



Javier REIG es licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid, ingresando en 1977 en el Departamento de Seguridad Nuclear de la Junta de Energía Nuclear (JEN). Pertenece al Consejo de Seguridad Nuclear desde su creación en 1981, donde actualmente ocupa la jefatura del Área de Sistemas Nucleares. Es diplomado en Seguridad Nuclear por la Universidad Politécnica de Madrid, el Centro de Investigación de Harwell (Gran Bretaña) y la Universidad de Stanford (California). Ha sido coordinador del IRS en la OCDE y el OIEA desde su creación hasta 1990; es miembro del Comité Técnico del OIEA sobre experiencia operativa y actualmente es presidente del Grupo Principal de Trabajo núm. 1 del CSNI (NEA/OCDE). Ha sido presidente de la Asociación de Técnicos de Seguridad Nuclear.

# EXPERIENCIA OPERATIVA Y FACTORES HUMANOS: DOS TEMAS CLAVE PARA LA OPTIMIZACION DE LA OPERACION EN CC.NN.

J. REIG

## ANTECEDENTES

"Para disfrutar de lo bueno aprende de lo malo". Este refrán castellano es bastante anterior a marzo de 1979, cuando varios errores de diagnóstico y operación coincidentes con un suceso ya ocurrido previamente provocó la fusión parcial del núcleo en TMI-2. Sin embargo, dicho suceso fue el desencadenante de una serie de actividades que dieron la razón a nuestro refranero.

Aprender de lo malo o, en términos más al uso, la incorporación de la experiencia operativa fue, junto con la influencia del factor humano, las dos grandes enseñanzas de TMI de aplicación más directa a la seguridad y disponibilidad de las centrales nucleares.

Aunque la notificación de incidentes operativos ya existía con anterioridad a TMI, la existencia de un precursor tan próximo en el tiempo (David Besse) resaltó la importancia de un análisis temprano y detallado de los sucesos operativos más significativos. En este sentido, tanto la industria americana, con la creación del INPO, como la NRC, estableciendo un nuevo departamento (Analysis and Evaluation of Operational Data —AEOD—), acometieron dicha tarea con la creación de un grupo específico cuya principal misión era evitar la repetición de sucesos mediante la captación, análisis y distribución de la experiencia operativa.

Prácticamente en las mismas fechas (1980), en la Agencia de Energía Nuclear (NEA) de la OCDE se creó el Sistema de Notificación de Incidentes (IRS), con el fin de intercambiar incidentes operativos importantes para la seguridad entre todos los países miembros de la OCDE con plantas en operación. En este grupo se encontraban Alemania, Bélgica, Canadá, España, Estados Unidos, Francia, Finlandia, Italia, Japón, Holanda, Suecia, Suiza y Reino Unido. Más adelante se tratará en detalle la evolución y funcionamiento de este sistema.

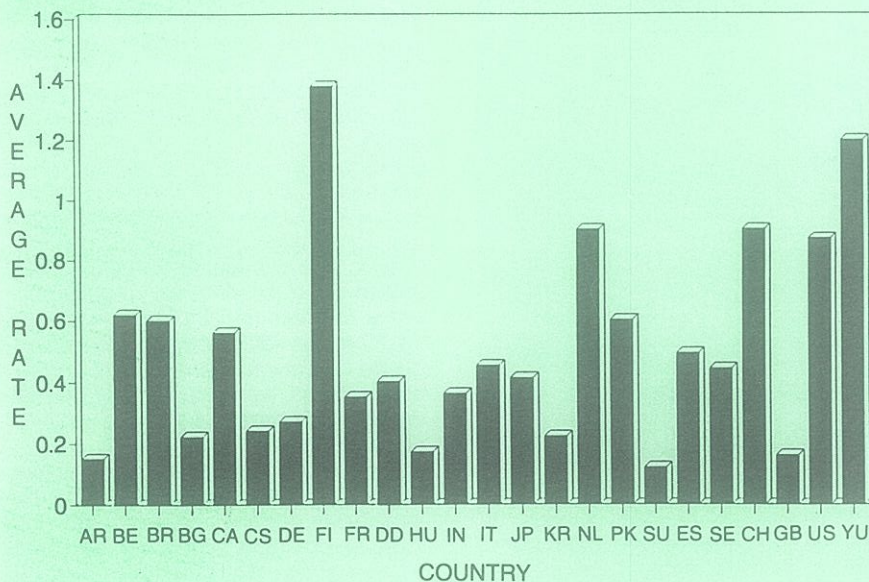
El otro tema ya indicado anteriormente fue la importancia del factor humano en la operación segura de las centrales. Como consecuencia directa de TMI se han implantado muchas mejoras en este aspecto, alguna de las cuales, como los nuevos procedimientos de Operación de Emergencias, son probablemente de las medidas que más han contribuido a incrementar la seguridad en los últimos años.

En 1982, y reconociendo la estrecha relación entre la experiencia operativa y el factor humano, el Comité de Seguridad de Instalaciones Nucleares (CSNI) de la NEA creó el Grupo Principal de Trabajo núm. 1 (PWG1) con los objetivos de gestionar el IRS, intercambiar información relacionada con factores humanos y experiencia operativa y realizar estudios genéricos sobre temas importantes para la operación segura de las centrales nucleares. En dicho grupo se fomentó desde el principio la participación de los operadores, tanto a nivel nacional como internacional, lo cual lo ha diferenciado de los otros grupos de trabajo, principalmente compuestos por representantes de organismos reguladores o centros de investigación. Por parte española han participado, además del CSN, TECNATOM, en sus inicios, y UNESA, posteriormente. A nivel internacional asisten representantes del OIEA (Viena) y CEE (Bruselas e Ispra), así como UNIPED y WANO.

