

ENTRENAMIENTO DE OPERADORES

El Entrenamiento de Operadores de Instalaciones Nucleares ha sido el tema de una Conferencia Internacional organizada por la Sociedad Nuclear Española en colaboración con la European Nuclear Society, que recientemente se ha desarrollado en Madrid.

En su mensaje de bienvenida a los asistentes, José Luis Hernández Varela, Presidente de la SNE, aseguraba que «aunque la energía nuclear se ha afirmado ya como una seria alternativa de suministro energético, todos sabemos que su futuro dependerá en gran medida de las cotas de seguridad y eficacia que llegue a alcanzar. En la consecución de este objetivo están puestas la mayor parte de las ilusiones de los que trabajamos en esta apasionante tecnología y la capacitación de los operadores de las instalaciones nucleares va a desempeñar un papel de primer orden en esta tarea. Estamos aquí para analizar nuestra experiencia, discutir nuestros procedimientos de selección y formación de operadores y, a la luz de los resultados, encontrar las medidas que mejor garanticen la profesionalidad de estos técnicos».

Este número incorpora una amplia información sobre este acontecimiento que, sin duda, tendrá gran valor para todos los que no pudieron estar presentes.

CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE ENTRENAMIENTO DE OPERADORES DE INSTALACIONES NUCLEARES

Eduardo DIAZ RIO

UNION ELECTRICA - FENOSA, S. A.

Estas jornadas de la «Conferencia internacional sobre entrenamiento de operadores de instalaciones nucleares» coinciden con el planteamiento del Plan Energético Nacional, que está en estos días en fase de propuesta, para su posterior discusión en el Parlamento, que afectará al actual plan de construcción de centrales nucleares.

En estos días se discutirá aquí por especialistas europeos de todo lo relacionado con la operación de centrales nucleares desde el punto de vista de la formación de los hombres que tienen a su cargo su explotación.

Cuando se habla de la energía nuclear se hace referencia a sus costosas inversiones y a sus largos períodos de construcción, consecuencia de las cambiantes regulaciones, pero también es necesario hacer referencia al precio del KWh producido y a la seguridad y eficacia de esta fuente de energía, y para ello es preciso hablar de la formación del personal de operación, que, de una forma callada pero enormemente eficaz, está contribuyendo a que estas centrales sean competitivas con otras fuentes de energía.

Refiriéndonos al caso español, entre los años 1968 y 1972, se pusieron en marcha las tres primeras centrales nucleares: Zorita, de agua a presión; Santa María de Garoña, de agua en ebullición, y Vandellós I, de grafito gas, fueron las pioneras. Con sus altos coeficientes de utilización y la total ausencia de accidentes han puesto de manifiesto la buena formación de su personal de operación.

A principios de los años 70 se amplió el programa con seis reactores de agua a presión de 930 MWe y uno de agua en ebullición de 975 MWe. Tres de estas unidades han entrado en funcionamiento entre los años 1981 y 1983 y se espera que el resto puedan entrar en servicio a corto plazo.

Están en fase de construcción tres unidades de agua a presión y dos de agua en ebullición de potencias similares, cuyo futuro dependerá de la previsión del Plan Energético Nacional.

Cuando se adoptó esta nueva tecnología aquí en España, tanto la Adminis-

tración, como la Universidad y las empresas eléctricas habían ya preparado sus hombres para poder contribuir al desarrollo y explotación de los proyectos nucleares.

Las empresas eléctricas españolas tenían una amplia experiencia en la explotación de centrales hidráulicas y térmicas convencionales y, basándose principalmente en la explotación de estas últimas, se inició la preparación de los equipos humanos que habrían de explotar nuestras primeras centrales nucleares.

Dentro de los aspectos humanos quearemos resaltar tres puntos que consideramos esenciales para el personal que ha de explotar una central nuclear de forma segura y eficaz:

El profundo conocimiento de la planta, la motivación y la disponibilidad del personal.

Como he indicado, el conocimiento de la planta se consiguió basándose primero en la experiencia de explotación de centrales térmicas convencionales, en la base científica del personal cualificado en los cursos teóricos y prácticos, y en la colaboración en el montaje y, sobre todo, en la participación activa y con responsabilidad en las pruebas y puesta en marcha de la central.

Los cursos teóricos se impartieron en España en Centros capacitados para ello: Universidad, Instituto de Estudios Nucleares, etc., complementados con los cursos en el país de origen de las instalaciones y con la obtención de las licencias equivalentes de operadores y supervisores en Estados Unidos y Francia.

Periódicamente se hicieron cursos de reciclaje en la propia Central y en simuladores para mantener en forma a estas tripulaciones. Los resultados obtenidos en la explotación en las tres primeras centrales, durante más de diez años de operación, ponen de manifiesto la bondad y la eficacia del procedimiento utilizado.

Consideramos a la motivación como otro punto fundamental. A lo largo de la explotación y de sus periódicos reciclajes, el personal va adquiriendo una



Inauguración de la Conferencia. De izquierda a derecha: P. Visuri, J. Aranceta, M. Barandiarán, F. Pascual y J. L. Hernández Varela.



Harry Cartwright, Presidente de la European Nuclear Society, siguió con atención los coloquios durante la Conferencia.



Eduardo Díaz Ríos durante su conferencia en la primera sesión plenaria.



Miguel Barandiarán, Presidente de la Conferencia, atento al desarrollo de la misma.



Conferencia de K. A. Strahm (en el centro). A su derecha, J. Rabouhams y J. M. Arcos. A su izquierda, J. L. Martín y S. San Antonio.



Conferencia de G. Schlegel. A su derecha, P. B. Myerscough y C. González-Aller. A su izquierda, S. San Antonio.

experiencia muy valiosa que debe servir de base a futuros operadores. La dureza del trabajo a turnos hace que en ocasiones, y al cabo de unos años, sea necesario destinar a algunos operadores a otras misiones dentro de la Organización de explotación de la Central, lo que origina la sustitución de supervisores por operadores y dar entrada a otros nuevos.

La experiencia adquirida, al menos en la Central de Zorita, nos dice que es necesario dar la oportunidad de promoción a los operadores hacia otros puestos, para evitar que la rutina pueda llegar a afectar sus condiciones psíquicas.

Actualmente la central tiene la cuarta tripulación con la misma calidad que la que inició su explotación.

La disponibilidad del personal la consideramos necesaria para casos de enfermedad, incidentes laborales y emergencias, y ello se consigue con la vivencia en zonas próximas y bien comunicadas con la central.

SELECCION DEL PERSONAL CON LICENCIA

Normativa

La normativa española que dicta los requisitos que deben reunir los candidatos a una licencia de operación, en sus dos niveles de Supervisor y Operador, difiere escasamente de la que aplica en otros países de la Europa Occidental y Estados Unidos. En efecto, la Guía de Seguridad 02/76 establece las condiciones físicas, psíquicas y morales, así como la formación académica, conocimientos específicos y experiencia exigibles a los aspirantes a una licencia de operación; la Guía de Seguridad 05/77 desarrolla en detalle los requisitos de índole físico-psíquico esbozados en la guía precedente; expone los aspectos clínicos que debe contemplar el examen médico y los umbrales de descalificación asociados; describe la composición y designación del Tribunal Médico, así como las competencias de sus miembros; finalmente enuncia el procedimiento administrativo asociado a la solicitud de licencia, tanto en su primera emisión como en las sucesivas renovaciones.

Rasgos diferenciales

Entre los requisitos que afectan a la selección de candidatos a Supervisor de turno es importante destacar un condicionante que recoge nuestra normativa y que la diferencia de la de otros países. Me estoy refiriendo a la formación académica exigida a los aspirantes a una licencia de Supervisor, que es la correspondiente, como mínimo a la de Titulado de Grado Medio en una disciplina científica o tecnológica.

Coherencia con las enseñanzas derivadas de TMI

El análisis de las causas que dieron lugar al incidente de TMI, en la madrugada del 28 de marzo de 1979, ha dejado bien patente la necesidad de que al

menos el responsable del turno de operación, el Supervisor, posea una sólida base de conocimientos de los fenómenos termodinámicos que determinan la dinámica del proceso de generación y transformación de energía en una central nuclear. Tales conocimientos son inherentes a la titulación académica que se otorga en España a los Ingenieros Técnicos, y en este sentido la normativa española establece este requisito para conseguir una coherencia entre las funciones asignadas al puesto de trabajo y los conocimientos académicos exigibles al candidato.

Con esta previsión ha sido innecesario incorporar al turno de operación, en las centrales españolas, la figura conocida como Asesor Técnico de Turno (Shift Technical Advisor), esto es, un graduado en ingeniería especialista en análisis y diagnóstico de transitorios operacionales, cuya misión fundamental es la de asistir al Supervisor de turno durante las emergencias en la determinación de las causas, predicción de efectos y adopción de medidas para un control eficaz de los parámetros críticos de la central.

Sin embargo, creo que es necesario analizar la filosofía de esta idea porque entendemos que un título académico puede asegurar e incluso garantizar unos conocimientos teóricos profundos de la técnica nuclear, pero también se pueden adquirir estos conocimientos basándose en una titulación de rango inferior complementada con la experiencia y los cursos teóricos que periódicamente se imparten en los Centros de Enseñanza para Operadores. En este sentido aquí, en España, entiendo que se debe reconsiderar la normativa para su posible modificación en este punto concreto, ya que conocemos por experiencia que operadores de reactor que no tienen título de Ingeniero Técnico han demostrado su capacidad para optar a la misión como Supervisor.

La modificación que propongo es la de establecer unos exámenes teórico-prácticos que permitan juzgar sobre la capacidad real del aspirante a la licencia de Supervisor. Sé que el tema no es sencillo porque en momentos como los actuales, con dificultades para encontrar trabajo, puede haber hasta un rechazo por parte de los colegios Profesionales, pero teniendo en cuenta la misión a desempeñar por los Supervisores, creo que se debe prestar una gran atención a los conocimientos reales y demostrados para conseguir buenos y seguros supervisores.

Cooperación internacional para intercambio de información y mejora de métodos

Nuestras centrales no han precisado la incorporación del ATT por las razones expuestas; sin embargo, se ha estudiado y analizado con atención la avalancha de informes, normas y recomendaciones surgidas tras el incidente de TMI, fundamentalmente en los Estados

Unidos, con el objeto de adaptar a nuestros sistemas de selección y adiestramiento de personal aquellas medidas que claramente comportan un incremento en la seguridad y eficacia en la operación de la central.

Llamó nuestra atención la iniciativa de la industria eléctrica norteamericana de crear un instrumento propio que, basado en la experiencia y capacidad acumulada por la propia industria, promoviera los mecanismos encaminados a alcanzar las máximas cotas de seguridad y eficacia en la explotación de las centrales nucleares, despegándose de los mínimos establecidos en la normativa. Así nació, en junio de 1979, el Instituto para la Explotación de Centrales Nucleares, más conocido como INPO, del cual les hablará con más autoridad en una próxima sesión el señor Strahm, director de la División de Educación y Adiestramiento de INPO.

Todas las centrales norteamericanas de agua ligera copatrocinan el INPO, que cuenta, además, con la adhesión de las centrales de otros 13 países; cronológicamente fue España el segundo miembro internacional de INPO.

Concebido el INPO como una organización sin fines lucrativos, y dotado de una plantilla altamente cualificada, establece como metodología para el logro de sus objetivos el análisis racional y sistemático de las actividades que tienen lugar en los centros de generación de energía; en esta tarea colaboran voluntariamente las compañías eléctricas facilitando el diálogo con el personal de explotación a todos los niveles y proporcionando cuanta información les es requerida; la elaboración por INPO de los datos obtenidos se traducen en la edición de sus Guías y Manuales, que recogen las mejores prácticas de explotación de centrales y que divulgan entre todos los patrocinadores de INPO, de manera que éstos puedan incorporarlos a sus propios procedimientos de explotación. Se puede resumir el papel de INPO como el catalizador para un efectivo intercambio de información entre la industria eléctrica. En el área de selección y entrenamiento de personal objeto de esta reunión, considero como muy positivo la creación por INPO de un banco de datos referido a experiencias operativas de centrales en explotación, que consiste en el acopio de incidentes operativos, el análisis subsiguiente para determinar su potencial implicación en cuestiones de seguridad y su divulgación entre los operadores de otras centrales para prevenir las recurrencias.

Otra iniciativa encomiable de INPO, actualmente en avanzado estado de desarrollo, es el análisis exhaustivo de las tareas asociadas a cada puesto de trabajo de la central; tal estudio constituye una base de partida fundamental para trazar con precisión los programas de entrenamiento de los diferentes profesionales de la central y, muy especialmente de los operadores, para dotarles de la formación teórica y destreza profe-

sional que sean suficientes y necesarios para desempeñar sus funciones con seguridad y eficacia, evitando la sobrecarga de información estéril o marginal. Es mi opinión que, tras TMI, la normativa que regula la concesión y renovación de licencias del personal de operación se ha traducido en un aluvión implacable de requisitos adicionales, en forma de cursos, seminarios, y prácticas que si no se racionalizan meticulosamente pueden producir efectos opuestos a los pretendidos. En este sentido, la adecuación de los programas de formación a las exigencias del puesto de trabajo deben situar las cosas en su justo término.

El síndrome del exceso de papel

Sin embargo, llegado este momento, es preciso señalar una observación que me parece reviste una gran importancia para la supervivencia de la industria nuclear; me refiero al exceso de información (normas, guías, recomendaciones, etcétera) que reciben las centrales; información redundante en unos casos y en otros contradictoria, y que se traduce en una espiral creciente e interminable de nuevos requisitos y existencia sobre los ya cargados hombros del personal de explotación de la central; de aquí se deriva el riesgo de confundir lo esencial de la operación con lo marginal, los factores esenciales que determinan una generación de energía segura y eficaz con elementos circunstanciales que no tienen cabida en una industria tan compleja cual es la nuclear.

Para salir de esta crisis, que bien podría denominarse «el síndrome por intoxicación de papel», es preciso una acción coordinada de todas las instituciones, empresas y organismos que intervienen en la explotación de centrales nucleares, encaminadas a evitar la duplicidad de esfuerzos y a establecer los mecanismos de filtrado y depuración de la información que llega a las centrales, de forma que la plantilla de explotación pueda concentrarse en su función esencial, esto es, la operación de la central.

Creo sinceramente que no son los problemas técnicos los que pueden dar al traste con esta alternativa energética, de vital importancia para algunos países como España, sino la excesiva burocratización de los trámites administrativos que privan a una industria tan compleja como la que nos ocupa, de los atributos de agilidad y flexibilidad que le son imprescindibles para su rentabilidad frente a otras fuentes energéticas sin menoscabo de la seguridad.

Evaluación y concesión de licencias al personal de operación

La evaluación de los méritos que concurren en un candidato para poder solicitar una licencia de operación, en cualquiera de sus dos niveles, y las pruebas de aptitud y competencia profesional que conducen a la concesión de la mis-

ma son competencia del Consejo de Seguridad Nuclear, y, en consecuencia, es previsible que en la cuarta sesión plenaria, dedicada a las funciones de los organismos reguladores, se expongan con el máximo detalle los métodos de evaluación y concesión de licencias de operación adoptadas tanto en España como en otros países.

En líneas generales puedo anticipar que el examen de licencia se efectúa en las tres fases que por orden cronológico se describen a continuación:

- Prueba escrita sobre una serie de materias relacionadas con los fundamentos físico-nucleares que regulan la generación de energía, así como con las características de diseño y operación de la central para la cual se solicita la licencia. La temática está clasificada en ocho categorías para los candidatos a una licencia de operador, a las cuales se añaden cinco categorías más cuando se solicita la Licencia de Supervisor. Estas últimas exploran las áreas de competencia del supervisor como máximo responsable del turno de operación en lo que se refiere a la seguridad de la central.

- Prueba práctica en simulador. Esta fase del examen se imparte exclusivamente a los candidatos a licencia de aquellas centrales cuyas características de diseño y funcionales son similares a las de los simuladores instalados en el Centro de Entrenamiento de Tecnatom, situado en las inmediaciones de Madrid. La prueba se efectúa en grupo de tres personas, que desempeñan, respectivamente, las funciones de supervisor, operador de reactor y operador de turbina. Durante esta fase se acreditan los conocimientos y capacidad profesional, tanto individual como colectiva, del turno de operación para desempeñar con seguridad y eficacia las tareas asociadas a la operación de la central, bien en condiciones normales o bien ante situaciones de emergencia derivadas de fallo sencillo o múltiple. La evaluación subsiguiente contempla hasta dieciocho facetas de comportamiento del candidato, que cubren áreas de conocimientos teóricos y tecnológicos, manejo de procedimientos técnicos y administrativos, destreza en la manipulación de componentes, capacidad de análisis y diagnóstico de incidentes, presteza y acierto en la toma de decisiones ante situaciones anormales y, finalmente, equilibrio emocional en todo momento.

- Prueba práctica en la central. La tercera y última fase del examen se efectúa en el emplazamiento de la central objeto de la licencia que pretende el candidato; la temática es similar a la de las fases anteriores, pero con un marcado carácter específico referido a los sistemas y componentes de la central en cuestión; un recorrido del tribunal examinador y el candidato por la sala de control y las diferentes estructuras de la central permite al primero determinar la

identificación del candidato con las características de diseño y operación de su propia central.

