



GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO: EXPERIENCIA DE LA OPERACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE LA ITAIPU BINACIONAL

Carlos A. Knakiewicz, J. M. Sanchez, Ramon A. G. Isasi, Carlos A. Vergara, Celso V. Torino, Fernando de Menezes S., Douglas T. Barreto, Nelson Romero E., Luiz C. S. G. Júnior, Fermín López, Francisco H. P. Cavalcanti, Marco A. Amarilla

ITAIPU Binacional
Brasil y Paraguay

Resumen

Este Artículo describe la experiencia del área de Operación de la Central Hidroeléctrica de Itaipú, en el desarrollo de acciones y productos que favorecen y contribuyen para la Gestión del Conocimiento. Este trabajo presenta las acciones actualmente en desarrollo que permiten, a través de la generación, retención, transferencia y divulgación del conocimiento, contribuir con la excelencia técnica de la ITAIPU Binacional y las acciones que fueron implementadas a lo largo de 23 años de experiencia en la operación de la mayor hidroeléctrica del mundo [1].

Palabras-clave

ITAIPU, central hidroeléctrica, operación, transferencia del conocimiento, gestión del conocimiento.

1- Introducción

Es innegable la importancia del conocimiento para que las organizaciones busquen su competitividad y sobrevivencia. La Gestión del Conocimiento (GC) puede ser encontrada bajo diversas definiciones que ciertamente pasan por términos claves como preservación, generación, transferencia, retención, diseminación, conocimiento tácito, explícito, etc. Para la ITAIPU Binacional, la GC es un proceso sistemático de identificación, creación, renovación y aplicación de los conocimientos que son estratégicos en la vida de una organización.

Este artículo está basado en las principales acciones de GC realizadas en el área de la Operación de la Central Hidroeléctrica; debe ser tratado con mucho cuidado, debido a que si una organización existe hace cierto tiempo y con éxito reconocido, la gestión del conocimiento y la transferencia del mismo, debe haber ocurrido a través de diversas acciones concretas, algunas de ellas requiere de conocimiento explícito del staff gerencial.

Citaremos las acciones de GC de la Operación de la Central realizadas a lo largo de sus 23 años de existencia “y” que - a priori, podrían ser vistas como inéditas o de interés para otras áreas y otras organizaciones. Compartir con empresas y colegas interesados en el tema, ilustrará sobre la importancia del porqué la experiencia y el aprendizaje del pasado deben ser preservados y transmitidos al futuro de la institución. Esas son las razones que nos motivaron a escribir este artículo.



VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
29, 30 y 31 de Octubre de 2008

Habrà un apartado sobre la selecci3n y preparaci3n de trainees para Operadores de Hidroel3ctrica e Ingenieros de Operaci3n. Su integraci3n a la cultura y conceptos de la empresa, la misi3n y su plan estrat3gico, as3 como la capacitaci3n interna y externa de los principales asuntos t3cnicos, son presentadas en el apartado “Programa de Trainees” [6].

Asuntos asociados a la preparaci3n y capacitaci3n de equipos de trabajo, la gesti3n de personas, los planes de acci3n de emergencia, la seguridad en el trabajo y desarrollo gerencial son presentados en el t3pico “Plano Anual de Treinamiento” [7].

Elaboraci3n de sites, formaci3n del banco de curr3culos, sistemas de acceso a las instrucciones de operaci3n y manuales de caracter3sticas operativas de los equipamientos, divulgaci3n de art3culos publicados e incentivos por la realizaci3n de disertaciones t3cnicas son cuestiones abordadas en el tema “Documentaci3n y Registro del Conocimiento”.

Inversiones tecnol3gicas como:

- Gerenciador de Inspecciones (GIO);
- Sistema de Apoyo a Maniobras (SAMOP);
- Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones en las Desconexiones de Equipamientos (SADET);
- Sistema de Activaci3n de Reglas en Tiempo Real (SARTRE),

Presentados como “Aplicativos de Preservaci3n y Transferencia de Conocimiento”, estos avances preservarán los conocimientos del pasado y disponibles para nuevos empleados.

Finalmente, las conclusiones incluyen un an3lisis de los resultados con foco en la seguridad f3sica de los empleados, la continuidad de la producci3n, y la preservaci3n de la integridad de los equipamientos [1]. Tambi3n, un abordaje sobre las expectativas de los desaf3os futuros en el tema “transferencia del conocimiento” en la Operaci3n de la Central de ITAIPU.

