



Utilización de simulador para entrenamiento de supervisión y control de la protección de barras de la subestación aislada a gas SF₆, y equipamientos de la toma de agua de los generadores de la Itaipú Binacional

Gonzalez Sanguina, Cristhian M.; Fabrício Gervasoni, Geson Darcisio Eidelwein;

José Audeni A. Araujo; Romero Estigarribia, Nelson;

Henrique Ribeiro; Vanderlei Boch.

Itaipú Binacional

Paraguay - Brasil

Resumen

El objetivo del trabajo es presentar los entrenamientos realizados con simulador, con el fin de mantener los empleados de Operación – denominados Operadores, más preparados para enfrentar posibles contingencias. Esta actividad es totalmente planeada, diseñada e impartida por Operadores e Ingenieros de Operación de Usina y Subestaciones con vasta experiencia y conocimiento para recrear en simulador digital los escenarios de entrenamiento específico. Uno de los objetivos de realizar entrenamientos prácticos es reducir la probabilidad de que ocurra una falla humana, obteniéndose:

- Más y mejor preparación para la ejecución eficiente de sus responsabilidades que asuman en sus puestos de trabajo.
- Oportunidades de desarrollo personal en los roles actuales de cada Operador y para otros puestos de trabajo para los que el colaborador puede ser considerado y posicionado.
- Un clima de trabajo satisfactorio por que los simulacros de eventos intempestivos, permiten modificar las actitudes individuales para contribuir con creatividad y aporte colaborativo a buscar una solución a los mismos.
- Un aumento en la motivación de cada trabajador para asumir responsabilidades compartidas y tornarlo más receptivo a la supervisión y acciones de gestión respaldadas por las Normas de Operación vigentes.

La **primera etapa** de la metodología es estudiar el funcionamiento de los equipos a través de las diversas fuentes de información: Diagramas funcionales, descripción de funcionamiento, la estadística de eventos ocurridos; y sus respectivas medidas aplicadas. La **segunda etapa** fue el desarrollo de los modelos representativos para los equipos electro-mecánicos, de manera a reproducir con mayor realismo posible, sus diversas funcionalidades.