Concluidas satisfactoriamente las pruebas citadas, y asumiendo que no existen impedimentos de orden físico-psíquico en la personalidad del candidato, le es otorgada la licencia de operación, que le faculta para dirigir y/o manipular los dispositivos de control de la central objeto de la solicitud. El período de vigencia de la licencia es de dos años, salvo alteraciones graves de la capacidad profesional o aptitudes físico-psíquicas del titular, al término del cual podrá prorrogarse por períodos similares cumplimentando los términos y requisitos impuestos por el organismo regulador.

Sugerencias para optimizar el proceso evaluador para concesión de licencias

Con el fin de adecuar con mayor precisión los objetivos del examen de licencia con las funciones reales encomendadas al operador, evitando que el dilatado período de tiempo que dedican los candidatos a la preparación de las pruebas de aptitud se focalice excesivamente en «pasar» un examen, me permito enumerar algunas sugerencias fruto de los quince años de experiencia en la explotación comercial de la energía nucleoelectrónica y, por ende, en el proceso de licenciamiento de operadores:

- Las preguntas de examen deberían orientarse básicamente hacia aspectos operativos de la central.

- Con la colaboración del organismo regulador, compañías eléctricas y entidades dedicadas a la formación y entrenamiento de personal podría confeccionarse un banco de preguntas de examen, gestionado por ordenador y de dominio público. El banco se actualizaría periódicamente en función de las innovaciones tecnológicas y experiencias operativas. Puesto que se están desarrollando proyectos similares en varios países, la colaboración internacional en este área permitirá la optimización de los cuestionarios con un ahorro de esfuerzos.

- Las cuestiones sobre protección radiológica deberían limitarse a las áreas de competencia del personal de operación.

- Las preguntas de examen escrito sobre especificaciones técnicas deberían versar sobre los fundamentos de las mismas, los sistemas afectados y las acciones inmediatas requeridas del operador ante la indisponibilidad de un componente esencial o la violación de los límites de una variable crítica. El correcto uso de las especificaciones y las acciones a medio y largo plazo se evaluarán en las pruebas prácticas.

- Los cálculos matemáticos deberían concretarse al mínimo imprescindible para determinar la asimilación por el candidato de los principios básicos relacionados con la operación de la central.

– Referente al aspecto meramente formal del examen escrito podrían considerarse la introducción de preguntas tipo test, o cerradas, donde el examinando debe discernir la respuesta verdadera entre diferentes alternativas presentadas.

La combinación de estas cuestiones con las de tipo abierto permite una explotación y evaluación igualmente precisa de los conocimientos del candidato, al tiempo que reduce la tensión derivada de la excesiva duración de las pruebas, basadas, exclusivamente, en preguntas de tipo abierto.

Para comentar y debatir los detalles de la aplicabilidad de estas sugerencias, las empresas eléctricas ponemos a disposición del organismo regulador, si así lo considera conveniente, el esfuerzo y la experiencia acumulada por los especialistas en formación de personal, tanto residentes en las oficinas como en sus centrales generadoras de energía, para proseguir conjuntamente el proceso de mejora de medios y métodos de capacitación de operadores, que, sin duda, redundará en la seguridad y eficacia de explotación de nuestros recursos energéticos.

Organización de turnos de operación y funciones de cada puesto

La operación continua de la planta exige el encuadramiento del personal de operación, con excepción de la cadena superior del mando, en turnos rotativos que cubran las 24 horas del día. El número de estos turnos rotativos cuya composición, así como las misiones encomendadas a cada uno de sus integrantes, se describen más adelante, se ha ido incrementando a lo largo del tiempo, siendo en la actualidad siete el número más generalizado, con lo que se pueden cubrir holgadamente las exigencias normales de operación, retén, apoyo técnico y reentrenamiento.

La dotación de hombres de cada turno, definido en sus puntos básicos en la GSN/15/82, es variable en función de las características de cada planta, fundamentalmente en el personal auxiliar, cuyo número cambia según el número y disposición de edificios, equipos, servicios exteriores.

Es, sin embargo, en los llamados puestos básicos donde la formación del personal adquiere una gran complejidad, que tiene como prólogo una selección cuidadosa tanto desde el punto de vista psíquico como físico, y que continúa a lo largo de su formación nuclear, de planta, cursos en simuladores y, en general, de su proceso de capacitación para la operación de una central nuclear y consiguiente obtención de la licencia necesaria.

Las misiones a desempeñar por estos técnicos se especifican a continuación:

Supervisor de Turno A:

Depende directamente del Jefe de Operación de la unidad correspondiente, está en posesión de la licencia de super-

visor extendida por el Consejo de Seguridad Nuclear y tiene por misiones:

– Es responsable directo de las actividades de operación de la Central y de que estas operaciones se realicen de acuerdo con los procedimientos técnicos y administrativos, estando el funcionamiento de la central dentro de los límites establecidos en las especificaciones técnicas de funcionamiento.

– Supervisa las actividades de operación, estando permanentemente informado del estado de funcionamiento de la central.

– Promueve la actualización de los procedimientos técnicos y administrativos a la vista de las diferencias encontradas en su implantación.

– Supervisa el libro diario de operación de sala de control.

– Da directrices y aconseja sobre las paradas, arranques y maniobras en la sala de control.

– Realiza los informes sobre los disparos e incidencias de operación y vigila que los archivos de operación se encuentren al día.

– Organiza turnos, ausencias y vacaciones de su personal, de acuerdo con las normas establecidas, manteniendo con administración y personal las relaciones necesarias.

– Realiza el seguimiento de los partes de trabajo emitidos por Operación, cuidándose de su cumplimiento y de su coordinación con las gamas de mantenimiento preventivo y con las pruebas periódicas de operación.

– A la vista de las pruebas periódicas de operación, organiza el día y el turno correspondiente para su realización, descargos de equipos.

– Mantiene relaciones con el Despacho de Carga para establecer la coordinación necesaria en caso de disparos, cambios de carga, etc.

– Efectúa los pedidos de materiales fungibles de operación y de materiales y herramientas necesarias.

– Cuida de que los programas de formación y reentrenamiento de su personal se lleven a cabo de la forma establecida.

– Informa diariamente al Jefe de Operación de la marcha del grupo y de las actividades de su turno.

– En anomalías o emergencias tomará, de acuerdo con los procedimientos establecidos, las acciones necesarias para llevar la central a condiciones de seguridad, declarando la emergencia al nivel que corresponda y asumiendo la función de director de la emergencia hasta que sea sustituido por la persona asignada.

– Fuera de horas normales de trabajo, establece las relaciones necesarias con el Jefe de Retén para conseguir el personal necesario para hacer frente a los imprevistos que puedan surgir.

Supervisor de Turno B:

Depende del Supervisor de Turno A, y está en poder de la licencia de super-

visor de turno extendida por el Consejo de Seguridad Nuclear:

– Tiene la responsabilidad de la operación de la Central en cualquier forma de funcionamiento.

– Tiene la responsabilidad de que las operaciones se realicen de acuerdo con los procedimientos técnicos y administrativos en vigor y de no traspasar los límites establecidos en las especificaciones de funcionamiento.

– Vigila que el Operador de Reactor y de Turbina desempeñen su trabajo de acuerdo con las normas establecidas, y realicen la toma de lecturas periódicas para comprobar el estado de funcionamiento de la planta.

– Se responsabiliza de la realización de las pruebas periódicas de su competencia, establecidas en las especificaciones de funcionamiento.

– En disparos o situaciones de anomalía, determina las causas que lo originaron y toma las acciones conducentes a que la situación se normalice antes de volver a arrancar.

– Mantiene, dentro de la Sala de Control, una copia de los documentos del Manual de Operación, Manual de Protección Radiológica, Especificaciones de funcionamiento, reglamento de funcionamiento, plan de emergencia, etc.

– Refleja en el libro de Sala de Control (Diario de Operaciones) todas las maniobras y sucesos acaecidos en su turno.

– Lleva el control de todas las descargas de equipos de la Central, cuidando de que estos se realicen dentro del procedimiento establecido.

– Autoriza las modificaciones temporales de los procedimientos que afectan a la operación y de las Instrucciones de Operación.

– Autoriza cualquier revisión o reparación realizada por los otros grupos de la Central y que afecten a la operación.

– Se responsabiliza, durante emergencia o situaciones anormales, de que se tomen las medidas necesarias y que se den los pasos establecidos en los planes de emergencia, plan contra incendios, etcétera.

– Da el visto bueno a las demandas de reparación o revisión procedentes de Sala de Control durante su turno.

– Visará el Libro de Operación de Sala de Control.

– Informa al Supervisor de Turno A de todo lo que sucede en la operación de la Central.

– Tiene capacidad para disparar o mandar disparar el grupo si las condiciones de operación así lo aconsejan.

– Lleva el control de las llaves y candados de válvulas o controles sometidos a normas administrativas.

Operador de Reactor:

Depende del Supervisor de Turno B y está en posesión de la Licencia de Operación de Reactor extendida por el Consejo de Seguridad Nuclear. Tiene como misiones:

- La responsabilidad del manejo y operación del reactor y de todos los sistemas asociados.

- Tiene la responsabilidad de seguir las operaciones de acuerdo con los procedimientos técnicos y administrativos vigentes, y de sugerir los cambios necesarios para una mejor operación.

- Es responsable de comprobar, mediante lecturas periódicas, o con los medios que tenga a su alcance, el buen estado de funcionamiento de todos los sistemas, equipos y aparatos de su responsabilidad y de que la operación se realice dentro de los límites establecidos en las especificaciones de funcionamiento.

- Opera en conjunción con el Operador de Turbina para que las variaciones de carga, arranque y paradas se realicen de forma eficiente y segura.

- Inicia las acciones correctoras en situación de anomalía que permitan llevar la Central a condiciones de funcionamiento seguras.

- Tiene bajo su mando los Operadores Auxiliares de Reactor, que actuarán siguiendo las instrucciones dadas por él.

- Anota en el Libro de Operación las operaciones por él realizadas durante su turno.

- Informa adecuadamente de todas sus acciones a su Jefe inmediato.

Operador de Turbo-Generador:

Es supervisado por su Jefe de Turno. El Operador de Turbina-Generador es responsable de forma directa de la operación de la turbina-generador y sistemas asociados que no sean de responsabilidad nuclear, aunque no debe olvidarse la notable repercusión que, sobre los sistemas nucleares, tienen siempre sus actuaciones.

Son funciones del mismo:

- Comprobar periódicamente durante su jornada de trabajo el correcto posicionamiento de todos los dispositivos de mando y señalización en función del estado del Grupo en aquellos momentos.

- Actuar conjuntamente con el Operador de Reactor para arrancar, parar y cambiar carga de forma eficiente, segura y fiable.

- Utilizar los procedimientos de operación del equipo convencional, tanto normales como de emergencia.

- Supervisar a los rondistas de turno y, en especial, al de turbina-generador.

- Colaborar en los descargos y pruebas, así como en el adiestramiento del personal en formación asignado a su turno.

Auxiliares de Operación:

La selección del personal auxiliar debe ser muy cuidadosa, como también su entrenamiento, pues de su actuación, tanto en operaciones rutinarias como en situaciones de emergencia, pueden derivarse consecuencias graves para la integridad de los equipos y, subsiguientemente, para la disponibilidad de la Central. Sus misiones básicas son:

- La vigilancia y actuación sobre los sistemas y plantas de refrigeración, y alimentación de agua a la Central.

- La vigilancia y actuación sobre los sistemas de suministro eléctrico A y de la Central, parques de intemperie, sistemas de corriente continua, etc.

- La vigilancia y actuación sobre los sistemas de alimentación de energía secundarios y de emergencia, fuel-oil, gas-oil, etc.

- El seguimiento de las reservas existentes en tanques de agua, combustible, productos químicos, botellas, etc., en uso continuo durante la operación.

- La vigilancia y actuación sobre el sistema de tratamiento de desechos radiactivos.

- La realización de todas las maniobras locales, comprobaciones e inspecciones requeridas en todos los equipos de la Central.

Juntamente con el personal de Operación, actúa un número variable de operarios, pertenecientes a los grupos de Mantenimiento, Química y Protección Radiológica, que deben resolver los problemas derivados de la operación cotidiana de la Central, y que intervienen en primer lugar en incidentes de mayor envergadura hasta que se inicia la actuación del grupo o grupos que deben resolverlo.

Ottmar SCHWARZ **VGB und KRAFTWERKSSCHULE EV**

Gerhard SCHLEGEL **KRAFTWERKSSCHULE EV**

(República Federal de Alemania)

Introducción

En la actualidad, el entrenamiento con simulador se considera indudablemente una contribución importante a la cualificación del personal de operación de las centrales nucleares, aumentando no sólo la seguridad, sino incluso la disponibilidad de las centrales. Cada Central Nuclear en operación comercial tiene acceso a un simulador apropiado y lo utiliza con regularidad.

En esta ponencia, nos gustaría destacar las características de un buen entrenamiento con simulador así como sus requisitos previos necesarios. Para ello, nos referiremos principalmente a la experiencia adquirida con el simulador en la KRAFTWERKSSCHULE E. V., Essen, Alemania Federal.

Como probablemente ustedes ya saben, KRAFTWERKSSCHULE E. V. es una institución colectiva de operadores de centrales nucleares de la República Federal de Alemania, que también tiene miembros en diferentes países extranjeros. Ya hace veinticinco años que los operadores alemanes de centrales nucleares decidieron establecer un perfil profesional y un concepto de entrenamiento uniformes para el personal de operación de las centrales nucleares. Desde entonces, la KRAFTWERKSSCHULE E. V. ha instruido a más de 2.200 «Kraftwerksmeister» (maestros de centrales eléctricas) como supervisores de equipos de personal y ha dirigido el entrenamiento en el lugar de trabajo de más de 3.600 «Kraftwerker» que trabajan como operadores de la sala de control.

Desde hace ahora seis años, hemos estado operando dos simuladores, uno para centrales nucleares de agua a presión y otro de agua en ebullición. Además, a finales de 1984, nuestras instalaciones de entrenamiento incluirán un simulador para la Central Nuclear PWR Mülheim-Kärlich, así como un simulador para centrales de combustibles fósiles. Un año más tarde, estará dispuesto para los entrenamientos otro simulador para centrales nucleares PWR del tipo pre-convoy/convoy de KWU. A principios de 1986 dispondremos de cinco simuladores de centrales para entrenamiento.

En febrero de 1984 se terminará la construcción de nuestro nuevo centro de simuladores, proyectado para tres simuladores. El nuevo emplazamiento es de extensión suficiente para alojar otros edificios de simuladores.

En lo que sigue nos gustaría destacar los requisitos más importantes de un buen entrenamiento con simulador en opinión de nuestros miembros y en nuestra propia opinión.

Ejercicio de operación de una central de acuerdo con el manual de operación

En primer lugar, el entrenamiento con simulador está proyectado para ejecutar la operación de una central de acuerdo con los métodos del manual de operación. De esta forma, se consolida y profundiza el conocimiento específico de

la central adquirido teóricamente, y que ejercitan las maniobras relativas a la puesta en marcha, parada y operación normal de la central. El operador desarrolla el sentido de la dinámica de la central nuclear.

Diagnosis de la condición de operación

En todas las situaciones concernientes a la seguridad que dan lugar a la parada del reactor, el complejo ámbito operacional de las funciones relativas a la generación de energía se reduce a la necesidad de mantener el reactor subcrítico y eliminar el calor residual. Para estas situaciones pueden determinarse los métodos con antelación y, por tanto, también pueden ser automatizados.

Sin embargo, para poder operar la central con seguridad en cualquier situación operativa, especialmente en el caso de malfuncionamientos y perturbaciones, se exige algo más que la pura puesta en práctica de los métodos. No es posible escribir un método específico para cada caso individual, dada la multitud de situaciones operativas concebibles y, además, un manual de operación tan voluminoso sería difícil de manejar.

Las situaciones relativas a la disponibilidad, lo que significa el mantenimiento de la producción, sólo pueden ser descritas parcialmente mediante métodos, ya que, de hecho, todas las situaciones operativas difieren unas de otras.

La contribución del operador y, por tanto, el objetivo de un buen entrenamiento como simulador es la posibilidad de:

- Realizar un diagnóstico correcto de la condición de la central por análisis metódico.
- Predecir correctamente el curso posterior del proceso.
- Intervenir en el proceso a tiempo y de forma cuidadosamente dirigida.

Solamente el hombre es capaz de aplicar su conocimiento y experiencia (adquiridos, por ejemplo, en el simulador) «ad hoc» al estado presente de las condiciones de operación.

Desarrollo de un modelo de proceso mental

La capacidad del operador para transmitir su experiencia a nuevas situaciones requiere un modelo detallado de las características estáticas y dinámicas de la central al que pueda alimentar la información real de la sala de control. El desarrollo de este modelo de proceso mental es un objetivo esencial del entrenamiento con simulador. El ejercicio de la intervención correcta en la sala de control es, por tanto, complementado con una discusión con los instructores de los acontecimientos que se han producido en el simulador y con el análisis preciso de los ejercicios del simulador, en la clase, con ayuda del ordenador de

procesos y de protocolos de registro de los parámetros más importantes.

La evaluación y el estudio cuidadosos de los ejercicios del simulador fomenta generalmente la capacidad de pensamiento lógico del operador.

Transmisión de la experiencia operativa

En su central, un operador puede experimentar un máximo del 15-20 % de los acontecimientos operativos interesantes. Para la conservación y el perfeccionamiento de sus facultades es, sin embargo, indispensable que se familiarice también con casos importantes en otros turnos de su central y en otras centrales. Los acontecimientos que se han producido en la realidad son siempre más interesantes y prolíficos que las discusiones teóricas. En ninguna parte, salvo en el simulador, puede comprenderse más eficazmente la realimentación de esta experiencia, principalmente si el tutor imparte cursos de entrenamiento para diferentes centrales sucesivamente, enfrentándose así a diversas experiencias de operación.

