



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

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

---

## Combate a las fallas humanas en la Central Hidroeléctrica Itaipu Binacional

---

**Ramón A. G. Isasi**  
Departamento de Operación de  
Central y Subestaciones  
061-599.3985  
ang@itaipu.gov.py

**Carlos A. Vergara B.**  
División de Estudios, Normas,  
Programación y Estadística  
061-599.3927  
vergara@itaipu.gov.py

**José Ma. Sánchez Tillería**  
Superintendencia de Operación  
061-599.2954  
jsanchez@itaipu.gov.py

**Celso Villar Torino\***  
División de Operación de  
Central y Subestaciones  
061-599.3992  
torino@itaipu.gov.py

**Marcos A. P. Lefevre**  
Superintendencia de Operación  
061-599.3954  
lefevre@itaipu.gov.py

### RESUMEN

Este artículo describirá la experiencia del área de Operación de la Central Hidroeléctrica de Itaipu, en el combate a las fallas humanas en la operación en tiempo real. Serán presentadas en este trabajo las acciones que fueron implantadas en la fase de implantación en las áreas técnica y administrativas, tecnológica y de capacitación de los equipos de trabajo a lo largo de los 25 años de operación industrial, con la finalidad de evitar eventos no deseados ocasionados por fallas humanas.

Nuestra experiencia verifica que el tratamiento continuo de una falla humana, es primordial para el éxito del negocio. Si hoy creemos que eliminar la falla humana – el minimizar sus efectos, es una tarea lejana a la realidad, también creemos que se trata de un desafío estimulante para reducir la frecuencia de los mismos y minimizar las consecuencias con relación a la seguridad de las personas, la integridad de los equipamientos y a la continuidad de la producción de energía eléctrica.

### PALABRAS CLAVES

ITAIPU, Central Hidroeléctrica, operación, falla humana, error humano.

### 1. INTRODUCCIÓN

Normalmente, los análisis de accidentes clasifican un accidente como “falla humana” cuando el conductor no tuvo la debida habilidad o atención durante la conducción del vehículo. De la misma manera, en un accidente similar en el que el freno no funcionó el accidente es clasificado como “falla mecánica”, como si también el freno no tuviese en su proceso de proyecto, producción y mantenimiento al componente humano. En el otro extremo, existen personas que justifican que prácticamente todas las fallas podrían ser clasificadas como “fallas humanas”, es decir, si algo dio errado es porque hubo falla en el proyecto, en la fabricación, en el montaje, etc. Otra afirmación frecuente es que la eliminación de la falla humana en procesos productivos es imposible, considerando que el ser humano por naturaleza está sujeto a errores [5]. En un abordaje interesante se correlaciona al error humano, con la complejidad del trabajo y a la experiencia del profesional, en la que la probabilidad de error humano crece en la medida que un profesional poco experimentado ejecuta tareas complejas, pero también crece cuando un profesional muy experimentado ejecuta tareas de baja complejidad, conforme Figura 1.

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



Figura 1- Relación entre error humano, experiencia del profesional y complejidad del trabajo

Luego de 25 años de operación de la Central Hidroeléctrica de Itaipu, sucedieron experiencias de fallas humanas en la operación en tiempo real, las que dieron origen a varias medidas aplicadas hasta hoy, en el sentido de evitarlas. Nuestra experiencia indica que el tratamiento continuo de la falla humana es primordial para el éxito del negocio. Si hoy creemos que eliminar la falla humana es una tarea fuera de la realidad, creemos también que es un estimulante desafío reducir la frecuencia de ocurrencias y minimizar las consecuencias con relación a la seguridad de las personas, en la integridad de los equipamientos y en la continuidad de la producción. Por eso, tenemos la responsabilidad de compartir con empresas y colegas, las principales medidas que hemos tomado a lo largo de estos 25 años de Operación, en el sentido de evitar que fallas humanas ocurran y que sus incidencias no resulten en impactos significativos son las razones que nos motivaron a escribir este artículo. Presentaremos entonces, informaciones más relevantes referentes a las fallas humanas ocurridas en la Operación en tiempo real. Seguidamente, las principales medidas tomadas en los procesos técnico-administrativo, tecnológico y de capacitación de los grupos de trabajo de la Operación. Finalmente presentaremos nuestras conclusiones.

## 2. FALLAS HUMANAS EN LA OPERACIÓN EN TIEMPO REAL EN AL ITAIPU

Desde 1984, cuando fue iniciada la operación de la Central Hidroeléctrica ITAIPU Binacional, hasta 2009, hubo un total de 69 eventos, habiendo sido la causa clasificada como “falla humana” [4,7].

