

dos para seguir adecuadamente dichos procedimientos, etc.

Tal como se podrá observar más adelante, se han realizado mejoras importantes, y se hará particular hincapié en el papel fundamental de los simuladores en las acciones tomadas.

INCIDENTES OPERACIONALES

Las autoridades responsables de la seguridad están interesadas, especialmente, en los incidentes de operación calificados de *significantes*, que son los correspondientes a unos criterios definidos por dichas autoridades y que han de ser notificados, detalladamente, por el operador.

Por ejemplo, si se examinan los incidentes significativos ocurridos en los reactores de EDF, resulta que aproximadamente un 60 % de ellos se deben a fallos humanos. Esta cifra justifica, por sí sola, una consideración. En la mayoría de las ocasiones, dichos incidentes no dan lugar a consecuencias graves; sin embargo, si se someten a un estudio detallado es posible demostrar sus causas genéricas, pudiéndose emprender las modificaciones necesarias para la reducción del número de dichos incidentes. Además, el análisis post-incidente puede revelar que, en algunos casos, unas condiciones especiales podrían haber dado como resultado unos accidentes más graves, lo que plantea el complicado problema de la detección de los preludios de los accidentes graves.

Se explicará más adelante la organización de dichos análisis post-incidente, mencionando los típicos estudios de campo genéricos que resultaron en modificaciones del equipo, formación del personal y organización de los trabajos.

En todos estos análisis y sus repercusiones, EDF cuenta con la ventaja de la estandarización de su parque de reactores.

FORMACION DEL PERSONAL

Sería inútil insistir en la importancia, en lo referente a la seguridad, de una formación adecuada del personal. Aunque es muy relevante la formación inicial del personal a cargo de un puesto nuevo, tampoco se debería pasar por alto una revisión periódica de esa formación.

Durante la operación normal de un reactor, y teniendo en cuenta la rotación de los equipos de trabajo, es posible que un operador trabaje durante largos períodos de tiempo sin tener que volver a poner en marcha los equipos tras una parada, y sin tener que enfrentarse con un incidente grave; por tanto, es necesario actualizar continuamente sus conocimientos. Existen dos

métodos muy eficaces al efecto: el reaprovechamiento de información relacionada con los incidentes ocurridos en las centrales nucleares, y prácticas periódicas en los simuladores de formación.

ORGANIZACION ESTABLECIDA PARA LA CONSIDERACION DEL FACTOR HUMANO

EL CASO DE LA CEA (IPSN)

En 1983, se creó un laboratorio para el Estudio del Factor Humano (LEFH) en el Département d'Analyse de Sûreté (DAS) del Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN).

Los objetivos de dicho laboratorio son:

- Estudiar y definir los métodos que permiten tener en cuenta el factor humano en el diseño, construcción y operación de las centrales nucleares.
- Participar en las valoraciones de seguridad, con relación a la evaluación de las consecuencias de los factores humanos, fundamentalmente, en cuanto al diseño y cualificación de las salas de control, los incidentes y la formación del personal.
- Ofrecer ayuda a los diseñadores y operadores para que tengan en cuenta el factor humano.

De dichos objetivos se desprende que el laboratorio debe ocuparse de otras centrales aparte de los reactores EDF objeto del presente informe (reactores experimentales, fábricas, laboratorios), y que realiza estudios básicos utilizados como soporte técnico en los análisis de seguridad.

EL CASO DE EDF

Varios equipos de Electricité de France están trabajando en el campo del factor humano, fundamentalmente con vistas al provechamiento de la experiencia operativa, para proponer mejoras en la operación de las centrales nucleares o tendencias en el diseño de futuras centrales.

Entre esos equipos, podemos destacar los siguientes:

- Un equipo que, dentro del marco del Departamento de Producción Técnica, analiza los incidentes operativos, los procedimientos, y las mejoras a realizar en la explotación.
- La Dirección de Investigación y Desarrollo se compone de varios equipos, a cargo de:
 - El diseño de futuras salas de control.
 - Estudios psicológicos relativos a la fiabilidad de los operadores (PRA).
 - Ciertas operaciones de modela-

ción (creación de sistemas expertos).

Como conclusión a esta primera parte, se debería hacer mención de los estudios múltiples realizados conjuntamente por CEA y EDF.

En ambas organizaciones, las autoridades están convencidas de la importancia de dichos problemas y, a la vez, de su naturaleza sumamente específica e incluso crítica, que impide, a menudo, que se les trate como problemas de seguridad puramente técnicos.

Finalmente, se debería notar que tanto EDF como CEA cooperan, bajo contrato, con organismos especializados, como la Universidad.

PRINCIPALES ACCIONES TOMADAS

SALAS DE CONTROL

El iniciador de todas las acciones que vamos a describir con relación a las salas de control, es siempre EDF. CEA/IPSN ha contribuido a ellas de dos maneras diferentes:

- O bien en asociación con EDF durante los estudios de campo.
- O mediante el análisis de seguridad de proyectos y de centrales en funcionamiento.

Mejoras de las Interfaces Hombre-Máquina en las Salas de Control de Reactores en Funcionamiento.

Para poder implementar las conclusiones sacadas del accidente de TMI, se han llevado a cabo varias mejoras en las salas de control de los reactores en funcionamiento, de la serie de centrales de 900 MWe (CP1 y CP2), entre las cuales podemos destacar las siguientes:

- Modificaciones "ergonómicas"
Se ha perfeccionado la presentación de la información, considerando el cableado existente: la provisión de tableros de notificación funcionales (agrupación, en áreas identificadas, de la información y controles relacionados con una función dada), la introducción de colores en los paneles, esfuerzo en la normalización y presentación de la redacción, etc.
Estos trabajos se realizan tras unas encuestas entre los operadores y el establecimiento de una maqueta.
- Mejoras de la presentación de los procedimientos escritos para todo incidente o accidente (procedimiento de I y A).
Se ha hecho un esfuerzo especial en consideración al personal al que están destinados estos procedimientos, con el fin de destacar sus objetivos principales. Tras su validación en un simulador, estos nuevos procedimientos pasan a ser funcionales en las salas de control.

- Instalación de un panel de seguridad.

Las salas de control han sido dotadas de un panel en el que se agrupará toda la información requerida para la gestión de un accidente. Anteriormente, se disponía de esta información, pero se encontraba dispersa por la sala de control. También se dispone de información nueva referente al margen de ebullición o los indicadores de tendencia para ciertos parámetros.

- Introducción de una persona nueva al suceder un accidente grave: el Ingeniero de Seguridad y Protección contra la Radiación (ISR).

En caso de un accidente, este Ingeniero irá asegurando la redundancia del diagnóstico hecho por el equipo de trabajo, mediante la información referente a la seguridad de la unidad nuclear. Si observara una desviación en la variación del transitorio, en relación con lo estipulado en los procedimientos, entonces el ISR implementaría la utilización de los últimos procedimientos especiales de emergencia (procedimientos U).

Bajo las condiciones normales de operación, el ISR juega un papel importante en la seguridad de la central: preparación de los informes de los incidentes, formación in-situ del personal, etc.

Implementación de las mejoras arriba indicadas en las salas de control de los nuevos reactores de 1.300 MWe (P4, P'4).

Se han integrado todas las mejoras arriba indicadas en las salas de control de los reactores de 1.300 MWe (Paluel y posteriores). También se han añadido a los paneles convencionales, las presentaciones de tubos de rayos catódicos.

Finalmente, el equivalente del panel de seguridad en esta sala de control es un panel común.

Ordenador de la sala de control apoyado por el proyecto N4.

Posteriormente a las unidades de 1.300 MWe potencia P4 y P'4, se está construyendo un nuevo tipo de reactor, el proyecto N4 (1.400 MWe). La sala de control es completamente nueva y controlada, en su totalidad, desde visualizaciones CRT.

Este proyecto se basa en tres principios fundamentales:

- Integración, en la misma estación de control, de los equipos de control utilizados, tanto en condiciones normales como de accidente.
- Ubicación cercana de las instalaciones de control y visualización de información.
- Control por operadores sentados en estaciones independientes de control, que pueden estar constituidos



Vista parcial de la sala en un momento de la Conferencia.

por equipos de uso general (pantallas y teclados).

A partir del comienzo del año 1987, un simulador permite la validación de las opciones de control retenidas (operación normal y en caso de de accidente). Este simulador será transformado, con el fin de adaptarlo a las necesidades de la formación en este tipo de sala de control.

La utilización de simuladores

Se han realizado las mejoras e innovaciones arriba indicadas, mediante la utilización sistemática de los simuladores como herramientas de validación.

- Se realiza una validación de los procedimientos de incidentes y accidentes con relación a su contenido técnico, y su formato, y el comportamiento de los operadores.
 - Se prueban las instalaciones de control y ayuda al diagnóstico (p.e. el panel de seguridad) en cuanto a su utilización por el equipo de trabajo.
 - Se han llevado a cabo las primeras simulaciones de las funciones del ISR. Se seguirá con ellas cuando la modelación del comportamiento físico del reactor permita el control interactivo de los accidentes graves.
- También hemos hablado ya del caso especial del diseño de la sala de control para el proyecto N4.

Además de estas validaciones, se pueden destacar otros estudios realizados con los simuladores:

- Observaciones bastante completas del comportamiento de los operadores en el seguimiento de un procedimiento de accidente.
- Estudios más básicos, realizados con un simulador compacto, de la presentación de la información, las

imágenes en pantallas el reparto óptimo entre la información representada en una pantalla y la representada en una consola convencional, etc.

Los equipos de control que utilizan los simuladores se componen siempre de operadores voluntarios en cursos de formación o de perfeccionamiento.

INCIDENCIAS DE OPERACION

Hemos mencionado ya los incidentes relacionados con la seguridad, a los cuales se les concede gran importancia, tanto por parte de EDF como de CEA/IPSN. Por supuesto, el grado de consideración va en función de la gravedad del incidente. En todo caso, dichos incidentes están registrados para actualizar las estadísticas, constituir los bancos de datos, y llegar a las causas genéricas. En los casos más graves, se realiza una investigación in-situ, y a menudo se proponen modificaciones que se aplican después a todas las centrales de EDF.