Ajuste del entrenamiento a las condiciones individuales

Por las razones mencionadas antes, cada Central Nuclear tiene sus propias ideas sobre el programa de entrenamiento. Cada Central tiene sus propias características técnicas y organizativas. El conocimiento, la experiencia y el progreso del aprendizaje de los entrenados son diferentes. El pequeño número de participantes en cada grupo de entrenamiento con simulador permite tener en cuenta la situación individual de cada Central Nuclear, de cada grupo de entrenamiento e incluso de cada participante individual.

Es más importante para los participantes en el curso captar con todo detalle los ejercicios realizados que cumplir el programa del curso completo con una comprensión sólo superficial de los ejercicios. Además, el instructor tiene que decidir en cada caso si la inserción de malfuncionamientos debe ser anunciada o ser una sorpresa.

Deben cumplirse varios requisitos previos importantes para cumplir las condiciones mencionadas.

Integración en el entrenamiento global

Una buena integración en el entrenamiento global del personal de operación es el primer requisito previo para un buen entrenamiento con simulador. El simulador no es una máquina de entrenamiento que pueda hacer de cada uno un perfecto operador de reactores o incluso un supervisor de equipos de personal en algunas semanas. El entrenamiento con simulador solamente es eficaz si va precedido de varios años de

entrenamiento teórico y experiencia práctica en la central. Se ha conseguido una buena experiencia dividiendo las ocho semanas totales de entrenamiento en cuatro cursos de entrenamiento a los que se puede asistir con un intervalo mínimo de seis meses entre cada uno, y que han sido adaptados al estado del entrenamiento teórico.

Calidad del simulador

Evidentemente, la calidad del simulador es de considerable importancia para el entrenamiento. Se espera que el simulador refleje las características de la central realista y consecuentemente. Un buen simulador no debe presentar ningún llamado «efecto del simulador» al que pueda hacer responsable el estudiante de todas las situaciones que él no puede percibir en su totalidad.

La simulación realista no implica necesariamente que la central simulada sea idéntica a la de los participantes en el curso de entrenamiento. Los operadores del reactor y los supervisores de los equipos de personal, que deben ser capaces de diagnosticar la operación de la Central Nuclear, se encuentran en muy buena posición para transmitir el conocimiento adquirido en el simulador a su propia central, siempre que no existan diferencias importantes de diseño que puedan afectar a la operación en general.

Hemos observado que las diferencias entre la central y el simulador motivan frecuentemente interesantes discusiones tecnológicas, donde los entrenados aprenden a comprender mejor el diseño y la operación de su central. En algunos casos, las diferencias entre el simulador y la sala de control de la central real son incluso didácticamente relevantes para proporcionar al entrenado menos experimentado cierta base para la comprensión más fácil de las interrelaciones.

No obstante, actualmente preferimos seleccionar una central de referencia para los nuevos simuladores y construir una réplica de la sala de control con objeto de obtener una buena base de datos que sea consecuente y garantice un tiempo de construcción corto y una verificación fiable de la calidad del simulador. Por esta razón, preferimos como centrales de referencia las centrales que ya están funcionando.

Debido al desarrollo técnico, el entrenamiento con simulador implica un número cada vez mayor de posibilidades que operen cada vez mejor. El campo de los incidentes, por ejemplo, es cada vez mayor. Para nosotros, son especialmente importantes aquellos incidentes que dan al operador la oportunidad de una detección precoz y una intervención correcta para mantener la operación programada de la central. El campo de las malfunciones es ampliado por la posibilidad de un acceso directo a partes específicas de la central, tales como zonas nutricias, enclavamientos, controles, etc., desde la mesa del instructor y de realizar modificaciones a corto plazo de

las características y también de los valores límite. Estas intervenciones del instructor deben ser posibles individualmente y en todas las combinaciones significativas.

Además del equipo normal de la sala de control de la central, un simulador puede tener posibilidad de exponer el comportamiento de los parámetros del proceso en pantalla y en registradores de canales múltiples; además, pueden mostrarse curvas bi o tri-dimensionales (características de los componentes, distribuciones del flujo de neutrones). Esta información constituye una ayuda útil para el análisis posterior de los ejercicios en el seminario.

Aprovechamiento de la experiencia operativa en la central

Las centrales nucleares tienen que ser ajustadas continuamente al desarrollo técnico y a los mandamientos oficiales. Las consiguientes modificaciones en el diseño y en la operación de la central tienen que ser incorporadas al respectivo simulador en un corto plazo. Esto exige un flujo regular de información desde la central al simulador, convirtiéndose así el centro de simuladores en un centro de intercambio de información entre las centrales. Manejamos este flujo de información en grupos de trabajo de las personas responsables del entrenamiento de las centrales individuales, que discuten los programas de los cursos y el desarrollo técnico del simulador.

El reflujo de experiencia operativa también requiere un equipo de «software» cualificado, capaz de convertir eficazmente estas experiencias en cambios en el programa y nuevas posibilidades de operación del simulador. A largo plazo, los cursos de perfeccionamiento en el simulador solamente son atractivos si pueden ofrecerse ejercicios nuevos cada año.

Instructores del simulador

Afortunadamente, la fluctuación de personal en el campo del suministro de energía es muy baja en la República Federal de Alemania. Por consiguiente, el personal en general es muy experimentado, pero, por la misma razón, es muy difícil interesar a los supervisores de equipos experimentados en un empleo como tutores en un centro de simuladores. Por tanto, estamos recurriendo a graduados de universidad bien adiestrados que reciben un entrenamiento técnico y didáctico adicional y que pasan varios meses en una central nuclear con objeto de ampliar su experiencia práctica.

Estos instructores que están bien familiarizados con el simulador, en la mayoría de los casos comparten el adiestramiento con un instructor que ha venido de la respectiva central nuclear con

su grupo, que aporta su experiencia operativa, puede señalar las diferencias entre la central nuclear y el simulador y puede evaluar el éxito del entrenamiento en el simulador basándose en el entrenamiento global y en el comportamiento operativo.

Incluso en 1984, los instructores no deben ser el «Hermano Mayor» que observa a sus entrenados con lupa. Más bien debe ser su confidente, al que pueden descubrir sus deficiencias y al que pueden pedir ayuda.

Pre-requisitos-organizativos

Finalmente, deben mencionarse algunas influencias externas que contribuyen en grado bastante alto al éxito del entrenamiento. Es evidentemente ventajoso que los grupos de entrenamiento puedan olvidar la rutina del trabajo tradicional durante el entrenamiento en el simulador, para concentrarse totalmente sólo en el entrenamiento. Por otra parte, sin embargo, es necesario que en el lugar de entrenamiento dispongan de condiciones de trabajo y vida que constituyan una motivación para volver sin reservas año tras año a los cursos de refresco. Esto supone buen alojamiento así como la posibilidad de actividades de tiempo libre, deportes y diversiones. El entrenamiento en el simulador no debe ser considerado un mal necesario que el operador debe padecer para no perder su puesto de trabajo. Debe ofrecer la posibilidad de pa-

sar días interesantes y memorables en compañía de los colegas y, al mismo tiempo, desarrollar y renovar los conocimientos y capacidades profesionales.

Como en otros países europeos, los operadores de centrales de la República Federal de Alemania han dedicado centralizar el entrenamiento con simulador. Además del cumplimiento de los requisitos y pre-requisitos ya mencionados, observan las siguientes ventajas en dicha medida:

- Nivel uniforme y aceptado por todos del entrenamiento con simulador.
- Ahorro de costes.
- Independencia de las influencias a corto plazo de los acontecimientos operativos en la central.
- Concentración de expertos experimentados para la operación. Mantenimiento y programación del simulador.
- Entrenamiento uniforme y sistemático de los instructores.

La experiencia ha demostrado que hasta ahora la industria que opera las centrales nucleares ha creado las instalaciones de entrenamiento necesarias bajo su propia responsabilidad sin la coacción de los mandamientos oficiales. Nosotros, como centro de entrenamiento, esperamos que en el futuro se deje a la industria nuclear libertad de decisión suficiente para que nadie pueda abdicar de su responsabilidad en la generación segura y económica de energía eléctrica.

Kenneth A. STRAHM

INSTITUTE OF NUCLEAR POWER OPERATIONS

(USA)

Durante los cuatro últimos años se han producido numerosos cambios en el entrenamiento nuclear. En Estados Unidos, el cambio ha sido rápido y, retrospectivamente, bastante espectacular. Después del accidente ocurrido en 1979 en Three Mile Island, se ha producido un despertar en la industria nuclear. Más que cualquier otra cosa, comencemos a subrayar el papel de la gente en el funcionamiento seguro de las centrales nucleares. Los directivos de las compañías eléctricas reconocieron la importancia de los factores humanos, del entrenamiento y del perfeccionamiento de la mano de obra.

Hoy pienso hablar del pasado, del presente y del futuro en el campo del entrenamiento en la industria nuclear de Estados Unidos. A lo largo de la exposición compartiré con ustedes lo que, en mi opinión, constituyente la perfec-

ción en el entrenamiento. Comentaré el progreso de las compañías eléctricas de Estados Unidos hacia la excelencia en el entrenamiento y finalmente trataré de cómo la industria de Estados Unidos como un todo mejorará los programas de entrenamiento en todas sus centrales nucleares.

Para describir hasta dónde hemos llegado y a dónde nos dirigimos, será útil cierta perspectiva histórica.

La industria eléctrica nuclear de Estados Unidos comprende 58 organizaciones diferentes. Cada una de ellas es única y opera independientemente. Antes del accidente de Three Mile Island, cada compañía eléctrica determinaba por sí misma el entrenamiento que proporcionaría a su personal. Los programas de entrenamiento diferían mucho en calidad, duración, alcance y profundidad de su contenido. Las regulaciones gubernamentales

mentales establecían solamente unas normas mínimas de entrenamiento. La comunicación entre las compañías eléctricas era limitada y la mayoría de ellas no reconocían que los problemas de una compañía podían afectar a todas ellas.

Durante la década de los setenta, el personal típico de entrenamiento nuclear estaba constituido por un jefe de entrenamiento y dos o tres instructores. La mayoría de las instalaciones de entrenamiento estaban constituidas por remolques móviles y/u otras construcciones temporales. Las inversiones importantes en entrenamiento estaban poco justificadas.

En un programa normal de entrenamiento para la industria eléctrica, lo importante era la concesión de la licencia de operador de salas de control. La medida del éxito era la actuación en el examen de la Comisión Reguladora Nuclear de Estados Unidos para la concesión de licencias más que la actuación en el trabajo. Los programas de entrenamiento se modificaban para cumplir nuevos requisitos reguladores más que para responder a las necesidades de comportamiento en el trabajo y para evitar problemas.

El uso de simuladores para entrenamiento se limitaba a los que facilitaban los fabricantes de reactores. Estaban constituidos fundamentalmente por algunos guiones preceptivos.

El entrenamiento de operadores sin licencia y del personal de mantenimiento se realizaba con frecuencia informalmente en el lugar de trabajo o no se realizaba en absoluto. No era insólito que entraran de servicio operadores sin título, sin entrenamiento metódico. Incluso en el caso de los operadores de salas de control con licencia, los materiales de entrenamiento no eran de la mejor calidad, raras veces eran exhaustivos y algunas veces estaban anticuados.

El entrenamiento para centrales nucleares tal como acabo de describirlo parece inaceptable y lo es. Hace cinco años era común.

La industria eléctrica nuclear en Estados Unidos surgió de la industria eléctrica de combustibles fósiles. Las prácticas de operación y el entrenamiento se basaron durante muchos años en la experiencia adquirida en las centrales de combustibles fósiles. Los operadores de centrales nucleares eran entrenados esencialmente como habían sido entrenados los operadores de las centrales de combustibles fósiles durante medio siglo. Dado que las centrales continuaban operando con seguridad, no parecía haber razón para cambiar este procedimiento. Y durante veinte años, nuestras centrales nucleares funcionaron bastante bien. Sin embargo, entre 1977 y 1983, una serie de acontecimientos en centrales nucleares constituyeron una advertencia. Esta lista de acontecimientos será familiar a la mayoría de ustedes: el incidente del precursor TMI en la central nuclear de Davis-Besse, el fuego en Browns Ferry, el accidente de Three

Mile Island, el fallo de la instrumentación de Crystal River, la rotura de los tubos del generador de vapor de Ginna y, las más recientes, las averías en los disruptores del sistema de disparo del reactor de Salem.

En estos casos, no se habían previsto las averías de los equipos y los operadores no siempre estaban adiestrados para reconocer o enfrentarse a acontecimientos inesperados. Cada acontecimiento ilustró la necesidad de revisar, analizar y comunicar las experiencias de cada central nuclear a toda la industria. Cada uno de ellos señaló la necesidad de un enfoque más sistemático del entrenamiento, que debía garantizar que los operadores podrían manejar con seguridad lo inesperado.

Después del accidente de TMI, la industria nuclear americana reconoció esta necesidad y comenzó a actuar. Además de las iniciativas de mejora de las compañías individuales, la industria se unió y formó el Instituto de Operaciones de Centrales Nucleares (INPO). Como parte de su función, las industrias eléctricas dirigieron el INPO para evaluar el entrenamiento de las centrales y cooperar en la realización de las mejoras necesarias. La Comisión Reguladora Nuclear y el Ministerio de Energía de Estados Unidos fueron dirigidos por el Presidente de los Estados Unidos para cooperar y ayudar en este esfuerzo de la industria. Además, la Comisión Reguladora Nuclear elevó el nivel de sus requisitos en las áreas de cualificación de los operadores de salas de control, entrenamiento y supervisión. Nuevas reglas limitaron las horas extraordinarias de los operadores de sala de control, agregaron un operador extra a cada turno e hicieron más difíciles los exámenes para la concesión de licencias.

Las compañías eléctricas individuales respondieron bien a las lecciones de Three Mile Island y actualmente el negocio se rige de forma bastante diferente de la de hace cuatro años. Hoy, la calidad del entrenamiento ha mejorado mucho y está mejorando cada vez más. Todavía hay variaciones entre los programas de entrenamiento de las compañías; sin embargo, se ha progresado mucho hacia un patrón uniforme de excelencia.

ENTRENAMIENTO NUCLEAR HOY

En contraste con 1979, frente a tres o cuatro personas, el equipo normal de entrenamiento de una central nuclear está constituido hoy en día por hasta 20 ó 30. Muchas compañías han establecido programas de entrenamiento de instructores. La instalación típica de entrenamiento es un nuevo edificio equipado con modernas clases y laboratorios y con frecuencia un simulador específico de la central. De hecho, el uso de simuladores ha aumentado espectacularmente. Desde 1979, el número de simuladores se ha triplicado desde 10

hasta aproximadamente 30, estando proyectada la adición de 20 más en los próximos años.

En 1983, una central nuclear típica utiliza cinco turnos de operadores, con un turno dedicado al entrenamiento. Seis compañías han establecido un programa de seis turnos para dejar todavía más tiempo para el entrenamiento y otras muchas centrales están proyectando los seis turnos. El entrenamiento de los operadores de salas de control con licencia se centra más en los conocimientos relacionados con el trabajo y el examen para la concesión de licencias también se está orientando más hacia las operaciones. Todavía se da importancia y prioridad a los operadores con licencia; sin embargo, la mayoría de los operadores sin título y el personal de mantenimiento reciben ahora entrenamiento formal en clase así como entrenamiento estructurado en el trabajo. También el personal supervisor recibe entrenamiento sobre cómo realizar sus deberes.

El cambio en las compañías eléctricas nucleares americanas es evidente en un amplio frente. Las compañías han utilizado las organizaciones industriales para estudiar y ayudar a resolver los problemas. Ha mejorado el diálogo entre la industria y el personal de NRC, especialmente en el campo de los factores humanos. Han adquirido popularidad las conferencias y seminarios de entrenamiento regionales y nacionales donde las compañías comparten ideas, problemas y soluciones.

La industria tiende al esfuerzo colectivo para resolver los problemas y responder a las necesidades. La industria está trabajando a través del Instituto de Operaciones de Energía Nuclear en varios importantes campos de entrenamiento. Por ejemplo, está en vías de realización un análisis sistemático colectivo para determinar los conocimientos y habilidades necesarios en las personas que ocupan posiciones claves en la central para cada compañía individual mientras que este enfoque colectivo es más eficaz desde el punto de vista del coste.

La acreditación y evaluación de los programas de entrenamiento de las compañías es otro esfuerzo realizado por toda la industria a través del INPO. El proceso de acreditación examina los programas de entrenamiento con detalle para determinar la calidad de los mismos y la capacidad de las industrias eléctricas para proporcionar un entrenamiento eficaz. Las evaluaciones estudian el producto de los programas de entrenamiento: el personal de servicio.

Estos esfuerzos colectivos son importantes y la comunicación que está teniendo lugar ahora entre las compañías no tiene precio. Sin embargo, lo más importante de todo son las acciones que están emprendiendo las compañías individuales. Estas acciones reflejan el reconocimiento por parte de la alta dirección de la importancia del entrenamiento

para la operación segura y fiable de la central.

Las amplias variaciones de calidad del entrenamiento de las compañías han disminuido algo porque los programas más débiles son los que más han mejorado. Sin embargo, no todos los problemas de entrenamiento que existían hace varios años pueden ser resueltos rápidamente y todavía hay oportunidades de mejora.