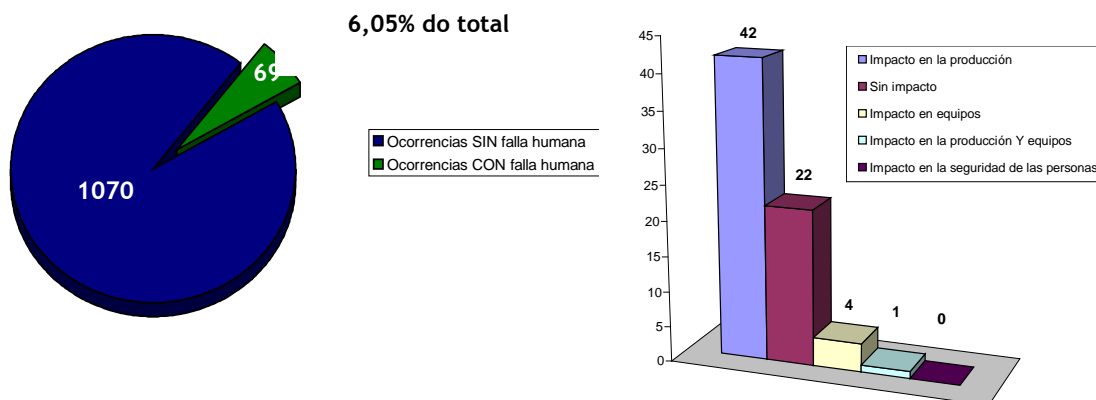


Figura 2 – Eventos de errores humanos en la Operación

La Figura 2, muestra el porcentual de fallas humanas que resultaron en impacto para la seguridad de las personas, de los equipos y de la producción. Desde 1984 a 2009, hubo un total de 1139 eventos, siendo 6,05% de estas originadas por falla humana como causa principal.

### 3. PRINCIPALES ACCIONES CONTRA FALLAS HUMANAS EN LA OPERACIÓN EN TIEMPO REAL

“Principal” fue la palabra escogida para representar más apropiadamente las acciones presentadas en los siguientes tópicos. Entendemos que sería imposible describir en un solo artículo todas las acciones que pueden contribuir positivamente o negativamente al combate a las fallas humanas en la operación en tiempo real. Acciones administrativas como el pago de salarios al día, la logística de transporte y hasta inclusive la disponibilidad de almuerzos, pueden de alguna forma, contribuir positivamente para el tema. Así, los procesos técnicos, la calidad de la comunicación, un texto correctamente redactado en una instrucción y la relación profesional entre un Supervisor y un Operador ejecutor, pueden ser primordiales para el éxito del negocio. La utilización de EPI’s y EPC’s (Equipos de Protección Individual es colectiva) y herramientas apropiadas para la ejecución de tareas, pueden representar un factor decisivo, principalmente, en la consecuencia proveniente de un error humano.

Viendo estos factores que pueden originar una falla humana, escogimos como “principales” aquellos que no solamente fueron fuentes concretas, sino también el “casi fueron fallas”, habiendo sido estudiados y tratados a lo largo de esos 25 años de operación. Dichos factores están en la Figura 3 y sus medidas ya fueron temas de artículos específicos en los que se hace un abordaje más profundo (ver bibliografía).



Figura 3 - Estructura de la relación entre PTT, falla humana y efectos en la producción, equipos y personas

#### 3.1. Procesos Técnico-Administrativos

##### 3.1.a. Planificar, planificar y ejecutar

La mayor parte de los errores humanos en operación de centrales y subestaciones, está asociada a las acciones de:

- 1) normalización de condiciones operativas luego de perturbaciones; y,
- 2) maniobra de aislación y normalización de equipos y sistemas, para permitir la realización de trabajos preventivos o correctivos de mantenimiento.

Entre las dos, las programadas son las de mayor volumen y las que permiten mayor inversión en planificación, valiendo menos la complejidad de la maniobra y más las consecuencias de una maniobra equivocada. Analizar exhaustivamente las acciones de maniobras (Operador o Técnico de

Mantenimiento) antes de realizarlas es crucial para el éxito. Típicamente existen tres momentos de análisis:

- 1 – el análisis todavía en la fase de aprobación del trabajo de mantenimiento, cuando son definidas las maniobras necesarias;
- 2 – el análisis del profesional de mantenimiento, no solamente en cuanto a la adecuación de aislaciones definidas, más en cuanto a las necesidades técnicas y logísticas para la realización del trabajo; y,
- 3 – la liberación de las maniobras, que sin embargo en tiempo real, en la mayoría de las veces, aún permite el análisis de su adecuación antes de la ejecución.