Dentro de EDF existe un grupo especial, conocido como el Grupo F, cuya función es la revisión de las conclusiones sacadas de los incidentes más graves, así como las modificaciones en futuros proyectos. Estas investigaciones sobre las lecciones aprendidas en base a la experiencia se traducen en múltiples estudios genéricos realizados en el emplazamiento de una central que actúa como piloto. Muchas veces, participa en estos estudios de campo la CEA.

A continuación, indicamos los estudios principales de este tipo realizados durante los últimos años.

- Estudios de errores de identificación local.
Varios incidentes se deben a las confusiones entre los trenes en una unidad de fuerza, e incluso confusiones entre dos unidades de fuerza acoplados para su utilización operativa. Un estudio de campo ha facilitado la obtención de varias medidas destinadas a la mejora de la identificación local.
- Estudio de comunicaciones.
Tras unos incidentes en los que existían dudas sobre la calidad de las comunicaciones, especialmente entre la Sala de Control y la Sala de Equipos, se realizó un estudio sistemático de los medios físicos (herramientas de comunicación), así como la terminología utilizada (que a veces es la causa de la confusión). Estos estudios han permitido la definición de nuevos equipos, así como de una guía de comunicaciones normalizada que está en curso de validación.
- Estudio de tensión nerviosa.
Está en curso un estudio bastante general en que se intenta definir el concepto de la tensión nerviosa ("stress") del personal en una central de energía, la variabilidad de dicho concepto en función del puesto de control o de mantenimiento, y las medidas a tomar para reducir sus efectos negativos.
- Estudio de errores de alineación.
Varios incidentes pueden ocurrir durante la reconfiguración de los circuitos. Por tanto, se ha iniciado un estudio para encontrar el origen de las causas principales de los errores de alineación por parte de los operadores.

También podemos destacar los estudios relacionados con la automatización de las pruebas periódicas de la función de control (RPR) que a menudo, en el pasado, han dado lugar a disparos de emergencia.

Para completar esta lista, no muy exhaustiva, se debería prestar una atención especial a las tareas de mantenimiento, en las cuales encontramos un gran número de causas de incidentes.

FORMACION

EDF se hace responsable de la formación del personal de operación de sus centrales nucleares, así como de la entrega de licencias.

Con el soporte técnico de CEA/IPSIN, se invita a las autoridades de seguridad a analizar la calidad de dicha formación cuando visitan las centrales de energía o los centros de formación. Sin entrar en detalles, podemos indicar que existe un tipo de formación general y nacional para los distintos puestos de operación, así como una formación local y específica.

Fundamentalmente, subrayaremos la función de los simuladores en dicha formación. EDF posee varios simuladores de tamaño natural con los que se reproducen, con precisión, los distintos tipos de salas de control. Dichos simuladores están situados en tres centros de formación (Bugey, Paluel, Caen). Además de estos simuladores de tamaño natural, se utilizan cada vez más los simuladores de funciones (p.e. para el circuito de control químico y de volumen RCV, para el control de reactor y la derivación de la turbina).

En la actualidad, los operadores de control del reactor pasan por un curso de formación en el simulador, una vez al año. Ya hemos subrayado la importancia de estos cursos de perfeccionamiento.

En los cursos de formación en el simulador, se repasa la operación normal de las unidades de fuerza (parada, re arranque) y la operación bajo condiciones de incidentes o accidentes. Dentro del marco de estos cursos de perfeccionamiento, se han establecido unas sesiones de confrontación en las que el equipo completo de una central tiene que controlarla.

Se ha hecho un esfuerzo especial en relación con el personal de mantenimiento, para que lleguen a tener conciencia de las limitaciones de control de una central de energía.

Finalmente, quisiéramos mencionar los simuladores compactos, conocidos también como simuladores de principios básicos, que están instalados en el CEA y destinados a familiarizar a los operadores de las centrales de EDF con la física del núcleo.

CONCLUSIONES

Confiamos haber demostrado, en el presente informe, la importancia concedida, tanto por EDF como por CEA, a los aspectos del factor humano en la seguridad nuclear.

Además, las dos organizaciones están de acuerdo en cuanto al interés de la realización de unos estudios prácticos de campo, que conducirían a temas específicos.

REVISION DE DISEÑO DE LA SALA DE CONTROL DE CN VALDECABALLEROS

Enrique GAVILANES

Jefe del Proyecto de Revisión de Diseño de la Sala de Control, CN Valdecaballeros

INTRODUCCION

Como consecuencia de las experiencias e incidentes ocurridos en la explotación de las centrales nucleares, se han puesto de manifiesto unas áreas básicas de actuación que mejoran la seguridad ante situaciones de emergencia, las cuales han sido ampliamente asumidas por la industria nuclear y plasmadas en regulaciones como NUREG-0700, NUREG-0737 suplemento 1, NUREG-0800, etc.

Dentro de estas áreas de actuación, se encuentra la Revisión de Diseño de la Sala de Control (CRDR).

A continuación, se describe la realización del trabajo de Revisión de Diseño de la Sala de Control, tal como ha sido desarrollado en CN Valdecaballeros.

TRABAJOS PREVIOS REALIZADOS DURANTE EL PROCESO DE DISEÑO

En el año 1982, previamente al inicio de la fabricación de los paneles del BOP, CN Valdecaballeros estableció un contrato con TECNATOM con el objeto de realizar un estudio sobre la disposición general de los paneles, comprobando su correcta ubicación desde el punto de vista operacional. Asimismo, se comprobó la correcta disposición de los sistemas dentro de los paneles e interfaces entre paneles.

Los paneles incluidos en esta revisión fueron los principales del BOP y los eléctricos de Sala de Control.

De las conclusiones de dicho estudio,

Enrique Gavilanes



se derivaron las siguientes mejoras:

- Reubicación de los paneles en Sala de Control.
- Edición de mímicos.
- Reubicación de sistemas dentro de los paneles.
- Modificaciones en la situación de instrumentos dentro de los paneles.

Las tres últimas mejoras afectaron sólo a los paneles principales del BOP, ya que el diseño inicial de los paneles eléctricos cubría, a juicio de TECNATOM, los requisitos necesarios para la correcta operación de los mismos.

Dichas mejoras fueron incorporadas por la Ingeniería Principal de CN Valdecaballeros al proyecto de los paneles, con anterioridad al comienzo de su fabricación.

REVISION DE DISEÑO DE LA SALA DE CONTROL

Partiendo de esta situación previa, CN Valdecaballeros decidió, a finales de 1985, realizar con sus propios medios el trabajo de Revisión de Diseño de Sala de Control, de acuerdo con la normativa y recomendaciones existentes. Este trabajo, realizado a lo largo de 1986, tenía como objetivo comprobar que el diseño suministra a los operadores los medios adecuados para impedir accidentes o, en caso de que éstos ocurran, tomar las acciones necesarias para mitigar sus consecuencias. Los paneles incluidos dentro del alcance de esta revisión fueron los existentes en el área de operación primaria de la Sala de Control y los de Parada Remota.

METODOLOGIA

La Revisión de Diseño de Sala de Control se realizó de acuerdo con las instrucciones del NUREG-0700 "Guidelines for Control Room Design Reviews", en las fases de PLANIFICACION, REVISION, VALORACION y DOCUMENTACION (Ver figura 1) que se desarrollan a continuación.

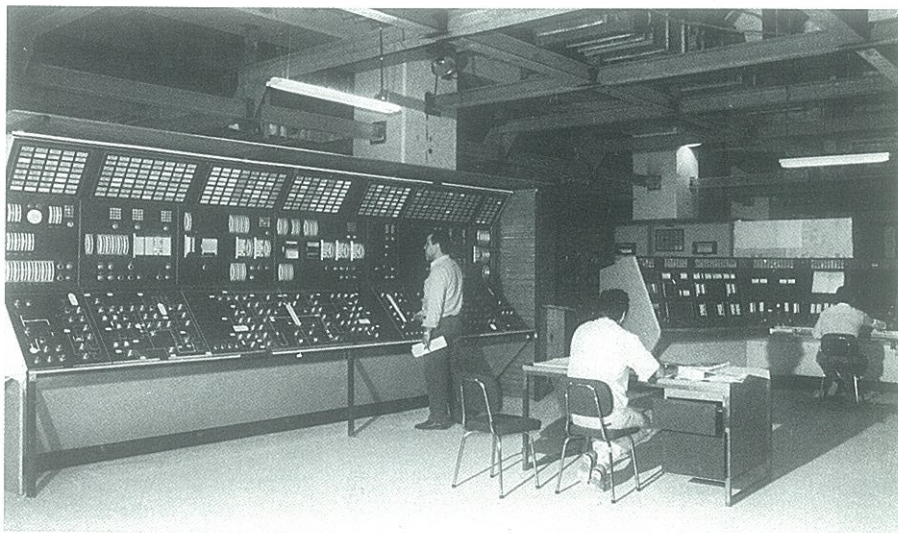
FASE DE PLANIFICACION

El objetivo de esta fase fue planificar el trabajo a realizar y establecer la metodología a seguir.

Para la consecución de este objetivo se realizaron las siguientes actividades:

- Crear el grupo de CRDR.
- Organizar y preparar la documentación.
- Establecer el programa de trabajo.
- Desarrollar la metodología de CRDR.

CN Valdecaballeros, partiendo de un grupo de trabajo formado por operadores que habían desarrollado los Procedimientos de Operación de Emergencia, creó un grupo con dedicación ex-



Realización del Proceso de validación.

clusiva para este fin, compuesto por personal de operación e ingeniería.

Este grupo desarrolló, en esta fase, un Plan Básico de actuación y unos procedimientos metodológicos, para ser utilizados en las siguientes fases. Asimismo, se dotó de una estructura de proyecto, con sus programas de trabajo, planificación de actividades y controles de costes externos y horas invertidas en la realización de dicho trabajo.