Las compañías eléctricas de Estados Unidos se están dirigiendo actualmente hacia una norma de excelencia representada por un enfoque sistemático e integrado del entrenamiento en centrales nucleares basado en el funcionamiento.

Una ojeada al futuro puede contribuir mejor a ilustrar lo que se entiende por un sistema exhaustivo de entrenamiento y cualificación.

ENTRENAMIENTO NUCLEAR MAÑANA

Análisis

En un futuro próximo, una industria nuclear típica dispondrá de sistemas de entrenamiento basados en el funcionamiento que son desarrollados, realizados, evaluados y mejorados de forma sistemática. La industria nuclear típica analizará cuidadosamente las necesidades de entrenamiento de sus trabajadores. En este análisis se tendrán en cuenta muchos factores tales como el número de individuos a entrenar, los requisitos de conocimientos y destreza de cada posición individual de trabajo y cualificaciones iniciales del entrenado. Los programas de entrenamiento también comprenderán la experiencia de operación de una central y las modificaciones de la central. Todos estos factores serán considerados para determinar los requisitos del personal de entrenamiento, las instalaciones y otros recursos. Las necesidades de entrenamiento serán coordinadas con los otros objetivos de la industria relacionados con la mano de obra.

Evaluación de la realización del desarrollo del programa.

El contenido y los objetivos de aprendizaje de los programas de entrenamiento estarán basados en el análisis de las necesidades de entrenamiento. Se subrayará especialmente la selección, la atribución y el entrenamiento de los instructores con competencia técnica y dotes pedagógicas. Cada tema del programa de entrenamiento será presentado utilizando los métodos más eficaces y en un ambiente que facilite el aprendizaje. Los simuladores serán muy utilizados. El entrenamiento en el lugar de trabajo será formalizado y coordinado estrechamente con el entrenamiento metódico en la clase.

La evaluación de la eficacia del entre-

namiento será un aspecto clave del sistema y un proceso continuado. Los programas de entrenamiento serán dinámicos, respondiendo a los cambios y aprovechando las oportunidades de mejora. Los resultados de las evaluaciones del entrenamiento serán utilizados para modificar los planes, la organización, las instalaciones, los programas, los materiales y los métodos de entrenamiento. Para medir la eficacia de sus programas, las industrias eléctricas seguirán muy de cerca su propio progreso en la adquisición de personal, desarrollo de instalaciones, producción de programas, formación de instructores, desarrollo de material, índices de desgaste y número de personas cualificadas que terminan el entrenamiento. Lo más importante es que vigilarán el comportamiento en el lugar de trabajo después de completado el entrenamiento.

Este enfoque de «sistema total» se traducirá en el entrenamiento individual en mejores conocimientos, capacidades y comportamientos.

Los candidatos a los puestos de trabajo en centrales nucleares habrán sido seleccionados cuidadosamente, basándose en la central, cada empleado recibirá los conocimientos básicos científicos y técnicos necesarios para su trabajo, así como entrenamiento en los principios de operación de los componentes y sistemas de la central. Esto tendrá lugar en un centro de entrenamiento con modernas clases y materiales didácticos de entrenamiento, tales como maquetas, modelos vaciados y simuladores de tareas parciales. Las descripciones, diagramas y esquemas de los sistemas serán de gran calidad, actuales y adaptados a las necesidades del entrenado.

Cada empleado también recibirá un entrenamiento estructurado sobre el trabajo, para el que tendrá que demostrar su aprovechamiento antes de ser calificado. El entrenamiento de los candidatos a operadores insistirá especialmente en la operación general de la central y en las interrelaciones del sistema. Para mejorar el entrenamiento en el trabajo, se utilizará en el centro de entrenamiento un simulador específico de la central. Empleando este dispositivo, los candidatos practicarán las respuestas a las oscilaciones momentáneas y a los accidentes, utilizando guiones que no pueden ser puestos en práctica en la propia central.

Aún después de haber sido calificado el candidato, no terminará su entrenamiento. Los operadores cualificados recibirán entrenamiento continuado de repaso así como entrenamiento en análisis avanzado de oscilaciones momentáneas y accidentes y conocimientos de supervisión y de resolución de problemas. Cada operador recibirá información puesta al día sobre las incidencias de la central y de la industria y sobre el entrenamiento de equipos y procesos de la central como parte de su formación continuada.

¿Cómo mejorarán las compañías

eléctricas de Estados Unidos el entrenamiento hasta el nivel que he descrito?

Las mejoras en los programas de entrenamiento serán realizadas por cada compañía eléctrica; ellas entrenan al personal y ellas asumirán la responsabilidad final de las acciones de sus empleados en el trabajo. Sin embargo, cada compañía reconoce que también tiene que pagar un precio por los problemas de otra compañía, como ocurrió en Three Mile Island, Browns Ferry, Crystal River y Salem. Aunque piensen que están realizando un buen trabajo en su programa de entrenamiento, desean estar seguras de que alguien está vigilando a las otras compañías. En consecuencia, los programas de entrenamiento de cada central nuclear son evaluados por examinadores cada quince meses. Se escriben los hallazgos y las recomendaciones y se someten a la alta dirección de la compañía. Hay programa de seguimiento para garantizar la resolución final de cada hallazgo. Estas evaluaciones examinan los resultados del entrenamiento de la compañía. Hasta ahora, cada instalación ha sido evaluada dos veces y la tercera ronda de evaluaciones está en marcha. Estas evaluaciones proseguirán. Además del proceso de evaluación que examina los resultados del entrenamiento, se ha iniciado la acreditación de los programas de entrenamiento. La acreditación examina el análisis, diseño, desarrollo, realización y evaluación de los programas de entrenamiento. El proceso de acreditación consiste en una auto-evaluación por la compañía, utilizando criterios específicos. Después de esta auto-evaluación, la central es visitada por un equipo del INPO y otros evaluadores. Los resultados de sus evaluaciones son presentados a un comité de acreditación que toma la decisión de si acredita o no.

Hasta octubre de 1983:

- Veintisiete compañías han iniciado la fase de auto-evaluación del proceso.
- Se han realizado cuatro visitas en equipo y para noviembre del mismo año están programadas dos más.
- El Comité de Acreditación ha acreditado para una instalación cuatro programas de entrenamiento de operadores, operadores con licencia, operadores sin título, recualificación de operadores y asesores técnicos de turno.

Estos dos aspectos, evaluación y acreditación, contribuirán mucho a mejorar el entrenamiento en la industria nuclear de Estados Unidos.

RESUMEN

El sistema de entrenamiento integrado que he descrito no formaba parte del programa de entrenamiento de ninguna compañía eléctrica antes de 1979. Afortunadamente, en la actualidad no es una meta alejada y distante para nosotros. Los entrenadores de centrales nu-

cleares en Estados Unidos han llegado en general a la conclusión de que el entrenamiento debe basarse en el funcionamiento. Debe ser desarrollado, realizado, evaluado y mejorado sistemáticamente. Hemos visto las mejoras en las evaluaciones y significan lo que dicen. Las empresas eléctricas están dedicando el tiempo, el dinero y la mano de obra necesarios para preparar al personal que hará funcionar las centrales nucleares con seguridad y fiabilidad.

Como les he dicho, las empresas eléctricas nucleares de Estados Unidos han recorrido un largo camino en la mejora del entrenamiento. Desgraciadamente, no existe una solución rápida a los problemas de entrenamiento que se han planteado durante años y, en algunos casos, es necesario un importante esfuerzo de la empresa para solucionar estos problemas. Se están realizando los esfuerzos necesarios. Se están adoptando enfoques consecuentes y coordinados para mejorar el entrenamiento, junto con la evaluación y la acreditación de los entrenamientos. El compromiso de la industria nuclear de mejorar se ha fortalecido durante los cuatro últimos años. Análogamente, se ha desarrollado el conocimiento de lo que cuesta realizar un trabajo de calidad superior. Todos estos factores reunidos nos están acercando más a nuestro objetivo de excelencia en el entrenamiento nuclear.

Paul Dozinell, Consejero Delegado de Tractel Engineering de Bélgica, habló en septiembre en Atlanta, Georgia, Estados Unidos. Los asistentes eran los presidentes y vicepresidentes de 58

compañías eléctricas nucleares de Estados Unidos y una representación de los miembros de INPO Internacional. Doce personas representaban a siete países diferentes. Su discurso fue excelente. Su reproche a los Estados Unidos fue que nosotros compartíamos prontamente nuestras experiencias y conocimientos con el resto del mundo, pero que en los Estados Unidos no aprovechábamos lo que se había aprendido en otros países. Esto es cierto. Con 58 compañías eléctricas en Estados Unidos que no se hablaban mucho entre sí antes de 1979, nosotros hemos trabajado mucho en el INPO y en las industrias de Estados Unidos para coordinar y compartir los conocimientos entre las 58, pero siendo conscientes todo el tiempo de que había mucho que aprender fuera de nuestras fronteras. Con nuestro número limitado de personas, solamente 44 en la División de Entrenamiento y Educación del INPO, hemos realizado un esfuerzo tentativo inicial en los dos últimos años para aprender del extranjero. Yo he visitado centrales en Canadá, Gran Bretaña, Suecia, Alemania y Suiza además de 28 centrales en Estados Unidos. El año pasado, varios grupos de personas de INPO han pasado 3-5 días cada uno en centrales fuera de Estados Unidos, estudiando los métodos buenos para traer y utilizar en Estados Unidos. Estos viajes han sido valiosos, pero son solamente una pequeña parte de lo que puede hacerse. Ahora que somos algo expertos, aceptaremos el desafío de Paul Dozinell. Espero que les gusten las visitas.

La definición de operador es más clara en el caso de un reactor o una central nucleares que en el caso de fábricas de elementos combustibles o de reproceso, o de almacenamiento de residuos radiactivos.

En lo que sigue, la mayoría de los hechos e ideas que se comenten irá más dirigida hacia los operadores de centrales y reactores nucleares, pero no deberá olvidarse que existen particularidades cuando se trata de otras instalaciones nucleares.

La importancia del adiestramiento de estas personas es muy grande y ello se debe a su gran responsabilidad. En las centrales nucleares por la enorme energía almacenada y en todas las instalaciones por el gran inventario de materiales radiactivos y la posibilidad de su escape al medio ambiente.

Se ha escrito que el error humano es el mayor contribuidor potencial de accidentes graves. Ello ocurre tanto en la vida diaria —vehículos, incendios, etc.— como en la industria —explosiones, escapes, etc.

En las centrales nucleares, el Estudio Alemán de Riesgos establece que casi 2/3 de los posibles caminos para llegar a la fusión del núcleo son de origen humano.

Por otra parte, el número de centrales nucleares y, por ende, de operadores es ya muy elevado.

A finales de 1982 había en el mundo 297 centrales nucleares en funcionamiento y el personal técnico involucrado en su funcionamiento puede estimarse entre 60.000 y 75.000. De ellos unos 6.000 u 8.000 pueden ser considerados como operadores. Teniendo en cuenta además que en la misma fecha había 216 centrales nucleares en construcción, puede estimarse en unos 20.000 los técnicos involucrados en su futuro funcionamiento y de ellos otros 3.000 ó 4.000 en período de adiestramiento para obtener la licencia correspondiente.

A los anteriores hay que agregar los de instalaciones nucleares de centros de investigación y desarrollo y los de actividades industriales del ciclo del combustible nuclear. Este número es en el mundo, al menos, del orden de unos 25.000, lo que hace próximo a 15.000 el número de personas a las que puede aplicarse el concepto de operador de instalación nuclear.

El adiestramiento específico de los operadores, aparte su formación básica es costosa en tiempo, en recursos y en personas a él dedicadas. Su importancia en cualquier empresa u organización es grande y comparable a las inversiones en instalaciones porque requiere planificación, dedicación, personal, medios materiales, monetarios y tiempo.

Si se sigue a lo largo del tiempo la evolución de los requerimientos globales exigidos a los operadores se comprueba que existen diferencias a veces apreciables en educación, experiencia y condiciones personales. Ello depende del grado de desarrollo del país, del tiempo en

Luis Gutiérrez Jodra

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

GENERALIDADES

De las tres palabras clave en el título de esta Conferencia: entrenamiento, operadores e instalaciones nucleares, creo que es necesario, antes de seguir, aclarar lo que se entiende al usarlas.

De la primera he de confesar que me gusta más «adiestramiento», porque es más completa, y, a mi entender, da más idea del fin que se persigue, mientras que entrenamiento sugiere más bien un permanente estado transitorio.

Por operador normalmente entendemos «las personas que manejan los controles y el equipo» de la instalación (definición del O.I.E.A.), quien «ejecuta diversas acciones o trabajos (Diccionario de la Lengua Española, Real Academia Española, 19.ª ed., 1970), el que actúa u obra, o «realiza acciones con cierto fin» (María Moliner, ed. Gredos, 1981). Su amplia significación debe englobar, sin duda, a aquellas personas responsables

del funcionamiento de una instalación nuclear de una manera directa, es decir, los que en la jerga nuclear son conocidos como supervisores y operadores.

En cuanto a instalación nuclear, la definición aplicable en España corresponde a la Ley 25/1964 (art. 2.º), que dice textualmente:

«Instalaciones nucleares» son:

- Las centrales nucleares y los reactores nucleares.
- Las fábricas que utilicen combustibles nucleares para producir sustancias nucleares y las fábricas en que se proceda al tratamiento de sustancias nucleares, incluidas las instalaciones de regeneración de combustibles nucleares irradiados.
- Las instalaciones de almacenamiento de sustancias nucleares, excepto los lugares en que dichas sustancias se almacenen incidentalmente durante su transporte.

que ha entrado en funcionamiento la instalación y del tipo de instalación. En algunos países ha habido durante algunos años cierta relajación de las exigencias, pero desde TMI asistimos a un nuevo proceso de aumento de los requisitos. En otros países, los niveles iniciales han sido muy altos y se han mantenido e incluso reforzado a lo largo del tiempo.

Estas diferencias se deben también, en parte, al concepto genérico de la seguridad que se tiene en unos y otros países y que afecta a la función del operador y a su papel en el funcionamiento de la instalación.

En unos países se trata de describir en detalle todas las acciones que el operador debe llevar a cabo, mientras que en otros se descansa más bien en instrucciones generales y en una labor de seguimiento mucho más intensa.

Es corriente la opinión de que no debe haber ni un defecto, ni un exceso de regulaciones. Dicho de otra manera las regulaciones deben referirse a mínimos necesarios de seguridad.

Un exceso de reglamentación puede tender a crear un estado de opinión de que basta con cumplir. Un defecto minimiza la responsabilidad y propende a centrar el interés en otros objetivos, por ejemplo, el económico.

Sin embargo, las instalaciones nucleares requieren el mismo nivel de seguridad en todas partes, es decir, los operadores deban dar la misma respuesta a la misma acción sea cual fuere el país en que ello ocurra. De ahí que inicialmente todos ellos debieran tener iguales formación y adiestramiento y niveles semejantes de experiencia.

La razón principal de las diferencias existentes es que los operadores son, en primer lugar, hombres, y que el proceso educativo y especializante después es complejo y desigual.

Por otra parte, no hay teorías suficientemente generales para la educación, ni procedimiento suficientemente detallado para el aprendizaje y el adiestramiento. No existen reglas de amplia aceptación sobre la enseñanza adaptables a las personalidades más diversas, por lo que es difícil establecer patrones de selección, entrenamiento y evaluación del personal para tareas complicadas como las que ha de realizar un operador.

Los tres requerimientos básicos: educación, adiestramiento y experiencia están íntimamente relacionados con el ambiente físico, intelectual y familiar. Aunque la estructura mental y la capacidad sean por término medio iguales para todos los hombres, el ambiente influye en el período de formación de los individuos. Y lo mismo puede decirse en cuanto a su adaptación para un puesto determinado.

Las exigencias de nivel educativo pueden, a veces, tener consecuencias adversas al fin perseguido. En los países de menor grado de desarrollo, los requerimientos educativos suelen ser más

elevados y, sin embargo, esto no siempre asegura disponer de mejores operadores, porque aparece el problema de la acomodación a puestos de inferior categoría intelectual, problema bien conocido y estudiado y que aparece inevitablemente en los períodos de crisis económica.

En todos los países con un programa energético en que la energía nucleoelectrica tenga una participación significativa, además de una infraestructura científica e industrial se requiere, asimismo, disponer de manera continua de un sistema que proporcione los operadores necesarios con los niveles mínimos exigibles.

Para ello será necesario contar un sistema educativo apropiado, centros de adiestramiento y con instituciones de investigación y desarrollo, cuyo esfuerzo deberá en consonancia con los requerimientos del programa.

Es evidente que para este fin se requiere un trabajo armónico explícito o implícito del Gobierno, de las compañías eléctricas, de la industria y del sistema educativo.

En los países con amplios recursos esta coordinación puede ser menos importante porque cada sector puede, en cierta extensión, ser autosuficiente, pero es absolutamente precisa en países de tamaño medio en los que todas las posibilidades deben ser utilizadas al máximo.

FORMACION, ADIESTRAMIENTO Y EXPERIENCIA

Para entender bien el papel de los operadores de las instalaciones nucleares —y quede claro que otra cosa bien distinta es el de las instalaciones radiactivas, del que aquí no trataremos— parece conveniente tener en cuenta las características más importantes de una instalación nuclear en cuanto a su similitud con instalaciones industriales no nucleares. En ella se ha realizado una gran inversión, para llevar a cabo un proceso continuo de una tecnología muy sofisticada y con un alto nivel de garantía de calidad y en ella hay siempre presente un riesgo radiológico.