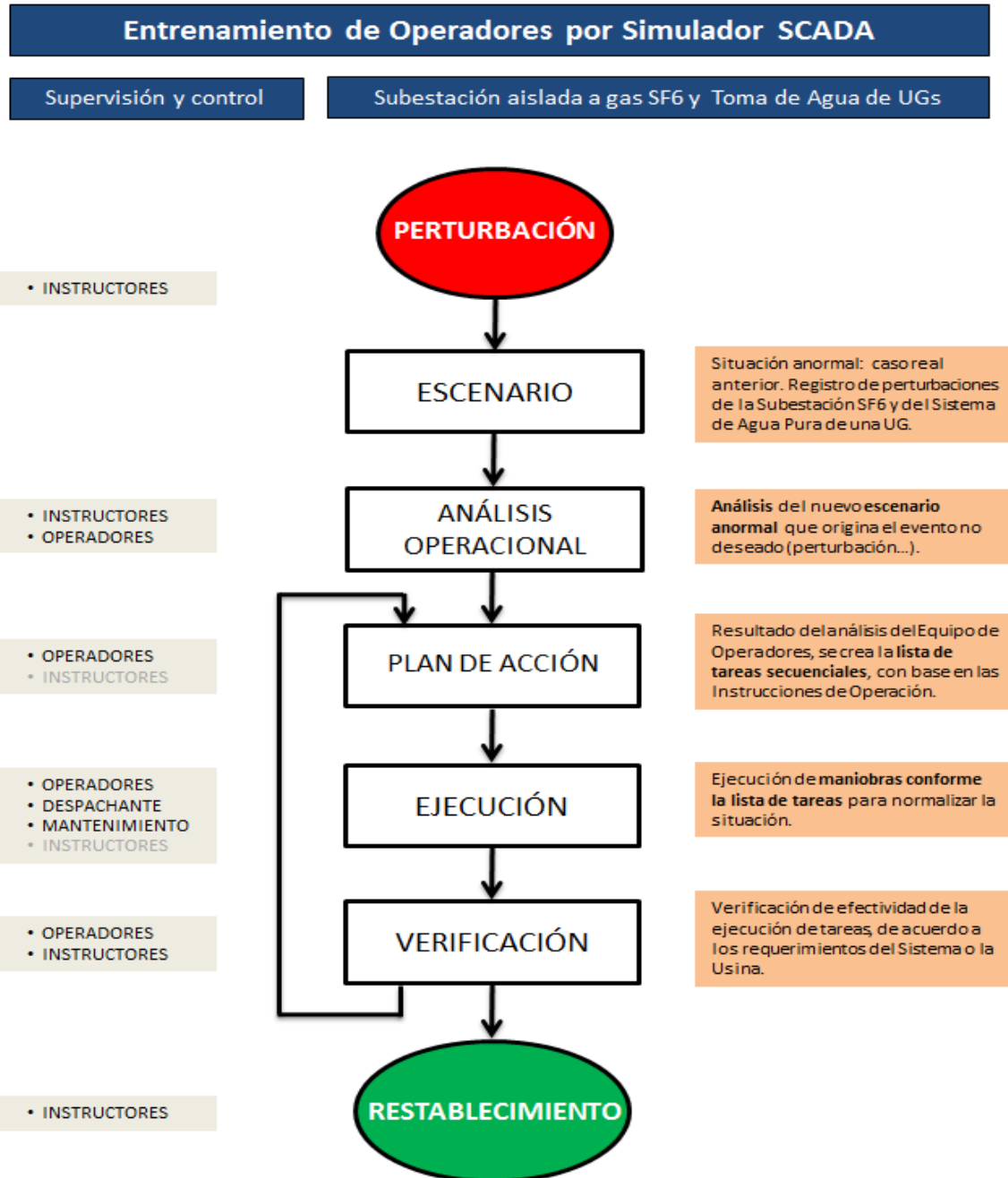


Figura 1 - Flujograma del Análisis en el Simulador SCADA - DTS

El simulador posee una base de datos y pantallas idénticas al tiempo real, con aumento de puntos existentes solamente en el simulador (puntos falsos), los cuales representan sensores que no son supervisados por el SCADA. Durante la sesión de entrenamiento, los escenarios se presentan iniciando desde el caso de menor complejidad hasta alcanzar casos de para el mayor complejidad que requiere también una mayor capacidad de respuesta en equipo.



XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018

El primer escenario se inicia con una falla en la señal de corriente proveniente de uno o más TC (transformador de corriente) asociados a la barra durante un período de 5 segundos. Para esta alarma, el operador necesita realizar las acciones específicas, según lo previsto en las instrucciones.

Para el entrenamiento de Operación de equipamiento electromecánico, fue elegido la comporta de la toma de agua de los generadores. Se ha hecho un **modelo matemático** que reproduce la lógica de funcionamiento representando la posición de la conducta en función de la variación del tiempo y de la temperatura. Este es un escenario de supervisión, donde la ocurrencia de alarmas requiere maniobras que el Operador necesita ejecutar para evitar una parada no programada de la unidad generadora. Un tipo de falla es debido al atascamiento del vástago de accionamiento de los fines de carrera de la compuerta de Toma de Agua.

Después de la ejecución de cada escenario, se realiza una reunión con el grupo de Operadores, para conversar sobre lo que se ha aprendido y para compartir experiencias sobre alarmas ocurridas en tiempo real. Como resultado de lo anterior, surgió un concepto de la mayoría, que el entrenamiento práctico con el uso del simulador es más interactivo que una sesión de entrenamiento con charlas expositivas. También existe una expectativa de llevar este tipo de entrenamiento a través del uso de herramientas 3D, a otro nivel para la mejora de los recursos didácticos durante los entrenamientos.

Palabras clave

Itaipú, Operación, simulador, instrucciones, comunicación, entrenamiento, falla humana.

1. METODOLOGIA

1.1 Objetivos

El objetivo del entrenamiento fue mejorar la capacitación de los Operadores en los turnos de rotación de la Itaipú Binacional; sobre las nuevas protecciones de barras de la subestación aislada a gas SF₆, y también, promover la realización de escenarios prácticos para consolidar el conocimiento en relación a las instrucciones de Operación.