FASE DE REVISION

El objetivo de esta fase fue:

Determinar si la Sala de Control dispone de todos los elementos de información y control necesarios para que los operadores puedan realizar eficazmente sus funciones y tareas.

Identificar las características de los elementos de información y control existentes, la disposición física, etc., que puedan perturbar las actividades del operador.

Para la ejecución de esta fase, y de acuerdo con el NUREG-0700, se realizaron los siguientes procesos:

REVISION DE LAS EXPERIENCIAS DE OPERACION

Con ello, se pretendía identificar factores o condiciones que hayan sido o puedan ser causa de problemas, los cuales pueden ser corregidos con mejoras de ingeniería de factores humanos.

Para la consecución de este objetivo, se ha utilizado la información que suministra el INPO sobre contingencias acaecidas en Centrales de diversos países, seleccionando, dentro de la información dada por su sistema de network, la incluida en los SOER (Significant Operating Experience Reports)

comprendidas entre los años 1981 y 1985, ambos inclusive, y que eran de aplicación a CN Valdecaballeros.

Del estudio de dichos documentos, se dedujo una serie de recomendaciones, las cuales han sido evaluadas para conocer su impacto en esta ciudad, dando, en algunos casos, origen a la aparición de discrepancias.

ANALISIS DE LAS TAREAS DEL OPERADOR

Con este análisis se querían determinar los requisitos de información y control necesarios para que los operadores puedan realizar las operaciones de emergencia, con la fiabilidad y eficiencia requerida.

Para la realización del análisis de tareas, se utilizaron como base de partida los Procedimientos de Operación de Emergencia (POE), realizados por el grupo de trabajo de operación.

El análisis de tareas consistió en subdividir cada uno de los apartados de los POE en sus tareas específicas. Posteriormente, se analizó cada una de ellas para así, y mediante la ayuda de una lista ordenada con las sub-tareas elementales existentes, poder determinar las que la componen y así identificar la información y control requerido para la operación segura de la Central.

INVENTARIO DE LA SALA DE CONTROL

Consistió en una revisión sistemática de todos los instrumentos, controles y equipos existentes, con el objeto de proporcionar una base para determinar si la instrumentación y control necesario para soportar la operación segura de la central están disponibles en la Sala de Control.

Para ello, se generó en el ordenador UNIVAC S/80 una base de datos común, a partir de los soportes magnéticos de:

- Instrumentos del BOP.
- Instrumentos del NSSS.

Mediante un programa interactivo, se generó un fichero específico para esta aplicación de inventario.

De dicho fichero se obtuvieron diferentes listados selectivos, ordenados por identificaciones, paneles o tipos de instrumentos, los cuales fueron utilizados con el fin de reconocer la información y control existente para realizar la operación segura de la central.

ANALISIS ESTATICO

Tenía como objetivo identificar todas las discrepancias de instrumentos, equipos, disposiciones generales y condiciones ambientales con respecto a la buena práctica de ingeniería de factores humanos, con independencia de la secuencia de tareas requeridas por los procedimientos de operación. Para la consecución de este objetivo, se han utilizado los criterios existentes en el NUREG-0700 (Sección 6) referentes a:

- Lugar de trabajo en la Sala de Control.
- Comunicaciones.
- Sistemas anunciadores de alarma.
- Controles.
- Indicadores visuales.
- Etiquetas y ayudas de localización.
- Disposición de los paneles.
- Integración control-indicadores.

En la ejecución de estos criterios se ha tenido en cuenta que unos son de aplicación general a la Sala de Control, algunos son aplicables por paneles o secciones de ellos y otros lo son a los diferentes modelos de instrumentos existentes.

VERIFICACION

Pretendía comprobar sistemáticamente que los elementos de información y control, identificados en el análisis de experiencias de otras centrales y en el análisis de tareas, y que son requeridos por el operador, están:

- Presentes en la Sala de Control y Paneles de Parada Remota.

La presencia o ausencia de un elemento fue el resultado de la comparación sistemática de elementos requeridos por el operador y los elementos existentes en el inventario.

Consistió en verificar la idoneidad de los componentes existentes con relación a los criterios de la ingeniería de factores humanos.

VALIDACION

Su objetivo fue asegurar que el diseño de la Sala de Control permita que las funciones a realizar por el equipo de operación de la misma, puedan ser llevados a cabo satisfactoriamente, de acuerdo con los procedimientos de operación de la Central.

Para ello, un equipo completo, reforzado con un observador que identificaba las discrepancias surgidas, simuló la ejecución de los procedimientos de emergencia, según el método de "caminar a través de" (Walk throughs).

En la ejecución de este proceso se utilizó la Sala de Control de la Unidad I de CN de Valdecaballeros, con los paneles existentes y una maqueta de aquellos que no se encontraban contruidos en el momento de realizar la validación. Dicha maqueta consistía en una estructura de madera con la mis-

ma forma y dimensiones que los paneles a los que sustituía; sobre dicha estructura se situaron los planos de frentes, escala 1:1, de dichos paneles.

FASE DE VALORACION

Consiste en categorizar las discrepancias encontradas y recomendar las acciones correctivas para su resolución. Durante este proceso se llevaron a cabo los siguientes pasos:

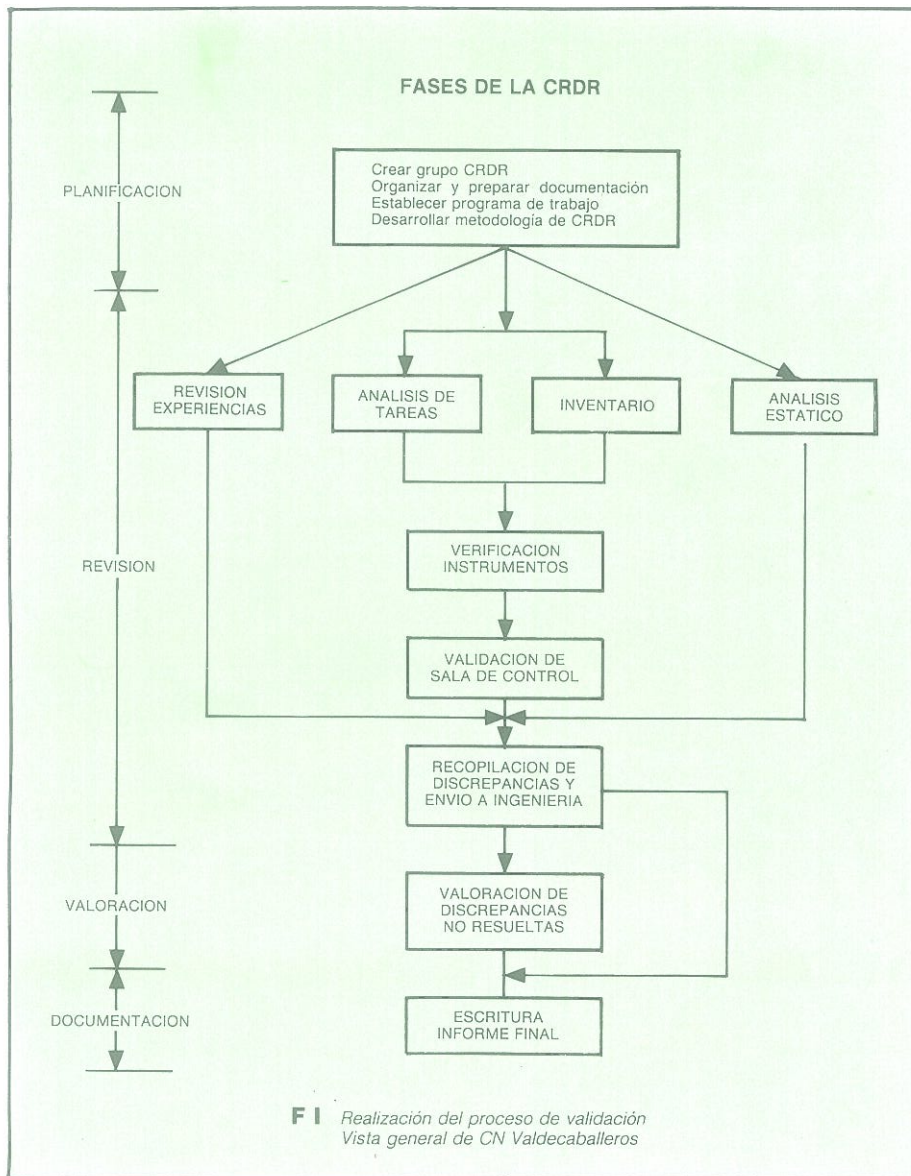
ANALISIS Y CATEGORIZACION DE DISCREPANCIAS

Todas las discrepancias identificadas se valoraron según su impacto potencial de seguridad de la central.

El grupo de revisión analizó las discrepancias, según los siguientes criterios:

- Probabilidad de provocar un error en el operador (Probabilidad de error, PE).

Fases de la CRDR



F I Realización del proceso de validación
Vista general de CN Valdecaballeros

- Influencia del error en la seguridad de la central (Consecuencias del error, CE).

Para cada uno de estos criterios se estableció la clasificación de alto, medio y bajo, como resultado de la suma de las puntuaciones que, según una escala de 0 a 5 puntos, se asignó a cada una de las cuestiones incluidas en las listas criterios de valoración utilizadas. La categoría final y la prioridad de resolución asignada a cada discrepancia se obtuvo mediante la utilización de una tabla de doble entrada, según los criterios anteriores, con sus clasificaciones de alto, medio y bajo.

EVALUACION DE ACCIONES CORRECTIVAS

El grupo de revisión dio recomendaciones para resolver las discrepancias que se determinaron durante el proceso de revisión. Se consideró dentro de estas acciones correctivas propuestas, que su implantación no generara nuevas discrepancias.

El desarrollo de las acciones correctivas definitivas requirió un proceso interactivo de revisión, pues una vez realizada una primera propuesta se procedió a comentar las acciones correctivas previstas con la organización de CNV, para decidir, en cada una de las discrepancias, cuál es el mejor método de resolución.