2. Gesti3n del Conocimiento en la ITAIPU Binacional

Desde 2004, la ITAIPU Binacional ha encarado la “Gesti3n del Conocimiento” de forma institucional, creando su primer grupo de trabajo para la elaboraci3n del PCGC (Proceso Corporativo de Gesti3n del Conocimiento). En el a3o 2005, fue creado un sitio en la Intranet de la empresa para la divulga su PCGC y ha emitido un informe final a la empresa con la participaci3n de la Pontificia Universidad Cat3lica y la Universidad Nacional del Este, donde constan las Directrices Estrat3gicas para el Proceso Corporativo de Gesti3n del Conocimiento de la ITAIPU. En el portal del PCGC, fue habilitado el “Banco de Curr3culos y Talentos” de la Itaipu. A partir de ah3 fueron tomadas varias acciones, asumidas por las diversas áreas de la empresa en el sentido de identificar, capturar, seleccionar y validar; organizar y almacenar; compartir, disponibilizar el acceso, aplicar y crear el conocimiento organizacional.

3. Gesti3n del Conocimiento en la Operaci3n de la Central

La Operaci3n de la Central Hidroel3ctrica (CHI), organiz3 sus acciones de Gesti3n y Transferencia del Conocimiento en cuatro áreas espec3ficas:

- Programa de Trainees;
- Plano Anual de Treinamiento;
- Documentaci3n y Registro del Conocimiento; y,

- Aplicativos de Preservación y Transferencia de Conocimiento.

Las principales acciones en estas cuatro áreas serán detalladas a continuación.

3.1- Programa de Trainees

Invertir en la selección y contratación de trainees – solo por contratar, sería irrelevante bajo la óptica de la transferencia del conocimiento. Por las acciones de la Operación de la CHI en este campo, creemos firmemente que nuestro Programa de Trainees también contribuye a la retención y diseminación del conocimiento. El Programa cubre todo el proceso de selección, integración, formación técnica de los Trainees, hasta la fase de evaluación y acompañamiento por Coordinadores, Supervisores y Tutores, incluyendo obviamente la confirmación de los seleccionados. Pero aquí trataremos solo lo que tiene vínculo con la transferencia del conocimiento. Para mayores detalles consultar nuestras referencias [6].

El Programa de Trainees posee un Programa de Integración, en el que el trainee tiene la oportunidad de conocer la empresa como un todo, en todos sus aspectos funcionales y reglamentarios. El segundo está relacionado al área Técnica y a la Operación en particular, vinculado a la Formación Técnica de sus RRHH, los trainees pueden recibir informaciones de otros colegas más experimentados, colegas en fase “sénior” de sus respectivas carreras.

Es importante resaltar que el Programa de Trainees es muy diferente al Plano Anual de Treinamento, que será tratado en el apartado siguiente, porque está orientada para profesionales en fase inicial de su carrera, y en el que se les explica con cierta profundidad “el porqué realizamos así”, quedando en segundo plano la excelencia del “cómo hacemos”.

3.2 Plano Anual de Treinamento – PAT (Plan Anual de Capacitación)

Tiene como propósito CAPACITAR a los Operadores, pero también es aprovechado para generar la retención y diseminación del conocimiento. La Operación incentiva “reciclaje operacional” a través de cursos que tratan sobre los procedimientos operacionales y el funcionamiento de equipamientos, siendo Instructores los propios Supervisores y Operadores de la CHI. Los Instructores pueden ser – inclusive, Operadores menos experimentados pero con la participación de Supervisores más antiguos, posibilita el debate, la corrección de conocimiento equivocado y la transferencia de experiencia y conocimiento.

Problemas en el control de la participación, del aprovechamiento, la justificación de ausencia por la demanda de trabajo, la falta de reconocimiento para el adiestrando como para el instructor, hizo necesario oxigenar el proyecto con nuevas dosis de entusiasmo y priorización. Motivos que impulsaron a la Operación a crear el PAT (Plano Anual de Treinamento), bajo el lema *“El trabajo ya no será más la justificación del empleado o de la empresa para no capacitarse”*. La siguiente figura, muestra los resultados de capacitación alcanzados en los últimos 4 años.