El empleo de un proceso continuo es en parte una consecuencia de la gran inversión. Pero su consecuencia más directa es, al igual que en otras industrias, el trabajo a turnos. Y por otra parte que la norma ideal es la conservación del estado estacionario o de otra forma que los riesgos aumentan con los transitorios.

En general, puede decirse que los procesos continuos cambian las formas de actuación del personal porque requieren de él mucha más competencia y mayores conocimientos que en el caso de procesos discontinuos. Hay por ello una necesidad de un mayor número de directores y supervisores y un mayor grado de vigilancia, de mantenimiento, de instrumentación y de control.

El alto nivel tecnológico y de garantía de calidad supone un elevado grado de complejidad de sistemas y un gran número de especialistas en la instalación.

Y finalmente, y ello es lo más distintivo, el riesgo radiológico está presente detrás de todas las acciones que lleve a cabo el operador.

A medida que aumentan la complejidad y el tamaño de las instalaciones, el operador pierde la visualización de las acciones tomadas, ya que todos los sistemas están instrumentados y su control es automático, es decir, más lejano y más impersonal.

La relación causa-efecto pierde parte de su valor y psicológicamente tanto da apretar el botón de parada de un ventilador que el de una bomba principal. Extremando las cosas igual se apaga una bombilla que se para el reactor.

A su vez también, por las consecuencias, el tiempo para la decisión es cada vez más corto. Puede perderse el sentimiento de la acción a realizar y todo, prácticamente, hay que realizarlo de manera inmediata.

La formación básica del operador depende del sistema educativo. El propietario de la instalación —explotador en los términos de nuestra ley— selecciona aquellos candidatos con una formación más idónea e igualmente planifica su adiestramiento y la adquisición de la experiencia que exige la Administración pública.

Las soluciones para el adiestramiento son muy diversas. En países con un número elevado de instalaciones nucleares se ha tendido a la creación de organizaciones especializadas que establezcan los criterios de selección, formación, especialización y mantenimiento de conocimientos, así como las soluciones para llevarlos a la práctica. En los restantes, y sobre todo en países de economía de mercado o mixta, la solución ha sido diferente para cada empresa.

El conjunto de adiestramiento y experiencia se consigue normalmente por enseñanzas teóricas y prácticas y por trabajos en instalaciones nucleares o similares. Las enseñanzas teóricas se suelen adquirir en instituciones educativas, en organizaciones nucleares de investigación y desarrollo y en algunos casos por medio de asociaciones profesionales. Las enseñanzas prácticas se consiguen en las mismas organizaciones nucleares de investigación y desarrollo, en centros especiales y a veces en la industria. En el caso de los operadores de centrales nucleares, el entrenamiento en simuladores, cuando es posible, es de uso casi universal.

La experiencia mediante el trabajo en la propia instalación o en instalaciones semejantes en puestos inferiores o acompañando a operadores es el método normal usado en la mayoría de los países y reconocido en sus legislaciones. La previa experiencia en instalaciones químicas para las del ciclo de combustible y en las centrales eléctricas convencionales suele ser también considerada

como parte importante del adiestramiento.

Si no existe la infraestructura necesaria, será preciso promoverla, no sólo para disponer de operadores, sino también para que haya expertos en el número de especialidades científicas y técnicas que confluyen en una instalación nuclear. Como cualquier otro centro de investigación en cualquier otro sector industrial, la existencia de un centro nuclear de investigación y desarrollo ejerce un efecto catalítico sobre el desarrollo del programa nuclear del país.

Un factor importante a considerar en todo este proceso es la existencia o inexistencia de un sistema socio-económico que oriente favorablemente hacia el campo nuclear a los profesionales en campos científicos o tecnológicos.

En cualquier caso y salvo ejemplos aislados el empleo de personas de otra nacionalidad suele presentar dificultades de ambiente, idiosincrasia, etc., por lo que suele hacerse para tiempos cortos y misiones claramente establecidas.

Si hubiera que describir el comportamiento de los operadores a lo largo del tiempo, una descripción simplista nos llevaría a la curva de bañera tan conocida en garantía de calidad. Los conocimientos exigibles y la propia instalación cambian con el tiempo y el operador debe ser puesto al día periódicamente.

Sin una infraestructura adecuada es difícil obtener el adiestramiento continuo indispensable para asegurar la seguridad a menos que se empleen métodos costosos tales como los cursos de compañías extranjeras especializadas o el envío de personal a otros países.

En España la Ley inicial sobre energía nuclear, de 29 de abril de 1964, mencionaba solamente la figura del Jefe de Operación y refería a un futuro reglamento las «condiciones de idoneidad» que debería reunir el restante personal de las instalaciones nucleares y radiactivas.

Este Reglamento apareció en 1972 y en él se define el sistema de licencias, estableciendo dos categorías: operador y supervisor, con validez de dos años y renovables por iguales períodos y se indica la forma en que se fijará el número de operadores de cada instalación.

Los requerimientos para la licencia son:

«Los peticionarios de las licencias deberán acreditar su preparación y experiencia en las misiones específicas que hayan de realizar en la instalación de que se trate y que también poseen conocimientos suficientes sobre la instalación, así como experiencia sobre los procedimientos de control y operación de la misma, y que conocen a nivel adecuado el contenido del estudio final de seguridad, el Reglamento de Funcionamiento, del plan de emergencia y las especificaciones de funcionamiento. Los solicitantes de las licencias de Supervisor deberán demostrar, además, un buen conocimiento de los principios físico-químicos y nucleares de la instalación y de los criterios seguidos en el

diseño y construcción de la misma.»

Igualmente se establece la necesidad de un examen físico y psíquico, el conocimiento suficiente de las normas de protección contra las radiaciones y de las posibles emergencias por parte de los operadores y se crea la figura de jefe de servicio de protección contra las radiaciones como responsable de la aplicación de las normas a este respecto.

La ley de creación del Consejo de Seguridad Nuclear en abril de 1980 ratifica el sistema de licencias, el tipo de personal al que puede concedérselas y los requisitos necesarios para obtenerlas.

Algunas Guías, elaboradas por la Junta de Energía Nuclear previamente a la existencia del Consejo de Seguridad Nuclear, desarrollan más específicamente esta legislación. Además, y como ha sido usual en el procedimiento español de autorizaciones, se emplean subsidiariamente las Guías del Organismo Internacional de Energía Atómica y las normas de países con legislación nuclear más detallada y que simultáneamente han suministrado tecnología nuclear a España, como son los Estados Unidos, Francia y Alemania.

Débase aquí, por justicia, destacar la labor del Organismo en la preparación de los Códigos de Práctica del programa NUSS (Nuclear Safety Standards) y en las Guías de Seguridad para llevar a cabo las partes más relevantes de los cinco Códigos de Práctica.

Como ha sido comprendido por los organizadores de esta reunión, el adiestramiento es una función muy compleja y variada y en ella intervienen desde la empresa propietaria hasta el organismo regulador. Cada uno de los que intervienen en este adiestramiento tiene un papel específico que cumplir si se desea convencer al público que la calidad de ambos, instalación nuclear y operador, no justifican la falta actual de confianza en la energía nuclear.

Si la industria nuclear como conjunto ha de restaurar esta confianza, ha de justificar la bondad de la operación de sus instalaciones y la ausencia de efectos nocivos en su funcionamiento, ha de hacer arraigar en el público la idea de que la falta de accidentes en las instalaciones nucleares se debe a la calidad de su proyecto y construcción y especialmente al alto grado de profesionalización, de conocimientos y de entrenamiento del personal que las maneja.

La existencia de organizaciones tales como INPO en Estados Unidos y como Tecnatom en España, dedicadas en parte importante a la elevación del nivel técnico de los operadores, ha de contribuir notablemente a conseguir la meta antes indicada.

Pero en ello ha de intervenir también la sociedad que desea estar segura de que las personas responsables de estas instalaciones han sido adiestradas adecuadamente y conservan en todo momento la capacidad conveniente de juicio y de actuación.

El engrane de la Sociedad se hace así

a través de los organismos reguladores y mediante la colaboración de las empresas eléctricas con los organismos públicos de formación de personal, de investigación y desarrollo y de promoción de la energía nuclear.

LOS ORGANISMOS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

Las instalaciones nucleares en general y más especialmente aquellas dedicadas a la producción de energía se caracterizan porque en ellas se aplica un amplio espectro de disciplinas científicas y técnicas, porque en ellas aparecen prácticamente todas las facetas de las ciencias y técnicas nucleares y porque la evolución rápida de la tecnología nuclear hace cambiar continuamente una gran parte de la instrumentación de los sistemas y de los procedimientos.

Cuando se estudia el impacto de estas características sobre las personas involucradas, ello se transforma en necesidades de formación continua y de continua renovación de los equipos humanos. El trabajo en equipo, propio de instalaciones complejas, y a turnos, característico de las instalaciones continuas, añaden complicaciones ulteriores a las necesidades de formación.

Como se indicó antes, el establecimiento de un programa nuclear requiere una infraestructura mínima científica y tecnológica, sin cuya existencia las necesidades del programa en personal, investigación y desarrollo e industria aumentan en tiempo y en dinero.

Si esta infraestructura existe, como es el caso de casi todos los países con programas nucleares de tamaño razonable, la labor a realizar consiste principalmente en crear centros especializados en diversas ramas de la ciencia y tecnología nucleares, en introducir en los currícula de las Universidades las disciplinas nucleares correspondientes, en favorecer el intercambio de información y la transferencia de tecnología y en promover el adiestramiento del personal en las diversas especialidades nucleares.

La confluencia en un centro de investigación y desarrollo de muy diversas ciencias y técnicas lo convierten en un instrumento ideal para la formación y el adiestramiento del personal. En cualquier país, estos centros sirven, no sólo para la creación de la ciencia y la tecnología nuevas, sino también para irradiar conocimientos y aplicaciones y formar los gestores, técnicos y especialistas necesarios para un programa nuclear. En el caso de España, la labor pionera de la Junta de Energía Nuclear al establecer su centro en la Ciudad Universitaria sirvió como elemento básico de todo cuanto se ha hecho en el país en el campo nuclear. Dentro de esta labor, posición destacada ocupa en cuanto a la formación de personal el Instituto de Estudios Nucleares, cuyos cursos tanto han contribuido para dotar al país de la infraestructura necesaria del personal.

Un centro de investigación y desarrollo puede ofrecer al país y a las empresas eléctricas cursos genéricos, cursos específicos, prácticas numéricas y experimentales, familiarización con equipos y técnicas y apoyo para programas de seguimiento. La existencia en todos los centros, de equipos de medida de alta precisión, patrones, equipos y códigos de cálculo y sobre todo de reactores de investigación pueden significar una gran ayuda en los períodos iniciales de un programa nuclear.

En cualquier caso, aunque los reactores de investigación suelen ser de bajas temperaturas y potencia, tienen circuitos de refrigeración muy sencillos y disponen de pocos servicios auxiliares, lo que equivale a decir que se parecen poco a los grandes reactores productores de energía, el núcleo del reactor está bien instrumentado y puede ser utilizado para las enseñanzas de neutrónica y para la práctica de las operaciones más importantes. El aprendizaje en el manejo del combustible nuclear, en el uso de los instrumentos de protección radiológica y en la aplicación de las técnicas de descontaminación son factores muy importantes al considerar la validez de estos reactores en la formación de operadores. Y lo mismo puede decirse de todas las instalaciones del ciclo del combustible nuclear.

La obsolescencia de la formación en períodos cortos de tiempo es un problema actual de todas nuestras tecnologías. Una instalación se parece cada vez más a un ser vivo en que algunos de los sistemas duran toda la vida de la instalación, mientras que otros se renuevan o se sustituyen por otros más avanzados o más fiables. Para la continua reconversión de los operadores de instalaciones nucleares, los centros de investigación y desarrollo ofrecen la doble ventaja de disponer de especialistas, que evidentemente están al día en su especialidad y de técnicas y equipos continuamente actualizados.

Sería ciertamente un mal no aprovechar estas posibilidades de los centros de investigación y desarrollo, así como otras para las que las empresas con instalaciones nucleares tienen que contar con medios exteriores, tales como calibraciones de instrumentos, seguimiento ambiental, propiedades mecánicas de la vasija, etc.

Una combinación adecuada de contratos con los organismos de educación y de investigación y de desarrollo, por una parte, y con empresas de servicios y de ingeniería, por otra, darían respuesta a las necesidades de formación de los operadores de instalaciones nucleares, tanto para los neófitos como para los de puesta al día de los veteranos.

En muchos de los centros de investigación y desarrollo se investigan y estudian diversas cuestiones, aún no resueltas totalmente, de protección radiológica y de seguridad nuclear. La revisión y discusión de estos temas entre los operadores y los investigadores puede servir

mucho a éstos, en algunos casos, para una mejor comprensión de los problemas reales y también a aquellos para conocer en detalle la forma en que el problema se aborda y en el porqué y el cómo de las soluciones previstas o evaluadas.

De esta colaboración entre centros de investigación e instalaciones resulta, sin duda, una mejora en la calidad de los operadores de éstas.

No debe omitirse aquí un factor indirecto, pero importante, cual es la colaboración entre los centros de investigación y los organismos reguladores a fin de mejorar de manera continua los procedimientos y normas que atañen a la formación del personal. Aún conservando cada institución su propio papel, la gran riqueza de ideas y de hombres que hay en los centros de investigación y desarrollo no debe ser desaprovechada.

ORGANISMO REGULADOR

Las funciones de los organismos reguladores varían entre límites relativamente amplios según los países. No obstante, en general, han de hacer observar la legislación existente y proponer la que consideren necesaria.

Ello significa que además de estudiar y evaluar han de vigilar y controlar las instalaciones y las personas que las hacen funcionar.

La misión del organismo regulador en cuanto a las personas se ciñe básicamente a tres cometidos: definir los requisitos necesarios para llegar a ser operador de instalación nuclear, verificar la competencia de los aspirantes y asegurarse de que esta competencia se mantiene.

Esta vigilancia, por así decirlo, del organismo regulador sobre los operadores tiene que desempeñarse, *mutatis mutandis*, antes del funcionamiento de la instalación, durante su vida útil y después de su clausura. Es, por tanto, una misión continuada y que se prolongará en tanto en cuanto la instalación perdure.

Es evidente que el organismo regulador no puede actuar en cuanto a los operadores con la libertad de procedimientos de un organismo educativo. Sistemas tales como el de la evaluación continuada, no puede ser aplicado de manera integral.

El organismo regulador tiene que acudir a otros procedimientos que tiendan genéricamente a evitar los errores humanos, que en una instalación nuclear pueden ser directos, los que provocan acciones determinadas, o indirectos, los que resultan de ensayos y pruebas previos, calibraciones, reglajes, reparaciones, etc.

Y esto trae a colación algo que preocupa muy seriamente a todos los organismos reguladores y que es la conservación de la calidad de los aparatos, equipos y sistemas, al menos tanto como la conservación de la calidad de las personas.

El nivel exigido a los aspirantes a operador es muy variable y como ya se ha indicado depende del sistema educativo y del nivel socio-económico del país considerado, como puede deducirse de las publicaciones existentes (Informe Técnico 200 del OIEA y NUREG-0863 de la NRC americana). En España los requerimientos están dados por las Guías 2, 4, 5 y 14 de la Junta de Energía Nuclear, todas ellas actualmente en revisión dentro de la revisión global del Reglamento de instalaciones nucleares y radiactivas.

Igualmente ocurre que la verificación de las cualificaciones varía ampliamente. En general, supone procedimientos de evaluación, un sistema de exámenes o una combinación de ambos. Todos ellos son un conjunto de medios de comprobación del nivel educacional, psíquico y de carácter del candidato. Las pruebas suelen ser de tipo teórico y práctico y actualmente siempre que es posible, incluyen el empleo de simuladores.

En España se sigue una mezcla de evaluación y de examen. El programa de entrenamiento es propuesto por la empresa propietaria de la instalación, pero es conformado y seguido mediante un tribunal designado por el organismo regulador -Consejo de Seguridad Nuclear-. En el Tribunal figuran expertos y un representante de la instalación propuesto por la empresa propietaria.

Los exámenes comprenden exámenes escritos, exámenes en simulador y un examen oral en la instalación, en que se presta atención preferente al conocimiento práctico de los sistemas, equipos e instrumentos que forman la instalación y al dominio de los procedimientos de operación en el funcionamiento normal, para el caso de malfunciones y de emergencias.

Las licencias concedidas -operador y supervisor- tienen una validez de dos años, por lo cual han de ser renovadas. Las renovaciones requieren resultado positivo en la auditoría del sistema de actualización de conocimientos.

En algunos casos la renovación de licencias ha dado lugar a intentos de utilización del procedimiento con fines laborales. El organismo regulador ha de evitar que estas cuestiones interfieran con las condiciones de seguridad de la instalación.

Algunos de los problemas que actualmente se discuten sobre los operadores desde el punto de vista del organismo regulador, se pueden agrupar en las siguientes cuestiones:

- Condiciones de prerrequisitos, nivel y tiempo para la primera licencia.
- Condiciones para la renovación (nivel, tiempo y experiencia).
- Exigencia o no de licencia para personal de mantenimiento y reparaciones.

Así como en los dos primeros prerrequisitos y renovación, las circunstancias

cambian de país a país, el mantenimiento de la calidad inicial de las instalaciones requiere la adopción de medidas sobre la calidad de las modificaciones o reparaciones introducidas y sobre la acreditación de los que las instalan o realizan. El requerimiento de licencia sería una posible solución, si bien no la mejor en opinión de muchos.

