

Revista del CSN / Año III / Número 10
I Trimestre 1999

Seguridad Nuclear



El sistema eléctrico español

**Evaluación sistemática
de las centrales nucleares**

**Optimización del mantenimiento
de centrales nucleares mediante
algoritmos genéticos**

**El CSN y la nueva normativa
de prevención de riesgos laborales**

El Centro de Información del CSN

Seguridad Nuclear

Revista del CSN
Año III / Número 10
I Trimestre 1999

Director

Rafael Caro

Comité de redacción

Agustín Alonso, José A.
Azuara, Aníbal Martín,
Juan M. Kindelán, Carmen
Martínez Ten, Luis del Val

Secretaría de redacción

Fátima Rojas

Noticias**Directora**

Matilde Ropero

Comité

A. Esteban Naudín, G. López Ortiz, Javier Reig, M. Rodríguez Martí, M. F. Sánchez Ojanguren, M. A. Villar Castejón

Consejo de Seguridad Nuclear

Justo Dorado, 11
28040 Madrid
Tf. 91 346 02 00
Fax 91 346 06 66

Coordinación editorial

RGB Comunicación
Princesa 3, dpdo.
28008 Madrid
Tf. y Fax 91 542 79 56

Impresión

Gráficas Naciones
Río Sil, 3
28110 Algete (Madrid)
Tf. 91 629 21 45
Fax 91 629 22 79

ISSN: 1136-7806

D. Legal: M. 31.281-1996

Portada: En el jardín (José María Cerezo)

Los autores asumen la total responsabilidad de los trabajos que firman. El CSN al publicarlos no pretende expresar su acuerdo con ellos.

1 Editorial**2** Nacimiento y desarrollo de un sistema eléctrico: el caso español

● Pedro Mielgo

10 Evaluación sistemática del funcionamiento de las centrales nucleares españolas

● Jesús Gil Huguet

16 La optimización del mantenimiento en centrales nucleares mediante algoritmos genéticos

● Aureli Muñoz, Sebastián Martorell y Vicente Serradell

24 Competencias del CSN ante la nueva normativa sobre prevención de riesgos laborales

● Victoria Eugenia Méndez

30 El Centro de Información del CSN: una aventura necesaria

● Antonio Calvo

36 Noticias

36 Consejo de Seguridad Nuclear / **37** Principales acuerdos del Pleno del CSN / **38** Centrales nucleares / **43** Información general / **45** Tecnología / **45** Protección radiológica / **46** Cursos, reuniones y conferencias / **46** Publicaciones

48 Resúmenes

Editorial

Desde su creación en 1980, el Consejo de Seguridad Nuclear ha tratado de adecuarse a los cambios que han ido surgiendo, orientando sus acciones a satisfacer las necesidades derivadas de cada nueva situación. Esta adaptación a un entorno cambiante ha perseguido el objetivo de cumplir en cada momento, del modo más eficaz y eficiente, las tareas que como organismo regulador tiene asignadas.

La liberalización del sector eléctrico, junto a la aparición de problemas emergentes y situaciones nuevas, relacionadas con el riesgo radiológico y el impacto sobre el medio ambiente, afecta a la actividad de los organismos reguladores de distintos países, y desde luego al CSN. En foros internacionales como el INRA (International Nuclear Regulators Association), en el que se integran los organismos reguladores de Estados Unidos, Francia, Japón, Canadá, Reino Unido, Alemania, Suecia y España, se están produciendo debates en torno a este tema y a las iniciativas para hacer frente a nuevas situaciones. También la Asociación de Reguladores Nucleares de Europa Occidental (WENRA), constituida el mes de febrero en Londres, abordará la armonización de las prácticas europeas en torno a alguna de estas cuestiones.

En este contexto y en su comparecencia del 15 de diciembre ante el Congreso de los Diputados, el presidente del CSN planteó la necesidad de adaptar, tanto estructural como funcionalmente, un organismo creado hace ya casi 20 años (Ley 15/80, de 22 de abril) a un nuevo entorno y una nueva realidad, siguiendo las líneas ya contempladas en el Plan de Orientación Estratégica, en su versión aprobada por el Consejo el 5 de febrero de 1998.

Por otra parte, dentro de la función asignada al CSN de proporcionar información a la opinión pública sobre todo aquello que es competencia del organismo, el pasado mes de octubre abrió sus puertas el Centro de Información del CSN. Este centro, al cual se dedica un reportaje en este número de *Seguridad Nuclear*, dará paso a 10.000 estudiantes cada año. Tras varios meses de funcionamiento y ante la respuesta hasta ahora producida, se puede afirmar que el centro está cumpliendo su objetivo de hacer llegar información sobre las radiaciones, sus usos y sus controles, y suscitar el interés de los que lo visitan.

El nacimiento y desarrollo del sistema eléctrico español, la evaluación sistemática del funcionamiento de las centrales nucleares españolas, la búsqueda de métodos para optimizar el mantenimiento de estas instalaciones y la normativa sobre prevención de riesgos laborales completan el contenido de este primer número de la revista dentro del año 1999.

Nacimiento y desarrollo de un sistema eléctrico: el caso español

El año transcurrido desde la aprobación de la Ley del Sector Eléctrico proporciona al autor una perspectiva suficiente para revisar los cambios que han tenido lugar en la regulación, la

estructura y el funcionamiento del sector y, en ese marco, repasar la historia y el papel de una de las piezas fundamentales de su funcionamiento, Red Eléctrica de España.

1. La evolución de la regulación del sector eléctrico

1.1. El suministro de electricidad

Desde que, hace ya más de un siglo, la electricidad comenzó a ser objeto de transacciones comerciales, suministrándose a particulares e industrias a cambio de un precio, y hasta principios de los años 80, en la generalidad de los países la mayor parte del suministro de electricidad corría a cargo principalmente de empresas verticalmente integradas.

En los países con menor intervención estatal se desarrollaron empresas privadas o con participación pública, con base geográfica regional, que era de hecho su mercado exclusivo. Estas empresas, integradas verticalmente, cubrían todo el ciclo de producción, transporte y distribución, hasta llegar a los consumidores. En muchos casos,

convivían con ellas empresas distribuidoras de ámbito menor, o empresas productoras. En otros casos, por decisiones de nacionalización del sector, se desarrolló finalmente una sola empresa, que se hacía cargo del suministro en todo el territorio nacional. Este era el caso de Gran Bretaña (CEGB), Francia (EdF) o Italia (ENEL), por poner sólo tres ejemplos bien conocidos.

En España, el modelo que existía a principios de la década de los ochenta era el primero, con la convivencia de empresas privadas y públicas. Para dar una idea de la evolución del sistema, en la tabla 1 se recoge la estadística oficial del Ministerio de Industria a 31 de diciembre de 1982, comparada con los datos correspondientes a 1994¹.

¹ El número de empresas productoras incluye las más importantes, agrupadas en Unesa, junto con otras que ya entonces eran filiales de aquellas y otras de menor dimensión. Sólo unas pocas empresas productoras acumulaban la mayor parte de la producción y otro tanto ocurría con la distribución. El número de empresas distribuidoras incluye las que son únicamente distribuidoras, junto con las integradas que también desarrollan esta actividad.

El crecimiento de los sistemas eléctricos nacionales había dado lugar a una necesidad cada vez mayor de introducir mecanismos de seguridad, por una parte, y de optimización económica, por otra. En España, al igual que en otros países con similar estructura, cada empresa era responsable, en su ámbito de actuación, de la seguridad del suministro, de la optimización económica de su sistema, de decidir qué centrales productoras entraban en servicio en cada momento, de los planes de mantenimiento de centrales y líneas de transporte y distribución y, en suma, de la gestión de su sistema. Los flujos de energía eléctrica entre zonas o mercados respondían a una idea de mercado de excedentes entre empresas productoras o a actuaciones por razones de seguridad.

Pero dentro de cada país se hacía necesario también algún tipo de coordinación entre empresas o entre sistemas regionales. En el caso de España, esta coordinación la realizaba, ya desde 1944, Unesa, promovida por las propias empresas del sector, y posteriormente, desde 1979, Aselétrica.

* Ingeniero industrial, diplomado en Dirección de Empresas y en Marketing, ha trabajado en empresas del sector petroquímico, energético, de ingeniería y de comercio exterior. En la actualidad es presidente de Red Eléctrica de España.



► Tabla 1. Número de empresas en el sistema eléctrico español.

	1982	1994
Empresas productoras	56	108
Autoprodutores	307	367
Empresas distribuidoras	712	535

► Figura 1. Centro de control eléctrico nacional de Red Eléctrica de España.

1.2. El marco legal de la explotación unificada

Este sistema tenía algunos puntos débiles evidentes en los terrenos técnico y de gestión.

La coordinación de la operación del sistema se basaba en las relaciones bilaterales entre empresas y era, al fin y al cabo, el resultado de la agregación de la operación de cada sistema.

Las interconexiones entre los distintos sistemas o mercados regionales eran débiles y necesitaban reforzarse. Las redes de transporte se habían desarrollado preferentemente en el interior de cada mercado y su topología respondía a las necesidades de cada empresa más que a una visión del territorio nacional como un todo, como un solo mercado.

La energía eléctrica era cara para los consumidores en comparación con otros países del entorno.

En el debate político abierto desde 1978 se manifestaron sobre el sector eléctrico posiciones muy diversas, que llegaban a la nacionalización. El Gobierno surgido de las elecciones generales de octubre de 1982 abordó pronto esta cuestión.

En mayo de 1983 se firmó un protocolo de acuerdo entre el Gobierno y las empresas eléctricas, en el que se trataban varias cuestiones de primordial importancia para la gestión del sistema y para el sector, y que de hecho marca un hito en la historia del mismo.

En él se acordaba la nacionalización de la red de transporte de alta tensión, mediante la participación mayoritaria del sector público en

una sociedad mixta que se encargaría de la explotación del conjunto del sistema eléctrico nacional, asumiendo también la titularidad del despacho central de Aselétrica. Se aseguraba que esta nacionalización era "la única programada por el Gobierno en el sector, quedando garantizada a las actuales empresas la propiedad y gestión del resto del mismo".

Al mismo tiempo, el Ministerio de Industria y Energía acordaba practicar una política de tarifas que permitiera una rentabilidad suficiente a las empresas, garantizando una remuneración a los capitales y la adecuada dotación a las amortizaciones. También se trataban otros puntos de especial importancia, que se desarrollaron posteriormente: la moratoria nuclear y el intercambio de activos.

El 9 de mayo, el Gobierno aprobaba el proyecto de ley que a finales de 1984 se aprobó con el título de Ley de Explotación Unificada del Sistema Eléctrico Nacional², que sentaba las bases legales de esa nueva actividad, de la que se haría cargo una empresa de nueva creación, Red Eléctrica de España (REE).

Las intenciones de dicha ley quedan expuestas en el preámbulo: "Superar los criterios individuales de las empresas en la explotación del sistema eléctrico, con criterios de optimización global [...]. La explotación unificada [...] permitirá el abastecimiento de las necesidades de energía eléctrica con unos costes variables mínimos, [...] respetando a las empresas la propiedad y la gestión de las instalaciones no afectadas por las competencias que, en régimen unitario, se encomiendan a una nueva sociedad".

Red Eléctrica de España se creó poco después³. Los activos con que inició su actividad —líneas de alta tensión, subestaciones, centro de control e instalaciones de protecciones, control y medidas— le fueron transferidos por las empresas eléctricas propietarias y su pago se debía realizar en 17 anualidades, con fórmulas para el cálculo de los correspondientes intereses⁴.

El capital de la nueva sociedad quedó repartido así: un 49,5% para las empresas eléctricas de propiedad privada, otro 49,5% para las de propiedad pública y el 1% restante para el Instituto Nacional

► Tabla 2. Reparto de activos de la red de transporte en el momento de la creación de REE.

Instalaciones	REE	Empresas
Líneas (km de circuito)		
400 kV	9.567	1.210
220 kV	4.070	10.555
Subestaciones (posiciones)		
400 kV	226	152
220 kV	139	1.130
Capacidad de transformación		
400/AT (MVA)	2.416	31.524
Reactancias	9	—

de Industria (INI), con lo que el Estado disponía de mayoría absoluta en la misma.

Se abría así una etapa verdaderamente nueva en la vida del sector eléctrico español.

El decreto citado concretaba los cometidos y objetivos de la actuación de Red Eléctrica:

- Asegurar la optimización de la explotación del conjunto de las instalaciones de producción y transporte de energía eléctrica, garantizando la seguridad y calidad del servicio y consiguiendo un coste medio total mínimo en el abastecimiento del mercado eléctrico.

- Determinar y controlar el nivel de garantía nacional del sistema eléctrico español, definiendo, en particular, las pautas generales de explotación de las reservas hidroeléctricas.

- Establecer directrices para la explotación del sistema eléctrico, comunicarlas a los despachos regionales o, en su caso, a los despachos técnicos de las empresas eléctricas y comprobar su cumplimiento.

- Aprobar y modificar los programas de generación y los convenios de intercambios de energía eléctrica programados anualmente por las empresas eléctricas, así como programar y disponer los intercambios de sustitución de energías.