Una vez definida la acción correctiva adoptada para cada discrepancia, se procedió a documentarlas completamente en sus formatos correspondientes.

FASE DE DOCUMENTACION

El objetivo de esta fase fue la preparación de un informe que documentó los procesos y actividades utilizados, así como los resultados de la Fase de Revisión.

Se incluyeron en dicho informe todas las discrepancias identificadas durante los procesos de revisión, tanto las resueltas durante el transcurso de este proceso como las categorizadas, cuya acción correctiva se encuentra pendiente de implantar.

CONCLUSIONES

Este documento ha tratado de mostrar la importancia constante concedida por CN Valdecaballeros al tema de mejoras de sus salas de control, desde el punto de vista de factores humanos, que ocasionan los incidentes significativos más graves ocurridos en centrales nucleares.

Asimismo, el presente trabajo ha supuesto:

- Confirmación de la bondad del diseño de Sala de Control de esta central, en función del número e importancia de las discrepancias encontradas.
- Confirmación de la importancia que para su realización ha supuesto la integración de personal de operación en este grupo de trabajo.
- Uso de la experiencia operativa real del personal de operación.

- Aprovechamiento de la situación de parada, para la realización de trabajos que mejoran el diseño y operabilidad de la central y suponen, al mismo tiempo, un aumento de participación del personal en actividades de diseño.
- La elección del momento para dicha revisión ha supuesto, asimismo, un beneficio para la corrección e implantación de mejoras en Sala de Control.

MESA REDONDA

Aníbal MARTIN MARQUEZ
CN VALDECABALLEROS

INTRODUCCION

Factores Humanos es una disciplina relacionada con la aplicación sistemática del conocimiento científico acerca del comportamiento humano durante el desarrollo de una operación o ante la aparición de un evento.

Esta disciplina incorpora aportaciones de otras áreas de la ciencia y de la técnica como la psicología, fisiología, sociología, selección de personal, educación y entrenamiento.

El principal propósito de esta disciplina básica aplicada al funcionamiento de una planta nuclear es reducir posibles errores humanos que puedan afectar a la seguridad y/o eficacia de la planta. Error es una desviación no intencionada sobre una actuación prevista. El error, que puede afectar al comportamiento de la planta, puede ser inducido por causas del sistema, por causas del diseño y por causas puramente humanas.

ORIGENES DE LA DISCIPLINA DE FACTORES HUMANOS

La necesidad de una disciplina formal que se aplicara al conocimiento acerca del comportamiento humano es reconocida por primera vez durante la Segunda Guerra Mundial.

Al principio, los intentos de reducir el error humano en los complejos métodos militares se centraron en la automatización, con el propósito de aumentar la fiabilidad y reducir la dependencia de la participación humana. Sin embargo, continuaban ocurriendo costosos fallos.

Asimismo, la selección y entrenamiento del personal no podía compensar los conflictos originados por la mala concepción del diseño.



Aníbal Martín

Por consiguiente, se reconoció que una disciplina dirigida al "comportamiento humano" en un nivel equiparable con otras disciplinas preocupadas por el comportamiento del "equipo", era necesaria para conseguir una actuación fiable del sistema.

Desde los primeros momentos, psicólogos y otros especialistas han ayudado en el análisis, diseño y evaluación de las interfases entre el personal y los equipos, definiendo las capacidades y limitaciones del hombre en relación con las funciones que realizaban. La ergonomía, con el conocimiento de las dimensiones del cuerpo, las respuestas psicológicas y las condiciones ambientales, ha sido aplicada al diseño de los espacios de trabajo. El conocimiento de las capacidades sensitivas y psicomotrices ha sido aplicado en el diseño de la información y la instrumentación de control y el conocimiento acerca de los efectos de la fatiga y el stress, así como las actividades y motivacio-

nes, se ha dirigido a la estructuración de trabajos y a las provisiones de personal técnico necesario.

En definitiva, es grande el proceso logrado en la forma en que el hombre puede ser caracterizado como un componente del sistema, definiendo sus capacidades y limitaciones, para conseguir mejorar la seguridad y eficacia.

CAMPOS DE APLICACION

Durante muchos años, esta disciplina era aplicada exclusivamente en sistemas desarrollados militarmente. El conocimiento base incluía datos relevantes de la población militar.

Con la llegada de la era espacial, la disciplina de factores humanos fue aplicada para resolver problemas únicos que se pueden presentar en los viajes espaciales. Estas aplicaciones aeroespaciales contribuyeron al fomento de la expansión de los principios y criterios de factores humanos en otras áreas: sistemas de información, arquitectura, sistemas de simulación, productos de consumo, aplicaciones médicas, etc.

LOS FACTORES HUMANOS EN EL CAMPO NUCLEAR Y EL ACCIDENTE DE TMI II

En el área de las centrales nucleares, la disciplina de factores humanos fue esbozada en la publicación REACTOR SAFETY STUDY (WASH-1400, NRC, 1975), que documentaba el incremento de los riesgos potenciales atribuibles a cuestiones en el diseño de salas de control, paneles, pantallas e instrumentos.

Aproximadamente en la misma época, el EPRI expresaba una opinión similar iniciando una evaluación sobre cinco salas de control, desde el punto de vista de factores humanos, incluyendo, asimismo, el entrenamiento en simulador. El resultado del informe, que documentaba la falta de la aplicación sistemática de los principios y criterios de factores humanos en plantas operacionales, sirvió como un estímulo para subsiguientes pruebas, rectificando deficiencias en salas de control.

La disciplina se potenció fundamentalmente después del accidente de TMI II en abril de 1979, a raíz del accidente; NSAC (Nuclear Safety Analysis Center) y EPRI fueron encargados de analizar el accidente y extraer las lecciones consiguientes a este hecho.

A finales de 1979 se crea el INPO (Institute of Nuclear Power Operations), con el fin de cubrir la necesidad expresada por la ATOMIC ENERGY FORUM POLICY COMMITTEE ON NUCLEAR REGULATIONS de crear un organismo independiente de todas las organiza-



Ponentes de la Mesa Redonda. De izquierda a derecha reconocemos a M. Gomolinski, A. Martín, A. Alonso, M. Acero, L. Echávarri y E. Ugedo.

ciones existentes, para definir los criterios necesarios para la operación segura de las centrales nucleares.

La NRC edita el plan de acción de TMI, Nureg 0660, en el cual se muestra un plan de acción para mejorar la seguridad de los reactores nucleares. Este plan ha sido incorporado parcialmente en el NUREG 0737 del 31 de octubre de 1980, y en su suplemento 1 incluye aclaraciones respecto a la Revisión de Diseño de Sala de Control y SPDS (Safety Parameter Display System).

La NRC crea la HFEB (Human Factor Engineering Branch) con la responsabilidad primaria de revisar el diseño de ingeniería de factores humanos de la sala de control y centros de control exteriores.

TRABAJOS DE APLICACION DE ESTA DISCIPLINA EN ESPAÑA

Como consecuencia del accidente de TMI II y las lecciones y regulaciones derivadas de este hecho, las compañías eléctricas y las centrales nucleares, prestan una atención especial a esta disciplina, y para ello:

- Se asocian al INPO con objeto de recibir e intercambiar información respecto a experiencias operativas en centrales.
- UNESA, en su Grupo Nuclear, coordina la información respecto a todo lo relacionado con esta disciplina. En el proyecto PIACR (Proyecto de Investigación de Análisis Cuantitativo de Riesgo) en su segunda fase tiene, entre uno de sus objetivos fundamentales, la investigación sobre

aspectos de factores humanos aplicado al PRA.

- Los Grupos de Propietarios de Centrales Nucleares intercambian información de experiencias operativas y realizan un seguimiento de las diferentes áreas de actuación donde esta disciplina es utilizada.
- Las centrales acometen:
 - PRA (Análisis Probabilístico de Riesgo).
 - Revisión Diseño Sala de Control.
 - SPDS (Safety Parameter Display System).

La realización de estos trabajos, que se encuentran en distintos niveles de desarrollo, según las centrales, han sido acometidos con una aportación muy importante de personal propio, con objeto de controlar mejor las ventajas de estas nuevas tecnologías.

APLICACIONES DE LA DISCIPLINA DE FACTORES HUMANOS EN CN VALDECABALLEROS

Debido a la situación excepcional de CN Valdecaballeros, se han acometido trabajos relacionados con esta disciplina en el área de diseño y construcción, si bien se han sentado bases para aplicaciones futuras en la explotación de la central.

- CN Valdecaballeros ha creado un grupo específico de trabajo en este área, compuesto por personal de explotación e ingeniería, el cual ha realizado la Revisión de Diseño de Sala de Control, después de haber preparado los Procedimientos de Operación de Emergencia.

Independientemente, se ha realizado un estudio del cumplimiento de la Guía Reguladora 1.97, cuyos resultados han sido integrados con la Revisión de Diseño de Sala de Control.

En el momento actual se está procediendo a la implantación de las discrepancias generadas en dicha Revisión de Diseño.

Próximamente se acometerán estudios básicos para la definición del SPDS, con el objeto de integrar todos estos trabajos, según las recomendaciones del NUREG 737 Suplemento 1.

- CN Valdecaballeros ha participado en diferentes esfuerzos de PRA.
- Se participa en el Grupo de Propietarios de Centrales BWR.
- Se realiza un seguimiento de la información suministrada por INPO a través de su sistema de información Network.

PERSPECTIVAS

La aplicación de la disciplina de factores humanos ha contribuido, y contribuirá en un futuro decisivamente, en la mejora de la explotación y en el aumento de la seguridad en las centrales nucleares.

El logro de estos objetivos futuros se realizará no por las modificaciones constantes en las centrales, sino por la potenciación de las siguientes áreas de actuación:

El aprovechamiento de la gran experiencia de operación de todas las centrales, por medio del análisis de expertos en factores humanos.

Los programas de entrenamiento avanzados basados en job-task analysis (análisis de trabajos y tareas).

El uso de simuladores para tareas tales como el desarrollo y validación de los procedimientos de emergencia.

