



Plataforma y Ensayos de Interoperabilidad IEC 61850 entre IEDs de Diferentes Fabricantes: Experiencia en el Parque Tecnológico Itaipu

Hugo Larangeira S. (*)

Rodrigo Ramos (*)

Igor Habib ()**

Suzana Mensch (*)**

Jorge J. Silva (*)**

Mario López (**)**

Luiz Colman (**)**

Ladislao Aranda (*)

(*) Itaipu Binacional; () Consultoría; (***) Instituto de Tecnología Aplicada e Innovación; (****) Fundación Parque Tecnológico Itaipu/Margen Izquierda**

Paraguay/Brasil

RESUMEN

La adopción de la norma IEC 61850 como estándar en la especificación y diseño de sistemas de automatización de subestaciones hace necesario desarrollar habilidades específicas para ejecutar estudios especializados sobre plataformas de hardware (IEDs, redes IEC 61850, etc.) y software (herramientas de ingeniería IEC 61850, analizadores de redes, simuladores en tiempo real, etc.) normalmente multifabricantes. Este último aspecto es crucial en la definición de “interoperabilidad” introducida por la norma, y es de especial interés para la Itaipu Binacional en el marco del proceso de actualización tecnológica en curso. En este contexto, el presente trabajo describe el proceso y relata la experiencia adquirida durante el diseño, montaje y configuración de una bancada de ensayos de interoperabilidad entre IEDs conformes a IEC 61850. Esta plataforma es un producto de la cooperación entre la Itaipu Binacional, la Fundación Parque Tecnológico Itaipu (FPTI) y el Instituto de Tecnología Aplicada e Innovación (ITAI), siendo montada en instalaciones del Laboratorio de Automatización y Simulación de Sistemas Eléctricos (LASSE), del Parque Tecnológico Itaipu.

PALABRAS CLAVES

IEC 61850, IEDs, interoperabilidad, redes de datos, subestaciones eléctricas, automatización.



1. NORMA IEC 61850

En la actualidad, la automatización de sistemas eléctricos de potencia es implementada mediante el uso de equipos con tecnología microprocesada, dispuestos en forma distribuida a lo largo de la planta, y por consiguiente, con grandes capacidades de comunicación. Este estado tecnológico permitió el nacimiento de la norma IEC 61850, la cual se constituye en la solución a dificultades históricas de integración, actualización y expansión de estos tipos de sistemas automáticos. Concretamente, la norma IEC 61850 introduce conceptos y técnicas consolidadas en aplicaciones informáticas, y del área de telecomunicaciones, conformando así una nueva forma de ingeniería, regida por los requisitos funcionales y de desempeño establecidos para sistemas eléctricos de potencia.

La norma IEC 61850 busca principalmente: interoperabilidad, libre configuración de funciones automáticas y estabilidad a largo plazo. El presente trabajo analiza uno de sus principales aspectos: la interoperabilidad, la cual se define como la habilidad de IEDs de uno o más fabricantes en intercambiar informaciones, utilizando la información para la ejecución de sus propias funciones.

2. OBJETIVO

Analizar la interoperabilidad IEC 61850 entre tres IEDs de diferentes fabricantes, utilizando recursos laboratoriales existentes, que puedan ser adoptados en la ejecución de futuros ensayos.

3. IMPORTANCIA DEL TRABAJO

Considerando el imperioso proceso de actualización tecnológica en el sistema eléctrico de potencia paraguayo, se impone como necesidad urgente el desarrollo de conocimientos y habilidades específicas que permitan atender esta necesidad. Para esto, en el presente trabajo se pretende aportar ideas tangibles salidas de la experiencia de diseño, montaje y configuración de una bancada de ensayos de interoperabilidad IEC 61850.

Específicamente, hasta la realización de este trabajo, el Laboratorio de Automatización y Simulación de Sistemas Eléctricos (LASSE), unidad operativa en las instalaciones de la Fundación Parque Tecnológico Itaipu – Margen Izquierda, no había ejecutado ensayos en sistemas de protección y control basados en la norma IEC 61850 y la fuerte demanda de este tipo de servicio es una realidad. Este trabajo fue considerado como un producto importante disponibilizado al laboratorio, pues la experiencia puso a la luz los

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

aspectos verdaderamente relevantes y acusó nuevos desafíos. La concretización de este trabajo fue un paso inicial importante para el LASSE y la FPTI como un todo.