- Explotar, mantener y ampliar

la red eléctrica nacional a 220 kV y tensiones superiores que desempeñen funciones de transporte e interconexión.

- Coordinar los planes de mantenimiento de las instalaciones de producción y transporte de energía eléctrica y autorizar la interrupción voluntaria del servicio de las que puedan afectar directamente al transporte.

- Realizar las operaciones de intercambio internacional de energía eléctrica que se consideren convenientes para asegurar el servicio y reducir costes de producción a escala nacional.

REE quedó constituida el 29 de enero de 1985, al día siguiente de publicarse en el BOE el decreto de creación. Aselétrica desapareció jurídicamente y quedó absorbida en la nueva sociedad.

En esencia, pues, REE era responsable de:

- El desarrollo y la operación de la red de transporte, incluyendo las interconexiones.

- La coordinación de la explotación del sistema de producción-transporte, con criterios de optimización de costes.

- El transporte de electricidad.

- Los intercambios internacionales.

El reparto de activos de la red de transporte en el momento de la crea-

² Ley 49/1984, de 26 de diciembre, sobre explotación unificada del sistema eléctrico nacional (BOE de 29 de diciembre de 1984).

³ Real Decreto 91/1985, de 23 de enero (BOE de 28 de enero).

⁴ El acuerdo entre las compañías y la Administración estableció el valor de los activos basándose en costes de mercado y costes histórico-contables. El valor total fue de 115.899 millones de pesetas, incluyendo la parte que quedó como capital social, la deuda a largo plazo y otros pasivos.



Figura 2. Subestación de 400 kV.

ción de REE quedó tal y como aparece en la tabla 2.

No se transfirieron el personal, los sistemas de control de la red, el sistema de telecomunicaciones ni los terrenos y el equipamiento auxiliar de las subestaciones. En los primeros años de existencia de la compañía, la operación y el mantenimiento de las instalaciones se subcontractaba a las empresas eléctricas.

1.3. LOSEN

En 1994, el Gobierno emprende una reforma de la legislación relativa al sector eléctrico para introducir algunos elementos de competencia, que se concreta en la Ley de Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional (LOSEN). Se trataba, también, de adecuar la legislación para tener en cuenta las competencias tanto del Estado como de las comunidades autónomas, de introducir cuestiones relativas al medio ambiente y a la calidad del suministro. Se creaba la Comisión del Sistema Eléctrico Nacional (CSEN) como órgano consultivo en determinadas cuestiones y como ente regulador del sistema y vigilante de la competencia y del funcionamiento del mismo.

Por primera vez, se introduce la exigencia de separación de actividades, continuando con la diferen-

ciación de funciones que la Ley de Explotación Unificada había abierto, con la creación de REE y la separación del transporte. No se introducían elementos de competencia en las zonas de distribución o suministro, por lo que su incidencia en la competencia real a corto plazo era nula. En una disposición transitoria se abría la puerta a una nueva figura, la del comercializador.

Las medidas más importantes que podían conducir a una cierta competencia eran probablemente las siguientes: en primer lugar, se contemplaba la posibilidad de construcción de nuevas unidades de producción mediante el sistema de concurso, que no se limitaría a los agentes que ya actuaban en el sector, lo que podía constituir un estímulo muy interesante; en segundo lugar, se definía el llamado *sistema independiente* como el constituido por las instalaciones cuya producción no entraba a formar parte del marco regulador previsto para el otro sistema, el *sistema integrado*, es decir, la explotación unificada, la remuneración según un sistema de costes estándar, y liquidación por la CSEN.

La LOSEN estableció algunos objetivos con cierto sentido, pero pecaba de vaguedad en cuanto al

diseño del modelo que se pretendía implantar y, sobre todo, no tuvo un desarrollo reglamentario que permitiera avanzar de manera decidida en la dirección apuntada.

Aparte de otros puntos discutibles o poco afortunados, como el desequilibrio en el tratamiento de los sistemas integrado e independiente, esta ley, con un cierto sabor extranjero, introducía elementos tomados de otro contexto, que precisaban una adaptación seria a un sistema con historia y personalidad propias, so pena de generar tensiones y desajustes profundos, adaptación que no se llevó a cabo, contribuyendo así a lo efímero de este texto legal.

Por otra parte, no se modificaba en esencia la función de REE como explotador del sistema eléctrico en su conjunto.

1.4. La Ley del Sector Eléctrico

La decisión de iniciar un proceso de liberalización real del sistema eléctrico español se concreta en la Ley del Sector Eléctrico (LSE), aprobada a finales de 1997⁵. La ley tiene como objetivos principales la introducción de la competencia en todos los segmentos de actividad y la adaptación de la legislación a las directivas europeas, en especial a la directiva sobre normas comunes para el mercado interior de electricidad⁶ que se venía discutiendo en las instituciones europeas desde hacía años y que se aprobó en fecha muy próxima a la de esta ley. Finalmente, persigue favorecer la competitividad de las empresas españolas, sentando las bases para una electricidad más barata.

La LSE venía precedida por el Protocolo Eléctrico, firmado a fina-

⁵ Ley 54/1997, de 27 de noviembre.

⁶ Directiva 96/92 CE, aprobada el 17 de diciembre de 1997.

les de 1996, con la referencia inevitable de la directiva citada ya en su redacción final y a punto de recibir la aprobación definitiva. Este protocolo, al igual que el de 1983, ya comentado, marca otro hito decisivo en el sector eléctrico español, aunque en este caso, con una orientación claramente diferente del anterior. En él se establecían los puntos que el Gobierno y el sector consideraban que debían regir el proceso de liberalización y tener desarrollo legislativo.

La LSE confirma la exigencia de separación de negocios, asegura la libertad de establecimiento en generación, crea la figura del comercializador, distingue entre actividades reguladas y no reguladas, establece un mercado mayorista de electricidad y revisa el papel de las figuras centrales del sistema eléctrico, regulando su funcionamiento sobre los principios de independencia, objetividad y transparencia. Se fijan calendarios para el acceso al mercado de los clientes cualificados y para la liquidación de los costes de transición a la competencia.

El papel de REE como responsable de la explotación del sistema sufre un cambio importante. Para asegurar el funcionamiento del sistema eléctrico como un todo, como un único mercado, la directiva 96/92 define la figura del operador del sistema de transporte. En cambio, la LSE separa la gestión técnica de la gestión económica del sistema, encargando cada una de ellas a una entidad diferente: el operador del mercado (OM) y el operador del sistema (OS). Además, se distingue esta función de la del gestor de la red de transporte (GRT). Esta distinción, que puede ser sencilla en el plano conceptual, produce una confusión innecesaria, pues parece establecer un sistema mucho más complicado de lo necesario para garantizar la objetividad, la independencia y la transparencia; el funcionamiento correcto del sistema, en suma. Al

final, la gestión del mercado queda encomendada a una sociedad anónima, que deberá ser de capital privado y cuya creación y puesta en funcionamiento se encarga a REE. La operación del sistema y la gestión de la red de transporte se atribuyen a REE.

Por último, y en relación con REE y con el operador del mercado, la ley establece limitaciones a la titularidad de las acciones de ambas empresas con objeto de dotarlas de la necesaria independencia de gestión para llevar a cabo sus funciones con la máxima objetividad y transparencia. Ningún accionista individual puede superar el 10% de la titularidad y los sujetos del sector eléctrico, en su conjunto, no pueden superar el 40%.

2. El papel de REE y su aportación al sistema eléctrico

2.1. La primera etapa: 1985-1997

En la existencia de Red Eléctrica pueden distinguirse dos etapas claramente diferenciadas de acuerdo con la evolución del marco legislativo. Los años que van desde su creación a la promulgación de la LSE pueden considerarse como una primera fase, caracterizada por la explotación unificada, es decir, de gestión centralizada o administrada del sistema eléctrico, con tarifas y retribuciones reguladas. La segunda etapa se inicia con la promulgación de la LSE y es la de operación de un sistema con dosis importantes de competencia, con un mercado mayorista con precios que determinan la retribución de los productores, y con unas relaciones más complejas entre el operador del sistema y los agentes que actúan en éste. En la segunda etapa, además, cambia la estructura accionarial de REE, que tiene que actuar con otra perspectiva.

¿Cuál ha sido el papel real de REE y qué ha aportado al sistema en la primera etapa?

En los doce primeros años de existencia de REE hay que desata-

car algunas actuaciones especialmente importantes:

- El desarrollo de un modelo del sistema eléctrico peninsular, por primera vez en España, que fue la base de la explotación unificada del sistema y que, independientemente del carácter hasta cierto punto administrativo de esa explotación, permitió conocer mejor el sistema, desde el punto de vista de la seguridad, de los costes y de la minimización de las pérdidas en el transporte y, consecuentemente, gestionarlo mejor.

- El desarrollo de la red de transporte, que ha alcanzado un elevado grado de mallado que le proporciona una robustez y seguridad necesarias para asegurar que las restricciones al suministro son mínimas, sobre todo teniendo en cuenta la geografía de la producción y del consumo, y las variaciones estacionales de la estructura de generación.

- El desarrollo y acumulación de conocimiento y la formación de equipos de trabajo altamente cualificados, capaces no sólo de operar el sistema en condiciones normales con una alta fiabilidad, sino también de actuar en situaciones de emergencia con la máxima seguridad para el sistema.

- El desarrollo de normas de explotación del sistema, depuradas por la experiencia de esos años, con la colaboración de todas las empresas del sector.

Todo ello ha supuesto un capital tecnológico, operativo y humano de gran valor, sin el cual, como se ha reconocido en repetidas ocasiones, habría sido imposible llevar a cabo con éxito la puesta en marcha del nuevo mercado de electricidad y del modelo de sector, y entrar así de lleno en la segunda etapa de la vida de REE.

2.2. La segunda etapa: la liberalización

Con la LSE se implanta en España un nuevo modelo de funcionamiento del sistema eléctrico y se

► **Tabla 3. Principales empresas de transporte de electricidad en el mundo.**

País	Empresa	Creación	Líneas >400 kV (km)	Líneas <220 kV (km)	Capacidad de transf. (MVA)
España	Red Eléctrica	1985	13.524	4.214	15.248
Nueva Zelanda	Transpower	1988	583	9.047	15.740
Holanda	SEP	1989	992	386	24.000
Inglaterra y Gales	National Grid	1989	9.740	3.745	95.500
Polonia	PPGC	1990	4.530	8.001	31.642
Argentina	Transener	1992	6.881	562	9.300
Finlandia	IVS	1992	3.150	1.836	13.000
Noruega	Statnett	1992	1.640	3.780	15.000
Suecia	Svenska Kraftnat	1992	10.579	4.452	12.000
Australia (Victoria)	Powernet	1993	1.516	4.722	19.170
Chile	Transelec	1993	623	2.999	6.338
Portugal	REN	1994	1.136	2.178	n.d.
India	Power Grid	1994	16.575	4.495	15.331
Colombia	ISA	1994	1.065	5.507	n.d.

adaptan a él las funciones que REE venía desempeñando.

La existencia de un mercado de electricidad es una de las piezas esenciales del sistema. Las empresas productoras ofertan la producción de sus centrales con precio para cada intervalo horario de cada día. Así como en el sistema anterior, de explotación unificada, la variable relevante era el coste, determinado por el modelo matemático del sistema y a partir del cual se establecía el orden de producción, ahora la variable relevante es el precio. Son las decisiones libres de los agentes las que determinan el orden de producción de las centrales, a través del algoritmo de casación que gestiona el operador del mercado⁷ en las sesiones que celebra diariamente. El orden de producción sólo es alterado por razones de restricciones técnicas del sistema o de seguridad.

⁷ La Compañía Operadora del Mercado Español de Electricidad, S.A. (COMEESA).

En esta etapa, el papel de REE cambia y se orienta a las siguientes actuaciones esenciales:

- El desarrollo de la red de transporte y la colaboración con la Administración en la planificación de la misma.

- La operación del sistema eléctrico, que ahora se basa, como queda dicho, no en un modelo con un grado elevado de determinismo, sino en las decisiones de los agentes que operan en el mercado.

- La gestión de la red de transporte de alta tensión, tanto la que es de su propiedad como el resto de las líneas e instalaciones que realizan funciones de transporte.

- La gestión de los intercambios internacionales y de los tránsitos de energía.

En suma, el apoyo al funcionamiento del sistema eléctrico, que, en una parte fundamental, es apoyo al funcionamiento del mercado. Pero, ¿cómo apoya en concreto REE al mercado?

En primer lugar, poniendo en marcha el mercado de electricidad

y la compañía operadora. La LSE encomendó a REE la creación de la Compañía Operadora del Mercado y su puesta en funcionamiento. Asimismo, preveía que el mercado de electricidad estuviese funcionando desde el primero de enero de 1998, apenas un mes después de la promulgación de la ley.

REE realizó este encargo en un tiempo muy corto. Efectivamente, la compañía operadora estaba constituida legalmente, dotada de los medios técnicos y humanos necesarios para iniciar sus actividades y funcionando normalmente en dicha fecha. Para alcanzarla, se iniciaron los trabajos preparatorios algún tiempo antes. Se constituyó una sociedad promotora⁸, filial de REE al 100%, que se encargó de preparar el diseño del algoritmo y del sistema informático que había de soportar el funcionamiento del mercado, se contra-

⁸ La Sociedad Promotora de la Operadora del Mercado, cuya constitución se aprobó el 13 de octubre 1997.