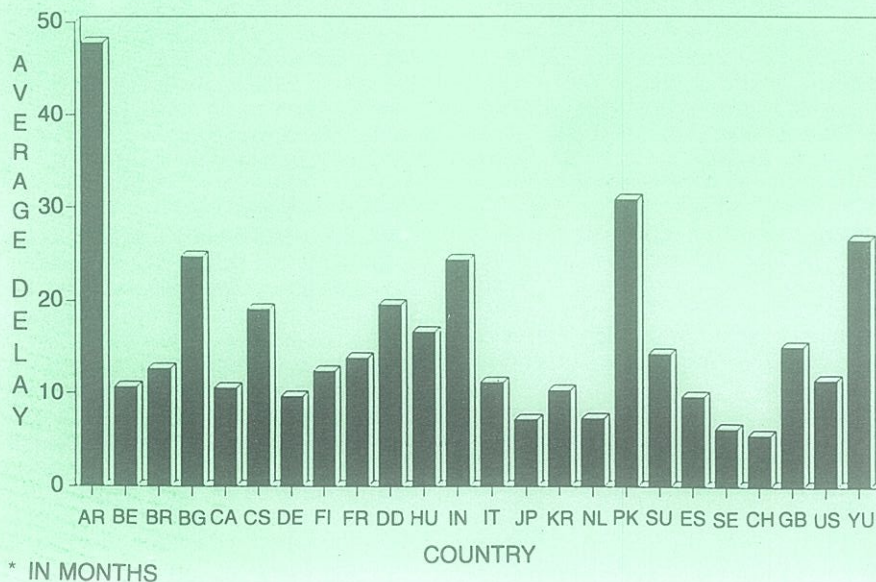
## EVOLUCION Y FUNCIONAMIENTO DEL IRS

En 1980, la NEA creó el "Incident Reporting System" (NEA-IRS) para captar y distribuir entre los países miembros la información relacionada con la seguridad contenida en los incidentes y sucesos anormales en centrales nucleares, de forma que cada país pudiera aplicar las lecciones aprendidas apropiadamente.

OVERALL AVERAGE REPORTING RATES  
(INCIDENTS PER UNIT PER YEAR)



OVERALL AVERAGE DELAY  
BETWEEN INCIDENT & REPORT DATES\*



\* IN MONTHS

FI Estadísticas del sistema IRS.

Cada país con plantas en operación designó a través del organismo regulador un coordinador para el sistema que remitía a la Sede de la NEA en París y recibía de la misma los sucesos ocurridos que se consideraran significativos de acuerdo con los criterios previamente acordados por el grupo. El Secretario Técnico de la NEA es responsable de garantizar la distribución

de la información, una homogeneidad razonable en los informes de sucesos, así como su almacenamiento en una base de datos. El planteamiento así expuesto parece lógico y sencillo de ejecutar, sin embargo, han pasado varios años hasta que el sistema ha adquirido su mayoría de edad y ha empezado a dar resultados positivos. A continuación se mencionan las principales dificultades

surgidas y sus soluciones como mejor forma para describir la evolución del sistema IRS.

El primer obstáculo fue el establecimiento de los criterios para decidir qué incidentes se notificaban al IRS. El objetivo principal era intercambiar información sobre sucesos que por su entidad o por su aplicación a otros países fueran de interés internacionalmente. También se quería limitar la información a la más significativa para evitar crear una gran complejidad en el funcionamiento del IRS. Con estos objetivos se diseñaron unos criterios en 1980, que fueron interpretados de diversa forma por cada país miembro. Tras varios años de discusión, se llegó a un conjunto de criterios que describen con suficiente detalle el tipo de sucesos que interesa al sistema. Dichos criterios se incluyen en la tabla I. Cada criterio se acompaña de una serie de ejemplos para facilitar su interpretación.

La segunda dificultad fue el contenido de los informes. La primera aproximación consistió en incluir un resumen del suceso y dejar libertad al coordinador para que aportara la información que considerase de interés a la vista del incidente. Los resultados obtenidos fueron muy variados en cuanto a detalle y calidad de información, por lo que el tema ha ido evolucionando hasta su actual estado, en el que se precisa con detalle la información que se debe suministrar, y que se estructura en cinco grandes áreas: descripción del suceso, causa del incidente, acciones correctoras, importancia desde el punto de vista de la seguridad nuclear y consecuencias específicas y/o genéricas. Cada uno de estos apartados incluye una serie de puntos que deben cubrirse, e incluso una lista de "términos preferentes" para evitar problemas de nomenclatura en diferentes países.

El sistema prevé, asimismo, la petición de información adicional por parte de cualquier coordinador que desee más detalle en algún aspecto. La información generada por este procedimiento se distribuye también a todos los demás países.

El tiempo de notificación no está resuelto todavía, a pesar de los 11 años de funcionamiento. El compromiso inicial fue de 30 días, que, prácticamente, no se dio en ningún caso. La razón fundamental es que en pocos sucesos importantes se ha finalizado la evaluación de detalle en ese tiempo, sobre todo si se pretende incluir las acciones correctoras a medio y largo plazo. A eso hay que añadir el tiempo de desarrollo del informe y traducción en su caso. Para facilitar el cumplimiento ha dicho plazo se creó el informe de seguimiento ("follow-up"), que recoge la información de la que no se disponía al remitir el informe inicial. A pesar de esta facilidad, los plazos seguían

## CRITERIOS NOTIFICACION IRS

- Release of, or exposure to, radioactive material.
- Degradation of safety-related systems.
  - Fuel cladding failure.
  - Degradation of primary coolant pressure boundary, main steam or feedwater line.
  - Degradation of containment function or integrity.
  - Degradation of systems required to control reactivity.
  - Degradation of systems required to control the system pressure or temperature.
  - Loss of essential support systems.
- Safety deficiencies in design, construction, operation or evaluation.
- Generic problems of safety interest.
- Consequential actions.
- Events of potential safety significance.
- Effects of unusual external events either of man-made or natural origin.
- Events which attract public interest.

siendo muy largos, más de seis meses en la mayoría de los casos, por lo que se instauró la notificación inmediata para promover la pronta información en aquellos casos que por su importancia o repercusión fuera necesario. Estos aspectos siguen debatiéndose en la actualidad y deberían mejorar en el futuro, para una mayor utilidad del IRS.

