



Contribución del Instituto de Investigaciones Eléctricas a la formación de recursos humanos en el sector energético

Salvador González Castro [sgc@iie.org.mx]

Guillermo Romero Jiménez [gromero@iie.org.mx]

A lo largo de 35 años, el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) ha suministrado y dotado al sector energético en México con herramientas avanzadas de capacitación que han incidido y contribuido, de manera consistente y efectiva, a la formación de recursos humanos del sector. Entre éstas se pueden mencionar los simuladores de alcance total o réplica y genéricos para entrenamiento de operadores, los repositorios de conocimiento basados en plataformas “en línea” (*e-learning*) con tecnología multimedia y realidad virtual.

En lo que se refiere a los simuladores para adiestramiento de operadores, el IIE ha apoyado y ha sido un factor determinante en la construcción, puesta en servicio, operación y mantenimiento de Centros Integrales de Entrenamiento (CIE) para la Comisión Federal de Electricidad (CFE), como es el caso en 1984 del Centro Nacional de Capacitación Ixtapantongo, CENAC-I (originalmente denominado CAOI por las siglas de Centro de Adiestramiento de Operadores Ixtapantongo); en 1991 el Centro de Entrenamiento de la Central Nucleoeléctrica Laguna Verde (CNLV), y en 2002 del Centro de Simulación Geotermoeléctrica (CESIGE), en Cerro Prieto, Baja California.

En el contexto de los repositorios de conocimiento, sea para la impartición de cursos a distancia, para la recuperación de experiencias o para el adiestramiento en la operación de maniobras de alto riesgo, el IIE ha apoyado tanto a la CFE como a Petróleos Mexicanos (PEMEX), en la formación

de recursos humanos en las áreas de la Coordinación de Proyectos Termoeléctricos (CPT-CFE) (Carrillo 2010), 2004-2010 Plataforma *e-learning* basada en tutor inteligente y multimedia para cursos nivel I, capacitando a cerca de 400 profesionistas de la Subdirección de Distribución de la CFE; a partir de 2008 el **Alen-3D** (Galván et al., 2011), capacitando a personal en maniobras de mantenimiento “en línea viva” a líneas de distribución, de alta, media y baja tensión, y de la Subdirección de Transmisión en 2010, la aplicación **SiCamLT** (Martínez 2010), con la que capacita en promedio a 100 profesionistas/año en maniobras de mantenimiento “en línea viva” en líneas de alta tensión (230 KV y 440 KV). Además para personal de la Región Norte de Pemex Exploración y Producción (PEP) (Carrillo 2013) y de la Subdirección de la Unidad de Negocios de Perforación de PEP (Cordero 2015) se han desarrollado cursos multimedia en el tema de procedimientos críticos de seguridad y de perforación y mantenimiento de pozos.

Simuladores de alcance total para entrenamiento de operadores

Con el desarrollo del primer simulador para entrenamiento de operadores que tomó como base la Unidad I de la Central Termoeléctrica Francisco Pérez Ríos (Tula) de la CFE, iniciado en 1979 en el IIE y entregado para su explotación comercial en 1984 al actual Centro Nacional de Capacitación (CENAC) de la CFE situado en Ixtapantongo, Valle de Bravo, Estado de México, se iniciaron las contribuciones del IIE en el campo de la formación de recursos humanos del sector



energético, desde entonces, el promedio anual de operadores de centrales eléctricas de generación que se entrenan en el CENAC-Ixtapantongo es de alrededor de 800 y no se ha incrementado por la limitante física del espacio del sitio.

A la fecha (2016), el CENAC-Ixtapantongo cuenta con un total de siete simuladores de alcance total de diferentes tecnologías que incluyen centrales convencionales de generación del tipo termoeléctricas, carboeléctricas y de ciclo combinado, desarrollados por el IIE. Asimismo se planea entregar este mismo año, dos simuladores de alta tecnología y con alto contenido de innovación, basados en plataformas de modelado gráfico y accesible desde la *web* (iie.org.mx). Con estos simuladores, el CENAC-Ixtapantongo estará en posibilidades de cubrir el entrenamiento de operadores desde sus centros de trabajo, teniendo ahorros considerables en gastos de viáticos, además de los relacionados con la disponibilidad de las centrales, el alargamiento de la vida útil de los equipos, la eficiencia energética y el impacto ambiental, básicamente debido a la buena preparación de los operadores.

Cabe mencionar que uno de los proyectos más importantes desarrollados en la exitosa historia del IIE lo representa el desarrollo y puesta en servicio del Simulador para entrenamiento de operadores de la Central Nuclear Laguna Verde (SCNLV). En 1984 inició la construcción del simulador y a partir de 1991 han sido entrenados, capacitados y certificados todos los ingenieros que han operado la central hasta la fecha. Hoy en día se entrenan en el simulador cerca de 100 operadores anualmente, entre personal en preparación de licencias, personal licenciado y en formación inicial.



Figura 1. Vista del los tableros de operación del primer simulador desarrollado por el IIE para la CFE (1979-1984).



Figura 2. Vista desde el área del instructor del primer simulador desarrollado por el IIE.



Figura 3. Vista del Simulador de la CNLV, desarrollado por el IIE (1984-1991) en su primera etapa.