Año 2007 – Participación = 93,21 %; Hs de capacitación = 90,38 hs

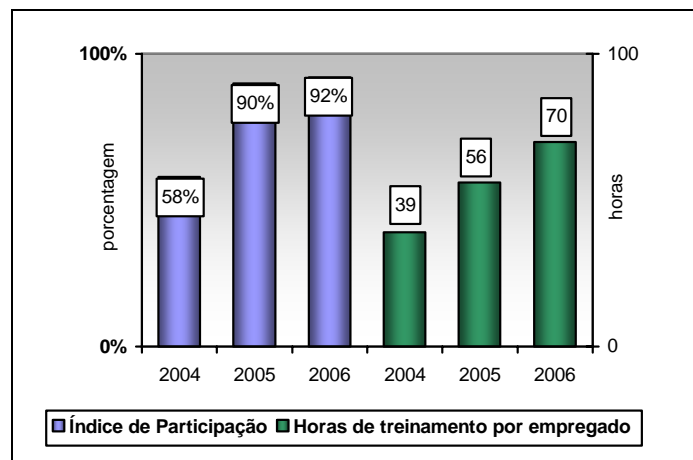
VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
29, 30 y 31 de Octubre de 2008

Figura 3: Resultados del PAT (incluir 2007)

3.2.1 Software de Treinamento / Entrenamiento de Operadores (STO/SEO)

Como es observado en el gráfico, 2007 tuvo un salto gracias a la puesta en vigencia del STO/SEO, una importante herramienta a la capacitación y retención del conocimiento. Es un Banco de Preguntas - basadas en las Instrucciones de Operación, preparadas por los propios Supervisores y Operadores, quienes son incentivados a proponer preguntas – inclusive desde su experiencia práctica “gatillo”(pitfall), a los administradores del aplicativo. El **STO/SEO** consta de dos módulos: **módulo informal** y **módulo formal**, que utilizan la misma base de datos compuesta por 400 preguntas de selección múltiple.

La capacitación informal, puede ser realizada por el Operador en cualquier momento, desde cualquiera de las computadoras en red, como medio de auto-aprendizaje y donde solamente Operador conocerá el resultado evolutivo de su capacitación.

En el módulo formal se verifica y registra el nivel de conocimiento de cada Operador o Ingeniero en Operación, siendo evaluados sobre las Instrucciones y Procedimientos Operacionales vigentes; es una forma sistemática y periódica de medir conocimiento, siendo sus resultados considerados por la empresa en su plan de desarrollo profesional.

Para incentivar el uso de la capacitación “informal”, si el aprovechamiento es superior a 50%, serán computados como una especie de premio en la media general de los resultados de la capacitación “formal”.

3.3 Documentación y Registro del Conocimiento

La Operación de la Central – desde sus inicios en 1984, ha registrado y divulgado el conocimiento explícito entre sus colaboradores. Existen varios, pero la principal fuente es el SOM (Sistema de Operación y Mantenimiento), que dispone de la documentación técnica operacional en un sistema computacional, explicita todos los procedimientos para operar y mantener la Central Hidroeléctrica. El SOM está estructurado en tres principales tópicos:

- Manuales Generales - reglas generales de producción de la Central y la metodología del relacionamiento entre la Operación y el Mantenimiento;
- SAM (Sistema Apoyo al Mantenimiento) - establece los procedimientos de Mantenimiento;

VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
29, 30 y 31 de Octubre de 2008

- SAO (Sistema de Apoya a la Operación) - define los procedimientos de la Operación. Contempla todas las normativas de operación, tales como:
 - Instrucciones de Operación de la Central (IOC),
 - Planillas de Inspecciones de la Operación (PIO),
 - Maniobras de la Central (MC),
 - Reglas de Operación (ROPI),
 - Manuales de Características Operativas (MCO),
 - Sistema Solicitación de Servicios (SSA),
 - Sistema de Autorización de Trabajo (AT).

También el sitio de la Operación de la Central en la Intranet, está disponible 24 horas por día en la red corporativa. Permite desde la Sala de Control de la Central, diversos documentos de la Operación - entre ellos el propio SOM; la opción “operación on line”, en el que son presentados los principales datos de producción y configuración operacional en tiempo real de la Central; la Escala de Trabajo de los Turnos de Operación; los diagramas simplificados de la planta; el link con instituciones normativas nacionales e internacionales; acceso a la página de la CIPA (Comisión Interna de Prevención de Accidentes) y el PAE (Plan de Acción de Emergencia).