El número de sucesos a remitir al sistema parecería un tema resuelto al aplicar los criterios, sin embargo, para conseguir un compromiso mayor por parte de todos los países, se fijó el objetivo de 0,5 sucesos/reactor/año, que, generalmente, se ha cumplido y que supone más de 200 informes al año actualmente. El grupo ha defendido siempre la calidad frente a la cantidad, a pesar de las recomendaciones de los órganos de gestión de la NEA de aumentar el número de sucesos del sistema. La figura 1 muestra la distribución de informes por países, así como el retraso medio en cada miembro.

Un tema que ha evolucionado bastante siguiendo el desarrollo informático, ha sido la codificación y formato de los informes. En 1987 se estableció un sistema de códigos que permite registrar cada suceso en nueve campos: criterios de notificación, estado inicial de la planta, sistema afectado, componente afectado, causa directa, causa raíz, efecto en la operación, tipo de suceso y tipo de fallo. Cada uno de estos campos contiene varios códigos que permiten hacer búsquedas selectivas. Cada tres meses se edita una actualización del sistema en diskettes para PC que contiene todas las portadas de los sucesos y la codificación junto con un software de gestión. La copia del informe completo se envía por la NEA en un breve plazo después de su recepción.

Todos los puntos comentados anteriormente se encuentran recogidos en el

Manual de Uso del IRS, publicado en 1988, y que incluye los criterios de notificación, requisitos de información, formatos, lista de términos preferentes, diccionario de códigos y uso del software.

En 1983, el OIEA manifestó interés en establecer un sistema similar cuya cobertura sería mucho más amplia, ya que incluiría, además de los países occidentales, los del este de Europa, Sudamérica y Asia. Los coordinadores del NEA-IRS, reunidos con representantes de otros países y técnicos de la División de Seguridad Nuclear, crearon el OIEA-IRS de forma que fuera totalmente compatible con el de la NEA en sus criterios y contenido. Aunque los inicios del sistema OIEA fueron lentos y la participación limitada, la apertura de los últimos años en los países del este ha favorecido también la participación en el sistema. Actualmente se están haciendo las gestiones necesarias para unificar los sistemas, siendo ya la base de datos única para los dos.

Obviamente, lo más importante de un sistema no es cómo funciona ni su historia, sino qué utilidades ofrece y qué resultados se obtienen, tema que se comentará a continuación. Sin embargo, para una mejor comprensión del IRS es conveniente repasar qué otros sistemas de intercambio de experiencia operativa existen y cuál es la diferencia en sus objetivos.

## OTROS SISTEMAS DE NOTIFICACION DE INCIDENTES

Por orden cronológico, los primeros sistemas estructurados de comunicación de anomalías a nivel internacional, fueron los establecidos por los *suministradores principales* para informar a sus clientes de incidencias ocurridas en componentes

o sistemas similares. El objetivo de dichas notificaciones era facilitar la solución al problema más que describir con detalle el suceso. La información no precisaba, en general, de un detallado análisis por el operador, puesto que la acción correctora venía ya establecida. En la gran mayoría de los casos, estos boletines o cartas se refieren a problemas que afectan a la disponibilidad de la planta.

Prácticamente desde el inicio de la operación de las centrales nucleares, existen los llamados *acuerdos bilaterales*, que contemplan el intercambio de información sobre seguridad nuclear entre gobiernos u organismos reguladores. Entre los temas incluidos en dichos intercambios se contemplan los incidentes de operación. Sin embargo, en muy pocos casos, está previamente definido qué tipo de sucesos y con qué detalle o plazo se envía la información.

En los inicios de los 80, como consecuencia del TMI, surgen sistemas internacionales que incorporan un gran número de centrales y disponen de procedimientos de uso detallados. Los tres más importantes son el IRS, ya mencionado; el sistema SEE-IN del Instituto de Operaciones de Energía Nuclear (INPO), formado por las compañías eléctricas americanas y algunas extranjeras, y el sistema AORS (Abnormal Occurrences Reporting System), establecido por la Comunidad Económica Europea en el Centro de Ispra (Italia).

El sistema SEE-IN de INPO fue el más sofisticado en su momento, y comenzó a utilizar las capacidades de la informática para facilitar el intercambio entre operadores. El objetivo del sistema era más amplio que la transmisión de experiencia operativa, y posibilitaba a cualquier operador contactar con otro o varios sobre temas de operación, licenciamiento, etc. Dicha comunicación se hacía mediante correo electrónico o telefónico. En lo referente a incidentes operativos, se disponía de un Manual de Usuario que definía el tipo de sucesos a notificar y los plazos y la información mínima requerida. Posteriormente, el INPO disponía de un equipo de expertos que analizaban y categorizaban la información, distribuyéndola a su vez a todos los participantes del sistema. Como todos los sistemas establecidos por las empresas eléctricas, el intercambio no se restringe a temas de seguridad, sino que incluye incidentes que afectan a la disponibilidad de la planta. No obstante, el INPO, como resultado de los análisis, clasificaba los sucesos de acuerdo con su importancia para la seguridad e incluso emitía recomendaciones de distintas prioridades a los participantes.