► **Tabla 4. Instalaciones de transporte del sistema eléctrico español.**

Empresas	Líneas (km de circuito)			Subestaciones (Número de posiciones)		
	400 kV	220 kV	Total	400 kV	220 kV	Total
Red Eléctrica	13.823	4.315	18.138	446	174	620
Endesa	18	5.267	5.285	45	657	702
Iberdrola	229	4.609	4.838	70	496	566
Unión Fenosa	0	1.380	1.380	5	174	179
Hidrocantábrico	0	140	140	1	21	22
TOTAL	14.070	15.711	29.781	567	1.522	2.089

► **Tabla 5. Accionistas de Red Eléctrica.**

Empresa	Participaciones en %		
	29.1.85	31.12.96	30.6.98
Hidroila	12,35	27,30*	10,00
Iberduero	12,54	—	—
Unión Fenosa	6,37	6,41	10,00
Eléctrica de Langreo	0,51	—	—
Hidrocantábrico	0,41	0,41	10,00
Endesa	27,68	45,00	5,00
Enher	22,32	5,00	—
EIASA	0,32	—	—
FECSA	8,73	8,79	—
ERZ	0,44	0,44	0,44
Viesgo	1,63	1,63	1,41
Sevillana	3,99	4,02	4,02
HECSA	1,91	—	—
INI**	1,00	1,00	60,00

* Iberdrola. ** SEPI a partir de 1996

taron los servicios de consultoría y suministro correspondientes, y se iniciaron las pruebas de los sistemas a primeros de diciembre. En este mes se aprobó la transformación de la sociedad promotora en la sociedad operadora (COMEE-SA), y la ampliación de capital, siempre como filial de REE. La primera sesión del mercado diario se celebró el 30 de diciembre; en ella se negoció la energía corres-

pondiente a la producción y demanda del 1 de enero siguiente.

En julio de 1998 se abrió el proceso de subasta del capital de COMEESA, que se cerró el 31 de ese mes, quedando así la compañía en manos privadas, tal como establecía la LSE.

Este proceso, aparentemente simple, exigió un extraordinario esfuerzo por parte de los equipos de operación de REE y de todos los

técnicos que dedicaron su saber y su capacidad a la puesta a punto del proyecto. Pero también por parte de las empresas eléctricas, de la Comisión Nacional del Sistema Eléctrico y del Ministerio de Industria y Energía. No hay precedentes en el mundo de un proceso de implantación de un mercado eléctrico en plazo tan corto.

REE apoya también el funcionamiento del mercado por otras vías:

– Apoyando a los agentes en la previsión de la demanda, que REE publica cada día, como referencia válida, a partir de su larga experiencia en este campo, y que los primeros meses de funcionamiento del mercado han demostrado que es más precisa que las realizadas por los agentes.

– Minimizando los costes de gestión de las restricciones. No ha habido restricciones significativas a la generación y su coste ha sido muy bajo. En los nueve primeros meses de 1998, el coste medio de las restricciones ha sido de 0,05 ptas/kWh. También hay que señalar que ese coste había sido inferior a 0,01 ptas/kWh en los cinco primeros meses. La especial situación del sistema eléctrico en verano, con el fuerte crecimiento de la demanda en la zona andaluza, da lugar temporalmente a mayores restricciones.

– Minimizando igualmente el coste de los servicios complementarios. Durante el periodo de enero

a septiembre de 1998, el coste medio de la regulación secundaria ha sido de sólo 0,18 ptas/kWh y el de la gestión de desvíos, de 0,03 ptas/kWh.

– Poniendo en marcha el mercado intradiario y gestionándolo durante una primera etapa. El mercado intradiario, o mercado de ajustes, en el que los agentes pueden corregir situaciones especiales –como la indisponibilidad sobrevenida en una central productora, o resultados de la casación con inconvenientes operativos– mediante nuevas ofertas de compra y venta de energía, fue puesto en marcha por REE el 1 de abril y gestionado durante tres meses, siendo actualmente responsabilidad de COMESA.

– Desarrollando el sistema de medidas de energía, instrumento fundamental para asegurar la calidad y la rapidez del proceso de liquidaciones.

– Completando el desarrollo de las interconexiones internacionales, necesarias no sólo desde el punto de vista de la seguridad del sistema, sino también para facilitar los intercambios con los sistemas eléctricos de los países vecinos. A finales de 1997 se completó satisfactoriamente la instalación de la interconexión submarina entre España y Marruecos, que ha venido funcionando con toda normalidad desde finales de mayo. Actualmente se están exportando una media de 290 MW a ese país⁹. Se está trabajando en el desarrollo de soluciones para la nueva interconexión con Francia, que reforzará notable-

mente la capacidad de intercambio.

– Desarrollando la red de transporte peninsular, con la mayor anticipación posible, para que el crecimiento de demanda y las nuevas instalaciones generadoras no den lugar a restricciones en el transporte.

La rápida liberalización del sector eléctrico ha situado a España como uno de los países más avanzados en este terreno, a escala mundial, y en particular dentro de la Unión Europea.

3. REE hoy

Red Eléctrica fue la primera empresa especializada en transporte de electricidad creada en el mundo. La tabla 3 compara las magnitudes representativas de las empresas más importantes del mundo.

La red peninsular se reparte actualmente como se indica en la tabla 4.

A lo largo de los años transcurridos desde su creación, el accionariado de Red Eléctrica ha cambiado por efecto de las transformaciones habidas en el sector –fusiones y adquisiciones– y, posteriormente, por los ajustes realizados por las exigencias de la LOSE y recientemente de la LSE. La tabla 5 resume las participaciones originales y las actuales. Como puede verse, la mayoría del capital de REE ha sido pública, tal como establecía la Ley de Explotación Unificada y posteriormente la LOSEN.

El Gobierno ha manifestado su intención de retirarse del capital de REE, manteniendo la participación mínima que establece la ley. SEPI, como agente privatizador de las participaciones del Estado en empresas adscritas al Ministerio de Industria y Energía, ha iniciado la preparación del proceso de salida a Bolsa de Red Eléctrica, que debe tener lugar en los próximos meses.

Ese proceso no sólo culminará la pérdida definitiva del control por parte del Estado de empresas eléctricas, sino que marcará una etapa radicalmente nueva en la vida de Red Eléctrica.

4. A modo de resumen

La introducción de mecanismos de competencia en un mundo tan singular y complejo técnicamente como el de la electricidad requiere, además de voluntad política y desarrollo legislativo, unas bases institucionales y organizativas muy concretas y sólidas. No es exageración decir que en España hemos tenido la fortuna de contar con esas bases antes de iniciar el proceso de liberalización. La existencia de Red Eléctrica y su experiencia en todos los sentidos han sido elementos decisivos en el éxito de la primera fase de ese proceso, aunque su creación respondiera a otras ideas y tuviera otros objetivos.

El funcionamiento del sistema eléctrico español precisa aún de desarrollos reglamentarios importantes, los más importantes de los cuales están en preparación. Sólo el tiempo dirá hasta qué punto la competencia en el mercado de electricidad da lugar a un sector más fuerte y preparado para enfrentarse a la competencia dentro y fuera de nuestras fronteras; en suma, a un mercado europeo de la energía. Hay que confiar en la capacidad demostrada de un sector eléctrico que ha superado vicisitudes de todo tipo para adaptarse a un nuevo marco de actuación, tal como ya lo ha hecho en los primeros meses de esta nueva etapa.

En cualquier caso, Red Eléctrica seguirá siendo una pieza fundamental del funcionamiento del sistema eléctrico español. 

⁹ Del total de 290 MW, 90 MW corresponden al contrato firmado por REE y ONE (Office National de l'Electricité) y 200 MW a otro contrato de explotación directa firmado por el Grupo Endesa con ONE.

Evaluación sistemática del funcionamiento de las centrales nucleares españolas

El Consejo de Seguridad Nuclear lleva a cabo un programa de evaluación sistemática del funcionamiento de las centrales nucleares españolas que sigue una metodología específica a partir de las inspecciones

realizadas por el organismo.

El presente artículo recoge el alcance, objetivos, aplicación y desarrollo del llamado programa Esfuc, cuyo plan piloto se inició en 1996 para todas las centrales en operación.

1. Introducción

La situación de las centrales nucleares en los países pertenecientes a la OCDE, con la mayor parte de ellas en operación, ha llevado a que los organismos reguladores de estos países se estén planteando una orientación diferente de los esfuerzos entre las dos tareas básicas como son el licenciamiento y la inspección y control de las instalaciones.

En muchos organismos reguladores esta situación ha conducido en los últimos años a reorganizaciones internas y a la modificación de sus objetivos estratégicos para adaptarse a un parque nuclear en operación y sin licenciamiento de nuevas centrales a corto plazo.

Aunque las actividades de licenciamiento van a continuar para dar solución a nuevas necesidades de las centrales, como son grandes modificaciones de diseño, activida-

des para garantizar el periodo de vida útil de la mismas, optimización de las especificaciones técnicas de funcionamiento, optimización del combustible y su gestión, etcétera, es evidente que las tareas de inspección y control van adquiriendo mayor relevancia en las actividades de los organismos reguladores.

Por ello, en los últimos años, estos organismos están desarrollando herramientas que permitan que las actividades de inspección y control se realicen de la forma más sistemática y consistente posible y que sus resultados puedan utilizarse en los procesos de licenciamiento en curso de una forma integrada, con el fin de optimizar los recursos empleados.

Un ejemplo de lo anterior es la utilización en la mayoría de los países de la OCDE, entre ellos España, de los programas de seguimiento de los denominados indicadores de funcionamiento, que permiten realizar un control sistemático de las centrales, con un tratamiento adecuado de la información que las centrales proporcionan a los organismos reguladores a través de los informes periódicos y no periódicos

(informes de sucesos notificados). Estos programas de seguimiento de los indicadores de funcionamiento y la comparación de resultados con los obtenidos en centrales de otros países se vienen realizando en el CSN desde 1994.

Siguiendo las teorías de la *evaluación combinada*, que proporciona al *staff* directivo del organismo regulador una información más precisa del funcionamiento seguro de las centrales nucleares en operación a través de diferentes fuentes y procesos de evaluación realizados por distintas unidades organizativas, en octubre de 1995 el Pleno del CSN acordó que se iniciara un programa piloto para todas las centrales nucleares españolas con vistas a realizar una evaluación sistemática del funcionamiento de las mismas (Esfuc), siguiendo una metodología específica a partir de las inspecciones realizadas por el organismo.

2. Alcance del programa Esfuc

El programa Esfuc seguido por el CSN está basado en el programa SALP (Systematic Assessment of

* Licenciado en Física y diplomado en Ingeniería Nuclear. Ha desarrollado su actividad profesional en la Junta de Energía Nuclear y en el CSN desde su creación. En la actualidad es jefe de la Oficina de Inspección del CSN.



► **Figura 1.** Las tareas de inspección y control son cada vez más relevantes para los organismos reguladores.

Licensee Performance) de la NRC de Estados Unidos.

El programa SALP se inició a principios de los años 80 y sufrió una profunda revisión en el año 1993 recogida en la *Management Directive 8.6* y publicada a través de la *NRC Administrative Letter 93-02* del 30 de agosto de 1993.

Durante el año 1997 tuvo lugar un exhaustivo estudio por una empresa independiente de la NRC que ha dado lugar a una serie de actuaciones para mejorar el grado de objetividad de los informes de valoración y la consistencia de todo el proceso, que al final permita tener al *staff* directivo de la NRC informaciones más fiables para la toma de decisiones.

Los objetivos del programa según la citada directiva son:

- Realizar una evaluación integrada del comportamiento de las empresas propietarias de centrales nucleares.

- Establecer unos canales de diálogo con los titulares sobre la apreciación que la NRC tiene sobre su comportamiento de cara a la seguridad.

- Disponer de una herramienta que ayude a la NRC en la toma de decisiones sobre la asignación de recursos.

- Disponer de un método para informar al público sobre el comportamiento de las centrales desde el punto de vista de la seguridad.

De forma análoga, el programa Esfuc constituye un esfuerzo integrado de todo el *staff* técnico del CSN para recoger y analizar observaciones y datos que sirvan para evaluar y comprender mejor las causas del funcionamiento de las centrales desde un punto de vista de la seguridad nuclear y la protección radiológica.

El programa Esfuc no está dirigido directamente a verificar el cumplimiento por parte de las centrales de los requisitos que el CSN establece a través de sus procesos de licenciamiento, ya que el seguimiento de estas acciones de control se realiza por las vías tradicionales de cualquier organismo regulador.

Tampoco está basado en inspecciones especiales que deba realizar el CSN sino, más bien, en una recopilación sistemática de toda la

experiencia obtenida del seguimiento del funcionamiento de una central durante un periodo de tiempo de entre 15 y 18 meses.

El programa Esfuc puesto en marcha por el CSN ha constituido un programa piloto desarrollado desde el 1 de enero de 1996 hasta el 31 de marzo de 1997 para todas las centrales nucleares españolas en operación.