De la calidad de las tres fases, depende el éxito de la ejecución y en este contexto el cumplimiento de los plazos mínimos establecidos, el rechazo de la ejecución en los casos de identificación de anomalías y a la sistematización del proceso debe ser rigurosamente cumplido.[6].

### 3.1.b. Gestión de Vacaciones, Sustituciones y Gastos

La demanda de acciones operativas, por sus características propias, no permite que haya una planificación de largo plazo ( “largo plazo” hasta mismo algunas semanas). La programación de las liberaciones de los trabajos de mantenimiento, es efectuada tanto por la Operación como por el Mantenimiento. Algunas acciones correctivas, pueden comprometer la situación energética de los sistemas eléctricos interconectados (pueden durar algunas semanas).

Por otro lado, los profesionales de operación necesitan de vacaciones, y esto exige la programación y previsión mínima adecuada para la planificación personal y familiar. Conforme los periodos anuales de demanda de mayor trabajo, la programación de vacaciones del personal de operación, se hace más complicado y por ende las expectativas del empleado son muy sensibles a los riesgos por falla humana.

La gestión sistematizada de vacaciones, considera el número máximo de personal que puede salir simultáneamente de vacaciones, según la función profesional, la gestión de los plazos máximos legales de cada país sobre el usufructo de vacaciones, la utilización de profesionales menos experimentados o no suficientemente capacitados para sustituir al personal de vacaciones, también es fundamental para la gestión de fallas humanas. Lo mismo para los procesos de sustituciones y permisos ocasionales de profesionales de la Operación. Admitiéndose, la flexibilidad para las sustituciones y gastos, también contribuyen a evitar las fallas humanas; por otro lado, es incuestionable que esto sea realizado bajo criterios previamente establecidos, idénticas a la gestión de vacaciones [10].

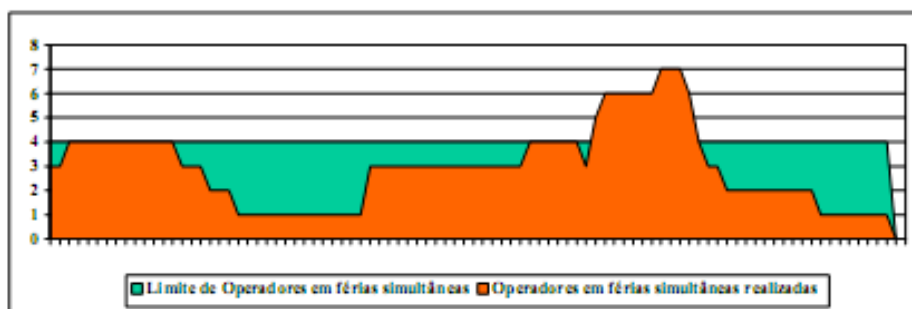


Figura 4 - Gestión de vacaciones simultáneas para Operadores

### 3.1.c. Entrada en Operación de Equipos e Instrucciones

La importancia de la entrada en operación de un equipo al sistema, es la misma de la entrada en vigencia de una instrucción nueva o revisada. Por lo menos ésta debería ser la meta de una buena gestión con foco en fallas humanas. Frases como “actuar localmente buscando resultados globales”, como en la práctica las diversas áreas involucradas con la entrada en operación de un equipo, el sistema de capacitación tiene



sus compromisos presionados por plazos a cumplir. Atender los objetivos locales resulta en la falta de plazos adecuados en la “recta final”: la operación en tiempo real.

Cuidados previos al inicio de operación de un equipo con relación a la capacitación de personal, identificación y diagramas operacionales en el campo, elaboración de instrucción operativa, discusión sistemática entre el elaborador y el ejecutor de la instrucción según la viabilidad ejecutiva y la claridad interpretativa son algunos ejemplos de las acciones que pueden ser anticipadas a la ocurrencia o no de una falla humana.

### 3.1.d. Análisis de Ocurrencias y Providencias

Resaltar la necesidad de analizar una ocurrencia, puede parecer “llover sobre mojado”, a pesar de tener importancia crucial para el combate a la falla humana. Tan importante como el análisis los debates técnicos también lo son con la participación – inclusive, de los Operadores involucrados en la ocurrencia, los Operadores de Turnos de Operación y finalmente, las medidas y providencias para la solución y eliminación de las anomalías identificadas. La utilización de recursos como teléfonos grabados, registro de eventos del sistema de supervisión y comando, oscilopertubógrafos y listas de alarmas, son extremadamente importantes para la corrección y el éxito del análisis de la ocurrencia y, consecuentemente, para el enfrentamiento de la incidencia de la falla humana en la operación en tiempo real. Además del análisis histórico de las fallas, permite identificar los principales factores que las están provocando.