El sistema AORS de la Comunidad Económica Europea, desarrolló trabajos previos ya existentes en el centro de Ispra y estableció una base de datos con

la información suministrada por compañías eléctricas y organismos reguladores de varios países europeos y la NRC. El sistema disponía de unos procedimientos muy detallados e incluía no sólo una base de datos de incidentes operativos, sino también de fallos de componentes y sistemas, al igual que en el INPO. La codificación era muy detallada y las posibilidades de gestión informática eran muy amplias, aunque complejas de realizar. Sin embargo, ni el centro de Ispra ni la CEE disponían de un grupo de expertos dedicado al análisis de la información desde el punto de vista de la seguridad nuclear. Por el contrario, sus bases de datos, junto con las del NPRDS americano, han servido como fuente de información para muchos de los análisis probabilistas realizados. No obstante, con la proliferación de sistemas de intercambio más especializados y con el fin de evitar duplicaciones innecesarias de esfuerzos, el AORS, con un ámbito territorial más reducido de aplicación, fue perdiendo el interés por parte de los participantes, en lo que se refiere a incidentes operativos.

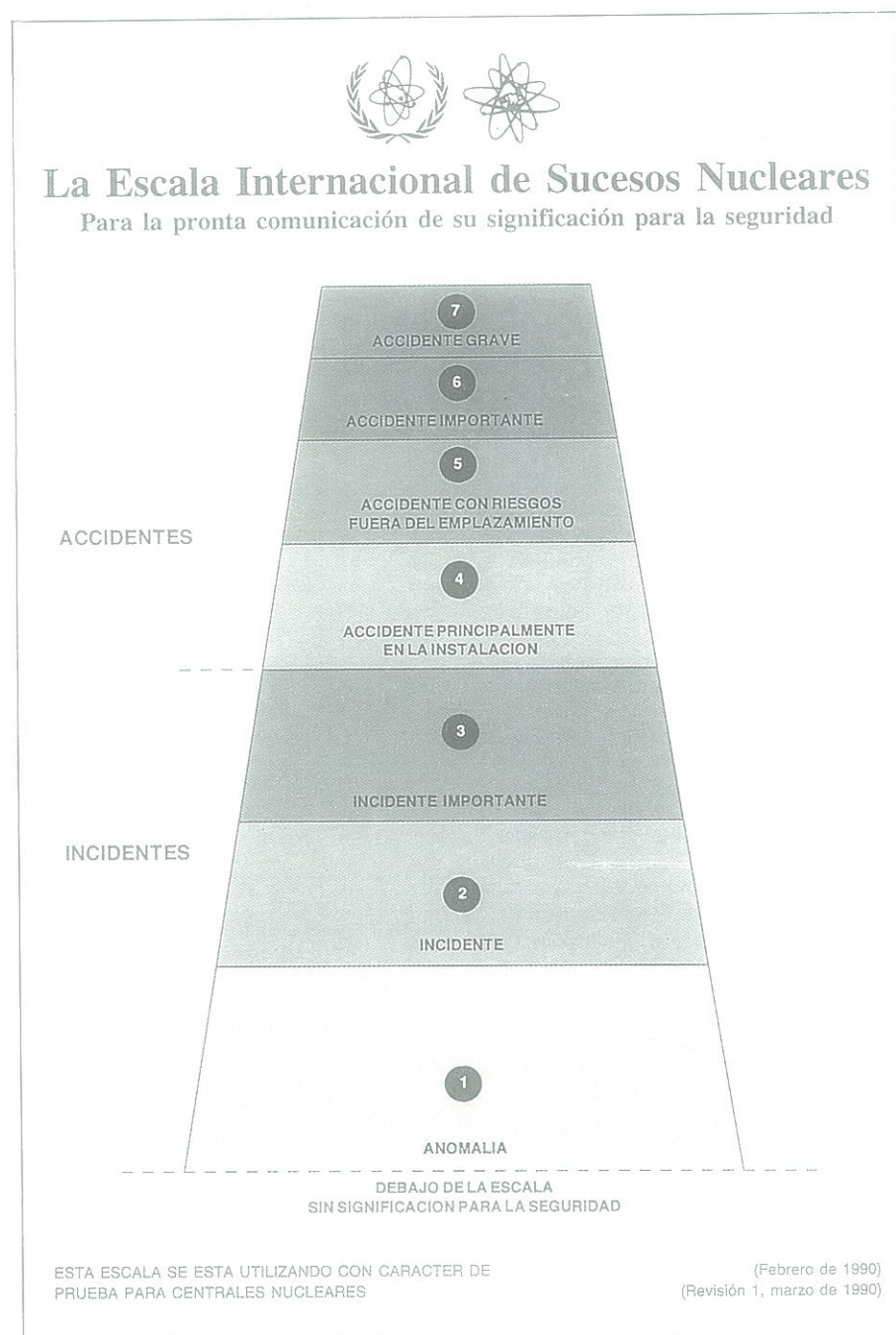
Un poco posterior a estos sistemas y prácticamente con el mismo ámbito que el AORS se crea el USERS en el seno de la UNIPED (Organización de Productores de Electricidad Europeos). El objetivo, una vez más, intercambio de incidentes operativos, incluyendo no sólo los que afectan a la seguridad, sino aquellos que tengan una influencia notable en la disponibilidad de la planta. El sistema disponía de una estructura informática que permitía la búsqueda selectiva en un número de temas. El procedimiento de uso era suficientemente detallado y las comunicaciones se hacían mediante correo electrónico. No existía un grupo específico para análisis técnico de la información, aunque se hacían estudios de carácter estadístico. Con la creación del sistema de WANO, este sistema se verá englobado en el otro de alcance más amplio.