1.2 Estudio del funcionamiento de los equipamientos

1.2.1 Protección de Barra de la subestación

La protección de las barras de la GIS está compuesta por IED (*intelligent electronic device*), es responsable de la protección primaria y el otro por la protección alternada. Ambos realizan básicamente las siguientes funciones: Diferencial de barra (87); e la Protección contra fallo de apertura del disyuntor de acoplamiento de barra (50 / 62BF). También poseen los relés de bloqueo. El rearme de estos dispositivos sólo está disponible en el cuadro de protección, o sea, ocurriendo el desarme de cualquiera de los relés de bloqueo listados en las siguientes tablas, habrá la necesidad de desplazamiento de un operador para realizar el procedimiento de rearme directamente en el cuadro de protección correspondiente.

XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018

1.2.2 Compuertas de la toma de agua

La compuerta es del tipo vagón, y posee 64 ruedas. Está compuesta de 7 elementos, cuya viga de cabecera es conectada al cabrestante. Sus dimensiones son las siguientes: 1770 x 8230 x 16350 mm y el umbral está en la cuota 177 de la represa [1]. El servomotor es el equipo esencial en el movimiento de la compuerta, a través de la presurización de aceite sobre el vástago del pistón, es decir, utilizado para amplificar la potencia hidráulica del sistema. La central hidráulica es un conjunto de elementos electromecánicos con la finalidad de presurizar, dirigir y controlar el caudal de aceite en la apertura y cierre.

1.3 El simulador

La estructura física del simulador es formada por 3 salas. La primera, son replicadas las funciones de la Sala de Control central (CCR), la segunda es la sala de acceso a los paneles de controles locales y por último es la sala del Despacho de Carga y el instructor. En todas estas salas si tiene disponible un sistema de consolas telefónicas idénticas a los sistemas en tiempo real. Estos teléfonos tienen, incluso, las grabaciones de voz que permiten un análisis posterior sobre la calidad de la comunicación entre las distintas salas de controles e los agentes participantes de las maniobras. Las salas contienen 6 consolas conectadas a los servidores SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) utilizando una plataforma simulada de base de datos, idéntica a los datos del tiempo real.



Figura 2: Sala del Simulador de Operación en tiempo real.

1.2.1 JMCad (*Java Modeling Computer aided Design*).

Es una herramienta para la implementación de lógicas y mallas dinámicas para la representación de equipos no simulados en el DTS (*Dispatch Training Simulator*). Permite el desarrollo de modelos matemáticos de simulación utilizando diagramas de bloques lógicos y bloques dinámicos [2]. Una

de las ventajas de esta herramienta es el hecho de ser gratuita y estar disponible en los sitios de aplicaciones digitales.

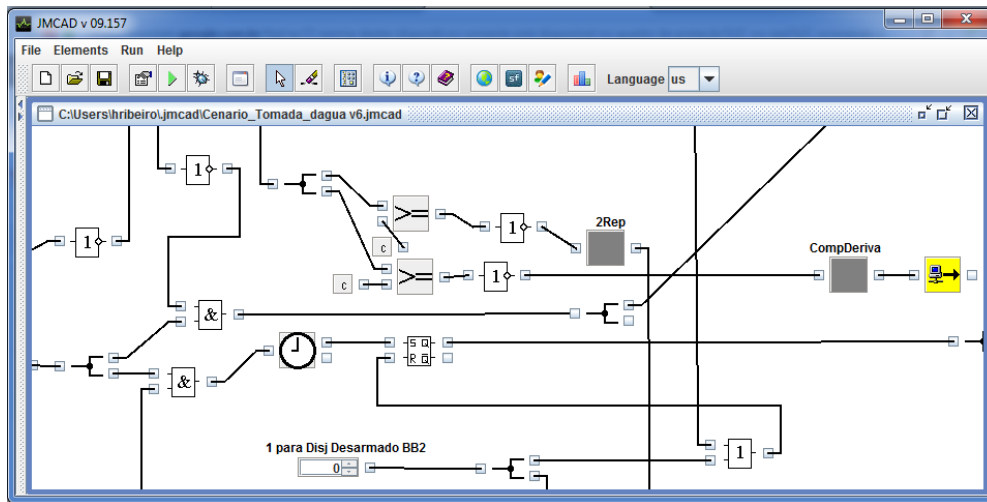


Figura 3: Modelo lógico para funcionamiento de las compuertas.