Respecto al primer apartado, a principios de la década de los 80 el INPO, con el apoyo de la industria nuclear, comenzó un programa denominado Human Performance Evaluation System (HPES), con objeto de contribuir a la seguridad de las centrales, mejorando el área de los factores humanos.

El programa se diseñó por fases; la primera consistía en un estudio piloto realizado en cinco centrales nucleares entre los años 82-85. La fase actual incluye 17 compañías de Estados Unidos y 2 de otros países.

El objetivo básico de este programa es establecer un sistema de identificación y evaluación de las causas de raíz de las situaciones o incidencias relacionadas con el factor humano, llegando a las acciones correctivas necesarias y a una evaluación de la efectividad de las mismas.

INPO, asimismo, ha establecido un tópico en su sistema de transmisión de información denominado Network entre sus asociados, mediante el cual se establece un método eficaz para inter-

Enrique UGEDO. TECNATOM

INTRODUCCION

Se entiende por factores humanos asociados a la operación de centrales nucleares, el conjunto de elementos capaces de influir en la eficacia de las tareas profesionales asignadas a los diferentes colectivos que integran la plantilla de explotación de una instalación como las ya citadas.

Tales elementos o factores pueden englobarse, genéricamente, bajo tres grandes epígrafes:

De tipo ambiental

De tipo organizativo

De tipo personal

Entre los que hemos dado en llamar "de tipo ambiental", figurarían las características físicas del entorno donde el colectivo en cuestión desarrolla su actividad; entre estos factores ambientales cabría citar los niveles de iluminación y ruido, la temperatura, confortabilidad para ejecutar las tareas en cuanto a postura y maniobrabilidad, etc. Las condiciones ambientales adversas se traducen en un incremento de la fatiga y una disminución de la atención que influyen negativamente en la eficacia.

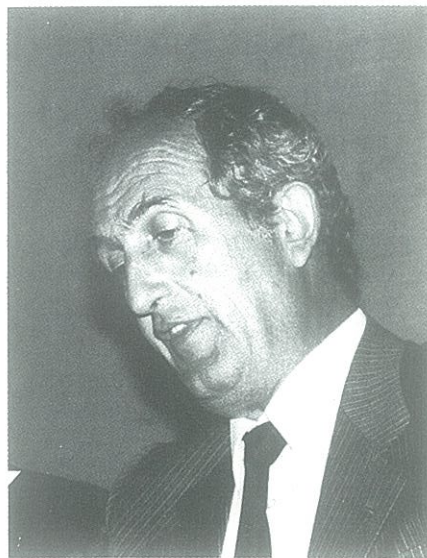
Entre los factores "de tipo organizativo" se encuentran la definición de responsabilidades y funciones asociadas a cada puesto de trabajo, la existencia de manuales de procedimientos de carácter técnico-administrativo que sistematizan la ejecución de trabajos, la idoneidad de las herramientas y medios auxiliares que utiliza el profesional en su interfase con el proceso, y los sistemas de comunicación e información. En este grupo encajaría los POE (Procedimientos de Operación de Emergencia) y los SAMO (Sistema de Apoyo Mecanizado a la Operación).

Finalmente, en el último grupo se encuadrarían aquellos factores relacionados con la capacitación profesional y la motivación de los diferentes colectivos responsables de la explotación de la instalación.

PLANES DE FORMACION

Se entiende por plan de formación, el conjunto de acciones orientadas a la ca-

cambiar información específica sobre factores humanos, especialmente mediante la transmisión de sucesos significativos completamente analizados e incluyendo las medidas correctivas tomadas.



Enrique Ugedo

pacitación profesional de un determinado colectivo, según los requerimientos derivados del puesto de trabajo que se pretende cubrir.

Los requisitos de cada puesto de trabajo, en sus aspectos de capacitación profesional y aptitudes personales, se determinan habitualmente mediante análisis de funciones asociadas al puesto. La comparación de tales requisitos (output) con los perfiles académicos de aquellos colectivos que presentan mejores perspectivas de adecuación al puesto de trabajo (input) constituye la base para el desarrollo de planes y programas de formación.

La generación de planes de formación responde a una metodología que sistematiza y estructura las sucesivas etapas del desarrollo. Estas son, en líneas generales:

- Identificación de las necesidades de formación (expresadas en conocimientos teóricos y destreza profesional) mediante comparación "requerimientos del puesto/condiciones de partida del candidato".
- Diseño y estructuración, esto es, la ordenación y agrupación de las necesidades detectadas previamente, que constituirán la columna vertebral del plan de formación; la determinación precisa y concreta de objetivos de formación cuantificables y medibles en cada uno de sus segmentos, que servirán de referencia para el desarrollo posterior de textos y la verificación de los mismos.

- Desarrollo del material didáctico, que comprende no solamente el texto del alumno, sino la guía del instructor o plan lectivo, los bancos de preguntas de evaluación, las ayudas audiovisuales y la definición del entorno en el que se impartirá cada tópico (aula, laboratorio, simulador, emplazamiento, etc.).
- Impartición de un curso piloto que permita detectar errores conceptuales y formales. Este curso experimental se dirige, habitualmente, a un grupo de instructores, con lo que se consigue una doble finalidad: crítica del curso y formación de los propios instructores. Constituye una etapa de verificación.
- Impartición a los candidatos al puesto de trabajo para el que se ha diseñado.
- Actualización de planes y cursos.

VALIDACION (CUMPLIMIENTO DEL FIN ULTIMO)

La garantía de que los planes elaborados satisfacen el fin último para el que han sido diseñados (cualificación profesional de un colectivo), precisa de unos indicadores que permitan detectar deficiencias, por error u omisión, del proceso formativo y, en consecuencia, tomar las medidas correctivas adecuadas.

No es trivial el establecer indicadores de fácil cuantificación y que se puedan relacionar inequívocamente con los planes de formación. Tales indicadores pueden tener su origen en:

- El grado de competencia profesional con que un determinado colectivo desempeña las funciones asignadas, según criterio del supervisor(es) inmediato(s).
- La experiencia de explotación de instalaciones similares tras un riguroso análisis de las incidencias acaecidas (TMI) y las causas generadoras.
- Cambios en el diseño o procedimientos de una instalación concreta (polishing).
- Pruebas periódicas de evaluación de un determinado colectivo (recalificación en simulador).
- La evaluación de estos y otros indicadores servirá para confirmar la eficacia del plan de adiestramiento impartido o, en su defecto, detectar incipientes deficiencias que deberán corregirse con acciones oportunas.

MEDIOS DE FORMACION

Quisiera dedicar algo de tiempo a la enumeración de medios didácticos que constituyen elementos auxiliares del instructor y facilitan el proceso de

aprendizaje mediante el estímulo de órganos sensoriales, o mediante la imitación de escenarios y procesos de la vida real, permitiendo un protagonismo activo del alumno, sin riesgo para la instalación actual, en nuestro caso la central generadora de energía.

Quizá un criterio de clasificación que agrupe a los medios didácticos podría ser el de:

- Tradicionales y
- Avanzados

Entre los primeros, incluiríamos los libros de texto, transparencias, diapositivas, video-cintas, maquetas, cajas de enseñanza, modelos dinámicos a escala real o reducida de herramientas (manejo de combustible) y circuitos hidráulicos (RCS), laboratorios (Química y Radioquímica), etc.

Entre los avanzados, cuya característica común sería la de estar soportados por un medio informático, se cuentan básicamente:

- La enseñanza asistida por ordenador (EAO), y
- El simulador de adiestramiento

El primer medio, la EAO, ha venido a solucionar la impartición reiterativa de tópicos de carácter permanente a colectivos muy numerosos y dispersos; p.e., temas de PR al personal de contrato que se desplaza por los diferentes emplazamientos. La inversión en equipo (PC y monitor) no es significativa, pero sí lo es el desarrollo de courseware en una proporción de 150 h. de elaboración por hora de impartición.

EL SIMULADOR DE ADIESTRAMIENTO

Constituye el medio didáctico realmente innovador, puesto que permite la adquisición de experiencia operativa en el control remoto de los procesos (personal de sala de control) físico-químicos asociados a la explotación de una determinada instalación, tanto durante la operación normal como ante la presencia de incidentes de variable severidad.

Existe una amplia gama de simuladores de adiestramiento, según el objetivo principal para el que han sido diseñados, todos ellos con la característica común de trabajar en tiempo real:

- Principios básicos
- Funciones
- Alcance total

En España tenemos dos simuladores de los denominados "de alcance total", que constituyen una réplica de un BWR-6 (Cofrentes) y un PWR tres lazos (Lemóniz, Almaraz, Ascó). Sus aplicaciones primordiales son la formación práctica inicial del personal de operación de sala de control (adiestramiento de candidatos) y el mantenimiento de la capacitación profesional

del citado colectivo mediante la impartición periódica de programas específicos o individuales que complementen la experiencia en central y, sobre todo, la práctica en diagnóstico y operación en situaciones operativas anormales. En cumplimiento de los principios de actualización de planes de formación y medios didácticos, las empresas eléctricas propietarias de los simuladores han emprendido un importante programa de I + D orientado a la mejora en la precisión de los modelos matemáticos (réplica de los procesos físicos de la vida real), manteniendo así un paralelismo con otras acciones encaminadas a facilitar la relación hombre-máquina (me estoy refiriendo a la revisión de diseño de sala de control, los nuevos POE y los SAMO).

La actualización de los modelos de simulador se sustenta (período 1986-1990) en una serie de pilares básicos, entre los que cabe citar:

- El avance tecnológico de los ordenadores especializados en este tipo de aplicación.
- La existencia de códigos de ingeniería, de carácter modular, sobre los que es posible ejercer tareas de simplificación, para su tratamiento en tiempo real, sin grave sacrificio de la precisión.
- La existencia de una metodología de validación de modelos de simulación (imprescindible para saber dónde nos movemos y fijar límites).
- El apoyo sin reservas prestado por las centrales de referencia de los simuladores, tanto en el acceso a los datos reales de operación como en la aportación de recursos humanos altamente cualificados, y materiales (códigos de ingeniería y utilización de máquina) que constituyen un bagaje imprescindible para la validación de los nuevos modelos.