## 3.2. Tecnología

Desde el año 2000, está en vigencia el sistema SCADA. Con este varias acciones fueron tomadas con el objetivo específico de evitar la ocurrencia de fallas humanas o que la ocurrencia resulte en impacto en la seguridad de las personas, de los equipos y en la continuidad de la producción se tornaran posibles antes del SCADA, fue identificado que 40% de las fallas humanas, podrían haber sido evitadas apenas con los recursos del SCADA tradicional [4]. En el sentido de reforzar aún más los beneficios proporcionados por el SCADA en la reducción de fallas humanas, los siguientes aplicativos fueron desarrollados por ITAIPU:

### 3.2.a. SARTRE (Sistema de Activación de Reglas en Tiempo Real)

*Área de actuación: seguridad de las personas, de los equipos y de la producción.*

Se trata de un programa que tiene como objetivos principales advertir al Operador de:

- 1 – una condición operativa en tiempo real en la Central o Subestaciones, que viola las condiciones operativas establecidas en las Instrucciones de Operación;
- 2 – una condición operativa en tiempo real que, misma no violando las instrucciones vigentes, no es la condición establecida en las instrucciones como opción de preferencia;
- 3 – informar al Operador que la maniobra o comando que él ha “intentado”, si fuese insistida, violará una condición operativa establecida en las instrucciones o como riesgo de falla humana.

En cualquiera de los tres casos, el SARTRE siempre informará adicionalmente el porqué está generando un alerta y cuando sea aplicable, qué es lo que el Operador debería hacer para eliminar o evitar la anomalía. Notar que los dos primeros casos, tratan de situaciones que ya se establecieron y, por tanto la ayuda del SARTRE se restringe a apoyar al Operador en la detección de la anomalía y en su eliminación lo más rápido posible.

En el tercer y último caso, el SARTRE además de alertar, actúa “antes” de que la acción sea realizada, evitando una posible falla humana. Como ejemplo concreto de esta función, se puede citar que si exactamente en este momento, el Operador de tiempo real de la Central de Itaipu, por alguna razón se pretenda desconectar la Unidad Generadora n° 10, que ya está con cero MW y por eventual distracción

efectuar el comando de parada en la Unidad 11, el SARTRE abrirá automáticamente una pantalla de color amarillo (color exclusiva para las pantallas del SARTRE en el Sistema SCADA de la ITAIPU) informándole que él está pretendiendo desconectar una unidad generadora que está generando en ese momento unos 700MW y hacer la pregunta: si él pretende continuar. Informa también que decisiones contrarias a las recomendaciones del SARTRE son posibles, sin embargo exigen concordancia del Supervisor del Turno. Obviamente que nuestros Operadores ya saben que la aparición de la pantalla amarilla del SARTRE durante la tentativa de efectuar un comando, significa algún riesgo inminente de falla humana y, por tanto volver a evaluar la decisión de tornarse imprescindible [1, 2, 11].

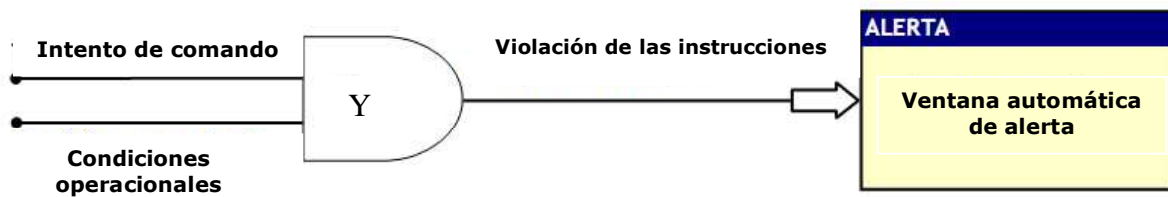


Figura 5 - Lógica de funcionamiento del Sistema SARTRE

### 3.2.b. SAMOP (Sistema de Apoyo a las Maniobras de la Operación)

Área de actuación: seguridad de las personas y de los equipos.

Una de las actividades que exigen más atención y coordinación en la Operación de la Central es la de aislar y normalizar diversos equipos (muchas veces simultáneamente) perteneciente a la unidad generadora cuando ésta se encuentra en mantenimiento preventivo, tanto para diferentes servicios y frentes de trabajo, deben ser precisas por el riesgo de que resulte en accidentes graves con los grupos de trabajo de mantenimiento o serios daños a los equipos.