El tercer grupo de sistemas de notificación nace o se consolida después del accidente de Chernobil, y tienen un gran componente de información pública. Quizá el más importante desde el punto de vista técnico sea el establecido por el WANO (Asociación Mundial de Operadores Nucleares), organismo creado en 1989 para promover la cooperación e intercambio entre las diferentes empresas eléctricas con plantas en operación. Entre los temas incluidos en este intercambio figuran los sucesos notificables, que son coordinados por cada central regional y la oficina central de Londres. El número de sucesos hasta la fecha es bajo, unos 300 aproximadamente, y no está muy bien definido las posibilidades de análisis adicional o tratamiento de la información, aunque el grupo que lo gestiona en Londres no tiene estas

tareas encomendadas. Los plazos para los informes de sucesos (ENR) y los de análisis (EAR) son bastante ajustados, y el nivel de información y el número esperado de sucesos (0,75 sucesos/reactor/año) muy similares al de IRS. La intención inicial es contar con la colaboración de organizaciones ya funcionando y con experiencia en estos temas (INPO, VGB, KSU, etc.).

La Sociedad Nuclear Europea estableció por las mismas fechas el NUCNET, sistema de notificación de incidentes con un marcado objetivo de información

al público. La información la provee el operador donde ha ocurrido el suceso y el contenido es técnico-divulgativo, de forma que pueda utilizarse como referencia por los medios de comunicación. Esta aproximación ha sido emprendida por numerosos operadores y sociedades técnicas para evitar la información errónea o tendenciosa tan frecuente en casos de sucesos en centrales nucleares. Sin embargo, desde el punto de vista técnico, este sistema aporta muy poco en comparación con los anteriormente mencionados, como IRS, WANO, etc.



Finalmente, conviene mencionar como un sistema indirectamente relacionado con el intercambio de experiencia operativa la *Escala Internacional de Sucesos Nucleares (INES)* gestionada por el OIEA. Dicha escala categoriza los sucesos en base a sus consecuencias y está orientada a facilitar la comprensión del público sobre la gravedad del incidente. Actualmente está en período de pruebas y la han suscrito la mayoría de países, excepto EE.UU. y Japón. La figura II muestra la clasificación de dicha escala.

## UTILIDADES Y RESULTADOS DEL IRS

El éxito de un sistema depende de las utilidades que ofrezca al usuario. En el caso de IRS, las capacidades vienen fijadas por su propio funcionamiento. Al ser un sistema exclusivamente dedicado a sucesos importantes para la seguridad nuclear, su principal utilidad es beneficiarse del análisis ya realizado en el país origen y evaluar la aplicabilidad o no a las centrales operando en otros países. Esta es una labor que realiza cada miembro y de la que se informa al grupo en la reunión anual, para tener una valoración sobre la utilidad del sistema. Al incluir intencionadamente un número limitado de sucesos (200/año y más de 1.600 hasta la fecha), no es un sistema adecuado para análisis estadísticos, y dichos usos deben considerarse con todas las reservas. Por otro lado, al ser los plazos de notificación superiores a seis meses, no es el sistema más adecuado para una respuesta rápida ante el suceso, objetivo que cumplen mucho mejor los sistemas operados por las empresas eléctricas o suministradoras principales.

Sin embargo, la gran utilidad del IRS proviene del denominado "segundo nivel" de análisis. Estos estudios consisten en agrupar sucesos que constituyen fallos o secuencias similares. Este tipo de análisis son muy útiles para abordar problemas que han causado o pueden provocar fallos múltiples o fallos modo común. Así como estos análisis normalmente se llevan a cabo por países individualmente, existen otros denominados estudios genéricos, realizados por el grupo en su conjunto, sobre temas identificados mediante el IRS. La diferencia entre estos análisis y los anteriores, estriba en que los incidentes analizados genéricamente no tienen por qué ser similares, aunque afectan a una misma función de seguridad u ocurren en un mismo modo de operación. En la tabla II se incluye la lista de estudios genéricos realizados por el PWG1.

Otro aspecto fundamental del uso del IRS es el de promover reuniones de especialistas sobre temas acordados por el grupo a la vista de los sucesos notificados. El objeto de dichas reuniones