Adicionalmente, dentro del Sistema de Gestión del Conocimiento de la ITAIPU, se encuentra disponible el Banco de Currículos de los empleados y ex-empleados, conteniendo informaciones relativas al histórico técnico de cada profesional, tales como su formación educacional, cursos de capacitación realizados, su experiencia profesional, trabajos publicados y talentos desarrollados.

3.4- Aplicativos de Preservación y Transferencia del Conocimiento

Aclaremos que inicialmente los aplicativos de este apartado, no tenían como foco principal la cuestión de la transferencia del conocimiento. Si mejorarían los resultados de la Operación de la Central, para:

- Eliminar posibilidades de falla humana con impacto negativo en la seguridad de las personas;
- Garantizar la continuidad de la producción; y,
- Mejorar el desempeño de los equipamientos, sistemas e instalaciones.

Para lograr estos tres puntos, los aplicativos contribuyen reteniendo y diseminando los conocimientos de mejor manera: a corto, medio y largo plazo.

En este trabajo y a pesar del espacio limitado, por la complejidad y riqueza de cada aplicativo abarcaremos solo las funcionalidades y recursos de esos aplicativos que efectivamente contribuyen con la transferencia del conocimiento, más informaciones pueden ser encontradas en las “referencias” citadas.

3.4.1 GIO (Gerenciador de las Inspecciones de la Operación) [5]

Las inspecciones realizadas por la Operación en la Central de Itaipu tuvieron inicio en 1982. Casi veinte años después - julio de 2001, el asunto “inspección” en la Operación - actividad casi anónima, era realizada por un excelente equipo humano, cuyas inspecciones permitirán detectar una anomalía que, una vez identificada y era corregida, traería consecuencias a la producción o a la seguridad operacional de la Central y sus subestaciones.

En relación a la transferencia del conocimiento, existen **7635** anomalías catastradas en el GIO desde el año 2003, sumadas a una media de 1000 por año antes de su implantación, producto de más de 20 años de Operación. Están disponibles para los Operadores con la posibilidad de generar anomalías simuladas a través de capacitación programada. La transferencia de conocimiento, se produce a través de los registros de las providencias básicas tomadas por los Operadores para cada anomalía catastrada.

3.4.2 SARTRE (Sistema de Activación de Reglas en Tiempo Real) [3]

Tiene por objetivo, informar al Operador para evitar incurrir en tres tipos de anomalías cuando exista una condición operativa en tiempo real en la Central o en las Subestaciones:

- 1- que, está violando las condiciones operativas establecidas en las Instrucciones de Operación;
- 2- que, a pesar de que no esté violando las instrucciones vigentes, no es la condición establecida en las instrucciones como opción preferencial;
- 3- cuya maniobra o comando que él acaba de “intentar” realizar, si continuada, irá a violar una condición operativa establecida en las instrucciones vigentes o condiciones de riesgo de falla humana.

Cualquiera sea el caso, el SARTRE siempre informará el porqué está generando alerta y cuando sea aplicable, lo que el Operador debe realizar para eliminar o evitar la anomalía. Los dos primeros casos son condiciones pre-establecidas en las que el SARTRE apoyará al Operador en la detección de la anomalía y en su eliminación lo más rápido posible. En el último caso, no

solo alerta al Operador, sino que lo hace “antes” de que la acción sea realizada evitando así la posibilidad de falla humana.

Para el Operador, la aparición en pantalla amarilla del SARTRE, solo ocurre cuando se intenta efectuar un comando con riesgo inminente de falla humana y, por tanto re-evaluar esa decisión se torna imprescindible.