Otra observación muy generalizada sobre los operadores de instalaciones nucleares es la muy extendida necesidad de exigencias mayores de conocimientos y prácticas en el terreno de la protección radiológica.

COMENTARIOS FINALES

Es evidente que la preocupación por la formación de los operadores de instalaciones nucleares ha crecido después del accidente de Three Miles Island. A partir de entonces han aumentado en cantidad y nivel los requerimientos educativos y de experiencia exigidos a los candidatos, lo que ha hecho nacer nuevas organizaciones, promovidas unas por la industria y otras por las administraciones públicas, con el fin de llevar a cabo el adiestramiento con un mayor rigor y conseguir, por tanto, adelantarse a otras posibles situaciones comparables.

La preocupación ha estado dirigida hacia el objetivo de atender más que antes a las situaciones de emergencia, tanto por lo que se refiere a la seguridad industrial convencional como a la seguridad nuclear en sí.

Se ha comprobado también que debe dedicarse mayor atención a las relaciones entre seguridad industrial y seguridad nuclear, a los problemas creados por las labores, crecientes con el tiempo, de mantenimiento y reparaciones y a las formas de resolver la problemática del efecto del tiempo sobre los operadores.

Un mayor énfasis sobre la seguridad industrial, la protección radiológica y la garantía de calidad en la formación de operadores puede ayudar a resolver muchas de las cuestiones planteadas. Las restantes habrá que solucionarlas mediante la colaboración de todas las instituciones implicadas en la formación de personal de las instituciones nucleares y en el mantenimiento de un nivel aceptable de calidad en dichas instalaciones.

El empleo de compañías especializadas puede contribuir a resolver muchos de estos problemas.

El establecimiento de un programa nuclear requiere en cualquier país grandes esfuerzos económicos, tecnológicos, industriales y humanos para crear la infraestructura necesaria y las organizaciones que lo soportan. A largo plazo es deseable que el programa, una vez establecido, tenga la máxima continuidad posible, especialmente en lo que se refiere al personal, que, como debe recordarse, exige un largo tiempo para formarse.

Si no se cuidan estos aspectos del personal, pueden surgir situaciones eno-

jasas e incluso graves situaciones como consecuencia del clima socioeconómico desfavorable producido o de un futuro completamente incierto. Nada más alejado de la seguridad de una instalación que una rotación inadecuada del personal o una disminución de sus niveles de actuación.

Otra parece ser la opinión de algunos y así, Weinberg ha escrito recientemente en el Boletín de los Científicos Atómicos: «Mi expectativa es que 1990 llegará sin que se haya repetido el accidente de Three Miles Island y que veamos un renovado interés en la energía nuclear en todos países desarrollados», y que para ello «será decisivo el buen comportamiento del sistema nuclear durante la próxima década».

La influencia que en ello tienen los operadores no necesita ser comentada.

La labor de los organismos internacionales en el establecimiento de criterios y guías sobre la formación del personal nuclear y en la comparación de

los resultados obtenidos debe continuar para asegurar una formación homogénea y de calidad de los operadores en cualquier instalación sea cual fuere su tipo, clase o emplazamiento geográfico.

Queda finalmente una palabra de advertencia. Todos los implicados en el proceso de asegurar una correcta formación de los operadores —empresas eléctricas, compañías de servicios, organismos reguladores y aún incluso instituciones educativas— tenemos la misión de asegurar al público que las instalaciones nucleares funcionan con seguridad y que ello se debe en gran parte a la calidad del personal que las opera.

Si esto se hace ahora, con los crudos reactores de fisión, podremos estar seguros de que la fusión —solución última— será aceptada por todos. Si no, nuestra responsabilidad será evidente.

Que entre todos seamos capaces de encontrar el camino.

Muchas gracias

Adolfo BERTINI ENTE NAZIONALE PER L'ENERGIA ELETTRICA (Italia)

Esta reunión se ha dedicado al entrenamiento de operadores para instalaciones nucleares. Ya se ha dicho mucho y de acuerdo con el programa que estoy viendo para esta sesión de la Reunión, se presentarán a la audiencia otras muchas cosas interesantes. De hecho, como mi experiencia profesional fue adquirida en su mayor parte, primero, como ingeniero proyectista de centrales y, más tarde, como jefe de centrales durante la puesta en servicio y la operación de centrales eléctricas convencionales y nucleares, debo decir que en cierto modo soy aquí un intruso. Personas con más experiencia técnica en entrenamiento han hablado y hablarán. Pero deseo dirigirme a ustedes como cliente; esta palabra puede parecer fuera de lugar, pero no totalmente.

Un jefe de central puede ser al mismo tiempo sujeto y cliente de las actividades de entrenamiento. Sujeto, porque como toda la gente implicada en las operaciones nucleares debe haber recibido entrenamiento y re-entrenamiento apropiados; cliente, porque las organizaciones de entrenamiento en la compañía y fuera de ella deben proporcionarle a él y a su equipo personas adecuadamente entrenadas para realizar sus tareas de forma satisfactoria.

Ya han oído ustedes y todavía oirán hoy cuan numerosos son los medios actualmente disponibles y podrían iniciarse y mantenerse largas discusiones no solamente sobre la filosofía de los diversos sistemas, sino también sobre los más

mínimos detalles de la simulación y los programas prácticos de entrenamiento. Pero yo no soy un experto y no me embarcaré en este campo.

Cuando puse en marcha la primera central nuclear en mi país (desgraciadamente hace veinte años, quiero decir afortunadamente para la central que todavía funciona con éxito, pero desgraciadamente para mí, porque significa que soy viejo), creo que podría haber estado orgulloso de mi equipo y mis operadores, que habían alcanzado un notable nivel de conocimiento técnico y eficacia operativa y eran capaces de habérselas con la mayoría de los acontecimientos inesperados en la fase de puesta en marcha y operación de un reactor que en aquella época todavía constituía una suerte de «misterio» psicológico. Todavía no teníamos simuladores ni un programa de entrenamiento cuidadosamente estudiado, «científico» como diríamos ahora.

Esta experiencia, y las otras muchas que siguieron, desearía comentarla y explicarla entre otros temas, porque mi punto de vista es que el «entrenamiento» no es una isla, rodeada de agua por todas las partes, donde llega un barco con gente joven «verde» y sale otro barco con personas «preparadas para uso inmediato y sin condiciones». Asimismo, el entrenamiento, cualquiera que sea el significado que demos a esta palabra, nunca debe limitarse a los operadores y posiciones equivalentes en el árbol genealógico de una central, sino que debe implicar a todas las personas con res-

ponsabilidades ejecutivas, a todos los niveles, en las operaciones nucleares. Y debo incluir a las personas con responsabilidades ejecutivas en el proyecto y la construcción de centrales nucleares que, por lo general, deben ser operables y mantenibles en todas las condiciones de operación.

En lo que se refiere a la diferente experiencia en las prácticas de entrenamiento en los distintos países, soy de la opinión de que las interesantes ponencias presentadas en esta Reunión son suficientes para proporcionarles un amplio y exhaustivo panorama del estado de la técnica. Pero yo deseo discutir con ustedes algunos puntos peculiares, más bien filosóficos

El entrenamiento de personal comienza mucho antes de iniciar el programa de entrenamiento «formal». Mi experiencia, la de hace veinte años más las experiencias previas con centrales convencionales, indica que los principios fundamentales de la física y de la ingeniería, naturalmente a los diversos niveles requeridos para los varios grados de responsabilidad en las operaciones de centrales, deben ya estar presentes desde la educación básica de la persona que ha de ser entrenada. Es un caso muy especial, en un país donde la educación pública es tan deficiente que no puede inculcar los principios básicos a los jóvenes que entran en una gran planta industrial, repito que es un caso muy especial, aquél en el que el entrenamiento «formal» para la operación de una central nuclear tiene que partir técnicamente de cero. Pero en este punto puede no ser descabellado plantear la cuestión de si un país de este tipo puede permitirse embarcarse en un programa nuclear, que requiere un grado considerable de educación industrial.

Una central nuclear no puede ser una catedral en el desierto. En sí misma es tan complicada, requiere la aplicación de tantas ramas de la tecnología actual con vistas a los desarrollos futuros, que está implicado un entorno completo de preparación industrial (que incluye la educación), en especial en relación con la realización de todos los requisitos de la seguridad nuclear y de la protección contra la radiación.

Se ha mencionado más o menos abiertamente, en las primeras reacciones después del accidente de Three Mile Island, que los operadores no tenían, o por lo menos actuaron como si no tuvieran, un conocimiento claro del hecho de que si la presión, que mantiene el agua muy caliente en estado líquido, se deja disminuir, manteniendo todavía la temperatura del agua sustancialmente constante, en un cierto momento el agua se transformará en vapor.

Ahora yo estoy exagerando unas condiciones que casi con certeza no se dieron, pero lo hago solamente para facilitar la discusión. En cualquier caso, yo no aceptaría condiciones en que no fue-

ran conocidos estos conceptos básicos entre el personal técnico que debe ocupar posiciones de responsabilidad, antes de emprender cualquier entrenamiento específico. El concepto de interdependencia de la presión y la temperatura de saturación, como otros conceptos básicos en física, debe ser enseñado a los adolescentes, ya que son importantes en millares de aplicaciones tecnológicas. Forman parte de un fondo común de conocimiento científico que es un requisito en una sociedad desarrollada y que debe ser obtenido cuando se educa al joven. Educación general, que incluye también todas las materias auxiliares y subsidiarias que forman una persona educada y no una máquina viviente.

El programa de entrenamiento de una organización de operación industrial debe recordar los conceptos básicos adquiridos en la escuela para demostrar como son aplicados en la práctica al proceso industrial particular. No es obligación del entrenamiento «industrial» enseñar los principios de termodinámica o la teoría del motor de inducción. Esto es educación, no entrenamiento. Si en el país no hay un marco educativo suficiente para dar este nivel básico a los jóvenes que han de ser enrolados en la industria, bueno, todo puede hacerse (con la condición antes mencionada), pero en este caso la industria debe fundar una escuela normal, distinta del entrenamiento industrial y previa al mismo. La escuela, como la entendemos en nuestros países industrialmente desarrollados, no puede ser sustituida por otras formas de educación. La escuela a todos los niveles, desde técnica básica hasta la universidad. Si alguien propusiera la inclusión de un curso completo de universidad en el programa de entrenamiento industrial, se consideraría utópico, por esencialmente impracticable. ¿La razón? Porque en la universidad, que a su vez requiere otra escuela preparatoria a un nivel inferior, se adquiere una «educación», formada por diferentes cursos, no todos técnicos o tecnológicos, que gradualmente forman un nivel superior de desarrollo mental y profesional. Si quieren, llámenlo aspecto humanista de la educación. Esta educación enseñará cómo aprender y esto es de importancia fundamental. ¿Creen ustedes que puede prescindirse de esta «educación» si se desciende al nivel inmediatamente inferior de la educación en la escuela? ¿Qué puede prescindirse del desarrollo mental y técnico fomentado por una escuela técnica superior? No, en absoluto. Si el Estado no está en disposición de hacerlo, deberá hacerlo la industria pero no en la forma «industrial» de entrenamiento que ha sido esencialmente cubierta en el ámbito de esta Reunión. La escuela, primero la escuela básica; entonces podremos pasar a los jóvenes al entrenamiento «industrial». En otras palabras, la escuela o la educación de tipo escolar es un requisito previo natural para el entrenamiento para una tarea específica.

Naturalmente, el entrenamiento industrial requiere también experiencia práctica y, por tanto, debe ir precedido por y estar integrado en otras actividades formativas. Escuela primero y después experiencia directa en el puesto de trabajo.

Un viejo amigo, con una gran experiencia en centrales eléctricas me dijo una vez: «Coge al ingeniero que ha realizado todo el proyecto eléctrico de una central, pero nunca ha operado en una sala de control; coge a este individuo, llévale a la sala de control mientras pones en marcha una unidad; haz que cualquier otro aumente el vacío, lleve la turbina a la máquina velocidad y eleve el voltaje en el alternador, después márchate y pide a este hombre que sincronice manualmente. Nunca lo hará, aunque ha proyectado cada cosa.»

Existe una diferencia entre el simulador y la sala de control. En caso de error, por ejemplo una sincronización equivocada, en la realidad esperas encontrar dificultades y de hecho tienes muchas.

También en otras actividades, como mantenimiento y reparación, la experiencia directa en el trabajo es insustituible. Y en este caso, no hay simulador que indique a los entrenados «como irán las cosas si cometes algún error».

¿Imaginan ustedes un supervisor mecánico que haya aprendido en una clase o en los libros como alinear una turbina? Pero todavía la mayor parte de la atención del público en general se centra en el entrenamiento de los operadores más que en el del personal de mantenimiento.

Un operador tiene la posibilidad de causar graves incidentes operativos y, a la inversa, de poner remedio a dificultades creadas por fallos, en el sentido de impedir la degradación a condiciones peligrosas. Pero la «salud» de toda la instalación, la fiabilidad continuada de los sistemas y componentes se basa en un buen mantenimiento. Buen mantenimiento significa menor probabilidad de que el operador tenga que ser llamado para resolver una circunstancia anormal. En otras palabras, el operador tiene la posibilidad de «matar» una central, pero solamente el personal de mantenimiento tiene en sus manos la clave de una larga vida satisfactoria de operación de la propia central o de un deterioro rápido y progresivo.

Y el mantenimiento no es simulado; si ustedes investigan la práctica general en la dotación de personal a las centrales, es en el departamento de mantenimiento donde encontrarán la exigencia de personas no solamente brillantes, sino también experimentadas.

Ahora, después de plantear algunas cuestiones sobre la necesidad de tener algo antes y algo después del entrenamiento «industrial», debo pasar a mi segundo punto: no solamente los operadores, o las personas operativas directas, deben ser sometidas a un entrenamiento planificado.

Históricamente, el entrenamiento de personal se realiza con dos objetivos. El primero, naturalmente, es económico. Al personal de una central eléctrica, como al de todas las grandes instalaciones industriales, se le han confiado equipos y materiales de enorme valor y de importancia crítica para la comunidad, donde un solo día de parada tiene un coste tremendo, quien quiera que sea el que va a pagarlo. Por ejemplo, en el caso de una central nuclear (y añadan la posibilidad de que la energía de recambio procede del petróleo), el ahorro de un solo día de disponibilidad en un año, mediante una mayor calidad del personal de la estación, justifica sobre bases puramente económicas el coste de un curso de entrenamiento y reentrenamiento comprensivo, incluidos los costes asociados, tales como sustitución de las personas ausentes para asistir a dicho curso.

La segunda razón es la seguridad, como en todos los casos donde pueden producirse graves accidentes debidos a una operación inadecuada, tales como ferrocarriles, navegación aérea e instalaciones nucleares. En el caso de las centrales nucleares, es evidente y aceptado que no debe permitirse a nadie que opere los controles de un reactor y que supervise dicha operación sin un entrenamiento apropiado, cualificado y certificado; esto está previsto en la mayoría de las legislaciones nacionales.

No solamente el entrenamiento, sino también el tipo de entrenamiento que debe ser administrado a los operadores y a los jefes de operadores (o supervisores de operación) concuerda ampliamente en todos los países y las diferencias en la práctica real son despreciables en relación con los principios básicos.

Sin embargo, no está igualmente clara ni universalmente aceptada la necesidad de un entrenamiento especial adecuado, cuanto más alejada físicamente está la actividad normal del individuo interesado de la sala de control del reactor o, en otras palabras, cuanto más alejada está la posición del individuo interesado de la del operador del reactor en la estructura organizativa.

Vemos antes que la razón del entrenamiento es doble: económica y de seguridad. En cuanto a los aspectos económicos, cualquier organización industrial que se respete adiestra a su propio personal, desde el nivel más bajo hasta el más alto, teniendo en cuenta los objetivos industriales de la actividad, que son esencialmente económicos, tanto en el caso de las organizaciones comerciales como en el caso de las organizaciones sin fines de lucro o de servicio público. Esto es elemental: cualquier director industrial o persona situada en una posición de mando, a cualquier nivel, debe ser capaz, y ello implica entrenamiento, de manejar los aspectos técnicos y económicos de su trabajo.

Esto es así y no suscita ninguna controversia, tampoco en el caso de las centrales nucleares.

Pero tenemos el aspecto de seguridad del problema nuclear. Hablo del problema nuclear debido a que la opinión pública insiste tanto en los aspectos de seguridad de la industria nuclear. Esta industria es tratada como una actividad de muy alto riesgo no porque, o esencialmente no porque, los riesgos sean especialmente altos en relación con otras actividades de la sociedad civilizada, sino porque el público exige un mayor grado de seguridad en esta actividad. Si exigiéramos de otras actividades, por ejemplo los transportes, el mismo grado de seguridad y prevención de riesgos, estos conceptos serían también exactamente válidos para las personas que ocupan cualquier posición relacionada con la seguridad en las actividades de transporte.

Porque la seguridad no es una tecnología sino una filosofía, un hábito mental. Con tal de que le dirija una persona consciente de la seguridad, cualquier buen tecnólogo puede resolver los aspectos técnicos del problema. Pero la filosofía viene en primer lugar y la puesta en práctica de esta filosofía es lo más descuidado en el proceso de entrenamiento, como he dicho antes, tanto más cuanto más lejos trabaja la persona interesada de la sala de control del reactor.