La combinación de todos estos ingredientes se traducirá en la culminación del plan de modernización emprendido, el cual, a su vez, producirá un incremento en la eficacia del factor "formación".

EL FUTURO

En mi opinión, la línea emprendida de desarrollo sistemático de planes de formación basados en las necesidades emanadas del análisis del puesto de trabajo, constituye un enfoque realista del proceso, que permite optimizar la participación de los diferentes conceptos o áreas que intervienen en la formación, así como la elección del entorno y medios didácticos más adecuados.

Considero, asimismo, que el hábitat donde deberán centrarse los planes de

formación es el emplazamiento de la propia instalación donde han de ejercer sus funciones profesionales los diferentes colectivos de la plantilla de explotación; el resto de las actividades formativas, necesarias, por otro lado, deben desarrollarse con un sentido de subordinación a la formación en el emplazamiento, ostentando características de adiestramiento preparatorio o complementario de aquél.

Los medios y ayudas didácticas seguirán refinándose en la medida en que prosiga el avance tecnológico de los ordenadores, lo cual se manifestará singularmente en el perfeccionamiento ulterior de los simuladores de alcance total, permitiendo un ensanchamiento del horizonte de simulación, dentro de unos márgenes de precisión aceptables, en unos escenarios donde la fenomenología es extremadamente compleja.

El papel a desempeñar por el instructor, lejos de perder relevancia, tiende a reforzarse; en efecto, no me parece concebible una formación "enlatada" al 100 % en programas de aplicación informática más o menos amenos; por el contrario, los colectivos enrolados en programas de formación demandan instructores profesionales plenamente capaces de transmitir conceptos teóricos y experiencias "vivas", así como de dialogar sobre las múltiples connotaciones que se derivan de una sesión de adiestramiento, y que no pueden programarse en cinta o disquette magnético. Sin embargo, la eficacia del instructor depende de unos sólidos conocimientos en lo relativo a la práctica operativa de la instalación y del dominio de ciertas técnicas pedagógicas. De una manera análoga a la de los profesionales de centrales, el instructor recibe una formación inicial (una parte de la cual tiene lugar en la instalación real) hasta su cualificación plena y, posteriormente, se somete cíclicamente a cursos de refresco y actualización, fundamentalmente en centrales en explotación, lo que exige un gran esfuerzo y dedicación.

La búsqueda de métodos de adiestramiento más eficaces es un objetivo permanente de cuantos nos dedicamos a esta actividad. Como caso puntual al respecto, quiero citar uno de los proyectos de investigación que intentan resolver un problema, si se quiere marginal, pero que preocupa a los centros de adiestramiento europeos y americanos; se trata de dotar de mayor interés a las sesiones lectivas que cíclicamente se imparten al personal con licencia dentro del programa de recalcificación; el carácter reiterativo de ciertos temas y su presentación con carácter rutinario desmotiva fuertemente al colectivo profesional al que van dirigidos; el instructor es responsable de en-

contrar modos y medios de presentar tales temas utilizando recursos pedagógicos que estimulen el sentido participativo de colectivos perfectamente

curtidos en sus puestos de trabajo; esto se consigue con instructores profesionales, vocacionalmente motivados por la naturaleza de su actividad.

COLOQUIO

Manuel ACERO. CN COFRENTES

Quisiera plantear, como introducción a este coloquio, algunos aspectos que cierren el lazo de los participantes en esta sesión. En primer lugar, la forma de desarrollar la problemática de los Factores Humanos. Se habla mucho de la necesidad de los mismos y se establecen una serie de planteamientos. Ahora bien, cómo llevarlos a la práctica, es un tema que no resulta tan claro, sobre todo cuando se trata de una instalación que ya está en funcionamiento y que recibe un *input*. En este sentido, no es lo mismo intentar hacer la reforma de una sala de control con una conexión, más o menos directa, con el que la opera, que aplicando simplemente una metodología que, sin duda, es indispensable, pero que se apoya y se basa en la experiencia y en las propias necesidades de los operadores específicos de esa sala de control.

Otro tema a plantear sería el *status*, del que ya se ha hablado aquí y que yo quisiera analizar desde otro punto de vista. No debemos olvidar en ningún momento que, además de la presión social, pocos puestos de trabajo en este país, ni en ningún otro, tienen la presión profesional que sufre un operador. Y esa es una presión que debe ser asumida por todos, a la hora de conseguir buenos operadores, aunque este tema se extiende, sin duda, al resto de los trabajadores de la central. Por último, y como colofón, creo que es un punto fundamental el de la respuesta integral. Es obvio que un operador o una instalación es segura, en la medida en que la industria es segura. Hay países, como Japón, en los que un sincronismo prácticamente perfecto entre Organismo Regulador, fabricantes, ingenierías y explotadores, lleva a una situación de gran calidad en la explotación de las centrales nucleares. En este sentido, suscribo lo que aquí se ha dicho de que el camino es el de la integración, del entendimiento y de la relación, por parte de todos. Con esto, abrimos el coloquio, agradeciendo al señor Gomolinski su participación en el mismo.

José M.^a FERNANDEZ MESA UNION FENOSA

No he oído, en las intervenciones, ninguna referencia al tema del horario, de las ocho horas seguidas de turno; si tiene influencia o no en la fatiga, en el stress, en esta problemática.

Manuel ACERO

Evidentemente, sí tiene importancia. En nuestro caso, CN Cofrentes, se ha valorado, incluso, la posibilidad de cambiar el número de horas o el ritmo; en función de la experiencia de otras centrales, hemos comprobado que el retroceder en el cambio de horario es lo más favorable. Es positivo entrar en ese problema y en sus consecuencias y lo que nosotros hemos hecho en este sentido, es intentar destruir completamente, o de una manera importante, la rotación y el peso que el turno genera sobre las personas, el hecho de no convivir en los horarios normales con sus familias. Por descontado, es vital considerar este problema y supongo que está en revisión permanente.

Otro punto importante es la rotación del personal, ponerle un norte a su actuación en el turno. A medida que pasa el tiempo, la persona tiene mayor edad, el turno se presenta cada vez más complicado y puede tener efectos negativos. Entonces, el hecho de plantear la utilización de ese valiosísimo personal, resulta también de gran importancia. Desde que empezamos hace dos años, hasta hoy, hemos tenido tres jefes de turno porque entendemos que así la central se nutre de la ilusión del equipo de trabajo, que espera la posibilidad de poner en práctica las experiencias que ha alcanzado, pudiendo, también, trasladar ese valor a otras áreas de la central.

Maurice GOMOLINSKI. CEA

Hemos llevado a cabo algunas investigaciones al respecto y no hemos encontrado ningún argumento científico sobre este punto. Es evidente que el tema fundamental no es el número de horas, sino el ciclo en su totalidad. En muchos casos, y por experiencia más

que por argumentos científicos, sabemos que depende de la preferencia de los propios operadores y que no influye en la seguridad.

Manuel IBAÑEZ. UNESA

Quisiera plantear el tema del *retén*, obligado por las especificaciones de funcionamiento. Sería interesante analizar cómo sobrecarga al personal de turno, incluso en horas en las que está fuera de la central.

Manuel ACERO

Nuestro personal de *retén* tiene una compensación en tiempo libre. Además, cuando está de *retén*, cuenta con un receptor-emisor en el que puede recibir un mensaje y contestar al mismo, lo que le permite circular por la población en que vive, pudiendo movilizarse dentro de un radio de 50 Km.

Manuel PERELLO. CSN

Es bien conocido que la mayor parte de accidentes con más consecuencias, tienen un componente grande de error humano. ¿Qué estiman los miembros de la mesa como causa principal de esos fallos: error por falta de conocimientos técnicos suficientes, o error psíquico de las personas?



Luis Echavarrri

Luis ECHAVARRI. CSN

En los dos accidentes más significativos que han ocurrido hasta ahora, el error ha estado en el desconocimiento de las personas. En ningún momento he visto, en las presentaciones tanto por los americanos como por los rusos, que hayan existido causas psico-

lógicas. Han podido existir problemas de presión, real o ficticia, que han tenido quizá una cierta influencia, concretamente en Chernobil. Sin embargo, la presión puede tener relevancia, pero sólo hasta cierto punto, ya que si el operador (y más que una sola persona, un equipo de trabajo) sabe lo que tiene entre manos, no llega a una situación de accidente. En Chernobil, había un desconocimiento total, no entendían bien cuál era el funcionamiento de la central a niveles nucleares; de otra forma no se puede explicar que reaccionen como lo hicieron.

Agustín ALONSO. ETSII

Como ya se ha hablado de Chernobil, yo me atrevería a hacerlo de TMI-2. En el análisis del accidente de esta central, parece bien claro que los operadores cometieron un error de diagnóstico, que estuvo producido, quizás, por una rigidez en el entrenamiento que habían recibido; por otro lado, la instrumentación que medía el nivel de agua en el presionador veía un sistema que es sólido, cuando en realidad estaba lleno de burbujas, y eso, lógicamente, les indujo a los operadores a detener el funcionamiento del sistema automático de inyección de seguridad que, por otra parte, había funcionado de forma correcta. Por tanto, en este caso, si el entrenamiento hubiese sido menos rígido en cuanto a las prescripciones, quizás el accidente se podría haber evitado. De cualquier forma, hoy en día el conocimiento de las leyes físicas es amplio y, lógicamente, los errores pueden estar basados fundamentalmente en fallos humanos o de la instrumentación.

José M.^a LINARES. HIDROELECTRICA DE CATALUÑA

En los equipos de explotación se cuenta con especialistas en protección radiológica, en tecnología, en química, etc. Pero lo que a mí me sorprende es que no haya también una tendencia a equiparse de un especialista en comportamiento humano. Pienso que debería tenerse permanentemente integrado en plantilla un psicólogo o un equipo de psicólogos que llegara a conocer a la gente, que añadiera a la misión subjetiva de la convivencia diaria con ellos, un conocimiento objetivo de su comportamiento.