4. MENSAJES GOOSE

La norma IEC 61850 define diferentes tipos de mensajes para la comunicación entre IEDs, uno de estos es el GOOSE (acrónimo inglés de *Generic Object Oriented Substation Event*). Estos mensajes fueron concebidos para comunicaciones temporalmente críticas. Por ejemplo, la aplicación clásica consiste en el envío de *trips*, mensajes urgentes con prioridad de atención sobre otros tipos de mensajes que transitan por la red de comunicación. La publicación de estos mensajes es realizada de forma espontánea, o sea, sin la necesidad de que sean solicitados por otro equipo.

5. ESCENARIO DE ENSAYOS

Fue montada una bancada de ensayos compuesta de IEDs ajustados para funcionar como dispositivos de supervisión y control, desactivando las funciones de protección y monitoreo. Está compuesta de: una estación de ingeniería e IHM, un *switch* convencional, un *switch* gerenciable, dos IEDs de protección y control, una caja portátil de simulación en tiempo real (considerada como IED, por sus capacidades de comunicación y microprocesamiento) [1].

La Figura 1, a continuación, ilustra la disposición de la bancada de ensayos.

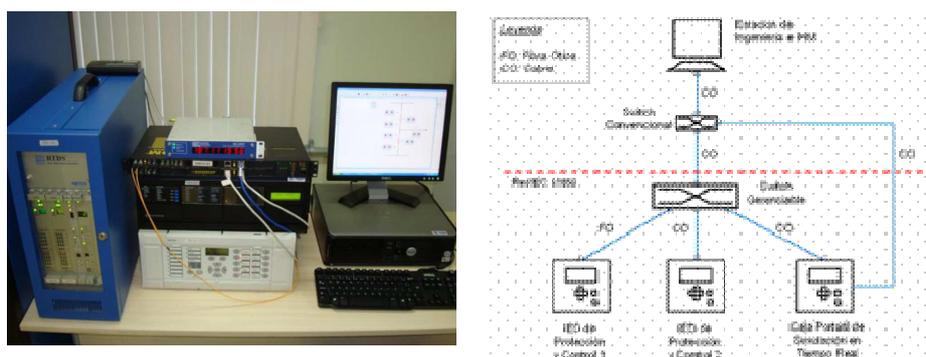


Figura 1: Disposición de la bancada de ensayos

El sistema estudiado simula la supervisión y control de una subestación simple en configuración “interruptor doble”, de acuerdo a la Figura 2.

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

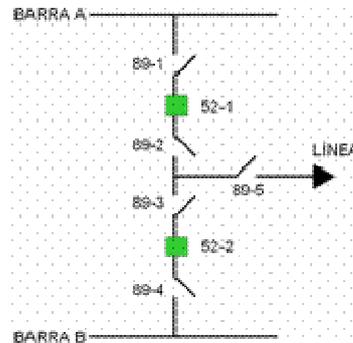


Figura 2: Subestación en configuración “interruptor doble”

La Figura 3, a continuación, indica que el IED OP actúa en el nivel de estación, donde los elementos dentro de la línea discontinua sugieren acciones de control sobre la planta. De esta forma, el IED OP hace el papel del operador de la subestación.

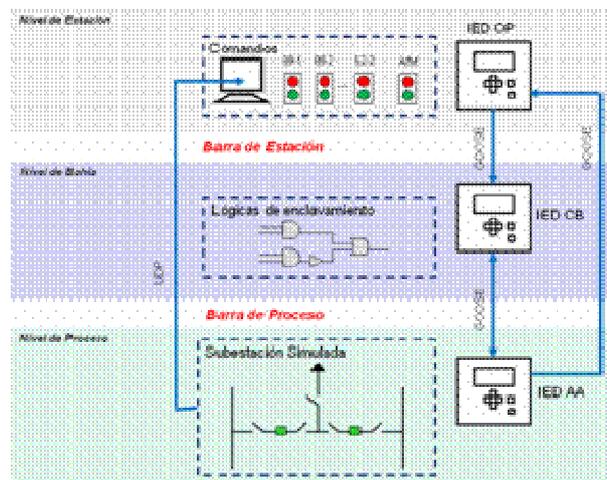


Figura 3: Arquitectura lógica del sistema

También en este nivel se instaló una estación de Ingeniería e IHM (representada en la Figura 3 a través de una PC), la cual fue destinada para la supervisión de la planta y configuración de los distintos IEDs de la bancada de ensayos.