Importantes documentos, regulaciones y recomendaciones nacionales, que son apreciados y utilizados como referencia en otros muchos países, señalan también la necesidad de una cualificación apropiada de las personas que ocupan posiciones importantes en una central, incluso aunque estas posiciones no requieran una licencia o certificación determinadas.

Pero solamente se dan vagas indicaciones cuando se hace referencia a las posiciones personales que no se encuentran en la central, por encima y junto al jefe de la central.

En ciertos casos, la central es la única instalación de la organización operativa y entonces el jefe de la central tiene los poderes, y naturalmente el personal, de un director general. Pero este no es el caso general.

El caso general es la Central Nuclear insertada en una gran compañía, que a la vez genera y distribuye la energía y que explota centrales convencionales y nucleares. En especial, desearía dirigirme a las organizaciones operativas que ya explotan un número considerable de unidades convencionales e inician un programa de instalaciones nucleares.

Debe recordarse que la seguridad en operación es un aspecto que es tratado no solamente en la propia central sino también, y no inconexamente, en las oficinas centrales.

La seguridad exige que cada cosa, *hardware* y *software*, es decir, máquinas y personas, respondan satisfactoriamente a todos los estados y condiciones operativos, tanto normales como anormales. En otras palabras: serán instaladas impecablemente las máquinas me-

jores y más adecuadas, mantenidas de la mejor forma posible, operadas y cuidadas por las mejores personas, apropiadamente seleccionadas y entrenadas.

Esto puede parecer extremadamente obvio, pero no siempre es puesto en práctica (las reacciones después del accidente de Three Mile Island lo demuestran).

Este principio significa que al abordar los problemas industriales debe hacerse con una forma de pensamiento «dirigida a la calidad (en este caso seguridad)» desde el mismo vértice de la organización operativa y activamente estimulado a través de los canales organizativos. Llamémoslo mentalidad de Garantía de Calidad, que es un término conocido y no requiere más comentario.

No quiero decir que el Director General deba conocer la tecnología de la protección contra la radiación o los métodos de segregación de suministros eléctricos redundantes. Sin embargo, el director debe ser consciente de las exigencias particulares de organización y procedimiento de la calidad (seguridad). Y, por favor obsérvenlo, esto plantea dificultades prácticas de realización precisamente en aquellos campos donde aparentemente no hay nada «nuclear».

Los requisitos de protección contra la radiación, en principio una tecnología nuclear, son fácilmente aceptados, incluso aunque no sean técnicamente comprendidos por los profanos. Puede producirse cierto tipo de aplicación de la ley de Parkinson, pero cuando el médico de la estación presenta una solicitud de un costoso instrumento determinado para la protección contra la radiación, ciertamente encontrará en el nivel superior una oposición menor que la que encuentra el Ingeniero de la estación que necesita un cojinete de una bomba, que es un cojinete de gran calidad, más caro que un cojinete normal (pero la bomba pertenece a un sistema de emergencia de refrigeración del núcleo).

Asimismo (y me estoy refiriendo también a importantes reacciones después de Three Mile Island), cuando alguien en la organización pide a la Dirección que las personas que ocupan posiciones importantes para la seguridad sean personas de alta calificación y, por consiguiente, sean seleccionadas mediante métodos especiales y posteriormente tratadas con condiciones especiales, tanto económicas como profesionales, esto puede chocar, algunas veces violentamente, con las prácticas establecidas en la corporación y ser enérgicamente rechazado o amargamente protestado, no sólo en el nivel superior, sino también en niveles paralelos.

Quiero decir aquí que también las personas o departamentos de la compañía que aparentemente no tienen ninguna responsabilidad en la operación segura de la Central Nuclear tienen funciones relacionadas con la seguridad. He mencionado aquí el departamento de compras y el departamento de personal, que normalmente actúa como «staff to

the line», es decir, el departamento de producción y, en caso apropiado, el departamento de construcción. Pero podrían mencionarse otras actividades de la compañía, y, no en último lugar, los departamentos de finanzas y presupuestos.

Por tanto, este cambio de mentalidad, esta nueva manera de pensar que se recomienda, y que yo diría que es un requisito imprescindible, debe partir desde los niveles más altos hacia abajo y alcanzar los niveles máximos hacia arriba; debe implicar no solamente a la estructura de generación nuclear, sino también a toda la estructura organizativa de la compañía, naturalmente en proporción con la pertinencia real de las diferentes posiciones en cuanto a la seguridad.

Esto, señoras y caballeros, requiere entrenamiento, en cualquier caso una actividad formativa. Pero, normalmente no se habla tanto sobre facilitar un entrenamiento o formación «nuclear» al Jefe del departamento de compras, sólo por poner un ejemplo. ¿Es un entrenamiento «formal»? Generalmente, esto es algo que debe ser sembrado en la actividad diaria y estimulado mediante seminarios, reuniones de trabajo o similares, pero principalmente mediante una clara política de afirmación y énfasis por parte de la dirección. No es mi intención tratar aquí la manera de conseguirlo. Creo que puede conseguirse de la misma forma que se hace para preparar al «gerente» o a la persona que ocupa una posición directiva.

Es evidente que tanto las personas que deben recibir este tipo de «persuasión» (más que entrenamiento) como los argumentos para este fin variarán de un caso a otro y tendrán que ser considerados caso por caso, a diferencia del entrenamiento de operadores que puede seguir un perfil generalmente aceptado.

El objeto de esta conversación no era ciertamente irrumpir en el campo de los expertos en entrenamiento. Al empezar dije que me sentía como un intruso y todavía me siento así. Pero deseaba que ustedes prestaran atención a algunos aspectos quizá no ortodoxos que pueden quedar bastante descuidados cuando se establece un programa de entrenamiento por lo demás exhaustivo. Para resumir:

- La educación escolar es un requisito previo para el entrenamiento industrial y no puede prescindirse de ella: si es necesario, la industria debe establecer una escuela normal.

- El entrenamiento formal debe dejar amplio sitio a la experiencia adquirida en el trabajo, en especial en aquellos casos donde no puede hacerse trabajar a ningún simulador, y en cualquier caso para dar la sensación psicológica real de la acción de control concreta, no simulada.

- Todas las personas implicadas en actividades importantes para la seguridad,

aunque sea indirectamente relacionadas con la operación real en la central, deben estar incluidas en el programa de entrenamiento corporativo, ser adecuadamente adoctrinadas y familiarizarse con todos los aspectos de la seguridad nuclear en operación.

- (Quizá lo más importante debe establecerse una suerte de programa de formación con objeto de que todos los niveles de la organización operativa acepten y asimilen el concepto de que la seguridad no es una tecnología, sino una filosofía de la dirección; que no es suficiente conocer y aplicar buenos mé-

todos de operación, sino que la filosofía citada debe gobernar todas las acciones día a día como un principio inatacable, que incluso puede exigir desviaciones drásticas de las prácticas corporativas establecidas.

Este, señoras y caballeros, junto con el entrenamiento regular de operadores, sobre el que esta reunión representa un paso importante en una práctica que, sin embargo, ha sido aceptada, en general, desde hace tiempo, es el proceso «educativo» nuevo y real exigido por los requisitos de la operación segura de las Centrales Nucleares.

Agustín TANARRO

JUNTA DE ENERGIA NUCLEAR

La experiencia viene demostrando cumplidamente que una central nuclear bien diseñada, bien construida y bien operada constituye el sistema más seguro y menos contaminante capaz de generar energía eléctrica en gran escala. Una estadística de aprox. 3.000 reactores/año de operación, hasta el presente sin ninguna víctima, así parece confirmarlo.

Sin embargo, lo ocurrido en la isla de las Tres Millas, a partir de las 4 de la mañana del 28 de marzo de 1979, demostró que la central tenía defectos de diseño y, al presentarse la anomalía inicial, los operadores no obraron en la forma conveniente. Los sistemas de protección evitaron que el accidente causara daños en la salud de las personas, pero los perjuicios económicos fueron muy cuantiosos y muy negativa la repercusión en los programas nucleares de la mayoría de los países.

De entre los múltiples informes que se han elaborado sobre las causas de este accidente, el más solvente es el encargado por el Presidente de los Estados Unidos a una comisión presidida por John G. Kemeny, informe al que haremos referencia en varias ocasiones.

La primera impresión del accidente fue que se debía a un simple error de operación. Pero el informe señaló con toda claridad que los operadores no habían sido adiestrados para hacer frente a nada semejante de lo sucedido.

Así pues, inmediatamente se iniciaron las medidas correctoras que la experiencia del accidente aconsejaba. Y así apareció, como la más importante, la necesidad de revisar los métodos de selección y entrenamiento de los operadores de las instalaciones nucleares, tarea que emprendieron todos los países con centrales nucleares en operación o construcción. La exposición, comparación y discusión de los programas y métodos adoptados para la mejor formación de los operadores de las centrales nuclea-

res ha constituido el objeto de esta reunión internacional.

Se han presentado en ella 50 trabajos por especialistas de 13 países, a saber: República Federal de Alemania, Bélgica, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Inglaterra, Italia, Noruega, Suecia, Suiza, Unión Sudafricana y Yugoslavia.

Los trabajos se han agrupado y discutido en cinco sesiones plenarias.

A la 1.ª Sesión y bajo el tema «Misión y responsabilidades de la empresa propietaria. Selección, evaluación y concesión de licencias al personal de operación» se han presentado seis trabajos. En ellos se pone especial énfasis en considerar la operación de una planta nuclear como una interacción hombre-máquina, donde la máquina, lejos de ser un ente pasivo, impone sus requisitos y fija, en muchos casos, el tiempo disponible para tomar decisiones. A estos requisitos y tiempo debe el operador adaptarse. Su formación y su licencia deben garantizar su capacidad para hacerlo en toda circunstancia.

Se ha tratado de las actividades que deben incluirse en los programas de formación y la importancia que en ellos debe darse a factores ergonómicos. Y se ha expuesto la forma en que tres empresas explotadoras de centrales nucleares (una española, una suiza y una yugoslava) programan la formación de sus operadores y la organización de los turnos de operación.

A lo largo de toda la conferencia ha habido consenso general en aceptar que la formación de los operadores de la C. N. adolece, en muchos casos, de una falta de conocimiento suficiente de los principios de operación de la planta y de los fenómenos en ella involucrados, así como de sus equipos y componentes y, en particular, de los sistemas de regulación que rigen la operación de todo el conjunto.

Sin el debido énfasis sobre este conocimiento bien fundamentado de la com-

pleja instalación que constituye una central nuclear, los programas de formación tienden a desarrollar en los operadores más una adquisición de reflejos que una capacidad de reflexión, más una confianza en unas reglas o manual de operación mejor o peor redactado y asimilado que una confianza en sí mismos y en su propia capacidad de enfrentarse serenamente ante cualquier situación de emergencia.

A la 2.^a Sesión, y bajo el tema «**Simuladores: su importancia en el adiestramiento de operadores. Interfase operador-proceso**», se han presentado quince trabajos.

Ha habido también consenso general en considerar a los simuladores como herramienta fundamental para el entrenamiento de los operadores de centrales nucleares.

Se venía considerando como los únicamente apropiados para tal fin, a los llamados «full scope» o replicación exacta estática y dinámicamente de la sala de control de una determinada central, herramienta, por tanto, insustituible para colocar al operador en condiciones cuasi-realistas en relación con su futura misión. Hoy, sin embargo, parece se empieza a considerar que dicha herramienta debe ser complementada con otros sistemas más sencillos y, en muchos aspectos, más pedagógicos.

Estos otros simuladores pueden clasificarse en dos clases: los llamados simuladores básicos o compactos y los simuladores parciales o de función específica.

Los simuladores básicos atienden a constituir una representación completa, pero simplificada, de una central nuclear. Simulan la cinética de la planta y sus aspectos fundamentales de operación en condiciones muy diferentes. Resultan muy apropiados para llevar a cabo análisis dinámicos y demostraciones sobre desarrollo de transitorios.

Estos simuladores básicos o compactos suelen ser proyectados para representar un determinado tipo de instalación, bien, por ejemplo, de centrales de agua ligera a presión, de agua en ebullición, etc., sin pretender adaptarse exclusivamente a una central singular, como sucede con los grandes simuladores «full-scope», que pretenden ser réplica fiel de una planta determinada. Ello facilita un conocimiento más básico y general de la dinámica de las plantas en cuestión. Sin embargo, se construyen también simuladores compactos orientados a representar una planta específica, con la intención de que sean instalados en la propia planta, junto a su sala de control como herramienta de reentrenamiento cuasi-permanente del personal responsable de la planta.

Los simuladores parciales o de función específica pretenden reflejar solamente un sistema parcial o parte funcional de la instalación, como pueden ser el sistema primario de refrigeración del reactor, el conjunto turbogenerador, etcétera, presuponiendo que el resto de

la planta funciona y se acopla satisfactoriamente al sistema particular en estudio.

Por otra parte, los simuladores, sean de una u otra clase, deben considerarse como herramienta continuamente perfeccionable. Refiriéndonos a los grandes simuladores «full-scope» y acudiendo nuevamente al informe Kemeny, resulta que en el propio simulador de la central de TMI, unos meses después del accidente, no había sido programado para ello. En realidad sólo estaba programado para simular accidentes de causa única, que era lo que la NRC exigía entonces para el licenciamiento de los operadores.

A esta sesión se han presentado trabajos describiendo las características fundamentales de algunos simuladores no adquiridos llave en mano, así como los esfuerzos de optimización en el uso y eficacia de unos y otros y la estrategia en algunos casos seguida para incorporar a grandes y costosos simuladores las modificaciones aconsejables por una creciente y universal experiencia, así como por la exigencia de nuevas normas y guías reguladoras.

Se han presentado también programas y sistemas de adiestramiento por ordenador con base en un ordenador central y terminales en varias plantas nucleares distantes unas de otras, sistema que ante sus buenos resultados iniciales se están perfeccionando y ampliando a nuevas centrales.

Finalmente se ha descrito una instalación simuladora no ya de la sala de control de una planta nuclear, sino de prácticamente todo el sistema de generación de vapor, a escala natural, con su edificio de reactor, vasija, elementos combustibles simulados, elementos de control, bombas, plataforma de recarga, etc. Ello supone una herramienta de gran valor para el adiestramiento, no en este caso de los operadores de sala de control exclusivamente, sino de los equipos de mantenimiento, recarga, vigilancia, etc.

El coste de adquisición y funcionamiento de estos medios de adiestramiento es indudablemente elevado en términos absolutos. Sobre todo si lo comparamos con el coste material de un proceso normal de formación del personal de las centrales hace más de diez años. Pero, bien administrados, estos sistemas y programas son de un coste casi insignificante si se comparan con el coste total de una planta nuclear y, desde luego, son muy reducidos si los comparamos con los costes de parada forzosa y no muy prolongada de una central. Parada que en muchas ocasiones viene motivada por defectos o lagunas en el adiestramiento de cualquiera de las personas responsables, desde el director de la central hasta el último operario de mantenimiento.

A la 3.^a Sesión, y bajo el tema «**Adiestramiento en instalaciones nucleares. Formación en el puesto de trabajo. Tendencias futuras en las**

técnicas de adiestramiento», se han presentado ocho trabajos, relativos en su mayor parte a esta fase de tan gran importancia en la formación de los operadores de una central como es aquella que se efectúa en la propia planta, bien deseablemente en las últimas fases de su construcción y puesta en marcha, bien durante su normal operación.

Para mejor orientar esta fase de formación conviene tener idea precisa de la situación real del operador en su trabajo, de sus responsabilidades y cometido frente a la instalación que ha de operar.

En condiciones normales, el operador puede ser considerado como vigilante de una instalación altamente sofisticada, muy automática y, en gran medida, autocorrectora. Su participación activa es mayor en el arranque y parada, pero en funcionamiento a potencia constante y cuando todo marcha como es debido, el operador tiene una función esencialmente pasiva, más de observador que de actor.

Por otra parte, puede suceder y sucede en muchos casos que la sala de control de una central nuclear suministra al operador una información difícilmente asimilable con la rapidez precisa y que puede inducirle a error. Ello aconseja revisar las bases de diseño de las salas de control y la propia filosofía de la comunicación hombre-máquina. En este campo queda bastante tarea que hacer.

La instalación debe operar las 24 horas del día; y especialmente de noche el reducido equipo de operación se siente más aislado, más desasistido del mundo exterior y digamos que más aburrido ante un quehacer monótono y rutinario, pero con alto grado de responsabilidad.

Sin embargo, ante algo anormal e inesperado, el reducido equipo de operación debe ser capaz de diagnosticar rápidamente el suceso y pasar seguidamente a la acción. Ello exige una formación muy completa y cualidades personales especiales, formación y cualidades que no se manifestaron en el accidente de TMI como hubiera sido necesario.

No hubo en este caso la capacidad y actitud necesarias para percibir claramente la anomalía inicial y la conjunción posterior de alguna otra anomalía, así como para obtener del conjunto de todas las indicaciones y de la interrelación entre ellas una idea clara de lo que estaba sucediendo. En imagen del profesor Palladino, Presidente de la Nuclear Regulatory Commission americana, los árboles impidieron a los operadores ver el bosque.

El propio profesor Palladino, al analizar el accidente, fija como misión fundamental del operador humano la corrección y protección cuando la máquina falla. Este papel clave en la seguridad fue el que jugaron acertadamente los operadores en la planta de Salem en febrero del presente año, cuando falló por

dos veces el sistema de parada del reactor ante una señal de emergencia.