Las liberaciones de trabajos del área mecánica, por ejemplo, deben ser coordinadas con los coordinadores de eléctrica o electrónica, para que los mecánicos no reciban choques eléctricos o electrónicos, no se vieran con partidas inesperadas de ventiladores o de otras piezas rotativas. La complejidad aumenta cuando se considera que las diversas maniobras (cierre de válvulas, abertura de disyuntores, etc.) están distribuidas en varias cotas y galerías de la Central, tornando restringida la capacidad de supervisión del coordinador. Existe una dependencia casi exclusiva de confirmaciones de maniobras a través de telefonía móvil restringida o radio. El SAMOP tiene exactamente el objetivo de aumentar la seguridad de las personas y de los equipos de las unidades generadoras. Con ayuda de pantallas del sistema de supervisión de cada secuencia de maniobras, el Coordinador puede supervisar en tiempo real, cada paso de la secuencia de maniobras. A su vez permite las acciones de su grupo de trabajo, contribuyendo de esa manera de forma más robusta durante el combate a los riesgos típicos de falla humana en la Operación en tiempo real.



Figura 6 - Lógica de funcionamiento del Sistema SAMOP

Frente a la existencia de datos a ser adquiridos (posición de válvulas, disyuntores, etc.) por el sistema de supervisión, actualmente la implantación del SAMOP solamente es posible en las dos nuevas unidades generadoras, sin embargo ya se encuentra bajo especificación el proyecto de modernización de las 18 unidades más antiguas, la que incluirá necesidades del SAMOP.

### 3.2.c. SADET (Sistema de Apoyo a la Toma de Decisión en Desconexiones de Equipos en Tiempo Real) . Área de actuación: seguridad de los equipos y de la producción.

La cantidad de equipos diariamente sometidos a maniobras de aislación y normalización para mantenimiento preventivo y los compromisos significativos de la producción frente a los dos clientes, Brasil y Paraguay, llevaron al área de Operación a definir sectores específicos para desarrollar actividades de pré-operación y de ejecución de maniobras para actividades programadas, permitiendo así que los grupos de trabajo de Turno, mantengan el foco prioritario en la producción. Para casos fuera del horario comercial, es esencial que los Operadores del Turno tengan las competencias para realizar excepcionalmente las mismas actividades de rutina para definir y ejecutar las maniobras de aislación y normalización. Por la constante rotación de Operadores entre estos sectores, el SADET visa llevar a la Sala de Control y al Operador de tiempo real, el conocimiento existente en el Sector de análisis y aprobación de los pedidos de desconexión provenientes del área de mantenimiento y definición de todas las maniobras, a través de la formación de una base de conocimiento.

El SADET puede ser utilizado en situaciones reales o simulaciones, para simular una situación real de desconexión de un equipo de forma programada, urgente o forzada. La base de conocimiento fue elaborada por todos los Operadores, algunos de ellos con más de 20 años de experiencia. El SADET ya está disponible para algunos cuadros, y en desarrollo las reglas de conocimiento para los demás equipos.



Figura 7 - Lógica de funcionamiento del Sistema SADET

### 3.3. Capacitación del Grupo de Trabajo

Uno de nuestros Supervisores acostumbra utilizar una frase bastante interesante, sobre Operadores e la Capacitación: “el Operador podría ser comparado con un atleta olímpico, entrena 4 años para participar por algunos segundos”. La diferencia es que el atleta olímpico sabe el momento de “participar”. Capacitarse, indiscutiblemente es la llave del éxito; si, por un lado, apenas la capacitación no es garantía de falla humana cero, por otro lado la falta de capacitación es camino directo para la falla. Seguidamente destacamos las tres principales acciones en el área de capacitación como un componente más de esta “red de acciones” en la batalla diaria contra la falla humana en la Operación en tiempo real [8].

#### 3.3.a. Plan Anual de Capacitación

Desde el inicio de la Operación de la Central, las inversiones en capacitación fueron prioritarias; sin embargo, hace algunos años fue identificado que era necesario, tomar como foco el tema, de la misma forma como se hace con nuevos proyectos: con entusiasmo. Problemas como falta de control de participación, falta de verificación del aprovechamiento, ausencias debido a la demanda de trabajo, la falta de reconocimiento en la actuación de empleados como Instructor de la empresa, estaban instalados

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

---

en la rutina de capacitación de la Operación de la Central. Era necesario “oxigenar” el proyecto con nuevas dosis de entusiasmo y prioridad.