El nivel de bahía fue implementado a través del IED de control de bahía (IED CB), el cual recibe los pedidos de maniobras del nivel superior; recibe los estados actualizados



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

de los equipos primarios (provenientes del nivel inferior); verifica si las lógicas de enclavamiento liberan estos pedidos; y finalmente envía las órdenes de maniobra al nivel inferior. Por último, el nivel de proceso se vale del IED de actuación y adquisición de estados (IED AA), el cual fue destinado para la ejecución de las órdenes de maniobra en los equipos primarios y para la conmutación entre modo local y remoto. Específicamente, el IED AA recibe las órdenes oriundas del IED CB, las ejecuta y por último envía al nivel superior los nuevos estados alcanzados.

El escenario de ensayos propuesto en este trabajo presenta el intercambio de mensajes GOOSE entre el IED AA y los IEDs CB y OP. O sea, el IED AA debe interoperar, al mismo tiempo, con los IEDs CB y OP, situación deseable, pues el sistema de ensayos del LASSE es el simulador en tiempo real, el cual debe ser integrado a cualquier sistema externo de protección y control en conformidad con la norma IEC 61850.

6. METODOLOGÍA

Los ensayos de interoperabilidad consistieron en la verificación de la correcta actuación de cada una de las lógicas de enclavamiento. Este enfoque es correcto, pues, se basa en que la ejecución de cada una de las lógicas depende de la correcta actuación de los diferentes IEDs instalados en la bancada, por consiguiente, cada lógica consiste en una sub-función distribuida, característica necesaria en ensayos de interoperabilidad [2].

El ensayo de cada lógica de enclavamiento consistió en la aplicación de 50 estímulos al sistema de supervisión y control, considerando un intervalo de tiempo entre cada uno de ellos igual a cinco segundos. Así, cada lógica fue evaluada ante condiciones iniciales correctas y ante condiciones iniciales incorrectas. El resultado esperado en todos los ensayos es una eficacia de 100 %, pues se trata de lógicas simples y baja carga en la red de comunicación.

La metodología adoptada para medir la eficacia de los ensayos consistió en la observación del campo *Status Number*, el cual integra la estructura del mensaje GOOSE e indica la cantidad de eventos generados por el IED publicador del mensaje [3]. Como el valor de este campo es incrementado en una unidad cuando hay un cambio en la información del mensaje, cada IED integrante de la bancada tendrá su *Status Number* alterado en función de los cambios de estados en la planta. Por lo tanto, fue posible medir la cantidad de veces que efectivamente era atendida una lógica de enclavamiento, utilizando el valor del campo *Status Number* correspondiente al mensaje GOOSE publicado por el IED AA, como consecuencia de la publicación del IED CB, el cual fue estimulado por el IED OP (nótese el sentido de la comunicación y la interacción entre los niveles jerárquicos) [1].

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

Concretamente, el procedimiento de medición consistió en obtener la diferencia entre el *Status Number* inicial y el *Status Number* final y, verificar que:

- Sea igual a 100, con condiciones iniciales correctas;
- Sea igual a cero, con condiciones iniciales incorrectas.

Los ensayos realizados en la bancada consistieron en las pruebas de las lógicas presentadas en la Tabla I. Cada una de ellas implementa enclavamientos clásicos en subestaciones.

Tabla I: Lógicas implementadas en el sistema de supervisión y control

Lógicas	
1	Abertura y cierre de seccionadora 89-1
2	Abertura y cierre de seccionadora 89-2
3	Abertura y cierre de seccionadora 89-3
4	Abertura y cierre de seccionadora 89-4
5	Abertura y cierre de seccionadora 89-5
6	Abertura y cierre de interruptor 52-1
7	Abertura y cierre de interruptor 52-2
8	Local/Remoto
9	Manual/Automático

Por lo tanto, fueron realizados nueve ensayos de interoperabilidad, cada uno correspondiente a una lógica de enclavamiento.