Maurice GOMOLINSKI. CEA

En Francia, hemos hecho análisis de ese tipo en algunas instalaciones radiactivas, tanto experimentales como comerciales. Es muy interesante, ya que es la manera de conocer la forma real de operación de la central. Estas personas pueden, incluso, trabajar con

los operadores, entendiendo mejor sus problemas. Es un análisis muy útil e interesante.

Luis ECHAVARRI

El planteamiento de incluir dentro del equipo de la central un psicólogo, es, para mí, totalmente negativo. Otra cosa es que haya una evaluación técnica, desde el punto de vista sociológico y psicológico, del comportamiento de los operadores, planteado en el conjunto de muchas centrales para ver aspectos genéricos de ese comportamiento.

Manuel ACERO

Conviene recordar que antes de conceder la licencia a un operador y a un supervisor, el análisis psicológico es importante. Además, como la licencia hay que renovarla cada dos años, teniendo que repetir ese estudio psicológico, evidentemente las personas quedan sometidas a un control, al menos en el caso español, de forma satisfactoria.

Rafael CARO. ENS

Me gustaría saber, dentro de los análisis psicológicos que se hacen de los operadores, qué importancia se le está dando últimamente a problemas serios como el alcohol, la droga o el aburrimiento. Como ejemplo, comentábamos recientemente el caso de la central de Lisbotom, donde se encontraron a los operadores dormidos, no sé si debido a que habían bebido alguna copa de más o, sencillamente, por aburrimiento. ¿Qué se está haciendo, dentro del estudio de las reacciones humanas, en todas estas circunstancias?

Agustín ALONSO

Abordaré el tema del aburrimiento; en cuanto al alcohol y la droga, corresponden a los responsables de la central, quienes deben impedirlos claramente. El informe Kennedy, que se escribió después del accidente de TMI 2, tiene una serie de párrafos muy "sabrosos", con respecto al tema del aburrimiento; hay una frase que dice: «la operación de una central nuclear es el mayor ejercicio de aburrimiento que cabe concebir». Eso es, evidentemente, un reconocimiento; cuando no pasa nada, todo va bien. Lo que sucede es que cuando hay actividad, ésta es muy intensa y esos cambios tienen una influencia psicológica indudable. El informe Kemeny hace sugerencias al respecto, y dice: «hay que hacer todo lo posible para que los operadores no estén aburridos en la sala de control», planteando sugerencias en el sentido de que cuenten con ordenadores personales, con los que puedan jugar con el sistema y hacer comprobaciones.

Manuel ACERO

Tenemos una especie de trabajo en curso, dentro del cual se contempla, por una parte, evaluar al individuo, con el mayor de los respetos evidentemente, pero tratando de reconocer sus problemas internos y externos (problemas de familia, de sociedad, de ubicación); por otro lado, evaluar el puesto y, después, concluir hasta qué punto hay capacidad de acción. Después está el tema de la organización. Nosotros planteamos el turno sobre la base de una cierta dinámica, de una obligación constante de tener que hacer cosas; los relevos son absolutamente densos, de forma que la cantidad de información que se debe dar y el requisito del que entra, obligan al operador a tener una especial dedicación. En definitiva, buscamos que esa persona, durante el turno, esté obligada a ejercer una serie de trabajos sin olvidar, desde luego, que es imprescindible que la persona esté convencida de que lo que hace es importante, significativo, valorando las actividades del turno por el nombre de la persona que lo hace y no sólo por el puesto de trabajo. En conclusión, hay que estudiar los problemas, porque realmente los hay y son muy importantes.

Rafael CARO

Me parece muy bien lo que vosotros hacéis. Ahora bien, ¿es eso lo que se hace en todas partes?, ¿hay una reglamentación específica del Organismo Regulador?

Luis ECHAVARRI

En principio, la operación de las centrales no es tan aburrido como parece; el número de cosas que pasan, generalmente, es tremendo. Además, se da una situación de adscripción de las personas a una empresa y a la forma de operar. El modelo de Cofrentes que se ha descrito, es muy similar al que existe en las demás empresas españolas. Por otra parte, la relación persona-empresa es muy diferente a la que se presenta en países como Estados Unidos; aquí existe una simbiosis mucho mayor entre la empresa y el operador; la tradición de la industria eléctrica española sobre el control y el entrenamiento de las personas es bastante mejor que la media americana. En mi opinión, hoy en España no es probable que el operador pueda fallar por cuestiones tales como dormirse, beber o causas similares. Es más, creo que, en el fondo, los operadores son conscientes de que se está trabajando con un sistema tecnológico que cuenta con sistemas de control muy precisos, pero que es a la vez complicado. Nunca he-

mos encontrado dudas sobre el hecho de que la actitud de los operadores no vaya a ser drástica y concreta. Lo que sí existe, no en operadores sino en personal con menor entrenamiento, es alguna falta de conocimiento.

Enrique UGEDO. TECNATOM

Yo quisiera unir el tema de entrenamiento con el de aburrimiento. Durante la etapa de entrenamiento inicial, un operador o un jefe de turno está sujeto a unos programas de formación muy densos, con seis horas diarias lectivas, teniendo que trabajar luego en casa del orden de cuatro a cinco horas, para poder salir airoso de este difícil trance. Ahí, desde luego, el aburrimiento no cabe en absoluto. El problema está con los profesionales ya consagrados, que están en su puesto de trabajo, que deben atender a unos programas periódicos de recalificación, de repaso, con diferentes objetivos: uno de ellos, prácticas del simulador, interesantes, atractivas y motivantes; otro, de repaso de experiencias operacionales ocurridas en todo el mundo. Pero hay otro que es el que preocupa fundamentalmente: el de repaso de los conceptos más áridos, de los conceptos físicos, que al operador o al jefe de turno le aburre soberanamente, y no sólo aquí, sino en todos los países. Hemos constatado, en las reuniones que tenemos con los grupos de UNIPEDE, que las sesiones de recalificación, en temas lectivos, son aplastantes. Se están buscando soluciones para afrontar este problema. En Francia han intentado introducir la enseñanza por ordenador; es decir, exponer al profesional los tópicos físicos y nucleares mediante gráficos y pantallas que preguntan y que interpe-
lan, con sistemas interactivos que además evalúan. Esto, como novedad, funcionó muy bien durante los primeros tres meses; luego se ha demostrado que era tedioso y ha sido rechazado plenamente por los profesionales.

Este tema nos preocupa; los Centros de Adiestramiento entendemos que la forma de solucionar estos temas del tedio por la reiteración rutinaria de tópicos de tipo físico-nuclear, reside en la habilidad de los instructores, perfectamente cualificados, para explicarlos de forma aplicada, que establezcan retos a la profesionalidad de estas personas, de manera que entre ellas se establezcan debates que conduzcan a algo más práctico y aplicable. Esta es una de las líneas sobre las cuales estamos actuando, intentando buscar soluciones a algo que hoy día es un problema, si bien marginal, que nos preocupa. Estamos en contacto con la industria mundial y esperamos resolverlo.

José M^a LINARES

Regresando al tema planteado anteriormente, en efecto, cada dos años se lleva a cabo este control psicológico, pudiendo tener una idea de tendencia del comportamiento del individuo, pero a mí me preocupa más la variación estacional. En este sentido, si introducimos un psicólogo con una figura de "comisario", los profesionales le rechazarán muy probablemente, pero si se le incorpora dentro del equipo de formación, puede ser perfectamente aceptado, permitiendo así tener un conocimiento riguroso del personal.



Agustín Alonso

Agustín ALONSO

Según la normativa, si hay alguna alteración física o psíquica en un operador o supervisor, el responsable de la central tiene la obligación de comunicarlo a la autoridad y, por tanto, retirarle del servicio. Eso quiere decir que en la reglamentación vigente ya existe ese control. Creo que no es muy difícil para un jefe de central, sin ser psicólogo, detectar cualquier anomalía psíquica en alguna persona.

Rafael CARO

Me parece apreciar una leve incoherencia. Se ha mencionado que, según el informe Kemeny fue el resultado del trial nuclear es una de las cosas más tediosas del mundo. Sin embargo, y según otras opiniones, parece ser que los

operadores están tremendamente ocupados a lo largo de todo el turno.

Agustín ALONSO

El informe Kennedy fue el resultado del accidente de TMI 2, que tuvo lugar en marzo de 1979. Como el propio Kemeny sugería que ese problema había que resolverlo, cualquier experiencia posterior ha ido ayudando a su solución. La única consideración que yo quiero hacer en este momento es que se puede tener entretenida a una persona, o bien haciendo cosas rutinarias, o con temas creativos. Hay mentes ajustadas a la primera situación, y con ella pueden distraerse del aburrimiento. Pero si hay una mente inquisitiva, a la que le gusta hacer trabajo creativo, la operación de una central nuclear, simplemente, en mi opinión, no le va.



Manuel Acero

Manuel ACERO

En primer lugar, los operadores no están tremendamente ocupados. Es más, entrando en matizaciones precisas, deben tener sus momentos de relax, en los que sean conscientes de que no tienen la exigencia de hacer algo concreto. Eso forma parte del análisis del proceso. En segundo lugar, para comentar por qué es así, quiero dar un ejemplo. Nosotros tenemos 1.250 vigilancias y especificaciones técnicas, de las cuales buena parte las hace el personal de operación, lo que se traduce en que hay una carga que procuramos distribuir consecuentemente con la situación de la planta; durante el día, no hacen la vigilancia y, sin embargo, sí la

hacen por la noche, cuando no está el personal de mantenimiento; así, distribuimos la carga de trabajo y creamos una dedicación. Además, aplicamos un concepto muy conocido, del INPO: a una persona que es responsable de un determinado sistema, cuando está en corretornos, si no recibe otros encargos (que es lo que suele ocurrir), se le obliga a hacer un análisis desde fuera, trabajando con gente de ingeniería, haciendo un estudio y mejora de procedimientos, verificando cómo éstos se implementan en campo, viendo qué problemas tiene el equipo, si las secuencias de los controles lógicos son las adecuadas, si afectan o no a la operación, etc. Todo eso le lleva a una nueva mentalización en el turno, ya que cuando regresa a éste, vuelve a estar preocupado por esos temas en los que ha intervenido.