En este caso la repetición del incidente por no haberse analizado y corregido la causa del fallo en la primera ocurrencia indica que, si bien los operadores obraron con la decisión y precisión propia de sus ideas claras, incurrieron en fallo otros responsables de la instalación. De ello se deduce la necesidad de garantizar continuamente la debida formación y conciencia de responsabilidad no sólo de los operadores de sala de control, sino también del personal de mantenimiento, supervisión, explotación y dirección de la planta.

En muchos de los trabajos presentados en esta reunión, y sobre todo en los de esta tercera sesión, aparece citada o descrita una revisión de los programas de adiestramiento como resultado de la experiencia TMI. Y a ellos habrá que añadir ya los resultados de la experiencia Salem. Lo que supone el adiestramiento sistemático y periódico en las propias plantas o en los centros de formación de las empresas, no sólo de los operadores de sala de control, sino también para los de mantenimiento, análisis radioquímicos y radiológicos, ingenieros de reactor, supervisores de los distintos servicios y personal multidisciplinar.

Aparece también, como es lógico, un énfasis especial en el adiestramiento del personal para enfrentarse a condiciones anormales, énfasis que no se daba antes de TMI cuando una experiencia de relativamente feliz operación normal de las centrales poco alterada por incidentes menores producía una sensación excesiva y en sí misma peligrosa de madurez en las personas y seguridad en las instalaciones.

Un tema que aparece también en esta sesión y que ya se apuntó en la primera se refiere a sobre quién recaen las responsabilidades de formación. ¿Sobre la dirección de la empresa? ¿La dirección de la central? ¿El organismo regulador? ¿En qué grado puede esta responsabilidad delegarse?

Hay consenso en que el explotador de la planta es el responsable pleno del buen funcionamiento de la instalación. Pero es evidente que deberá racionalmente delegar responsabilidades directas y parciales sobre los muchos factores que condicionan dicho buen funcionamiento. En algunos de los trabajos presentados se aborda con detalle este tema y se establece, en líneas generales, que además de una organización responsable de una formación sistemática y bien programada tiene la responsabilidad del debido adiestramiento del personal que de él depende.

A la 4.ª Sesión, y bajo el tema «Papel de los centros de investigación nuclear y de los organismos reguladores en el adiestramiento de operadores», se han presentado seis trabajos.

Si antes hemos indicado la importancia, para los operadores de una central nuclear, de una formación básica adecuada y de un conocimiento suficiente

de los principios de operación de la planta y de los fenómenos físicos en ella involucrados, parece ser que los centros o institutos de investigación nuclear pueden ser, en muchos países, los más adecuados para impartir esta formación, y en varios trabajos se describe esta circunstancia.

Suele desarrollarse en dichos centros la primera fase de la formación de los futuros operadores y durante ella los alumnos toman contacto directo con los fenómenos de la radiactividad, aprendiendo, en consecuencia, los principios y prácticas fundamentales de la protección radiológica. Practican, además, con reactores nucleares experimentales y asimilan las normas y sistemas de seguridad de los mismos.

Los reactores nucleares, parcialmente usados para fines de formación y adiestramiento, suelen ser del tipo piscina con el núcleo accesible y visible, lo que permite apreciar directamente actividades de carga con elementos combustibles o con sustancias a irradiar. Estos reactores suelen tener una mesa y tableros de control relativamente simples donde la instrumentación permite apreciar y seguir en forma muy ilustrativa y completa el fenómeno de la multiplicación neutrónica.

Varios trabajos describen programas y experiencias de formación en esta fase y los medios e instalaciones empleados.

Sobre el papel de los organismos reguladores sólo dos trabajos se han presentado. En uno de ellos se describe una eficaz colaboración entre el organismo regulador y el centro oficial de investigación que participa en la formación de los operadores. Los profesores de este último forman parte de los tribunales de licenciamiento y realizan auditorías de las fases posteriores de formación, lo que les permite apreciar el proceso completo, estimar sus resultados parciales y sugerir oportunas acciones correctoras si fueran precisas antes de llegar a la fase de pruebas finales para licenciamiento.

A la 5.ª Sesión, convocada bajo el tema general de «Programas y experiencias de adiestramiento en diferentes países. Experiencia adquirida en la operación de centrales», se han presentado quince trabajos, tres de ellos describiendo los programas de formación en tres países, otros tres describiendo las actividades de formación por parte de tres suministradores de instalaciones nucleares, otros tres que describen las actividades de centros específicos de formación de personal de operación de centrales nucleares y dos describiendo los métodos seguidos en las propias centrales nucleares. Y se ha presentado también un trabajo que analiza y clasifica un conjunto de 670 maniobras equivocadas por error humano en plantas nucleares.

En algunos de los trabajos presentados se hace historia de los métodos de formación de los operadores desde las primeras centrales nucleares de genera-

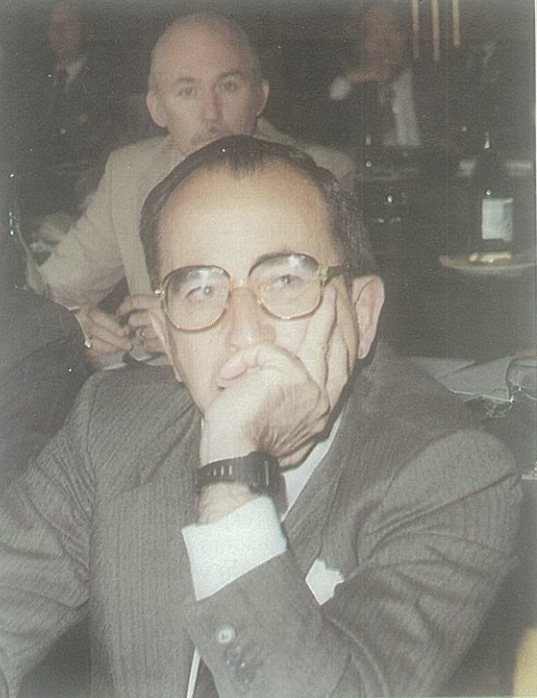
ción de electricidad comercial. Historia que el profesor Strahm, en su conferencia de apertura de la 3.ª sesión, divide en dos épocas bien diferenciadas: antes de TMI y después de TMI. En esta segunda época, después de TMI, no sólo han aumentado las exigencias de todas las comisiones reguladoras respecto al licenciamiento de operadores, sino que se ha impuesto y se está llevando a la práctica la convicción de que deben formarse a los operadores, no para que obtengan una licencia, sino para que desempeñen su misión con la mayor eficacia en todas las circunstancias.

Una y otra cosa no son lo mismo. El profesor Bertini, en su conferencia de apertura de esta última sesión, señalaba que la seguridad más que una tecnología es una filosofía, un hábito mental. Hábito mental que no se puede calificar en un examen de licenciamiento, sino en el desempeño continuado de un quehacer o de una profesión. Y este hábito mental que se procura inculcar a los operadores de la sala de control debe extenderse a todas las personas que intervienen en el funcionamiento de la central, incluso las más alejadas de la sala de control. El profesor Bertini lo extiende, con claras razones, hasta las oficinas centrales y la alta dirección de la empresa propietaria.

El tema de esta conferencia ha sido el de adiestramiento de operadores. Y por operadores se ha entendido, en general, a las personas que gobiernan la central desde la sala de control. Pero se han hecho alusiones repetidas al personal que opera fuera e incluso lejos de dicha sala y, en especial, al personal de mantenimiento. También a éstos habrá que impregnarles del hábito mental de seguridad.

Al hacer referencia al accidente de TMI se ha cargado generalmente el énfasis en el fallo de los operadores de la sala de control. Pero también aconteció dos días antes del accidente, en una revisión rutinaria que dos válvulas de operación manual que debían haber quedado abiertas, habían quedado cerradas, circunstancia que desconocían los operadores y que complicó su problema. Aquí aparece una ausencia del hábito mental de seguridad, tanto en los que diseñaron el sistema de operación y control de posición de dichas válvulas como de los que las revisaron.

Este «hábito mental de la seguridad», como la denomina el profesor Bertini, o «profesionalismo de la seguridad», como la denomina el profesor Palladino, debe extenderse a todos los estamentos de una empresa explotadora de centrales nucleares y a todos los organismos implicados en su diseño, construcción y licenciamiento. El citado informe Kemeny señala el incidente de la planta de David-Besse ocurrido año y medio antes como verdadero precursor del accidente de TMI. Las causas fueron similares, y si aquél no tuvo similares consecuencias fue porque el combustible estaba poco



E. Ugedo, F. Vighi y J. L. del Val comentan la repercusión informativa de las actividades de la SNE, durante el transcurso de la Conferencia.

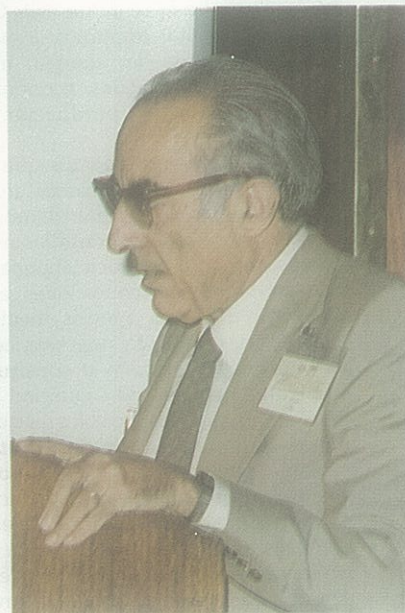
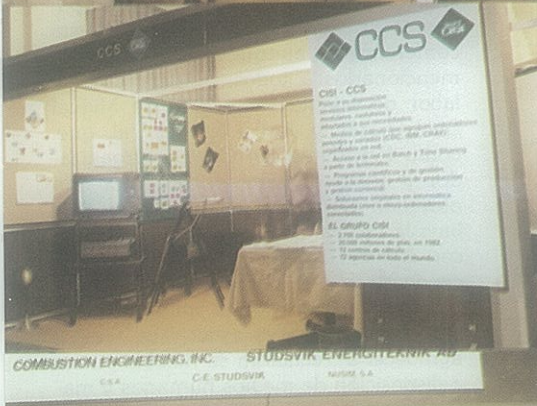


José Luis Hernández Varela, Presidente de la SNE.

Tecnatom, prácticamente «se volcó». Una importante colaboración al desarrollo de la Conferencia, que incluyó la visita a sus instalaciones, de la que dan testimonio las dos fotografías.



Participación empresarial. En orden descendente, los stands de SIEMENS, WESTINGHOUSE, CISI, que presentó un simulador de secuencias accidentales, y C-E/STADSVIK y COMBUSTION ENGINEERING, representadas en España por NUSIM, S. A., y CSA presentaron un simulador nuclear compacto y un sistema de información por video.



A. Tanarro durante la presentación de conclusiones.



A. Bertini, conferenciante sobre experiencia y operación.

irradiado y desprendía poco calor residual. Un informe señalaba que el incidente hubiera sido grave en otras circunstancias y detallaba las instrucciones que había que dar a los operadores para que el incidente no volviera a repetirse. En el camino que este informe recorrió hasta quedar arrinconado no había ni hábito mental, ni profesionalismo, ni preocupación por la seguridad.

Para terminar, quizá que de esta conferencia pueda sacarse la conclusión de que después de TMI se ha incrementado muy satisfactoriamente el esfuerzo de formación de los operadores de sala de control y se han perfeccionado y siguen perfeccionándose los métodos y programas, dando la debida importancia a conseguir una facultad de reflexión rigurosa más que la adquisición de reflejos, un hábito mental de atención constante a la seguridad más que al cumplimiento estricto y rutinario de una

colección de normas específicas. Pero conclusión no menos importante debería ser el extender este esfuerzo, ese proceso de perfeccionamiento y ese hábito mental a todas las personas implicadas en la operación segura y eficiente de una central nuclear. Quizá éste pudiera ser el tema de una próxima conferencia.

En todo caso, las sociedades nucleares nacionales de los países europeos seguirán prestando primordial interés al desarrollo de los mejores métodos y programas de formación de todo el personal responsable del funcionamiento seguro y eficiente de sus centrales nucleares. En esta línea seguirá trabajando también la Sociedad Nuclear Española que se ha sentido honrada con la presencia de todos ustedes y que agradece a la Sociedad Nuclear Europea la confianza que ha depositado en nosotros al encomendarnos la organización de estas conferencias.

José Luis HERNANDEZ VARELA SOCIEDAD NUCLEAR ESPAÑOLA

La Sociedad Nuclear Española se constituyó hace nueve años y ha ido adquiriendo una importancia creciente. Creo que su desarrollo ha sido más rápido y amplio que el que en España puede esperarse de asociaciones de esta naturaleza. Esto se debe a la dedicación e ilusión que aportan a la Sociedad, en primer lugar, sus socios y, en segundo lugar, las sucesivas juntas directivas que han tratado de encauzar la participación de los socios en la tarea de promover la ciencia y la tecnología nuclear en España.

Las más importantes manifestaciones de la vida de la Sociedad son la publicación de la revista «NUCLEAR ESPAÑA» y la celebración de una reunión anual de carácter técnico general. En ambas actividades estamos recibiendo una asistencia invaluable de los socios que contribuyen con su trabajo personal a través de aportaciones técnicas. El número de contribuciones a las reuniones anuales ha crecido de 24 en 1975 a 114 en 1982, cifra superada en la reunión que debe tener lugar el próximo mes de diciembre. La revista viene publicándose con regularidad desde hace más de un año y está adquiriendo una difusión que alcanza a Iberoamérica.

La Sociedad Nuclear Española celebra también reuniones de carácter monográfico, mesas redondas y participa con otras entidades españolas en actividades encauzadas a promover la energía nuclear.

Este año nos hemos visto honrados por la colaboración de la Sociedad Nuclear Europea para organizar y contribuir a la celebración de esta Conferen-

cia Internacional sobre Entrenamiento de Operadores de Instalaciones Nucleares. Estamos muy satisfechos de haber recibido la visita de 93 participantes extranjeros y 62 españoles, y orgullosos de los 42 informes técnicos elaborados en otros países que han enriquecido nuestra propia contribución de 15 trabajos.

Estamos seguros de que el contenido de esos trabajos y los coloquios que han tenido ustedes oportunidad de mantener ha de ser beneficioso para la industria nuclear en general y para el mejor funcionamiento de las centrales nucleares en particular.

Creemos que el tema de esta Conferencia es de vital importancia para el afianzamiento de la energía nuclear como una fuente segura, económica y, por tanto, viable de producción eléctrica.

En este momento creemos que la ingeniería, la industria de bienes de equipo y los constructores han demostrado ser capaces de realizar centrales nucleares eficaces para producir energía eléctrica en favorables condiciones económicas con respecto a otros medios de producción, y también que esas centrales tienen en su diseño y construcción suficientes medidas de seguridad como para evitar que los posibles accidentes trasciendan fuera de la propia central.

Habrán personas que nieguen todavía lo anterior, pero creo que son dos hechos bien establecidos a pesar de ellos.

Pero si queremos trabajar para desarrollar la producción de energía eléctrica a partir de la energía nuclear, tenemos que concentrarnos actualmente en demostrar a las empresas eléctricas dos cosas importantes: en primer lugar, que

la industria está organizada de forma que las centrales pueden construirse en un plazo y dentro de un presupuesto fijo, no sometidos a incertidumbres; en segundo lugar, que los hombres encargados de operar esas centrales tienen la suficiente formación para hacer funcionar las centrales sin poner en peligro la rentabilidad de las enormes inversiones que requieren.

El segundo problema ha sido el objeto de esta reunión, y creo que es muy necesario tratar de mejorar la situación porque es cierto que las empresas eléctricas están organizadas desde hace muchos años para explotar costosas y complejas instalaciones. También las prácticas de operación y mantenimiento de centrales térmicas están muy bien implantadas en todo el mundo, pero, sin embargo, al acentuarse la importancia de la inversión y las dificultades de recuperación de una instalación dañada, debemos buscar nuevos procedimientos que disminuyan la frecuencia de las incidencias en el funcionamiento de las centrales. Además, cuando el incidente ocurre, los operadores deben tener previamente desarrolladas y aprendidas las acciones correctoras a tomar y, en el caso extremo, deben tener acceso a un soporte técnico que impida el deterioro de la instalación. Es esencial para la industria nuclear mundial que este nivel de excelencia en la organización de la explotación de las centrales nucleares no sea degradado nunca en ningún lugar y, por tanto, creo que es extraordinariamente útil que esta conferencia haya permitido un fructífero intercambio de opiniones para contribuir a conseguir la mejor formación de los operadores de instalaciones nucleares.

Si el ambiente en que se ha desarrollado la conferencia y su organización ha permitido que se haya podido establecer la comunicación entre ustedes y se haya contribuido al alcance de sus objetivos, la Sociedad Nuclear Española quiere expresar públicamente el agradecimiento de todos nosotros a los componentes del equipo organizador de esta conferencia, y, aunque no me es posible mencionarlos a todos, quisiera citar la labor de orientación y guía de Miguel Barandiarán y José Luis del Val, que, como Presidente del Comité Organizador y Vicepresidente de la SNE, han otorgado al Comité de programa que, bajo la presidencia de mi querido profesor, Agustín Tanarro, y la Vicepresidencia de Mr. Visuri y del señor Ugedo, han trabajado de una forma muy intensa y con unos resultados excelentes. Quiero agradecer a Tecnatom su notable puesta a disposición de medios humanos y materiales para conseguir el éxito de esta conferencia. Y no puedo por menos de dedicar unas palabras de agradecimiento al Alcalde de Madrid, que ha conseguido un magnífico tiempo otoñal para que todos ustedes puedan disfrutar de una visita a esta vieja villa.

Muchas gracias a todos ustedes.