Para el análisis del funcionamiento de cada central nuclear se han considerado cinco áreas de evaluación independientes:

- Operación de la central.
- Mantenimiento y vigilancia de sistemas y componentes.
- Ingeniería y apoyo técnico a la operación.
- Controles de protección radiológica.

- Preparación para emergencias, incendios, sabotajes, etcétera.

Cada una de estas áreas, por su parte, ha sido calificada en tres categorías, que vienen a significar lo siguiente:

- Categoría 1 (comportamiento excelente). Las áreas clasificadas en esta categoría indican que su

funcionamiento desde un punto de vista de la seguridad es excelente y podrían requerir un menor esfuerzo de inspección y control por parte del CSN.

– Categoría 2 (comportamiento bueno). Las áreas clasificadas en esta categoría reflejan un buen comportamiento desde el punto de vista de la seguridad y el CSN debe dirigir sus esfuerzos a que alcance la categoría 1.

– Categoría 3 (comportamiento adecuado). Las áreas clasificadas en esta categoría indican que el comportamiento de la central es aceptable, pero que podrían requerir una atención especial por parte del CSN, incrementando los esfuerzos de inspección y control, así como la conveniencia de transmitir a los titulares que deberían incrementar su atención a la seguridad de la central.

Obviamente, el programa Esfuc no contempla situaciones de comportamiento deficientes, ya que éstos son detectados y corregidos de forma inmediata a través de otros mecanismos de control del CSN.

Por otra parte, el programa SALP, con muchos años de experiencia, permite también detectar tendencias positivas o negativas en el comportamiento de las centrales a lo largo del tiempo, que obviamente no han sido tenidas en cuenta en el alcance del programa piloto desarrollado por el CSN.

Los objetivos del programa Esfuc han sido durante esta fase diferentes a los de un programa SALP estándar definidos con anterioridad, especialmente en lo relativo a las relaciones con los titulares y la opinión pública, ya que se ha planteado como un ejercicio cuyos resultados solo se consideran a nivel interno dentro del CSN.

Los principales objetivos del programa piloto han sido:

– El desarrollo y puesta a punto de las herramientas requeridas por la guía de inspecciones genéricas y la guía del programa Esfuc, elaboradas con anterioridad por el CSN,

tales como procedimientos y agendas detalladas de inspección.

– El entrenamiento de los inspectores del CSN y su experiencia en el uso de los documentos elaborados, así como en el diferente punto de vista que requiere el realizar una inspección con su valoración consiguiente, en la que es necesario analizar el comportamiento del titular de una forma global.

– La sistematización y consistencia en la utilización de los criterios de valoración requeridos por el programa.

– El desarrollo de procedimientos para la necesaria implicación de todo el *staff* técnico del CSN desde la elaboración de un informe parcial de valoración hasta la aprobación de los informes finales por el comité Esfuc.

– Categorizar el comportamiento de la central en las áreas en las que se disponga de la información adecuada, que posteriormente podrá ser utilizada como referencia.

– Obtener lecciones aprendidas para futuras aplicaciones y considerar la viabilidad y fiabilidad de este tipo de programas de actuación.

3. Criterios para la aplicación del programa Esfuc

La valoración del funcionamiento de la instalación se ha llevado a cabo mediante el uso de unos determinados criterios de evaluación. Dichos criterios proporcionan una guía que permite categorizar el funcionamiento de la instalación una vez aplicados a cada área funcional.

Para conseguir que la valoración de la explotación sea consistente, cada criterio de evaluación lleva asociada una serie de atributos, los cuales describen las características aplicables a las tres categorías en que pueden ser encuadrada cada área funcional.

No todos los atributos asociados a un criterio de evaluación son necesariamente aplicables a todas las instalaciones durante el periodo de desarrollo del Esfuc. Así, por

ejemplo, las inspecciones efectuadas dentro de un área funcional determinada pueden no permitir, por ser insuficientes, una valoración de determinados atributos. Sin embargo, el criterio de evaluación sí debe ser considerado en la evaluación de cada una de las áreas funcionales.

Aunque el programa Esfuc está basado fundamentalmente en las informaciones obtenidas mediante inspecciones, a la hora de realizar los informes se ha analizado toda la información disponible por el personal técnico, sopesando su importancia en cada caso. Cuando la información disponible era escasa no se ha procedido a efectuar ninguna categorización de la evaluación.

Los criterios de evaluación que hay que tener en cuenta a la hora de realizar las valoraciones son los siguientes:

– Compromiso e intervención de la dirección en la mejora de la calidad del funcionamiento de la central.

– Capacidad de autoevaluación del explotador.

– Aproximación a la resolución de los temas técnicos desde el punto de vista de la seguridad y efectividad de las acciones correctoras.

– Incidencias operativas.

– Plantilla y recursos humanos de la organización.

– Efectividad del programa de formación y cualificación del personal.

– Historial de sanciones, violaciones de normas o condiciones de seguridad.

La guía para la evaluación sistemática del funcionamiento de las centrales nucleares, aprobada por la Dirección Técnica del CSN en enero de 1996, establece en sus anexos la aplicación práctica de los atributos asociados a cada criterio de evaluación y proporciona una ayuda para los técnicos del CSN de cara a entender y evaluar el funcionamiento de la central y de la organización del explotador, identificando las causas y factores asociados con las categorías 1, 2 y 3.

El programa Esfuc en ningún caso ha pretendido que la evaluación de estos atributos modifique los programas de inspección del CSN ni que se realicen inspecciones específicas para evaluarlos. No obstante, el que los inspectores observen los mencionados atributos en relación con el área funcional correspondiente durante el desarrollo de la inspección ha obligado a que durante la preparación y realización de las inspecciones se hayan tenido en cuenta de forma sistemática actividades y actitudes del titular que pueden afectar al área concreta objeto de la inspección.

No hay que olvidar que, tal y como se han definido las categorías, la categoría 1 supone que a la atención y el compromiso de la dirección esta fuertemente orientada hacia la seguridad nuclear y los recursos asignados son amplios y se utilizan con efectividad. Por el contrario, la categoría 3 supondría que la atención y el compromiso de

la dirección es aceptable y tiene en cuenta la seguridad nuclear, si bien son débilmente evidentes y los recursos asignados por la dirección no son los adecuados o no son utilizados con efectividad.

Esta visión global y sistemática de la capacidad y actitud de los titulares frente a las áreas concretas inspeccionadas o analizadas es lo que ha supuesto la principal novedad y valor añadido del programa sobre las actuaciones habituales del CSN.

Asimismo, y considerando que las actas de inspección son documentos en los que sólo deben reflejarse hechos y comprobaciones físicas o documentales realizadas por los inspectores, ha sido necesario elaborar unos formatos específicos independientes de las actas, donde los inspectores han reflejado sus valoraciones y evaluaciones basadas en las comprobaciones realizadas, pero con una óptica mucho más amplia.

El grado de subjetividad que pueden tener estas valoraciones es la principal crítica que se le puede hacer al programa y el punto que más atención requiere por parte de todas las personas responsables del seguimiento del mismo. La objetividad en las valoraciones y la aplicación de criterios sencillos y homogéneos por parte de los técnicos es lo que da fiabilidad y consistencia al programa y es el principal objetivo para todas las futuras aplicaciones.

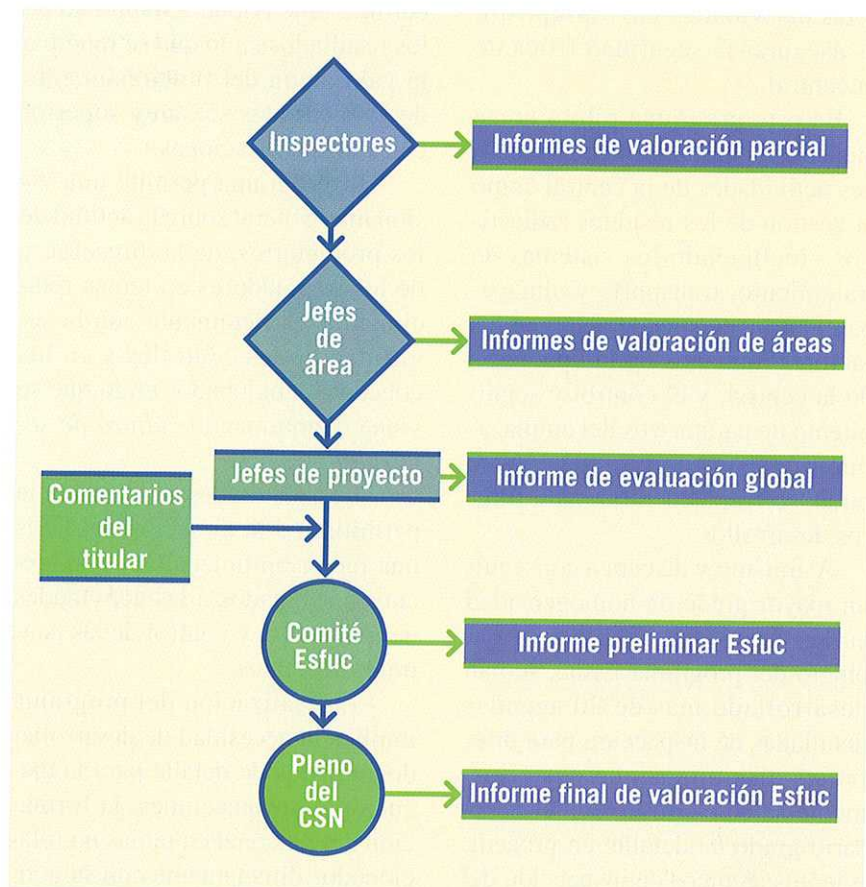
4. Desarrollo del programa piloto

El programa piloto tuvo lugar entre el 1 de enero de 1996 y el 31 de marzo de 1997 en lo que se refiere al análisis de las actividades de las centrales y a la elaboración de los informes de valoración parciales por los diferentes técnicos del CSN involucrados en el mismo.

A continuación, tal y como establece la guía, se realizaron los informes de los responsables de cada área de evaluación para cada central nuclear, en los casos en que se disponía de información suficiente y los informes finales para cada central, elaborados por los jefes de proyecto en base a los informes de cada área. Una vez revisados los informes finales por el Comité Esfuc fueron remitidos al Pleno del Consejo para su conocimiento, junto con un análisis sobre las lecciones aprendidas durante el proyecto piloto y las propuestas para futuros desarrollos, finalizando este proceso en julio de 1997.

Durante el programa piloto se han realizado 85 informes parciales de valoración por inspectores del CSN en base a 65 actas de inspección analizadas.

En lo que se refiere al área de operación, para la elaboración de los informes han participado al menos dos inspectores residentes y, en algún caso, hasta cuatro, lo que ha servido para que cada uno pudiera realizar la inspección, al menos, a una central diferente de la que está asignado.



► **Figura 2.** Proceso global de evaluación del programa Esfuc.

► **Tabla 1. Elementos necesarios para una calificación excelente.**

- La dedicación prestada y los compromisos adquiridos por la dirección han sido rigurosamente orientados hacia la seguridad nuclear y la protección radiológica.
- Los programas y procedimientos proporcionan controles efectivos.
- Los esfuerzos de autoevaluación han sido muy eficaces en la identificación de problemas potenciales.
- Las acciones correctoras adoptadas han sido técnicamente muy sólidas.
- Las técnicas de resolución de problemas han permitido eliminar los problemas repetitivos.
- Los análisis causa-raíz se realizan con efectividad y profundidad.

Se han elaborado informes Esfuc para todas las centrales, si bien algún área de alguna central no se ha valorado por no disponer de la suficiente información de la forma en que la requiere el programa Esfuc.

Las áreas funcionales que han sido objeto de análisis durante este programa piloto han sido las siguientes:

– Operación. Comprende principalmente el control y ejecución de las actividades directamente relacionadas con la operación desde sala de control y con la formación y reentrenamiento del personal con licencia.

– Mantenimiento y vigilancia. Incluye todas las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo correspondientes a sistemas mecánicos, eléctricos y de instrumentación y control, así como las pruebas de vigilancia periódica y la inspección en servicio.

– Ingeniería y apoyo técnico. Comprende básicamente todas las actividades relacionadas con la evaluación continua del funcionamiento de los sistemas de la central, los análisis de las modificaciones de diseño que lo requieran, los análisis de los incidentes operativos, el soporte técnico para los análisis del núcleo y gestión del combustible, garantía de calidad y actividades relacionadas en general con el licenciamiento.

– Protección radiológica. Comprende las actividades para

el control radiológico de los trabajadores, el público y el medio ambiente, así como el control de efluentes.

– Preparación para emergencias, sabotajes e incendios. Comprende todas las actividades programadas para la prevención y protección contra incendios, las actividades relacionadas con el plan de emergencia interior y los procedimientos que lo desarrollan y las actividades cuyo propósito es asegurar la seguridad física de la central.

En este programa piloto no se han considerado por diversas razones actividades de la central como la gestión de los residuos radiactivos –incluyendo los sistemas de tratamiento, transporte y almacenamiento–, la consideración de los factores humanos en la operación de la central, y el control y seguimiento de parámetros del emplazamiento. Estas actividades, entre otras, se reconsiderarán para futuros desarrollos.