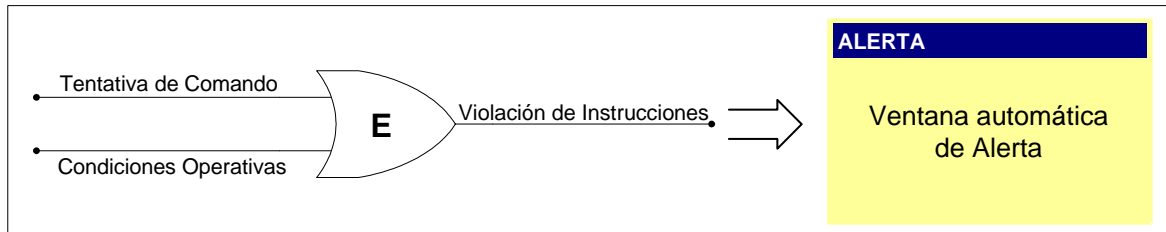


Figura 4: Lógica del funcionamiento del Sistema SARTRE

El SARTRE, es visto actualmente como la principal herramienta computacional implantada por la ITAIPU para el combate a la falla humana en tiempo real, es una promesa fantástica para el futuro. *Estudios recientemente realizados mostraron que 85% de las fallas humanas cometidas en los 23 años de operación serían evitadas si el SARTRE estuviese disponible desde el inicio.*

Las reglas insertadas en el SARTRE son valiosísimas en términos de transferencia de conocimiento, porque son provenientes no solamente de las Instrucciones de Operación, sino también de los llamados “gatillos” (pitfall) de nuestros Operadores y Supervisores, o sea, de experiencias efectivamente vividas (conocimiento tácito). *El SARTRE funciona como si el Operador más experimentado estuviese dando un mensaje al Operador más nuevo: ¡Si usted tuviere que cometer un error en el futuro, es más probable que su error ocurra en una de esas situaciones!*

3.4.3 SAMOP (Sistema de Apoyo a las Maniobras de la Operación) [1]

Aislar y normalizar equipamientos, muchas veces simultáneamente y pertenecientes a la unidad generadora en mantenimiento preventivo, merece suma atención y máxima coordinación, considerando riesgos posibles.

Actividades de mantenimiento mecánico, por ejemplo, deben ser coordinadas en armonía con los equipos de trabajo de mantenimiento eléctrico o electrónico, para que los mecánicos no reciban choques eléctricos, así como los técnicos electricistas o electrónicos no se hieran con partidas inesperadas de ventiladores o de otras piezas rotativas.

El SAMOP tiene exactamente el objetivo de aumentar la seguridad de las personas y de los equipamientos de las unidades generadoras, a través de pantallas del sistema de supervisión, para cada secuencia de maniobras asociadas a cada tipo de trabajo a ser realizado por el área de mantenimiento. Con el SAMOP, el coordinador puede supervisar en tiempo real cada paso de la secuencia de maniobra, permitiéndole inclusive actuar como Supervisor de las acciones de su equipo, contribuyendo así de forma más robusta en cuanto al combate a los riesgos típicos de falla humana en la operación en tiempo real.

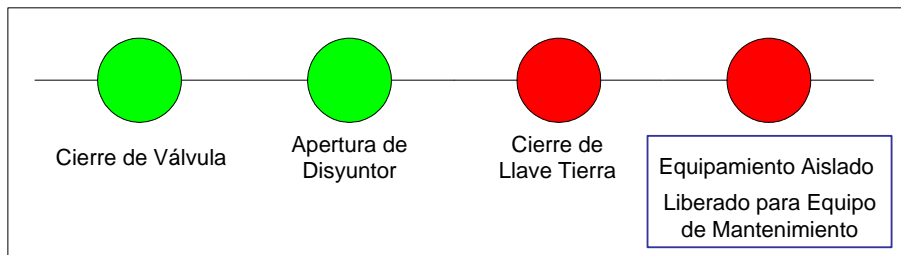


Figura 5: Lógica de funcionamiento del Sistema SAMOP

El SAMOP – como fuente de transferencia del conocimiento, permite que cada secuencia de maniobra (aislación o normalización de equipamientos), sea rápidamente visualizada por los Operadores a través de pantallas específicas en el Sistema de Supervisión y Comando de la Central, facilitando el entendimiento y aprendizaje de las actividades registradas en el documento denominado Maniobra de la Central (MC). Está en estudio la posibilidad de implantar un módulo especial donde los Operadores puedan simular maniobras, teniendo al SAMOP como sistema de monitoreo y feedback para la corrección de sus acciones.

3.4.4 SADET (Sistema de Apoyo a la Decisión para Desconexiones de Equipamientos en Tiempo Real) [1]

Debido a la existencia de gran cantidad de maniobras realizadas diariamente en equipamientos de la CHI – aislación/ normalización para mantenimientos preventivos y/o correctivos, la Operación definió aéreas específicas para coordinar mejor esas actividades. Son creadas las áreas de pre-operación y de ejecución de maniobras para las actividades programadas. Esto permitió que los equipos de Turno tengan como foco prioritario la producción de energía, siempre considerando los compromisos con Brasil y Paraguay.