1.2 Las sesiones del entrenamiento

La sesión del entrenamiento empieza con una introducción teórica sobre las nuevas protecciones de barras. Se abordarán temas como: localización de los paneles, alimentación de los cuadros, los filtros de alarmas, lógicas de actuación de las protecciones y lógica de los relés de bloqueo.

Es bueno dejar claro que: caso alguien no ejecute las acciones conforme los procedimientos, no existe ninguna puntuación negativa u otro tipo de sanción. La actividad correctiva es repetir el entrenamiento hasta que sea hecho con suceso. Las sesiones del entrenamiento sobre protección eléctrica de barras fueron realizadas en diciembre de 2017. El otro entrenamiento; sobre detalles operativos de las compuertas principales de toma de agua (CTM); fue hecho en marzo de 2017.

2. ESCENARIO 1

Fue programada una falla en la señal de corriente proveniente de uno o más TC (transformador de corriente) asociados a la barra durante un período de 5 segundos [3]. En este caso, el Operador debe esclarecer al despachante que la otra Protección se encuentra normal; Emitir Solicitud de Servicio Aperiódico en carácter de Urgencia para el mantenimiento electrónico; y enviar un operador para verificaciones locales en la subestación aislada a gas hexafluoruro de azufre (SF6).

3. ESCENARIO 2

El modelo dinámico presenta la actuación de una protección diferencial de barra A1, estando la barra B1 no disponible debido a una intervención programada de mantenimiento. Este es un escenario de recomposición, en la cual ocurre el desligamiento automático de la Barra A1 de la GIS 50HZ por actuación de las funciones diferenciales (87), con desarme de los relés de bloqueos (86),



XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018

debido a una descarga a tierra (*flash over*) en la Fase R de dicha barra. En este caso, hubo la ocurrencia de 64 alarmas. Acciones específicas esperadas de los operadores de la CCR [4]:

- Analizar las protecciones y las alarmas accionadas;
- Informar sobre el cierre / impedimento y las protecciones actuadas referentes a la Barra A1 al Despachante; enviar un operador para verificaciones locales;
- Accionar el mantenimiento via Solicitud de Servicio Aperiódico (SSA) ;
- Efectuar la apertura de los disyuntores 45U12 y 45U34;
- Coordinar con el despachante la parada de las unidades 01, 02, 03 y 04;
- Pasar el cuadro QA.01 a manual observando la condición operativa del SSAA 50Hz;
- Realizar el aislamiento de la barra A1 según Orden de Manobra (OM) específica;
- Verificar con los sectores del mantenimiento involucrados en cuanto tiempo sería posible viabilizar el retorno de la barra B1 del mantenimiento programado observando el campo Tiempo de Emergencia definido en el PD en cuestión;
- Verificar cuanto tiempo sería necesario para el mantenimiento correctivo de la Barra A1;
- El menor tiempo de intervención será el prerequisite para definir en cuál de las Barras deberá ocurrir la intervención;
- Realizar la normalización de la barra A1 o B1 según OM específica.

4. ESCENARIO 3

Este es un escenario de supervisión, con el objetivo que los operadores sean entrenados en una situación práctica, en la cual ocurre el atascamiento del vástago de accionamiento de los fines de carrera de supervisión de la compuerta de toma de agua. En la situación prevista en este escenario, el operador deberá efectuar las verificaciones necesarias y proceder, mediante pseudopuntos, instrucciones de funcionamiento para solucionar el problema, de la siguiente manera [5]:

Si la indicación de la posición está entre abierta y primera reposición, la situación no es crítica, pero no debe accionado el mando de apertura de la compuerta. En esta situación es necesario informar al despachante y solicitar la intervención del mantenimiento.

Si la indicación está entre la primera y la segunda reposición, la situación es más crítica, se debe evaluar la gravedad situación debido a que la segunda reposición es muy próxima al ajuste de la supervisión de comportamientos a la deriva. El operador deberá observar la velocidad con que la coma está bajando y de esta forma definir si la situación es urgente o emergente.

a). Situación de Urgencia: Si la indicación de la conducta está con primera reposición actuada, caracteriza una urgencia siendo necesarias las acciones operativas de la siguiente manera:

- Solicitar la intervención inmediata del mantenimiento eléctrico y mecánico;
- Negociar con el despachante la reducción de la carga de la unidad;
- Esperar la presencia del mantenimiento y accionar el mando de apertura de la compuerta, preferentemente con la unidad en vacío y con el *trip* de comporta a la deriva desconectada;



XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018

- Si no es posible reducir la carga de la unidad, negociar con el despacho y con el mantenimiento eléctrico para que se desconecte el producto punto de conducción a la deriva antes de accionar la apertura de la compuerta;
- Mantener un operador en el CTM; e informar la Gerencia / turno;
- Anotar en el Informe del turno (RELAT) y emitir Solicitud de Servicio Aperiódico;

b). Situación de Emergencia: Si la indicación de la compuerta está con la primera y segunda reposición actuada, caracteriza una emergencia, el operador deberá realizar las acciones operativas:

- Informar al despachante sobre el riesgo de cierre de la unidad; y reducción de carga de la unidad;
- Negociar con el despacho de carga sobre la posibilidad de realizar un mando de apertura, incluso con la unidad con carga informando sobre el riesgo de trip, si el vástago cae con la vibración;
- Si hay posibilidad de aguardar la presencia del mantenimiento para que el mando de apertura de la compuerta sea realizado con la unidad en vacío y con el trip de compuerta la deriva desconectada;
- Si no es posible reducir la carga de la unidad, negociar con el mantenimiento eléctrico para que se desconecte el punto de conexión a la deriva antes de accionar la apertura de la compuerta;
- Accionar mantenimiento eléctrico / mecánico y solicitar su presencia lo más rápido posible;
- Informar el gerente de la OPUO.DT y el jefe de turno;
- Anotar en el Informe del turno y emitir (SSA); Si durante apertura, tuvo vibraciones, entonces la consecuencia es la caída de la el vástago y la actuación de la supervisión de comporta la deriva, siendo la unidad desligada por el bloqueo 86N. Si la unidad está la parada por conveniencia operativa esta situación ocurrirá en el momento de la partida de la unidad.

5. CONCLUSÕES

Las sesiones de entrenamiento son importantes para practicar la aplicación de instrucciones operativas. Considerando que algunos procedimientos son de rara utilización, pero cuando ocurren las alarmas, ellos precisan ser ejecutados conforme la secuencia de maniobras. Se verificó que en los últimos 3 años, el índice de falla humana ha disminuido, mostrando que las acciones de los Operadores se han aplicado correctamente en situaciones de supervisión o de recomposición.

Fue verificado que este tipo de entrenamiento ha logrado proveer conocimientos fundamentales y desarrollar habilidades que requieren los Operadores para su desempeño con eficiencia cuando se lo solicite; mantener actualizados a los colaboradores en base al conocimiento de Normas en vigencia; contribuir a lograr conductas positivas y mejoras en el clima laboral, aumentar la productividad y calidad en el servicio del área.

Todo lo anterior permitió alcanzar un buen nivel de eficiencia individual y visible maximización del rendimiento colectivo esperado por la Itaipú Binacional y como efecto colateral positivo, elevar la moral de los colaboradores.



BIBLIOGRAFIA

- [1] Mauro, Marco Aurélio Siqueira; División de Mantenimiento de equipamientos de generación; Descripción de funcionamiento (DDF.EQ.03) para el cuadro de control de la compuerta de la toma de agua; noviembre de 2003, pág. 7.
- [2] Trevisan, Felipe; Spricigo, Mailla Cristina; Grupo de Sistemas de Soporte (GSS) de la Superintendencia de la Operación; Creación de modelos de simulación con el JMCAD e integración de los modelos al ambiente del DTS; mayo de 2015; pág. 3.
- [3] SOTER, Sector de Operación en Tiempo real de la División de Operación de la Usina y Subestaciones de la Itaipú Binacional; Informe a los Turnos de Operación (ITO 03/2016) sobre Protección de Barras; junio de 2017; pág. 16.
- [4] Boch, Vanderlei; Sector de Operación en Tiempo real de la División de Operación de la Usina y Subestaciones de la Itaipú Binacional; Planeamiento del entrenamiento de Protección de Barras 50 y 60Hz; agosto de 2017; pág. 14.
- [5] Boch, Vanderlei; Sector de Operación en Tiempo real de la División de Operación de la Usina y Subestaciones de la Itaipú Binacional; Aplicativo para Creación de Escenarios para la Operación de la Usina (CCO); marzo de 2017, pág. 3.