Asimismo y de cara a conseguir un mayor grado de homogeneidad en las actividades de inspección, objeto del programa Esfuc, se han desarrollado más de 20 agendas detalladas de inspección para diferentes disciplinas que posteriormente se convertirán, con el necesario grado de detalle, en procedimientos técnicos de inspección del CSN con sus correspondientes listas de chequeo.

El programa Esfuc ha involucrado a diferentes áreas de las cuatro subdirecciones con funciones relacionadas con las centrales nucleares, a la Oficina de Emergencias y a la Oficina de Inspección como coordinadora del mismo, por lo que puede decirse que el nivel de participación del personal técnico del CSN ha sido muy alto.

A la hora de valorar los resultados obtenidos es fundamental referirse a los objetivos que se perseguían de forma prioritaria con el mismo. Considerando éstos, de los resultados del programa puede concluirse lo siguiente:

– El programa Esfuc ha sido considerado una herramienta útil como fuente de información sistemática sobre el funcionamiento de las centrales nucleares por todas las unidades organizativas que han participado en el mismo.

– Las lecciones aprendidas durante el desarrollo del programa van a permitir que el grado de cobertura, objetividad y fiabilidad de los resultados en lo que se refiere a la valoración del funcionamiento de las centrales sea muy superior en futuras aplicaciones.

– El programa permite una visión más general sobre la actitud de los propietarios, de la dirección y de los trabajadores en temas relacionados estrictamente con la seguridad de las centrales y en los conceptos englobados en lo que se viene denominando *cultura de seguridad*.

– Los resultados del programa permitirán a la dirección del CSN una mejor optimización de los recursos asignados a las actividades de inspección y control de las centrales nucleares.

– La realización del programa implica la necesidad de desarrollar documentos de detalle para la ejecución de inspecciones, la formación del personal en temas no relacionados directamente con su actividad específica y, en general, favorece la consistencia de los pro-

gramas de inspección del CSN y su implicación directa con los procesos de licenciamiento.

Es fundamental para la buena marcha de estos procesos que sus resultados se utilicen exclusivamente para los fines previstos, por lo que para futuros programas habrá que considerar cuidadosamente las interfases con los propietarios de las centrales y el público en general.

5. Futuros desarrollos

A la vista de los resultados obtenidos con el programa piloto, el Pleno del CSN ha acordado proseguir con futuros desarrollos del mismo.

El siguiente periodo a tener en cuenta para la evaluación del funcionamiento de las centrales se inicia a partir del 1 de enero de 1998, extendiendo el tiempo de análisis entre 15 y 18 meses, de forma que en el mismo se incluya para cada central al

menos una parada para recarga.

Para el inicio de este nuevo periodo ya han sido revisados los documentos básicos en los que se basa el programa, aportando a esta revisión las lecciones aprendidas en el proyecto piloto.

Finalmente, se ha decidido que, una vez terminado el periodo piloto, los informes finales que se generen en el futuro para cada central podrán ser comentados por las empresas propietarias antes de enviarlos al Pleno del Consejo.

Por otra parte, en el seno del Working Group on Inspection Practices del CNRA (Committee on Nuclear Regulatory Activities) se está trabajando en el intercambio de experiencias entre los países miembros sobre desarrollos y aplicaciones en la denominada *evaluación combinada*.

El CSN, que participa en el

WGIP, ya tiene operativas en este momento dos herramientas enfocadas a sistematizar las actividades de evaluación del funcionamiento de las centrales nucleares, como son el programa de indicadores de funcionamiento y el programa Esfuc. Estas herramientas contribuirán a dar una visión global y objetiva del funcionamiento de las centrales y a sistematizar las actividades de inspección y control del CSN, optimizar sus esfuerzos y encuadrarlas de una manera más adecuada en las actividades globales de licenciamiento, como una ayuda significativa para la toma de decisiones.

En la actualidad tanto el CNRA como la mayor parte de los países miembros están muy interesados en profundizar en desarrollos integrados de este tipo y se esperan avances significativos a corto y medio plazo. ☞

La optimización del mantenimiento en centrales nucleares mediante algoritmos genéticos

Establecer tareas adecuadas de mantenimiento programado lleva a la optimización de la fiabilidad de los sistemas de seguridad de las centrales nucleares.

El artículo aborda esta cuestión,

intentando acometer un proceso de optimización global de la disponibilidad de componentes y sistemas de seguridad mediante el uso de algoritmos genéticos.

1. Introducción

A la creciente demanda social del incremento de la seguridad en los países industrializados se une la necesidad de incrementar la competitividad de las empresas a través de la imposición, cada vez con menos restricciones, de las leyes del mercado.

Estos dos vectores, que en ocasiones pueden parecer contrapuestos, reafirman la necesidad de introducir técnicas de optimización que, por su complejidad, reclamen, a su vez, métodos matemáticos novedosos que los hagan viables.

Un caso concreto en donde se presentan magnificadas las circunstancias anteriormente apuntadas lo constituyen las centrales nucleares, a las que, tras el accidente de Chernóbil, se les exigen aún mayores niveles de seguridad, pero a la vez se desregula el mercado de generación de energía eléctrica

en el que la competencia se exige básicamente como directora del mercado.

En este contexto cobran extraordinaria importancia las técnicas de optimización de recursos que permitan obtener unos determinados niveles de seguridad con los mínimos recursos. Para aumentar la seguridad de las instalaciones nucleares se enfoca, entre otros, el objetivo de aumentar la fiabilidad de los sistemas que tienen funciones de seguridad.

Para aumentar dicha fiabilidad han sido propuestas varias alternativas, tales como:

- Aumentar la fiabilidad de los componentes que constituyen dichos sistemas.
- Introducir redundancias.

En el primer caso las actuaciones se centran en:

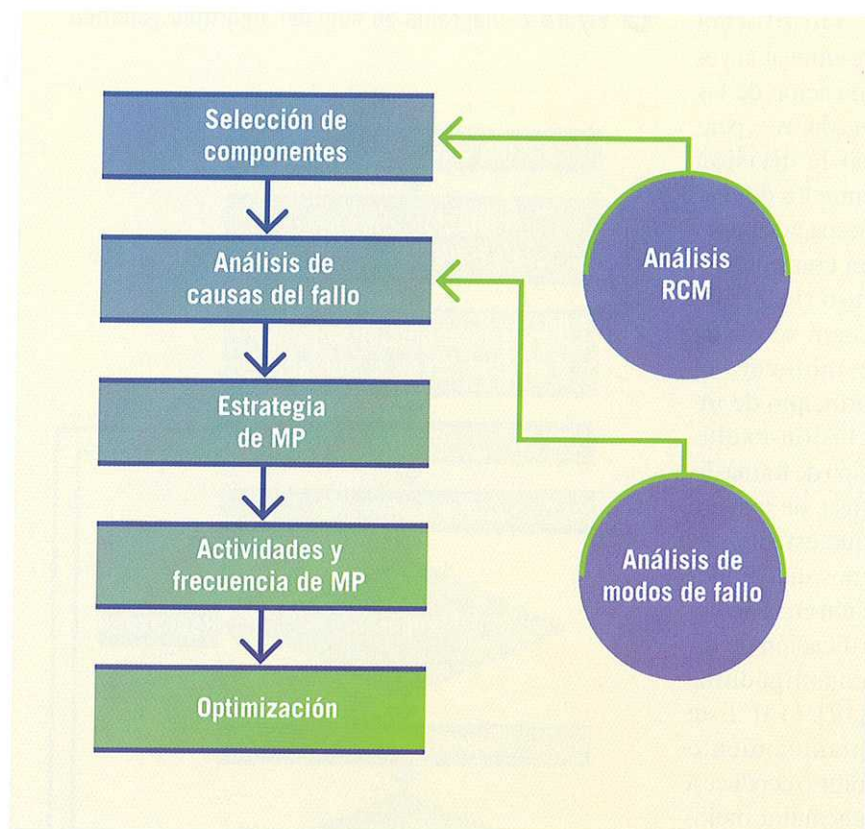
- El diseño del sistema.
- Las tareas de mantenimiento programado (MP) aplicadas sobre el sistema, teniendo en cuenta no sólo la incorporación sucesiva de técnicas más acordes y efectivas, sino también su correcta aplicación respecto al procedimiento y frecuencia.

Precisamente en esta línea se centra este artículo, en el que se tratará la optimización de la fiabilidad de componentes y sistemas a través del aumento de nuestra capacidad para evitar el fallo mediante el establecimiento de tareas de MP adecuadas. Para ello se recogerá el trabajo realizado en [1] y, tomándolo como punto de partida, se intentará acometer un proceso de optimización global sobre variables discretas que representarán los periodos de MP mediante el uso de algoritmos genéticos.

Para determinar de forma cuantitativa cómo las tareas de MP se reflejan en la fiabilidad del componente, modelos dependientes de la edad para determinar el riesgo y los costes económicos asociados han sido desarrollados [2], [3] y [4]. En ellos se considera explícitamente cómo dichas tareas de MP afectan a la edad del componente en función de la efectividad del mantenimiento.

Todos estos modelos están basados en parámetros de fiabilidad como la probabilidad de fallo por demanda, la tasa de fallos en espera, el factor de envejecimiento y la tasa de degradación. Dichos modelos

* Aureli Muñoz, Sebastián Martorell y Vicente Serradell son miembros del Departamento de Ingeniería Química y Nuclear de la Universidad Politécnica de Valencia.



► Figura 1. Procedimiento de análisis seguido.

ser llevado a cabo individualmente para cada componente [8] o de forma global para un sistema o la planta entera [5], [11].

El problema surge cuando se desea no sólo realizar una planificación de estrategias de MP mediante la selección de varias de ellas, sino optimizar dicha selección, es decir, se desea una estrategia que introduzca el mínimo coste a la central nuclear y, además, que esto sea conseguido dentro de unas ciertas condiciones limitantes respecto al riesgo que ello supone. Un caso equivalente que plantea un problema de la misma dificultad es el pretender obtener el mínimo riesgo manteniendo el coste bajo unos límites razonables.

Además, normalmente se tienen varias tareas posibles a aplicar, pero tan sólo un reducido número de ellas son requeridas para cubrir todas las causas de fallo dominantes de los componentes críticos de un sistema [8]. La elección de ese conjunto necesario para cubrir todas las causas de fallo dominantes constituye el proceso de integración de tareas.

Teniendo en cuenta el modo en que las actividades de MP son llevadas a cabo en una planta, es muy importante considerar que, en primer lugar, los periodos de MP normalmente toman valores tipificados debido a consideraciones prácticas de planificación –por ejemplo, un día, un mes, tres meses, un año y así sucesivamente–, permitiendo algún margen de tolerancia antes o después de la fecha prevista. Esto constituye una ligadura discreta sobre los valores que pueden tomar las variables independientes del problema, es decir, los periodos de MP.

En segundo lugar, normalmente varios componentes son revisados en la misma actividad de mantenimiento. Además, muchas veces va-

resultan de gran importancia en el proceso de mejora de las estrategias de mantenimiento, particularmente en la metodología del mantenimiento centrado en la fiabilidad. Asimismo, son aplicables a los actuales objetivos de optimización de las centrales nucleares y constituyen una valiosa herramienta para la aplicación de la *maintenance rule*.

2. Dificultades de la optimización

Aunque la metodología a desarrollar será de aplicación general, si se considera el caso de una central nuclear resulta que en ella es imperativo conocer y aumentar, tanto como sea posible, las condiciones de disponibilidad de sus sistemas de seguridad, los cuales están usualmente en espera y preparados para actuar bajo demanda. La metodología para la cuantificación de dicha disponibilidad está basada en modelos dependientes de la edad de sus componentes, donde consideramos explícitamente los efectos que sobre la indisponibilidad tienen las actividades de MP sobre los mismos [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9].

Por otro lado, existen muchas propuestas para la asignación de tareas de MP basadas tan sólo en la optimización de la relación entre sus efectos positivos y negativos, minimizando de este modo la indisponibilidad o, lo que es lo mismo, maximizando la disponibilidad y, en consecuencia, reduciendo el riesgo.

Sin embargo, las tareas de MP implican un coste asociado, del mismo modo que los fallos lo tienen y, puesto que los recursos son limitados, el objetivo es asignar las tareas precisas con la mejor frecuencia. El procedimiento utilizado siempre parte de la selección de componentes cuya frecuencia de MP debe ser revisada [10] (figura 1).

El siguiente paso consiste en el análisis individual de las causas de fallo dominantes para cada uno de los componentes seleccionados para así determinar sobre ellos una apropiada política o estrategia de MP [8]. Después de ello, el siguiente paso consiste en el establecimiento del tipo de actividades de MP y su frecuencia para atacar tales causas. Este último paso puede

rias actividades de MP son unificadas a una única actividad, que las realiza todas ellas simultáneamente. En otros casos, actividades simultáneas no son deseadas y, entonces, a pesar de tomar el mismo periodo, son realizadas de forma secuencial o escalonada. Este hecho suele tener su origen en razones prácticas de los grupos de trabajo en una planta o en economías de escala [11].

