a ser realizadas por la Siemens para cumplir con el objetivo del suministro serán fiscalizadas por las áreas competentes de la ITAIPU, para los trabajos ejecutados en la Subestación de la Margen Derecha y en la Subestación de Acaray, y con la participación de la ANDE, para los trabajos ejecutados en la Subestación Acaray.

Los fiscales designados tendrán autoridad irrestricta para acompañar todas las actividades, con poder de ordenar la interrupción de cualquier trabajo en cualquier momento, en el caso que sea constatado el no cumplimiento de los requisitos de seguridad y calidad técnicamente especificados.

Las fechas de realización de las actividades de campo serán informadas por la ITAIPU a la Siemens, respetando los plazos establecidos en el cronograma del suministro, teniéndose en cuenta las prioridades, restricciones y necesidades del Sistema Eléctrico Paraguayo.



4.4.6 Teste de Disponibilidad

El test de disponibilidad tienen por objetivo verificar el cumplimiento de los requisitos funcionales y operacionales de cada sistema de protección suministrado, de las redes de comunicación de los componentes y demás accesorios durante su operación normal, ejecutando todas las funciones definidas en la Especificación Técnica.

El índice de disponibilidad de los IEDs de protección, componentes y accesorios del sistema de protección debe ser de 100% (cien por ciento). O sea, los IEDs de protección, las redes de comunicación, componentes y accesorios suministrados no podrán presentar cualquier tipo de falla durante el período considerado.

Son consideradas fallas del sistema cualquier tipo de evento o condición de operación anormal de los IEDs de protección y de sus componentes y accesorios, tales como:

- Defectos internos en los IEDs de protección, componentes y accesorios indicados a través de los elementos de señalización existentes en la parte frontal de los IEDs, así como las fallas detectadas por las rutinas de autosupervisión y autodiagnóstico.
- Operaciones incorrectas, accidentales o rechazos de operación de cualquier función de los sistemas de protección suministrados.
- Indisponibilidad de las funcionalidades de los computadores de la red de acceso a los IEDs por problemas de hardware o de software.
- Problemas de montaje, instalación y operación identificados durante el período de test.

El test de disponibilidad tendrá una duración de 30 (treinta) días seguidos, contados a partir de la data de conclusión de las actividades de colocación en servicio del sistema de protección en ambos terminales de la línea de transmisión. Para esto, todos los test mencionados anteriormente deberán ser concluidos con éxito y formalmente aceptados como tal por ITAIPU.

En el caso de que ocurra una falla durante el test de disponibilidad, la ITAIPU informara a la Siemens con una descripción detallada del evento. La Siemens deberá presentarse en el local del evento y presentar una propuesta de solución, la cual deberá ser aprobada por la ITAIPU. Después de la corrección de cualquier falla, un nuevo período de test de disponibilidad de 30 (treinta) días será iniciado.

5. CONCLUSIONES

Por más que el proceso de retrofit del sistema de protección de las líneas de 220 kV no esté concluido, se pueden destacar algunos puntos positivos. El principal de ellos sería la participación efectiva del equipo de mantenimiento en todas las etapas del proyecto, desde la especificación, hasta la colocación en servicio de la nueva protección de las líneas MD-ACY 1 y MD-ACY 2, prevista para el primer semestre del año 2011.

Normalmente, el equipo de mantenimiento de la ITAIPU tenía solo participación en el comisionamiento. En los últimos proyectos, el área de Ingeniería de Proyecto busco dar participación a las áreas de Mantenimiento y Operación. Esto permitió una mejora en la



IX SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
13, 14 y 15 de Octubre de 2010

documentación y en los diseños técnicos desde el inicio, lo que dará como resultado una menor revisión de los documentos después concluir los trabajos en campo.

La participación de los equipos de mantenimiento en los ensayos en fábrica y en los ensayos de modelo, permitió un refinamiento en los ajustes y en las lógicas de los IEDs de protección. Hubo también un contacto anticipado y una mayor interacción con los profesionales de la Siemens Brasil y en especial con los especialistas de protección de la Siemens de Alemania.

Esta modernización mejorara la confiabilidad de las protecciones de las líneas de transmisión MD-ACY 1 y 2 de 220 kV, pues tendremos un sistema redundante/independiente y se implantará una función de protección de corriente diferencial (87L) que es unitaria por excelencia. La utilización de cabos ópticos OPGW permite una banda larga, suportando altas tasas de transmisión de datos, aislación contra interferencias electromagnéticas y atmosféricas, además de una aislación eléctrica perfecta entre los equipamientos de telecomunicaciones y el sistema de alta tensión.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Retrofit de los Sistemas de Protección de las líneas de transmisión L1 y L2 de 220 kV SEMD-Acaray. Especificación Técnica ESP08/2006. Itaipu Binacional. 2006
- [2] SIPROTEC Protección diferencial de línea con protección de distancia 7SD52/53 Manual v.4.60 C53000-G1178-C169-2 – SIEMENS AG – Alemania – 2007