Por otro lado, fuera del horario normal de trabajo, es esencial que los Operadores de Turno, tengan la habilidad y capacitación para realizar excepcionalmente, las actividades que corresponde a las aéreas de Pre-Operación y Ejecución. Aquí el SADET apoya al Operador del Turno, llevando a la sala de control el conocimiento del sector de Pre-Operación sobre cómo definir las maniobras de aislación y normalización correspondientes, para atender pedidos de las áreas de mantenimiento.

El SADET puede ser utilizado en situaciones reales o simulaciones para capacitación, que consiste en situaciones en las que el Operador tiene la opción de simular la desconexión de equipos de forma programada, urgente o forzada; el SADET le responderá con acciones que él debería tomar frente a cada situación, entre otros. Base de Conocimiento: 20 años de experiencia de Operadores de campo. Con esto, además de agregar valor a la seguridad operacional de la Central, gestiona y transfiere conocimiento entre Operadores experimentados y novatos.

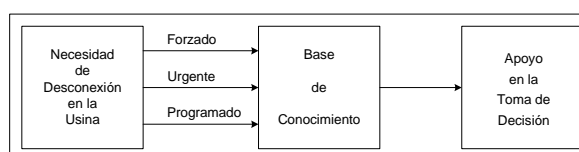


Figura 6: Lógica de funcionamiento del Sistema SADET



4. Conclusiones

Finalmente, son presentadas las conclusiones con un análisis de los resultados con enfoque especial en la seguridad física de los empleados, en la continuidad de la producción, y en la preservación de la integridad de los equipamientos.

También, forma parte de las conclusiones, un abordaje sobre las expectativas y visiones referentes a los desafíos futuros en el tema “transferencia del conocimiento” en la Operación de la Central de ITAIPU.

Convivencia de funcionarios de menor experiencia con los de más experiencia en el acto de “Hacer”.

5. Referencias Bibliográficas

- (1) Lefevre A. P. Marcos, T. Sanchez J. M., Isasi Ramon A. G., Vergara Carlos A., Torino V. Celso, ITAIPU Binacional Power Plant, Brazil and Paraguay, Fighting Human Error in Real-Time Operation: the Experience at the ITAIPU Binacional Hydroelectric Power Plant, 2007, Waterpower; ([Falha Humana](#))
- (2) Lefevre A. P. Marcos, Armindo A. Villasanti L., Camargo J. Ricardo, Torino V. Celso, ITAIPU Binacional Power Plant, Brazil and Paraguay, Measures for operational improvement at the ITAIPU Binacional Power Plant, 2003, Hydro; ([PAE](#))
- (3) 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, ITAIPU Binacional Power Plant, Brazil and Paraguay, Activation of Rules System in Real Time (SARTRE) at the Itaipu Binacional Power Plant: A Contribution to Operation Quality, 2003, Waterpower; ([SARTRE](#))
- (4) Torino V. Celso, Silva M. Fernando, Ribeiro G. Henrique, Itaipu Binacional Power Plant, Brazil and Paraguay, Empower Staff While in Flight – The ITAIPU Power Plant Experience in Training Operators to Work With Digital Systems, 2005, Waterpower; ([PAT](#))
- (5) Lefevre Marcos A. P., Torino V. Celso, Júnior C. S. G. Luiz, Itaipu Binacional Power Plant, Brazil and Paraguay, The Importance of Operation Inspections at ITAIPU Binacional Power Plant, 2005, Waterpower; ([GIO](#))
- (6) Torino V. Celso, Borges Luiz, D’ippollito Marcos, Medeiros Elizete, Central Hidrelétrica ITAIPU Binacional, Brasil e Paraguai, Programa de Trainees Nivel técnico, 2002, III SEPOCH; ([Trainees](#))
- (7) Isasi Ramon A. G., Vergara Carlos A., Torino V. Celso, Borges, Cavalcanti H. P. Francisco, Amarilla A. A. Marco, Central Hidrelétrica ITAIPU Binacional, Brasil e Paraguai, Treinamento na Operação: A Experiência da Central Hidrelétrica ITAIPU Binacional, 2007, XII Encontro Regional Ibero-americano do CIGRÉ - ERIAC; ([PAT](#))