Cuando un mismo componente está sometido a varias tareas de MP hay varias variables independientes, cada una de ellas correspondiente a un periodo de cada tarea, y, en consecuencia, las ecuaciones de fiabilidad se convierten claramente en multimodales, es decir, presentan varios óptimos. Por otro lado, el problema de optimización puede complicarse aún más ya que es posible imponer sólo un conjunto discreto de valores posibles para cada periodo.

2.1. Ligaduras

La imposición de restricciones al problema de optimización puede hacerse de dos maneras:

- Sobre las funciones objetivo.
- Sobre los valores que las variables independientes en esas funciones pueden tomar, es decir, sobre los periodos de MP.

En el primer caso, se aplican las ligaduras sobre una de las dos funciones objetivo. Si seleccionamos como función objetivo el riesgo, entonces la restricción se impone sobre el valor máximo que el coste correspondiente puede tomar. Análogamente, si la función objetivo que tomamos es el coste, entonces la ligadura se establece imponiendo el valor máximo que el riesgo puede alcanzar.

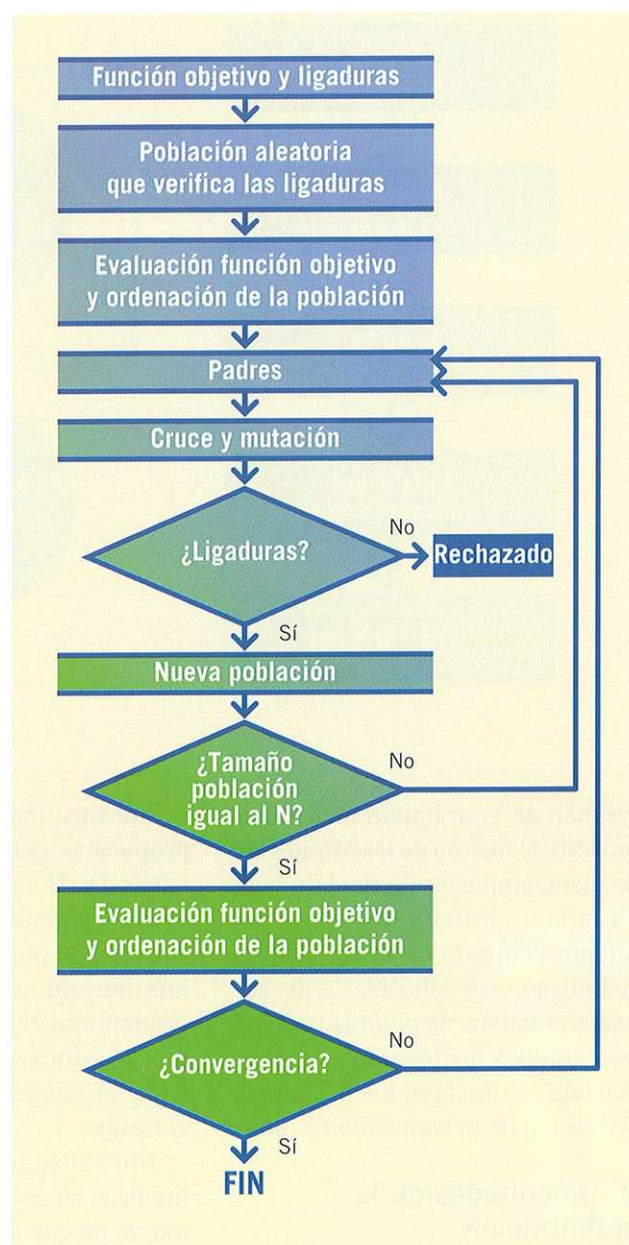
Pero esta ligadura puede, a su vez, imponerse de dos formas distintas. Por un lado, tenemos la forma clásica en la que el espacio de valores posibles es dividido en dos subespacios diferentes, uno de valores permitidos y otro de prohibidos. Este punto de vista es denominado *crisp* [12].

Otra forma de enfocar la verificación de las ligaduras es pensar la división entre los dos subespacios como un concepto difuso (*fuzzy*), es decir, se puede establecer el principio de inclusión-exclusión de forma difusa, de manera que establezcamos una gradación en la no verificación de dichas ligaduras [12], [13]. Este planteamiento difuso conduce a encontrar mejores resultados que el planteamiento *crisp*, ya que permite considerar puntos que después de varias iteraciones sucesivas podrían introducir importante información que, de otro modo, se perdería. Incluso brinda la posibilidad de que una ligera violación de las ligaduras permitiera, si fuera el caso, obtener un óptimo global mejorado.

En segundo lugar, ambas funciones objetivo, riesgo y coste, dependen de variables independientes tomadas para la optimización, como por ejemplo los intervalos de MP. Por lo tanto, se pueden también imponer ligaduras sobre los valores que estas variables pueden tomar, por ejemplo, el tomar valores tipificados representando múltiplos de días, meses y así sucesivamente.

Además, también se puede imponer como restricción sobre las

Figura 2. Diagrama de flujo del algoritmo genético.

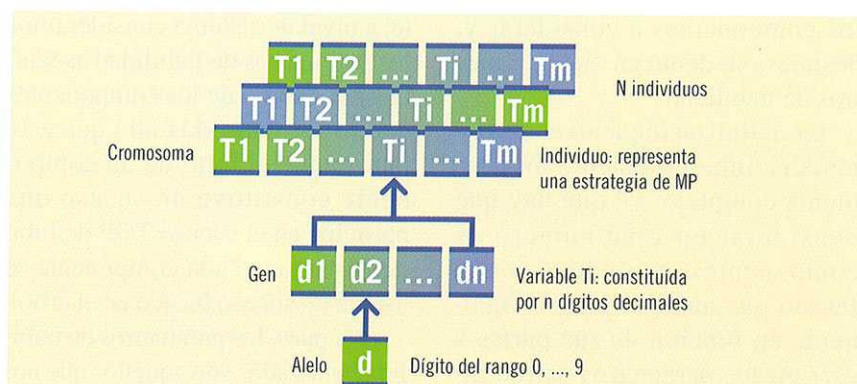


variables anteriores la forma en que actividades de MP son llevadas a cabo, de forma que si realizamos varias actividades simultáneamente, secuencial o escalonadamente, estamos unificando su periodicidad, con lo cual obtenemos grupos de variables independientes que toman el mismo valor.

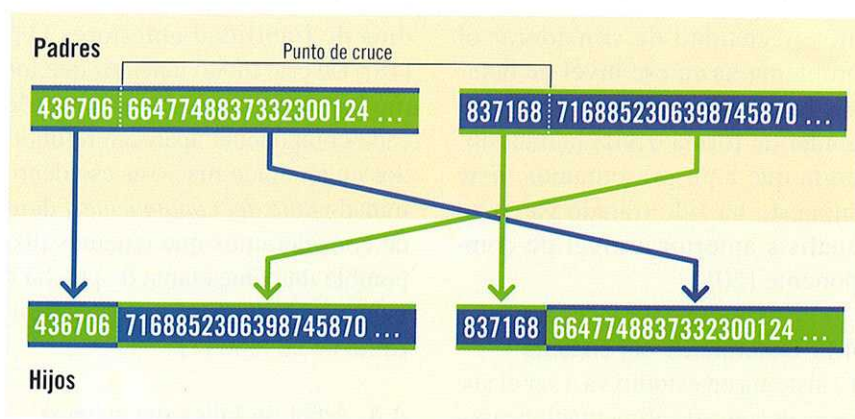
3. Los algoritmos genéticos como método de optimización

Puesto que las ecuaciones a optimizar son funciones multimodales discontinuas y, por otro lado, se desea

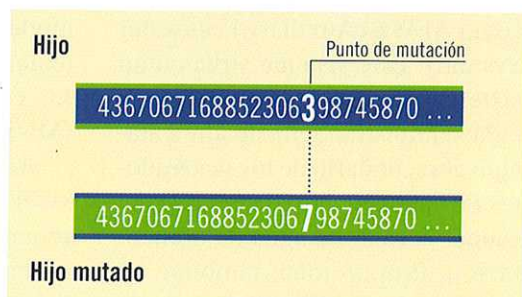
► Figura 3. Codificación de los elementos básicos del algoritmo genético: alelo, gen y cromosoma.



► Figura 4. Proceso de cruce implementado por el algoritmo.



► Figura 5. Proceso de mutación implementado por el algoritmo.



obtener un óptimo global, este tipo de problemas empujaron a la búsqueda de métodos de optimización robustos. Se encuentran en la literatura abundantes ejemplos sobre una metodología heurística en la búsqueda de óptimos globales [14], [15]. Dichos métodos están basados en los procesos de reproducción y evolución de los seres vivos –donde la mejora que generación tras generación se va obteniendo nos conduce a encontrar un óptimo global– y se denominan algoritmos genéticos.

Los algoritmos genéticos son métodos adaptativos que utilizan la

información procedente del muestreo de iteraciones anteriores para guiar la selección de la muestra actual. Iteración tras iteración mantienen una colección de soluciones que son ordenadas según su calidad respecto a la función objetivo y se utiliza un proceso de competencia entre esas soluciones para ser seleccionadas para producir otras en subsecuentes iteraciones (figura 2).

Además, los algoritmos genéticos son unos algoritmos heurísticos cuyos parámetros deben ser ajustados a cada problema en cuestión, donde una de sus principales ventajas es

que no es necesario el conocimiento de las derivadas de la función objetivo, lo cual implica que dicho método puede ser muy apropiado en casos donde o bien tenemos una función discontinua o bien el cálculo de derivadas de la función sea una tarea de grandes dimensiones.

Otra característica importante de los algoritmos genéticos es que no trabajan con un solo punto en cada iteración, como hacen los métodos de búsqueda local, sino que se parte de una población inicial uniformemente distribuida de forma aleatoria por todo el espacio de búsqueda. El algoritmo genético utiliza el conocimiento global de todo ese espacio para guiar la búsqueda de la solución global hacia subespacios útiles. Así pues, inherentemente, el algoritmo genético posee características de búsqueda en paralelo y la capacidad para encontrar óptimos globales [17].

Los experimentos realizados con este tipo de algoritmos [16], [17] muestran que los resultados que se obtienen en la consecución del óptimo global son suficientemente acertados y se obtienen además en un tiempo de cómputo razonable en comparación directa con otros métodos heurísticos o deterministas [14].

3.1. Analogía biológica

Los algoritmos genéticos están basados en los procesos seguidos por los genes de los organismos en su reproducción y evolución a través de generaciones. De este modo, tenemos una población inicial de individuos donde cada uno representa una solución al problema. Estos individuos vienen caracterizados por un cromosoma que contiene información codificada de la función a optimizar (figura 3).

Del mismo modo que los organismos biológicos compiten por el alimento y el apareamiento, de forma que los mejores obtienen más alimento y más posibilidades de apareamiento, los algoritmos genéticos trabajan con individuos de la población definida por nosotros y que

es implementada de forma aleatoria. Así pues, sólo aquellos individuos que representan las mejores soluciones prevalecerán en las subsiguientes generaciones a través del operador de cruce (figura 4, en la página anterior) y, por lo tanto, su información genética se irá transmitiendo a través de ellas. Por otro lado, aquellos individuos que constituyen las peores soluciones son eliminados.

Como en la vida real, se introduce el proceso de la mutación (figura 5, en la página anterior) sobre los genes de los cromosomas. Este hecho nos permite observar una pequeña actividad de búsqueda azarosa, lo cual permite dar saltos en la evolución si dicha mutación conlleva buenos resultados.

Con el operador de cruce se explota la información de iteraciones precedentes, es decir, la información obtenida de puntos ya visitados para guiar la subsiguiente búsqueda, mientras que con el operador de mutación exploramos directamente nuevos puntos sobre áreas desconocidas del espacio de búsqueda, lejos del subespacio actual.

Por otro lado, al diseñar un algoritmo genético es muy importante utilizarlo previamente sobre funciones de prueba reconocidas en la literatura como suficientemente complejas para la búsqueda del óptimo global y afinar los parámetros del algoritmo, a saber, la probabilidad de mutación y el tamaño de la población inicial, para que éste funcione de forma satisfactoria en cuanto a la precisión y el tiempo de computación. Una de las más usualmente utilizadas es la función de Rastrigin, la cual es una función escalable, continua y multimodal, que posee óptimos locales distintos aproximadamente localizados en valores enteros de las coordenadas pero un único óptimo global [16].

4. Optimización a nivel de sistema

4.1. Recolección de datos

La recolección de datos se realiza acorde a la descripción de los com-

ponentes que constituyen el sistema en estudio. De este modo, primero estudiamos la descripción de los componentes a considerar y, después, se deducen sus parámetros de fiabilidad.

La optimización a nivel de sistema es inherentemente un problema complejo, ya que hay que considerar un gran número de componentes simultáneamente. Puesto que analizar cada componente en función de sus partes y escribir los parámetros de fiabilidad en función de estos y de sus causas de fallo es un razonamiento totalmente válido, si tuviéramos necesidad de considerar el problema hasta ese nivel de detalle, bastaría simplemente con extender de forma trivial la metodología que aquí presentamos. Este supuesto ha sido tratado ya en un análisis anterior a nivel de componente [20].