El área de Operación creó el PAC (Plan Anual de Capacitación) teniendo entre sus lemas “El trabajo ya será justificativa del empleado o de la empresa para no capacitar”. Al comienzo no fue nada fácil decir a los empleados y hasta inclusive para los Supervisores: OK, si fuere necesario, vamos a parar el trabajo, vamos decir no a nuestros clientes, vamos a cerrar el sector porque hoy nos vamos a capacitar! La metodología es simple. Los puntos más relevantes son:

- realizar anualmente el Plan de Capacitación, atendiendo los temas: Procedimientos Operativos, Funcionamiento de Equipos, Seguridad del Trabajo y Asuntos Corporativos;
- solicitar sugerencias de capacitación a ser realizados por todo el grupo de empleados de la Operación;
- conocer los proyectos en desarrollo y que podrán entrar en operación el próximo año identificando potenciales temas de capacitación;
- realizar un control eficiente y ágil de la participación de los empleados de la Operación;
- reconocer la participación y tratar las ausencias no justificadas con agilidad;
- realizar verificaciones de aprovechamiento;
- incentivar y valorizar las iniciativas de actuación como Instructor;
- trabajar no puede ser justificativa para no capacitarse.

**Media General de Participación**  
(por empleado)

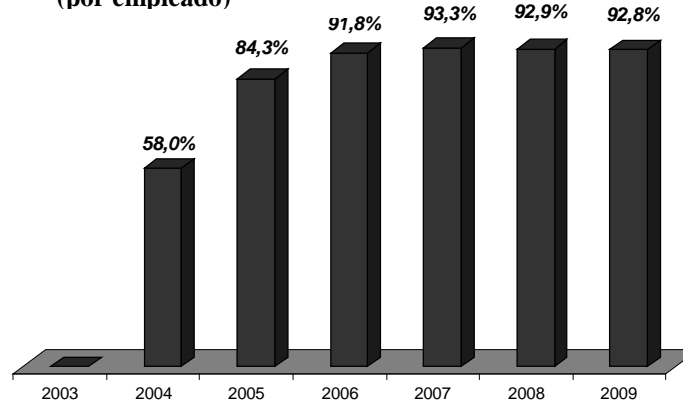


Figura 8 - Porcentuales de participación en capacitación en la Operación de la Central

### **3.3.b. Certificación de Operadores en la Operación vía SCADA**

Dentro del Plan Anual de Capacitación de 2004 a 2005, la capacitación en la utilización del sistema de supervisión y comando (SCADA) fue prioritario, y por tanto había que elaborar una estrategia mucho más allá de la capacitación “normal”. Fue realizada una certificación, el Plan de Capacitación en el SCADA y sus 12 aplicaciones, el SARTRE inclusive, estaba compuesto de los módulos básico y avanzado, testes de certificación con pruebas teóricas, ejercicios prácticos y actuaciones frente a perturbaciones creadas en el simulador digital.

El plan de capacitación también estuvo vinculado cronológicamente, a la evolución gradual de la transición de la operación de la Central y subestaciones vía sistema convencional al sistema digital. Para eso, fue pré-condición la certificación de los Operadores de tiempo real, en el uso del sistema digital, así como la presencia en los turnos, de Operadores especialistas en operar vía SCADA. Los resultados



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

fueron los mejores posibles: ninguna falla humana ocurrió con impacto en la producción, durante la difícil y compleja transición entre las herramientas antigua (convencional) e la nueva (digital) [3, 9].

El año 2010 se inicia con una misión no menos importante para la Operación: la modernización del sistema SCADA, iniciada en el mes de marzo y que demandará nuevamente una transición (menos traumática por ser de sistema digital para digital, sin embargo no menos preocupante desde el punto de vista de las acciones para evitar la falla humana en tiempo real).

| Etapas en la Formación de Operadores |                    |                    |                    |                     |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Horarios                             | A                  |                    | B                  |                     |
|                                      | 1º ETAPA           | 2º ETAPA           | 3º ETAPA           | 4º ETAPA            |
| Comercial<br>7-12h y 14-18h          | Digital y Asistida | Digital y Asistida | Digital y Asistida | Digital NO Asistida |
| Almuerzo<br>12-14h                   | Convencional       | Digital y Asistida | Digital y Asistida | Digital NO Asistida |
| Horario de Punta<br>19-22h           | Convencional       | Convencional       | Digital y Asistida | Digital NO Asistida |
| Noche/Madrugada<br>22-7h             | Convencional       | Convencional       | Digital y Asistida | Digital NO Asistida |

Figura 9 - Relación entre la evolución de la capacitación y la entrada gradual del SCADA en operación

### 3.3.c. Sistema de Capacitación de Operadores (STO)

Se trata de una importante herramienta más de nuestra “red de acciones” contra la falla humana. El STO está compuesto de tres módulos: 1 – capacitación informal, 2 – capacitación formal y 3 – certificación. Los tres módulos utilizan la misma base de datos, compuesta actualmente de 400 preguntas, en la modalidad de múltiple elección, elaboradas a partir de los procedimientos técnicos de la operación. La capacitación informal puede ser realizado por el Operador en cualquier momento a partir de cualquier computadora disponible en el ambiente de la Operación, inclusive desde la Sala de Control como un medio de auto-capacitación, es decir, solamente él conocerá el resultado de su evaluación. Por su parte, la capacitación formal es realizada por todos los Operadores de forma sistemática y periódica, y los resultados son de conocimiento de la empresa, pudiendo ser considerados en su evaluación de desempeño.