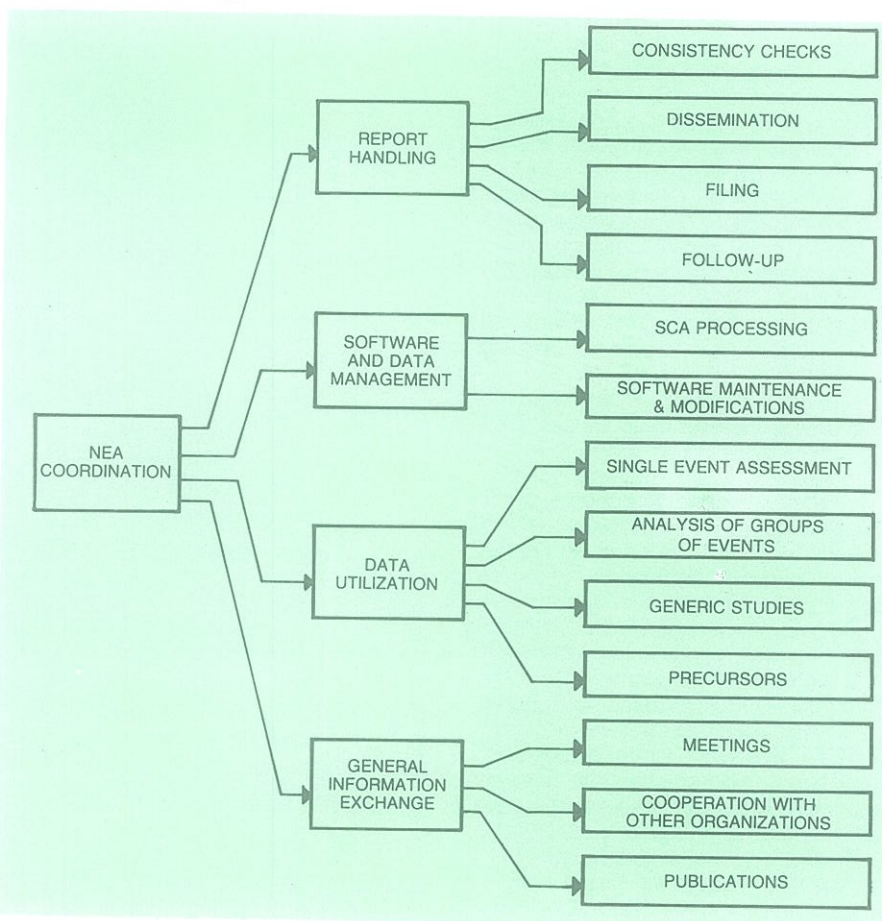
| T II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| ESTUDIOS GENERICOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Loss of safety functions (1987).</li> <li>• Loss of containment (1988).</li> <li>• Loss of residual heat removal (1989).</li> <li>• Inter-systems LOCA (1990).</li> <li>• Reactivity incidents (1991).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
| REUNIONES DE ESPECIALISTAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steam Generators Problems (Estocolmo, 1984).</li> <li>• On-site Electrical Sources (Londres, 1985).</li> <li>• Scram Reduction Frequency (Tokio, 1986).</li> <li>• Operator Training Practices (USA, 1987).</li> <li>• Technical Specifications Optimization (Madrid, 1987).</li> <li>• Trend and Pattern Analysis (Roma, 1989).</li> <li>• Pump Performance and Reliability (Colonia, 1990).</li> <li>• Steam Generators Problems (Bruselas, 1991).</li> <li>• Instrumentation and Control (Tokio, 1992).</li> </ul> |  |

es reunir a expertos en temas específicos y analizar la experiencia real obtenida en las centrales, utilizando el IRS como fuente básica de información. En otros casos se tratan temas estrechamente ligados con la operación segura, por ejemplo, entrenamiento de operadores o especificaciones técnicas. La lista de las reuniones celebradas y previstas se

incluye también en la tabla II.

El PWG1, además, celebra una reunión anual a la que asisten delegados de todos los países miembros, tanto por parte del organismo regulador como del sector eléctrico. En dicha reunión se selecciona un tema específico para discusión detallada por todos los miembros y, adicionalmente, se deciden y planifican

F III La filosofía NEA-IRS.



todas las tareas que realiza el grupo: reuniones, estudios genéricos, etc. A la discusión del tema específico se le dedica gran parte de la reunión, y ha demostrado ser del máximo interés. A modo de ejemplo, se citan algunos de los temas seleccionados en los últimos años: Incidentes en parada (1987), Malposicionamiento de válvulas (1986), Sucesos que involucran fallos de gestión u organización (1990), Incidentes operativos "no previstos" (1989), Sucesos provocados por deficiencias en procedimientos (1988), etc.

Finalmente, conviene resaltar la estrecha colaboración que existe con el OIEA en temas de experiencia operativa y factores humanos, y que se intenta ampliar al WANO, respetando los diferentes objetivos y ámbitos de aplicación de cada organización. Una buena muestra de esta cooperación es la celebración anual de una reunión conjunta NEA/OIEA a la que se invita al WANO, en la que cada país describe con detalle los incidentes más significativos ocurridos en el último año.

La figura III muestra gráficamente la filosofía de actividades desarrollada por el grupo PWG1 en base al Incident Reporting System (IRS).

## FACTORES HUMANOS. ACTIVIDADES Y RESULTADOS

En la mayoría de incidentes operativos existe un componente de factor humano que hace difícil separar los temas de experiencia operativa y de la intervención humana, bien como individuo o como grupo organizado, en la operación de las centrales. De los más de 1.500 sucesos intercambiados por los países de la OCDE, en un 80%, un contribuyente significativo en la ocurrencia o evolución del incidente es el comportamiento humano, en aspectos tan diversos como fallos de diseño, errores de operación, mantenimiento o inspección inadecuada, deficiencias en procedimientos, fallos de gestión y planificación de trabajos, entrenamiento no correcto, implantación de modificaciones de diseño, problemas de comunicación, errores de diagnóstico, etc. No es sorprendente, por tanto, que en el grupo PWG1 ambas actividades se acometan con la misma prioridad y se promueva el intercambio entre "especialistas" en ambos temas. Las dificultades en caracterizar a un experto en factores humanos o en experiencia operativa, temas ambos lo suficientemente amplios y complejos, llevaron al grupo a evitar una aproximación teórica. Finalmente, la composición del grupo para abordar factores humanos se basa fundamentalmente en técnicos que han analizado un gran número de incidentes operativos con énfasis en temas organi-

zativos, relación hombre-máquina, entrenamiento, etc., más que especialistas en fiabilidad humana, ergonomía pura o psicología industrial. Los resultados hasta el momento son muy satisfactorios, y los diferentes puntos de vista aportados por los "especialistas" en ambos temas realimentan y completan la visión global del suceso.