4.2. Descripción del sistema

El sistema en estudio va a ser el sistema de agua de alimentación auxiliar (SAAA) [1] también conocido como AFWS (Auxiliary Feedwater System). Este sistema sirve como sistema de reserva y emergencia para suministrar agua de alimentación al secundario de los generadores de vapor en caso de pérdida del caudal normal de agua de alimentación. Proporciona, también, un camino alternativo al sistema de agua de alimentación principal (como medio de disipación de calor sensible y residual del núcleo) durante las operaciones de parada caliente normal, enfriamiento y arranque.

Mediante su función, el sistema evita el daño en el núcleo en caso de transitorios tales como pérdida de energía eléctrica exterior coincidente con disparo del reactor o accidentes tales como roturas de tubería del secundario. Este sistema se considera en las especificaciones técnicas de la central nuclear como salvaguardia tecnológica.

4.3. Determinación de parámetros de fiabilidad

Como se ha indicado anteriormente, a nivel de sistema consideramos los parámetros de fiabilidad asociados a cada uno de los componentes que lo forman. Más allá que eso, puesto que el fallo de un componente constituye un suceso que participa en el suceso TOP de fallo del sistema, a cada componente se asocia un suceso básico en el árbol.

Así pues, los parámetros de fiabilidad utilizados son aquellos que nos permiten la cuantificación de los sucesos básicos. Dichos parámetros de fiabilidad han sido extraídos de estudios de fiabilidad anteriores [1], [18]. De este modo tenemos que los modos de fallo independientes de cada componente aparecen refundidos en un único macrosuceso denominado *fallo del componente* y donde consideramos que tenemos disponible una única tarea de prueba o mantenimiento para evitar el desarrollo de tal fallo [1].

4.4. Árbol de fallos del sistema

A partir de aquí, el primer paso es modelizar el árbol de fallos del sistema SAAA, para después calcular los conjuntos mínimos de corte (MCS) resultantes.

Así pues, se construye y resuelve el árbol de fallos del SAAA ante cada suceso iniciador que requiera una configuración distinta del mismo. Estos árboles de fallo han sido adaptados del elaborado para una planta PWR concreta [19]. Cada uno de los árboles de fallo considerados contiene los modos de fallo de los componentes del sistema frontal y los de los sistemas soporte que están actuando.

Cuando se estudian separadamente los árboles de fallo de los sistemas soporte, se extraen directamente del árbol principal anterior. Todos los árboles de fallo han sido considerados estáticos [1]. Resolvemos el árbol de fallos una vez que hemos asignado a cada suceso básico los valores de sus parámetros de fiabilidad, los cuales han

► Tabla 1. Grupos de componentes del sistema SAAA.

Grupo	T _{ini}	Componentes agrupados
1	0	9,26,42,43,46,51,69,70,71,80,91
2	2.232	6,7,10,11,12,15,16,25,30,31,32,74,75,82,83,84,93,94,95
3	744	4,5,13,14,22,27,28,29,33,34,41,44,45,47,48,49,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,72,73,76,77,78,79,81,85,86,89,90,92,96,97
4	2.232	35
5	2.232	1,2,3
6	744	8,38
7	168	18,23,36
8	744	19,20,21,37,39,40
9	168	17,87,88
10	744	24

► Tabla 2. Resultados de la optimización respecto a la indisponibilidad de las estrategias de MP para el sistema SAAA.

	C _{lig}	C _{ver}	ΔC [%]	Q _{ini}	Q _{opt}	ΔQ [%]
k=1	6.026,03	6.020,82	-0,086	7,787e ⁻⁴	9,419e ⁻⁵	-87,90
k=3	6.026,03	6.024,18	-0,031	7,787e ⁻⁴	1,804e ⁻⁴	-76,83
k=6	6.026,03	6.023,31	-0,045	7,787e ⁻⁴	3,846e ⁻⁵	-50,61

► Tabla 3. Valores de los periodos después de la optimización respecto a la indisponibilidad de las estrategias de MP para el sistema SAAA.

Grupo	L [h]	T _{ini} [h]	T _{opt} [h] k=1	T _{opt} [h] k=3	T _{opt} [h] k=6
1	3.600	0	0	0	0
2	3.600	2.232	240	720	1.440
3	3.600	744	240	240	240
4	3.600	2.232	240	720	1.440
5	3.600	2.232	240	720	1.440
6	3.600	744	192	168	192
7	28.800	168	168	168	168
8	3.600	744	2.496	2.472	2.472
9	5.040	168	192	192	192
10	7.920	744	2.568	2.568	2.544

sido extraídos de estudios procedentes de [1], [18].

La resolución del árbol de fallos del SAAA para el suceso iniciador de pérdida de potencia externa la realizamos con la herramienta FTREE, desarrollada en el Departamento de Ingeniería Química y Nuclear de la Universidad Politécnica de Valencia. Se obtienen como resultado 2.805 conjuntos mínimos de corte donde el orden máximo es cinco, es decir, el suceso TOP se produce por la acción simultánea de cinco sucesos básicos o menos. El número de sucesos básicos que han contribuido a este resultado es de 97.

4.5. Modelo de cuantificación a nivel de sistema

El punto de partida para la cuantificación son los MCS del sistema en función de los parámetros de fiabilidad de los componentes que constituyen el sistema en estudio. De este modo, se deriva la correspondiente ecuación para el riesgo, la cual es aproximada por la medida de la indisponibilidad media del sistema [2].

El problema de optimización de la fiabilidad del sistema SAAA se enfoca suponiendo que los componentes del sistema están sometidos a una estrategia de MP donde siempre, tras cada mantenimiento, se comprueba que el componente no esté fallado. También consideramos que el mantenimiento no introduce efectos de degradación sobre el componente y que el modelo de envejecimiento es lineal.

Los 97 componentes considerados (97 sucesos básicos) quedan agrupados en la tabla 1 dependiendo de su clasificación dentro de los sistemas frontales y soporte del propio sistema SAAA [1], así como de su periodo inicial que correspondía exclusivamente a la realización de pruebas de vigilancia requeridas por las especificaciones técnicas de funcionamiento (ETF) [1].

El hecho de agrupar componentes implica que en un mismo grupo éstos están sometidos a una misma estrategia de actividades de MP, ya

sea simultánea, secuencial o escalonada, de manera que su periodicidad debe mantenerse por igual para todos los componentes dentro de un mismo grupo después de la optimización.

4.6. Optimización de intervalos de MP

Se toman como intervalos iniciales los propuestos en [1]. Inicialmente hay 97 intervalos correspondientes a otras tantas tareas de MP sobre el sistema, que son distribuidos en 10 grupos que realizan el mantenimiento con la misma estrategia, simultánea, secuencial o escalonada, para los elementos de un mismo grupo, tal como aparece en la tabla 1.

Las ligaduras impuestas en todos los casos son:

- Los intervalos deben ser números enteros múltiplos de 24 horas (1 día).

- Imponemos una cota inferior al valor del periodo de la actividad de MP donde el valor mínimo de cualquier intervalo debe ser mayor o igual a 168 horas (7 días).

- Los intervalos deben estar agrupados en 10 grupos diferentes.

- Los intervalos no deben tomar valores que excedan el intervalo de renovación de cada componente, L .

- La ligadura utilizada, ya sea riesgo o coste, no se debe exceder en un valor límite dentro de un margen de tolerancia establecido de forma difusa alrededor del 10% de su valor inicial.

- Existe una relación entre los periodos de MP de los grupos 2 a 5 [1]: $T_2 = k T_3$, $T_4 = k T_3$, $T_5 = k T_3$.

Respecto a la indisponibilidad

Resolviendo el árbol de fallos y calculando el valor de la indisponibilidad con los actuales intervalos de MP obtenemos que la indisponibilidad inicial para el sistema SAAA es $Q_{ini} = 7,787e^{-4}$, con un coste inicial que imponemos como ligadura a verificar de $C_{lig} = 6.026,03$ \$ por año. El parámetro k de la ligadura entre los periodos de MP de los grupos 2 a

► **Tabla 4. Resultados de la optimización respecto al coste de las estrategias de MP para el sistema SAAA.**

	C_{lig}	C_{ver}	ΔC [%]	Q_{ini}	Q_{opt}	ΔQ [%]
$k=1$	6.026,03	3.377,33	-43,95	$7,787e^{-4}$	$7,793e^{-4}$	0,082
$k=3$	6.026,03	4.056,27	-32,69	$7,787e^{-4}$	$7,788e^{-4}$	0,023
$k=6$	6.026,03	4.885,40	-18,93	$7,787e^{-4}$	$7,794e^{-4}$	0,091

► **Tabla 5. Valores de los periodos después de la optimización respecto al coste de las estrategias de MP para el sistema SAAA.**

Grupo	L [h]	T_{ini} [h]	T_{opt} [h] $k=1$	T_{opt} [h] $k=3$	T_{opt} [h] $k=6$
1	3.600	0	0	0	0
2	3.600	2.232	1.464	1.800	2.016
3	3.600	744	1.464	600	336
4	3.600	2.232	1.464	1.800	2.016
5	3.600	2.232	1.464	1.800	2.016
6	3.600	744	2.544	2.544	2.544
7	28.800	168	25.200	25.680	21.600
8	3.600	744	2.544	2.568	2.568
9	5.040	168	336	3.552	336
10	7.920	744	7.704	7.632	7.632

5 tiene un valor inicial de $k = 3$ [1], pero nosotros realizamos el proceso de optimización de todo el sistema para los casos $k = 1, 3, 6$ estudiando de este modo también la sensibilidad respecto a dicho parámetro. En las tablas 2 y 3 presentamos los resultados en detalle.

Se observa que el sistema está claramente no optimizado desde el punto de vista del riesgo para todos los valores de k y que, además, la ligadura impuesta sobre el coste de la optimización es verificado incluso disminuyendo ligeramente. Se observa en todos los casos $k = 1, 3, 6$ que es necesario aumentar la frecuencia de MP sobre los componentes de los sistemas frontales, grupos 2 a 5, mientras que se disminuye o se mantiene constante la frecuencia de los componentes de los sistemas soporte, grupos 1, 6 a 10.

Respecto al coste

Resolviendo el árbol de fallos y calculando el valor del coste con los actuales intervalos de MP, obtenemos que el coste inicial para el sistema SAAA es $C_{ini} = 6.026,03$ \$ por año, con una indisponibilidad inicial que imponemos como ligadura a verificar de $Q_{lig} = 7,787e^{-4}$. El parámetro k de la ligadura entre los periodos de MP de los grupos 2 a 5 tiene un valor inicial de $k = 3$ [1], pero nosotros realizamos el proceso de optimización de todo el sistema para los casos $k = 1, 3, 6$, estudiando de este modo también la sensibilidad respecto a dicho parámetro. En las tablas 4 y 5 presentamos los resultados en detalle.

Se observa que el sistema está claramente no optimizado desde el punto de vista del coste para todos los valores de k y que, además, la ligadura impuesta sobre la indisponibilidad de la optimización es verifi-

cado en un valor ligeramente por encima del valor inicial, siempre dentro del margen de tolerancia.

Se constata que en los casos $k = 3, 6$ es necesario aumentar la frecuencia de MP sobre los componentes de los sistemas frontales mientras que disminuimos la frecuencia de los componentes de los sistemas soporte. En el caso $k = 1$, sin embargo, es compensada la disminución de la frecuencia de parte de los sistemas frontales, grupo 3, con un aumento en los grupos 2, 4 y 5, mientras los sistemas soporte vuelven a disminuir, lo que da idea de que el parámetro k juega un papel importante en el proceso de optimización de este sistema.

5. Conclusiones

El problema de la optimización de la fiabilidad de componentes y sistemas de centrales nucleares puede ser acometido mediante la utilización de modelos de indisponibilidad y coste dependientes explícitamente de la edad del componente, la cual depende, a su vez, de las tareas de MP que se realizan sobre el mismo. Para optimizar dichos modelos, los algoritmos genéticos son un método numérico apropiado que nos permite abordar con éxito los problemas de optimización global de funciones objetivo y ligaduras no lineales sobre espacios discretos.

El proceso de optimización global de estrategias de MP para

todo un sistema, el SAAA, pone de manifiesto que tanto riesgo como coste distan mucho de estar optimizados, lo cual es razonable ya que hasta la fecha no ha sido utilizado ni un modelo de fiabilidad tan preciso ni un método numérico capaz de optimizarlo globalmente. Son estas dos causas las que han implicado los resultados obtenidos.

La extensión de este planteamiento a nivel superior al de sistema o bien a cualquier otro problema de optimización de fiabilidad o, incluso, a cualquier problema de optimización en general, es sencilla a partir de los resultados presentados en este artículo. 