Como forma de incentivo a la capacitación “informal”, aun siendo los resultados de esta capacitación de conocimiento exclusivo del Operador, todas las capacitaciones informales realizados por él y cuyo resultado haya sido superior a 50%, será computado como un bono en la media general de los resultados de la capacitación formal. El objetivo del STO toma todas las cuestiones relevantes sobre procedimientos operativos y funcionamiento de los equipos, por el momento la base de preguntas está formada apenas con preguntas relativas a los procedimientos operativos.

El módulo de certificación del STO a través de la Capacitación Formal, todavía está pendiente de la determinación empresarial.

## 4. UNA SIMULACIÓN DE RESULTADO: EL SARTRE DESDE EL INICIO DE LA OPERACIÓN

Entre las principales acciones en el área tecnológica, la que más puede contribuir para el combate a la falla humana en la operación en tiempo real, es el sistema SARTRE. Creyendo en esta afirmación, fue hecha una simulación con los datos del pasado buscando responder las siguientes preguntas:

*¿Cuáles y cuántas de las 69 ocurrencias de fallas humanas podrían ser evitadas con el SARTRE?*

De las 69 ocurrencias de fallas humanas, 53 podrían ser evitadas con el SARTRE, o sea, 77% de las ocurrencias. Obsérvese que el beneficio debido al SCADA tradicional, aun siendo significativo, fue de 40%, o sea, la mitad de lo alcanzado con el SARTRE. Obs.: aun siendo las 53 ocurrencias citadas arriba sean implementadas con reglas del SARTRE, actualmente sería solo para 18 de esas ocurrencias, las otras 35 pendientes están dependiendo de dispositivos de adquisición de datos.

*¿Entre las 53 ocurrencias que podrían ser evitadas con el SARTRE, cuál es su importancia según los datos generales de impacto en la seguridad de las personas, de los equipos y de la producción?*

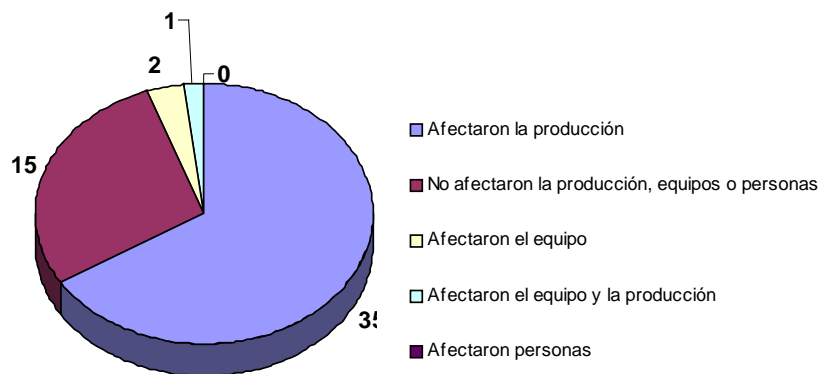


Figura 10 - Fallas humanas que podrían haber sido evitadas con el SARTRE

*¿Entre las 35 ocurrencias que serían evitadas por el SARTRE y que tuvieron impacto en la producción, cuánto sería economizado en términos de energía no disponible y a los costos involucrados?*

Considerando las 40 ocurrencias con impacto en la producción, cuya causa haya sido “falla humana”, independientemente de la aplicabilidad del sistema SARTRE, hubo un total de energía no disponible y valor financiero potencialmente comprometido siendo un total de 25.124 MWh y US\$ 774.600,00 respectivamente. Con 35 ocurrencias con impacto en la producción, cuya causa fuera “falla humana” y donde el SARTRE sería eficaz, la energía no disponible en el valor financiero potencialmente comprometido sería 20.480MWh y US\$ 631.426,00, es decir, el SARTRE eliminaría un total de 81,5% de los valores financieros potencialmente comprometidos correspondiendo a un valor superior a 0,5 millón de dólares [12]. Obviamente que este cálculo financiero representa apenas la “punta del iceberg”, pues considera apenas el valor de la energía no proveída por la ITAIPU y no el valor económico y social de la energía no proveída para los clientes, como los riesgos vinculados al mal funcionamiento de sistemas de transporte, atención en hospitales, iluminación pública, etc. No cuantifica también otros costos como perjuicios a la imagen de la empresa y perjuicios a la moral del grupo de trabajo.