A continuación se citan y describen brevemente los resultados más significativos de los estudios realizados por el PWG1. Aunque los inicios en 1983 podían considerarse como estudios teóricos, la evolución de los temas ha ido orientándose hacia estudios más prácticos, derivados de problemas identificados por la experiencia operativa. La relación de todos los estudios realizados y previstos por el grupo se incluye en la tabla III. Se considera más interesante utilizar un par de estudios como ejemplo para ilustrar el "modus operandi" del grupo. El análisis de incidentes que involucran errores cognitivos en acciones humanas tenía varios objetivos: valorar el impacto en la seguridad de tales errores, analizar las causas raíz de tales acciones y comentar posibles medidas preventivas. Para realizar dicho análisis se seleccionaron cinco incidentes en los que el error humano jugó un papel fundamental en la ocurrencia o evolución del suceso (Biblis, La Salle, Oskarsham, Blayais y Trawsfynydd). El análisis partió de la información suministrada al sistema IRS y profundizó en detalle en los temas de factor humano mediante información adicional y entrevistas con los operadores. Como resultado se identificaron una serie de inquietudes genéricas y varias recomendaciones que pueden contribuir a prevenir la ocurrencia de errores cognitivos.

Como inquietudes se pueden citar: la baja efectividad de la "redundancia humana" como medio para detectar errores, los problemas de comunicación en los cambios de turnos de operación, las condiciones favorables para este tipo de errores que se dan en situaciones de arranque de la planta, la falta de prioridad y coherencia en algunas especificaciones técnicas, el desarrollo de procedimientos

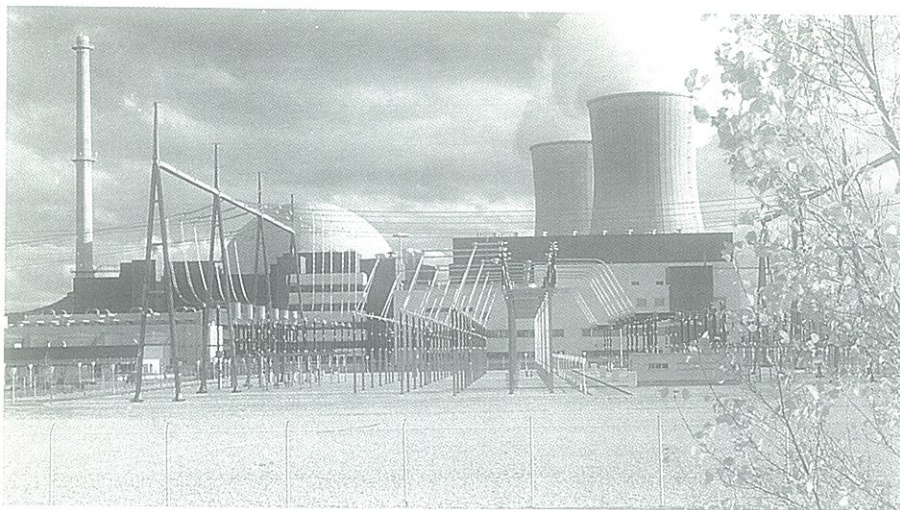
ad-hoc y el impacto de decisiones erróneas de la dirección. Como ejemplo de recomendaciones se pueden citar: planificar el trabajo y el entrenamiento para reducir la probabilidad de tareas "nuevas", es decir, convertir las tareas de conocimiento en tareas de procedimiento; fomentar el entrenamiento de "previsión", es decir, alertar a los operadores y personal de la central sobre los errores típicos y las medidas adecuadas para recuperar la situación normal; priorizar la información y tareas del personal de operación; establecer períodos sin actividades paralelas durante los arranques para verificar la disponibilidad de los sistemas de seguridad, etc.

Como ejemplo de estudio previsto se puede mencionar el de gestión de recargas y mantenimiento. La metodología utilizada ha sido diferente del caso anterior. En primer lugar se diseñó un cuestionario detallado sobre el tema de mantenimiento en general, al que han contribuido los 13 países miembros y cuya compilación se publicará en breve. De la información de dicho cuestionario se seleccionaron unos temas específicos considerados clave para la buena gestión de la recarga: Planificación y programación de la recarga, Recursos utilizados, Control y coordinación de actividades, Valoración de la gestión de mantenimiento, etc. Las actividades en cada uno de estos temas en los diferentes países serán analizadas en detalle en este estudio. Como segunda parte del mismo, se pide identificar sucesos relacionados con actividades de mantenimiento y que hayan ocurrido en la fase de arranque de la central. Estos sucesos (dos o tres por país) serán analizados para tratar de extraer problemas genéricos y mejoras implementadas de posible aplicación en otros países. Para restringir el análisis se recomienda seleccionar en lo posible sucesos en los que la relación entre los grupos de operación y mantenimiento o la coordinación de actividades de contratistas, hayan jugado un papel importante en la ocurrencia o evolución del incidente. Los resultados de este estudio se tratarán en las próximas reuniones anuales del grupo en 1991 y 1992.

### T III

#### ESTUDIOS SOBRE FACTORES HUMANOS

- Assessing Human Reliability in Nuclear Power Plants (1983).
- Identifying Significant Human Actions in Reactor Accidents (1984).
- Expert Judgement of Human Reliability (1985).
- Design and Implementation of Emergency Operating Procedures (1985).
- Approaches to Training Programs in NEA Member Countries (1986).
- Analysis of Incidents Involving Human Factors (1987).
- Use of Digital Computers in the Control Rooms (1988).
- Analysis of Incidents Involving Cognitive Error (1990).
- Management of Outages and Maintenance (previsto 1991).
- Impact of Advanced Systems on Operators (previsto 1992).