7. RESULTADOS

Los nueve ensayos permitieron recolectar los valores del campo *Status Number* (StNum) publicado en el mensaje GOOSE del IED AA, se presentan en la Tabla II.

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

Tabla II: Valores obtenidos del mensaje GOOSE publicado por el IED AA

Ensayo	Condiciones Iniciales Correctas				Condiciones Iniciales Incorrectas			
	StNum Inicial	StNum Esperado	StNum Final	Diferencia	StNum Inicial	StNum Esperado	StNum Final	Diferencia
Ensayo 1	2	102	102	100	---	---	---	---
Ensayo 2	102	202	202	100	---	---	---	---
Ensayo 3	125	225	225	100	204	204	204	0
Ensayo 4	207	307	307	100	310	310	310	0
Ensayo 5	313	413	413	100	2	2	2	0
Ensayo 6	5	105	105	100	108	108	108	0
Ensayo 7	210	310	310	100	313	313	313	0
Ensayo 8	317	317	317	100	---	---	---	---
Ensayo 9	32	132	132	100	32	32	32	0

Considerando los resultados obtenidos de los ensayos, es decir, ante la eficacia de 100 % demostrada en la Tabla II, se concluye que la interoperabilidad IEC 61850 entre los tres IEDs de diferentes fabricantes es un hecho.

Además, el sistema de ensayos disponible en el LASSE, es decir, la caja portátil de simulación en tiempo real, se constituyó en el equipo que presentó mayores facilidades de integración con otros equipos de diferentes fabricantes, por su simplicidad de uso e interfaz gráfica de usuario (característica deseada en todo sistema de ensayos con soporte a la norma IEC 61850).

8. CONCLUSIÓN

Fue generada una documentación detallada describiendo el sistema desarrollado desde diferentes aspectos, de manera a, por lo menos, reproducir los mismos ensayos. Por lo tanto, uno de los sub-productos de este trabajo es una matriz de directrices para la ejecución de *setups* laboratoriales en futuros ensayos.

El trabajo permitió desarrollar nuevas habilidades en el personal del LASSE, en consecuencia, se adquirió la experiencia necesaria para establecer las directrices en ensayos de certificación en interoperabilidad de equipos aplicados a sistemas de protección y control basados en el nuevo estándar IEC 61850.

Adicionalmente, los resultados de los ensayos de interoperabilidad abrieron paso al surgimiento de una barra de proceso binario (usando mensajes GOOSE). De esta manera, sometiendo el sistema implementado en este trabajo a condiciones más realistas



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

(por ejemplo: longitud de los enlaces de comunicación en el orden de las centenas de metros, carga de red elevada, mayor número de IEDs, cambios en la topología de la red, caída de *link* de comunicación, inclusión de protocolo de sincronización de tiempo y, adopción de esquemas de priorización de mensajes GOOSE) permitirá analizar la factibilidad de este tipo de barra. Si los resultados son satisfactorios, los costos de actualización, expansión y principalmente aquellos vinculados con la adaptación del personal a las nuevas herramientas introducidas por la norma, o sea, los costos asociados a la migración para la barra de proceso completa (utilizando mensajes SV – muestras de tensión y corriente vía red) podrán disminuir significativamente en función de la documentación formal y nueva ingeniería introducida por el estándar [1].

9. REFERENCIAS

[1] H. Larangeira S., “Análise de Interoperabilidade IEC 61850 entre Simulador em Tempo Real e IEDs de Proteção e Controle”. Monografía. Postgrado Lato Sensu en Automatización, Control y Supervisión del Proceso Eléctrico basado en la Norma IEC 61850. UNIOESTE. Foz de Iguazú, 2010.

[2] A. Cascaes, M. Paulino, I. P. de Siqueira, D. Cáceres, G. B. Rosas, “A Importância dos Testes Funcionais e de Interoperabilidade para a Integração de Sistemas de Proteção e Automação Utilizando a Norma IEC61850”. IX STPC, 2008.

[3] IEC 61850-8-1, “Specific Communication Service Mapping (SCSM). Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3”. 1. ed. Suiza: IEC Central Office, 2003.