## **5. CONCLUSIONES**

- El índice de fallas humanas en la operación en tiempo real de la Central Hidroeléctrica de ITAIPU, desde el año de 2005, viene siendo alternado entre cero y uno, motivo de satisfacción y celebración para el grupo, pero aun no sabríamos responder exactamente cuáles de las acciones tomadas, no fueron tomadas o dejamos de hacer, para la obtención de este índice, esa es la complejidad del tema “falla humana”.
- Estudiar este tema diariamente es invertir siempre en la “red de acciones” en el combate continuo contra la falla humana y creemos que es el mejor camino.



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

---

- Entendemos que organizar la red de acciones según las medidas en las áreas técnico-administrativas, tecnológicas y capacitación del grupo, es una forma viable y promisorio para bloquear la ocurrencia de fallas humanas o, en el peor de las hipótesis, en el efecto nocivo de la falla humana en la seguridad de las personas, de los equipos y de la producción.
- En el área tecnológica, destacamos el sistema SARTRE como uno de los recursos más promisorios que implantamos recientemente y que esperamos que con el transcurrir de los años, tenga un efecto indiscutiblemente positivo en la ocurrencia y en las consecuencias de las fallas humanas en la operación en tiempo real.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Lefevre A. P. Marcos, Armindo A. Villasanti L., Camargo J. Ricardo, Torino V. Celso. *Measures for operational improvement at ITAIPU Binacional Power Plant*, 2003, Hydro.

[2] Torino V. Celso, Silva M. Fernando, Barreto T. Douglas, Isasi A.G. Ramon, Soares, D. C. Paulo, Martinez C. L. Davalos, Soto S. Heriberto And Santos A. Missias. *Activation of Rules System in Real Time (SARTRE) at Itaipu Binacional Power Plant: A Contribution to Operation Quality*, 2003, Waterpower.

[3] Torino V. Celso, Silva M. Fernando, Ribeiro G. Henrique. *Empower Staff While in Flight – The ITAIPU Power Plant Experience in Training Operators to Work With Digital Systems*, 2005, Waterpower.

[4] Nascimento J. Pereira, Baliza A. José, Martins B. Marcelo. *Tratamiento de las Fallas Humanas en la Operación de ITAIPU*, 1996, I SETAP.

[5] BARATA O. GUILHERME, BORGES A. LUIZ. *Impacto de los Sistemas Digitales en la Reducción de Fallas Humanas en la Operación de la Central Hidroeléctrica de ITAIPU*, 2000, II SEPOCH.

[6] Mitre A. F. Miguel. *Análisis del Desempeño Humano en la Operación de Sistemas Eléctricos*, 2002, III SEPOCH;

[7] Faria L. A. Telmo. *Prevención de Fallas Operativas de Naturaleza Humana*, 1998, I SEPOCH.

[8] NASCIMENTO R.L. ANTÔNIO, ARAÚJO, L. A. M. BERNADETE, SILVA C. F. S. CARLOS, *Prevención de Fallas Operacionais, Humanas e de Procesos*, 2002, II SEPOCH.

[9] TORINO V. CELSO, BORGES LUIZ, D'IPPOLLITO MARCOS, MEDEIROS ELIZETE. *Programa de Trainees Nivel técnico*, 2002, III SEPOCH;

[10] Torino V. Celso, Isasi A.G. Ramon, Silva M. Fernando, Ribeiro G. Henrique, Barreto T. Douglas, Gonzalez V. A. Alvarez, Martins A. J. Miguel, Martinez G. Francisco, Miranda F. Sanchez. *Capacitación de profesionales de la Operación de la Central de ITAIPU no Uso de Sistemas Digitais de Supervisión e Controle*, 2002, VIII EDAO;

[11] torino v, celso, isasi a.g. ramon, dupont irno, vergara b. c. antonio. *Gerenciamento das Vacaciones en la Operación de la Central Hidroeléctrica de Itaipu*.

[12] Torino V. Celso, Barreto T. Douglas, Soares D. C. Paulo, Martinez L. C. Davalos, Isasi A. G. Ramon, Soto S. Heriberto, Santos A. MISSIAS. *Sistema de Ativação de Regras em tempo Real (SARTRE): uma Contribuição para a Qualidade Operativa*, 2002, SIMPASE.