Como se puede ver por los ejemplos mencionados, las actividades en temas de factores humanos tienen una clara orientación práctica y utilizan como fuente de información la experiencia operativa. Se considera mucho más beneficioso el trabajo con problemas derivados de la realidad diaria de operación, que no abordar otros aspectos más teóricos. El resultado hasta ahora ha sido altamente satisfactorio y los productos obtenidos han gozado de una gran aceptación.

## SITUACION ESPAÑOLA

En España, la evolución de las actividades en estos temas ha seguido, en líneas generales, las pautas de la evolución internacional, aunque algunas características específicas de nuestro programa de energía nuclear han ralentizado la atención prioritaria a estas actividades. Cuando ocurrió TMI, la situación en España era muy particular, ya que se estaba iniciando el arranque de las cinco centrales de la segunda generación, que precisaba una dedicación muy importante tanto por parte del sector como del organismo regulador. A pesar de que los operadores españoles se integraron en el grupo INPO y la JEN participó activamente en la creación y gestión del IRS, la atención dedicada en ambas partes a la incorporación de experiencia operativa y factores humanos fue bastante reducida. A ello han contribuido durante todo el proceso las limitaciones derivadas de la propiedad de las centrales, que, a pesar de las reuniones de coordinación gestionadas por TECNATOM, no consiguieron un intercambio fluido en la comunicación de experiencia operativa. En este sentido, países como Francia, con un solo operador y un diseño estandarizado, disponen de una gran ventaja inicial para abordar estos temas de la forma más eficiente. Por otra parte, el organismo regulador no estableció grupos específicos para el análisis

de experiencia operativa y factores humanos hasta que finalizó el licenciamiento de las centrales en construcción, lo que no ha favorecido el tratamiento genérico de estos temas ni ha repercutido en la organización de las actividades del sector.

En los últimos años se ha producido un incremento notable en las actividades relacionadas con incorporación de experiencia operativa y una mejora en el tratamiento de temas asociados a la integración del factor humano en la operación. Es de esperar que la coordinación del sector en estos dos temas reciba una atención cada día más prioritaria, a la vista de la situación del programa nuclear español y de la transcendencia de estos aspectos para optimizar la operación segura de las centrales. En este sentido, las actividades de los grupos específicos del CSN deben tener un efecto integrador y facilitar la cooperación antes mencionada.

## CONCLUSIONES

Es difícil resumir los aspectos más importantes del trabajo de más de 10 años del PWG1 en temas tan amplios y complejos como los que gestiona, sin embargo, es conveniente citar las grandes pautas que pueden hacer muy útil un programa de actividades sobre experiencia operativa y factores humanos. Manifestar la gran importancia de la incorporación de experiencia operativa para garantizar la operación segura de las centrales puede parecer obvio, sin embargo, no lo son tanto algunos elementos que deberán formar parte de los programas dedicados a tal fin. La conveniencia de prestar atención a todos y cada uno de los incidentes operativos propios es uno de dichos elementos. Por simple que parezca, merece la pena analizar cada suceso ocurrido en la propia instalación tanto individualmente como en conjunto con otros incidentes similares, es más, aquellas situaciones

que queda patente que una atención adicional hubiese llevado a un incidente ("near misses") son tremendamente formativos. Otro elemento es conseguir un equilibrio razonable entre los sucesos propios y externos incluidos en el programa de análisis, no es conveniente centrar la mayor parte del esfuerzo en los sucesos externos a la central, probablemente más llamativos, pero es igualmente discutible el aislarse en la instalación propia. Un aspecto muy importante es que el análisis de incidentes no se convierta en un trabajo de despacho, sino que involucre a técnicos con experiencia en operación, y que el destinatario final sea el personal de operación, que es el primero que tendrá que enfrentar al incidente en caso de repetición. Una realimentación de los programas de entrenamiento con este objetivo es inevitable. La implantación temprana de las lecciones aprendidas es un factor que puede decidir el éxito del programa. Retrasar la aplicación de medidas correctoras por una mayor completitud o afinamiento del análisis puede afectar negativamente al objetivo general del programa. Finalmente, es fundamental que la dirección de la central esté involucrada y crea en la importancia de esta tarea, siendo consecuente en la asignación de recursos y en la prioridad establecida.

En lo que respecta a factores humanos, es importante asignar a técnicos con experiencia real en operación, para mejorar con soluciones prácticas la integración del comportamiento humano en la operación. En este sentido conviene destacar que la experiencia adquirida en el grupo PWG1, indica que el impacto de los temas de gestión y organizativos es mayor que el de aspectos puntuales de relación hombre-máquina. Finalmente, la propia generalidad de las recomendaciones en el tema de factores humanos induce a pensar que las soluciones definitivas son difíciles y, por tanto, son esperables fallos humanos con cierta frecuencia. Dichos fallos deberían ser acomodados en lo posible por el diseño y las prácticas de operación.

Para concluir habría que resaltar la importancia de la coordinación en estos temas para evitar duplicación de esfuerzos. Esta recomendación es válida tanto para la experiencia propia como para los sistemas internacionales. La proliferación de sistemas con diferentes objetivos puede convertir la experiencia operativa en un asunto de notificación y estudios estadísticos más que en una cuestión de análisis técnicos. El organismo regulador juega un importante papel en promover el análisis técnico por personal con experiencia práctica, así como la obtención e implementación de resultados, y evitar que la experiencia operativa se convierta en un mero requisito de notificación o licenciamiento.