Repositorios de conocimiento basados en plataformas con tecnología de realidad virtual

En 2010, el IIE realizó la implantación del sistema de Capacitación para el Mantenimiento de Líneas de Transmisión (**SiCaMLT**) en la Gerencia de Líneas de Transmisión de la Subdirección de Distribución de la CFE, el cual es utilizado para la capacitación y entrenamiento del personal de linieros que realiza el mantenimiento a las líneas de alta tensión de 400 KV energizadas y de 230 KV energizadas/desenergizadas. El **SiCaMLT** es un producto que utiliza la tecnología de realidad virtual no-inmersiva, similar a otros productos desarrollados por el Instituto como el **Alen3D** de alta, media y baja tensión, personalizado a los requerimientos de la Gerencia de Líneas de la Subdirección de Distribución de la CFE.

Actualmente, este sistema cuenta con un curso que incluye nueve maniobras:

- Tres para el cambio de aislamiento dañado en líneas energizadas de 400 KV.
- Tres para el cambio de aislamiento dañado en líneas energizadas de 200 KV.

- Tres para el cambio de aislamiento dañado en líneas desenergizadas de 200 KV.

El **SiCaMLT** ha sido instalado en las nueve Gerencias Regionales de Transmisión de la CFE y los principales beneficios que ha aportado al personal de mantenimiento a líneas de la Subdirección de Transmisión de la CFE son:

- Estandarización del lenguaje técnico para nombrar equipos.
- Ahorro en el tiempo de impartición de la capacitación.
- Conocer los equipos y procedimientos de mantenimiento y practicarlos las veces que se requiera.
- Optimización del tiempo de ejecución de la maniobra real.

Repositorios de conocimiento basados en plataformas *e-learning* con tecnología multimedia

Son almacenes de contenidos debidamente organizados para asegurar o garantizar que se complete el proceso de enseñanza–aprendizaje en un tema específico o particular.

En el contexto de la formación de recursos humanos del sector energético, esta tarea se facilita básicamente porque los dominios de aplicación o temas están relacionados con conocimientos que la ingeniería exige (eléctrica, mecánica, química, civil, industrial) y en donde las leyes físicas dominan, es decir, se trata de conocimientos validados, acotados y que pueden ser replicados y aplicados sin mayor problema en el diseño, funcionamiento y simulación de cualquier proceso industrial.

De esta forma, la dificultad principal en el desarrollo de aplicaciones radica en la elaboración de contenidos o material de instrucción. Para esto, el IIE ha desarrollado diversas metodologías del **tipo colaborativas**, que incluyen al especialista en el dominio de aplicación o experto en el tema, al ingeniero en conocimiento, al pedagogo, y a los diseñadores gráficos, y del **tipo operativas**, que incluyen la elaboración del pre-guion, del guion, la recopilación del material como fotografías, videos, procedimientos, manuales, etc., y el desarrollo de los contenidos, su validación y aceptación por los usuarios. Finalmente, se ha propuesto y desarrollado la metodología de recuperación de experiencias.

En este contexto y desde hace ya varios años, el IIE ha desarrollado aplicaciones que coadyuvan a la formación de especialistas de la CFE y PEMEX en temas variados como mantenimiento de pozos; de dispositivos mecánicos, eléctricos

y de instrumentación y control; nomenclaturas o estándares de ingeniería, y normas, así se han desarrollado las siguientes aplicaciones:

- CPT-CFE, cinco cursos básicos de nivel I, de matemáticas, química, física, nomenclatura en ingeniería y normas de seguridad.
- CPT-CFE, recuperación de experiencias en la especialidad de instrumentación y control, y en la de sistemas eléctricos, para la revisión de ingeniería básica de centrales eléctricas de generación.
- Centro de Adiestramiento en Seguridad, Ecología y Supervivencia (CASES), Poza Rica, cursos de procedimientos críticos de seguridad para manejo a la defensiva, movimiento de cargas para corrida de diablos, seguridad eléctrica, entrada segura a espacios confinados, para prevención de caídas y trabajos en alturas, protección y combate de incendios, apertura de líneas y equipos de proceso, delimitación de áreas de riesgo y bloqueo de energía y materiales peligrosos.
- SUNP, cursos de mantenimiento preventivo al malacate principal, bombas de lodo, motores eléctricos y de combustión interna y para introducir/extraer tubería de perforación).

A lo largo de sus 40 años de trayectoria, el IIE ha procurado, sugerido y apoyado a consolidar la formación de recursos humanos en el sector energía, mediante el desarrollo e implementación de herramientas avanzadas de capacitación, como se evidencia en los párrafos anteriores. Falta mucho camino por recorrer, pues son muchas las áreas de la CFE y sobre todo de PEMEX en donde se puede apoyar y en donde todavía falta la labor de sensibilización de los beneficios de contar con dichas herramientas, como una inversión que seguramente redundará en el aumento de la disponibilidad de sus procesos, en la operación que considera preponderantemente la eficiencia energética, la contribución por la buena operación al alargamiento de la vida útil de los equipos de sus procesos y sobre todo a cuidar al máximo la seguridad del personal y el medio ambiente.

Finalmente, la orientación de las áreas de especialidades del IIE se dirigirán hacia el contexto de las energías limpias, para lo cual se están preparando estrategias (Romero et al., 2015) que incluyen el desarrollo de herramientas especializadas, con proyectos apoyados por la Secretaría de Energía y/o del Consejo Nacional de la Ciencia y la Tecnología (CONACYT).