En cuanto a la formación, efectivamente no se puede desprestigiar el problema, pero tampoco puede plantearse sistemáticamente, entre otras cosas porque hay un extrañamiento de la función con el usuario; es decir, primero hay que encontrar a la persona que sea capaz de entender al operador, que tenga sus conocimientos, que conozca su problemática y que aplique las soluciones debidas. Contra eso, se tiene, por ejemplo, nuestra experiencia acerca de los Procedimientos de Operación de Emergencia, que no son tomados de otros modelos, sino que son propios, que a nuestra gente les han gustado, que están validados y vistos por el Consejo, elaborados por los profesionales de planta, con la colaboración, por descontado, del personal de ingeniería. Pero el hacer participar al operador en tareas que le realimenten, es un proceso continuo y una forma de mantener a la persona vinculada con su trabajo. En cuanto a la situación psíquica estacional, en la central se tiene la obligación de mantener un seguimiento continuo; incluso, en algunas ocasiones se provoca el cambio de alguna persona porque pensamos que no es todo lo idónea que quisiéramos, que posiblemente encaje mejor en otra labor, o que, precisamente desde el punto de vista de la motivación, está perdiendo interés, que se siente sobrepasado por las funciones, o que no está seguro. Se debe, entonces, provocar la eliminación. Lo que intento decir es que estamos sujetos a análisis, como todo el mundo en la sociedad, pero lo que no puede plantearse es que ese análisis sea siempre un asunto de expertos en el que el usuario no tiene una respuesta a sus problemas, porque entonces no se encuentra una solución; de esta forma, no puede esperarse mejor personal de explotación y, por tanto, mejores centrales.

Luis ECHAVARRI

En primer lugar, quisiera matizar que esta no es una cuestión normativa, es de sentido común; en el momento en que se ve que una persona empieza a no casar con el conjunto de las cosas, la solución la toma la propia central, que es la primera interesada en que la explotación funcione correctamente; la frontera del nivel de precaución está muy lejos del nivel de seguridad, también en este caso. Por otra parte, una central nunca está, de manera permanente, en un tope de funcionamiento; además, hay tal cantidad de equipos, sistemas y subsistemas que la situación varía todos los días. Insisto que en el Consejo nunca hemos detectado que algún problema haya tenido una causa tal como aburrimiento, bebida, etc.

Rafael CARO

¿Existe alguna estadística sobre reacciones humanas, algún banco de datos? Dentro de este banco de datos, ¿son extrapolables experiencias procedentes de otras industrias, como la aeronáutica?

Manuel ACERO

Nosotros no disponemos de estadística y no la conocemos. INPO ha planteado un procedimiento de registro de datos según el cual el 62 % de las personas preguntadas consideraban bueno reconocer, por propia iniciativa, que había un fallo humano, y un 94 % apoyaron que se reconociera lo bueno que hacían. Nosotros no vamos a hacer una investigación en base a eso; lo que intentaremos es tener un proceso que sea lo bastante serio como para detectar el fallo.

Alain CARDOSO. TECNATOM

Quisiera saber la opinión de la Mesa sobre el Safety Engineer, que está proliferando en las centrales nucleares extranjeras.

Luis ECHAVARRI

Nosotros estamos poniendo énfasis en los grupos de apoyo técnico. El tema del ingeniero de seguridad lo estamos debatiendo; no hemos llegado aún a ninguna conclusión, pero, desde luego, no es un tema que esté cerrado. Ahora bien, hay que ir por partes; en este momento, una buena actuación de los grupos de apoyo técnico complementan muy bien la operación de la central.

Manuel ACERO

Comparto la opinión de que la central necesita un soporte externo. Sin embargo, en cuanto al ingeniero de segu-

DESCONTAMINACION



WINSA: Unica Empresa en España que proporciona un Servicio Total Integrado de DESCONTAMINACION DE INSTALACIONES RADIATIVAS.

Actividades específicas de recarga en Centrales Nucleares:

Descontaminación de paredes y suelos de la cavidad del Reactor. Sistemas WEPA e Hidroláser (y 5).

Descontaminación de bridas, tapa del Reactor

y alojamientos "O Ring"

Tratamiento del agua de la Cavidad.

Descontaminación de la brida de la Vasija del Reactor, etc.

Desmantelamiento y Descontaminación de Instalaciones Radiactivas.

Pruebas Hidrostáticas de Sistemas.

Limpieza Hidrodinámica y Manual de Sistemas.

Limpieza y mantenimiento Industrial.

Limpiezas Químicas.



WINSA

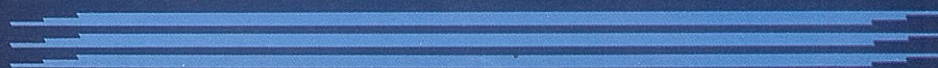
LIMPIEZAS Y ACONDICIONAMIENTOS INDUSTRIALES, S.A.

Palleter, 13 - Tels. (96) 326 90 07 326 88 05/06 - Télex 64049 - 46008 VALENCIA (España)



IRELLI

LÍDER MUNDIAL EN CABLES



ridad, lo que se plantea es un problema de responsabilidades, de cómo compartirlas, de cómo asumir la función del turno. En ese tema, la experiencia que hemos tenido cuando hemos puesto alguna persona de apoyo, es que se ha perdido algún trabajo que debía hacer el resto del turno y que enseguida ha delegado, porque hay

una persona encargada de ese tema. Por otro lado, el seguimiento del turno no es puntual, la central no presenta siempre, de forma exacta, las mismas condiciones, y es absolutamente cuestionable que esa figura de ingeniero de seguridad pueda saberlo y solucionarlo todo. Mejor ejemplo que el Chief Technical Advisor de Estados Unidos,

que de alguna manera es una figura paralela, no se puede tener; su eficacia y su funcionamiento ha quedado demostrado; hay centrales que lo tienen, algunas de ellas porque contaban con personal en la reserva y han creado este tipo de puestos. Pero el hecho concreto es que no ha sido un cargo que se haya justificado.

CLAUSURA

INTERVENCION DE EDUARDO GONZALEZ, CONSEJERO DEL CSN



Eduardo González durante la sesión de clausura. Le acompañan Rafael Caro (a su derecha) y José María Martínez-Val.

El parque nuclear español ocupa, en estos momentos, un puesto relevante dentro de los países occidentales en cuanto a la producción de energía eléctrica de origen nuclear, alcanzándose, el año pasado, el 30 %. Por tanto, requiere un apoyo importante de personas, un esfuerzo muy grande de instituciones, no sólo para mantener la capacidad del personal que en estos momentos es responsable de las instalaciones y de su seguridad, sino para renovar a ese personal en el futuro, puesto que, aunque el parque se viese limitado a lo que en este momento está previsto, las necesidades de personal serían muy grandes en las propias instalaciones y en las organizaciones que mantienen actividades conexas con ellas. En Estados Unidos, por ejemplo, es claro que, a pesar de que ha habido un frenazo en la utilización de energía nuclear, existe una demanda de personas cualificadas y uno de los problemas que se plantean es el de atraer, de manera adecuada, a la gente capaz para enfrentarse a una tecnología tan

compleja como la nuclear. Por parte del Consejo de Seguridad Nuclear, podéis estar seguros que su intención y su voluntad es la de mantener al máximo las relaciones con todas las instituciones públicas y privadas que realizan esfuerzos en este campo, tanto en programas propios como en proyectos internacionales.

Debemos ser conscientes de que nuestro potencial es medio en tecnología nuclear, aunque hemos llegado a niveles muy altos en su aplicación; sin embargo, todavía tenemos que hacer un esfuerzo importante en cuanto al logro de una capacidad, no solamente en *know-how*, que sin lugar a dudas hemos adquirido en España, sino también en el *know-why*, de manera que nos permita enfocar los problemas de una forma lo más realista y tecnológica posible, y que no nos quedemos solamente, y esto desde el punto de vista del Organismo Regulador es muy importante, en la aplicación estricta de normativas, sino que lleguemos a conocer verdaderamente por qué existen

ciertas normas y, si es necesario, seamos capaces de poder llevar adelante modificaciones que se consideren necesarias para su aplicación en nuestras instalaciones.

Es evidente que el aspecto de la formación no puede limitarse solamente al personal con licencia. El CSN tiene la responsabilidad directa de otorgar licencias a operadores y supervisores de las instalaciones, también en el campo de la protección radiológica. Evidentemente, sobre ellos recae muy directamente la responsabilidad de una operación segura de las instalaciones; pero no puede perderse de vista la formación del personal de mantenimiento y de otras áreas, como química, instrumentación o apoyo técnico, que también debemos potenciar al máximo. A este respecto, cada día hay que conseguir una más alta cualificación; es importante que el sentido de la responsabilidad esté claramente inculcado en los operadores y que sean personas dotadas con una gran autoridad dentro de las organizaciones, porque, sin lugar a dudas, son una pieza fundamental en caso de que pudiese ocurrir algún incidente o accidente grave. La eficacia, la adecuada programación de la formación del personal y su motivación, nos permitirán incrementar la seguridad. Y en este punto yo siempre defiendo que la seguridad va ligada con la productividad; seguramente, no hay mejor central que la que está funcionando en régimen estable; por tanto, no se puede disociar el binomio seguridad-productividad.

Dentro del objetivo genérico de incrementar la seguridad de las instalaciones españolas, tanto nucleares como radiactivas, debemos seguir profundizando en la formación en protección radiológica, no sólo del personal que trabaja en este área, sino de todo el que contribuye a la operación de las centrales nucleares. Ello redundará, si es posible, en una disminución de la dosis colectiva que este personal absorba a lo largo de la vida de las plan-

(Pasa a la última página)