Referencias

- [1] Martorell, S. *Análisis de la interacción entre los requisitos de tiempo máximo permitido de inoperabilidad (AOT) e intervalo entre pruebas de vigilancia (STI) de componentes de sistemas de seguridad de centrales nucleares*. Tesis doctoral. Departamento de Ingeniería Química y Nuclear. Universidad Politécnica de Valencia, 1991.
- [2] Muñoz, A. *Algoritmos genéticos en el cálculo de la optimización de la fiabilidad de componentes y sistemas con ejemplo de aplicación a centrales nucleares*. Tesis doctoral. Departamento de Ingeniería Química y Nuclear. Universidad Politécnica de Valencia, 1997.
- [3] Martorell, S., Muñoz, A., Serradell, V. *Age-dependent models for evaluating risks and costs of surveillance and maintenance of components*. IEEE Transactions on Reliability, 45(3), 433-442, 1996.
- [4] Muñoz, A., Martorell, S., Serradell, V. *General linear and non-linear age-dependent reliability models for components and systems*. Enviado a Reliability Engineering and System Safety, 1997.
- [5] Vaurio, J.K. *Optimization of test and maintenance intervals based on risk and cost*. Reliability Engineering and System Safety, 49(1995), 23-36.
- [6] Hilsmeier, T.A., Aldemir, T., Vesely, W.E. *Time-dependent unavailability of aging standby components based on nuclear plant data*. Reliability Engineering and System Safety, 47(1995), 199-205.
- [7] Radulovich, R.D., Vesely, W.E., Aldemir, T. *Aging effects on time-dependent nuclear plant component unavailability: An investigation of variations from static calculations*. Nuclear Technology, 112(1995), 21-40.
- [8] Martorell, S., Muñoz, A., Serradell, V. *An approach to integrating surveillance and maintenance tasks to prevent the dominant failure causes of critical components*. Reliability Engineering and System Safety, 50(1995), 179-187.
- [9] Kim, I.S., Martorell, S.A., Vesely, W.E., Samanta, P.K. *Risk analysis of surveillance requirements including their adverse effects*. Reliability Engineering and System Safety, 45(1994), 225-234.
- [10] Martorell, S., Serradell, V., Verdú, G. *Safety-related prioritization for reliability centered maintenance purposes based on a plant specific level 1 PSA*. Reliability Engineering and System Safety, 52(1996), 35-44.
- [11] Harunuzzaman, M., Aldemir, T. *Optimization of standby safety system maintenance schedules in nuclear power plants*. Nuclear Technology, 113 (354-367), 1996.
- [12] Zimmermann, H. *Fuzzy set theory and its applications*. Kluwer Academic Publishers, 1991.
- [13] Castillo, L., González, A. *Un sistema de apoyo a la decisión en el diseño de redes de distribución*. Proceedings of Workshop sobre Transferencia Tecnológica de Inteligencia Artificial a Industria, Medicina y Aplicaciones Sociales, p. 107-116, 1995.
- [14] Beasley, D., Bull, D., Martin, R. *An overview of genetic algorithms: Part 1, Fundamentals*. University Computing, 15(2), 58-69, 1993.
- [15] Beasley, D., Bull, D., Martin, R. *An overview of genetic algorithms: Part 2, Research topics*. University Computing, 15(4), 170-181, 1993.
- [16] Hart, W.E. *Adaptive global optimization with local search*. Doctoral thesis. University of California, 1994.
- [17] Mahfoud, S. *Niching methods for genetic algorithms*. IlliGAL Report 95001, 1995.
- [18] Levy, I., Wreathall, J., DeMoss, G., et al. *Prioritization of TIRGALEX recommended components for further aging research*. NUREG/CR-5248, 1988.
- [19] Soriano, F. *Evaluación de riesgos en el proyecto del sistema de agua de alimentación auxiliar de una central nuclear*. Departamento de Ingeniería Química y Nuclear. Universidad Politécnica de Valencia, 1989.
- [20] Muñoz, A., Martorell, S., Serradell, V. *Genetic algorithms in optimizing surveillance and maintenance of components*. Reliability Engineering and System Safety, 57(1997), 107-120.

Competencias del CSN ante la nueva normativa sobre prevención de riesgos laborales

El presente artículo recoge un resumen de la ponencia presentada por la autora en el seminario que la Sociedad Española de Protección Radiológica organizó para analizar las implicaciones de la

normativa sobre prevención de riesgos laborales en la vigilancia médica y la protección radiológica de los trabajadores expuestos profesionalmente a las radiaciones ionizantes.

1. Introducción

Con el fin de analizar la incidencia de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPR, publicada en el BOE del 10 de noviembre de 1995) en el conjunto de las funciones que ejerce el Consejo de Seguridad Nuclear, partimos de la consideración de que la citada ley aparece como una norma sistematizadora de todo un sector del ordenamiento jurídico, revestida de una filosofía integradora y armonizadora de los aspectos que atañen a la vigilancia y protección de la seguridad y salud de los trabajadores, tratando de modernizar enfoques e instituciones que habían quedado desfasados por la transformación de la realidad socioeconómica de nuestro tiempo. Además, el nuevo enfoque en el que se inscribe la anterior norma laboral parte de una concepción de la política de prevención en

el trabajo como un terreno de carácter integral, en el que la vigilancia médica de la salud se conceptúa en un sentido amplio, sin fisuras ni parcelas excluidas por razón de la especialidad de la enfermedad o de la peligrosidad del puesto de trabajo.

La característica más significativa es la creación de un modelo unitario de *servicios de prevención*, dependientes del titular de la actividad, al que revertirán los antiguos servicios de medicina de empresa, y que estarán formados por profesionales cualificados en distintas áreas de la prevención.

Ciertamente, la principal dificultad con la que nos encontramos estriba en el hecho de que en el texto de la nueva LPR no existe una explícita referencia al sector de las radiaciones ionizantes, sino únicamente alusiones implícitas que, con la máxima voluntariosidad, buscamos como referencias a nuestro propio marco legal, pero que, siendo realistas, no permiten extraer una conclusión nítida sobre cuál ha de ser la vigencia de este ordenamiento especializado frente a las nuevas normas de salud laboral.

La única referencia con la que contamos es el artículo 7.2 de la nueva LPR, que dispone la permanencia de los órganos específicos contemplados en su normativa reguladora en las actividades que impliquen fabricación, transporte, almacenamiento, manipulación y utilización de explosivos o “empleo de energía nuclear”, alusión que puede significar la conservación del *status* actual de competencias del CSN y de todo el sistema de prevención de los trabajadores profesionalmente expuestos, aunque no exento de las adaptaciones precisas.

En cualquier caso, es obligado reflexionar sobre cuál ha de ser el tratamiento básicamente de los servicios y unidades de protección radiológica que, bajo la autorización del CSN, venían funcionando como organismos de vigilancia de los trabajadores sometidos a radiaciones ionizantes, de acuerdo con los límites y fundamentos del Reglamento de Protección Sanitaria (Real Decreto 53/1992) y que, a la vista de la nueva ley y del reglamento que la desarrolla (aprobado por Real

* Licenciada en Derecho y diplomada en Ciencias Económicas, funcionaria del Cuerpo General de Gestión de la Administración Civil del Estado desde 1993. En la actualidad forma parte de la Asesoría Jurídica del CSN.



► **Figura 1.** Proceso de caracterización de un residuo radiactivo.

Decreto 39/97), parecen quedar englobados, irreversiblemente, en los nuevos servicios generales de prevención.

2. Marco legal de la protección sanitaria contra radiaciones ionizantes

Desde la Ley de Energía Nuclear de 29 de abril de 1964, se puede advertir la vertebración de un sistema legal coherente dedicado a la regulación de las medidas fundamentales de prevención y vigilancia de

los trabajadores profesionalmente expuestos, conforme a un conjunto de disposiciones que alcanzan su máxima expresión y desarrollo a través del Real Decreto de 24 de enero de 1992, por el que se aprobaba el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (RPSRI).

Habría que añadir a este marco legal el ordenamiento básico del Consejo de Seguridad Nuclear, constituido por la Ley 15/1980, de 22 de abril, y el estatuto aprobado

por Real Decreto 1157/1982, de 30 de abril, en los que dicho ente aparece como organismo responsable de la protección radiológica y al que, por tanto, se le atribuyen las funciones de mayor rango en cuestiones relativas a la prevención y evaluación de los riesgos profesionales producidos en dicha área.

No hay que olvidar las disposiciones provenientes de la Unión Europea en esta materia, entre las que destacan las directivas del Consejo Euratom 80/836 y 84/467, relativas a la fijación de las normas básicas de protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes, revisadas recientemente mediante la directiva 96/29.

Como consecuencia de este bloque normativo, surge un sector especializado que incorpora medidas fundamentales de vigilancia para la protección de los trabajadores profesionalmente expuestos a radiaciones ionizantes, en el que el Consejo de Seguridad Nuclear ostenta una función de inspección y supervisión de todo lo que atañe a la protección radiológica, incluyendo la determinación de los criterios de acreditación de los jefes de servicios de protección radiológica —que requieren, para el desempeño de su cargo, estar en posesión de un diploma expedido por el CSN, según establece el artículo 17 del RPSRI, y que asumen, entre otras funciones, la aplicación de las normas específicas de protección radiológica del personal empleado en la correspondiente instalación—.

Debido a la naturaleza del riesgo que supone la exposición por motivos profesionales a las radiaciones ionizantes, la misión que asumen los titulares de servicios y unidades técnicas de protección radiológica es, precisamente, una labor de “evaluación y prevención de riesgos laborales” especializada en un ámbito concreto, tal como es el de la vigilancia de las dosis de exposición a radiaciones ionizantes

que, según principio básico en la materia, habrá de procurarse, con los medios necesarios a su alcance, que sea la mínima razonablemente posible.

Sin duda las obligaciones de dichos servicios y unidades técnicas autorizados por el CSN (previstas en los artículos 21 a 26 del RPSRI) dedicados, entre otras, a protocolizar pautas de trabajo en presencia de radiaciones ionizantes (agente de riesgo), asignar medios de protección física frente a las mismas, establecer medios técnicos que permitan la detección y medida (en el medio laboral) de ese agente físico, y aplicar la clasificación de los trabajadores profesionalmente expuestos, etcétera, son en su totalidad mecanismos que podemos considerar de protección previa, es decir, de *prevención*, planificadas en definitiva para reducir los riesgos implicados en ese sector laboral, o para mejorar las condiciones de protección del trabajador.

Por eso, es fácil concluir que todas las actuaciones a las que se refiere esa normativa son actuaciones “de prevención de riesgos”, en el sentido del concepto al que alude la LPR, siendo el CSN la única entidad técnicamente experta para verificar y controlar dichos aspectos, pues se trata de un terreno con implicaciones sanitarias, médicas, industriales, que obliga a manejar normas de alta especialización, en cuya apreciación y aplicación el CSN es el organismo, sin duda, más capacitado.

De ahí el problema que plantea la interpretación de la Ley de Prevención de Riesgos respecto al CSN, pues no hace referencia explícita a la necesidad de que los riesgos propios de las radiaciones ionizantes, como agente específico y nocivo, permanezcan regulados por su propia normativa especial. Está claro que el legislador, de forma inconsciente, ha omitido uno de los sectores donde las *peculiaridades* del medio de trabajo son más acusadas.

Sin embargo, avanzaremos que la nueva Ley de Prevención no está afectando, como es obvio, a las reglas y fundamentos propios del tratamiento y evaluación de los riesgos que derivan de la radiación (por ejemplo, niveles de dosis), así que lo más conveniente sería entender que la ley que aquí se cuestiona vendría únicamente a sustituir aquellas disposiciones preventivas que hayan quedado obsoletas en todos los sectores, incluso los más especializados, pero dejando vigentes las que correspondan a conceptos técnicos de complicada aplicación o evaluación.

3. Criterios legales ante el nuevo ordenamiento de salud laboral y el de prevención de los trabajadores expuestos

Una vez tenemos detectado el principal problema, deberemos buscar una interpretación coherente del sistema legal, para evitar disfunciones, puesto que no cabe duda que las disposiciones contenidas en el RPSRI de 1992 constituyen normas de *prevención laboral*, como también lo son, con carácter general, las normas de la LPR, y en este sentido, existe un elemento de discrepancia o fricción entre ambos sistemas normativos.

Si descendemos a la problemática específica que puede suponer el hecho de que una norma con valor reglamentario como es el RPSRI, de corte sanitario pero con efectos en lo laboral, se oponga, en ciertos aspectos, a lo que ha establecido una norma laboral posterior, y que además es de superior rango, nos encontramos con la dificultad de que, efectivamente, sin entrar en otros matices, la Ley de Prevención de Riesgos tiene superior rango al del RPSRI y, en este sentido, podría haberlo derogado o dañado seriamente. Sin embargo, en nuestra opinión, el rango no es elemento que permita dirimir el conflicto normativo. Se podría aspirar a una solución atendiendo al criterio de

la especialidad, toda vez que el ordenamiento laboral tiene un carácter general, mientras que el de protección sanitaria es un sistema jurídico específico y la especialidad debe prevalecer a la hora de aplicar las normas de prevención radiológica.

El artículo primero de la LPR contribuye a resolver el conflicto al determinar que tendrán también carácter de normas aplicables en materia de prevención de riesgos laborales “cuantas otras normas legales o convencionales, contengan prescripciones relativas a la adopción de medidas preventivas en el ámbito laboral o susceptibles de producirlas en dicho ámbito”. Esta podría ser quizá, en tales términos, una fórmula que dejara al margen las leyes especiales, como las que pudieran regir en otros sectores aislados y, entre las cuales, a nuestro juicio, cabría entender incluidas las normas definidoras de los parámetros de la seguridad radiológica, o lo que es igual, los preceptos sobre prevención de riesgos contra radiaciones ionizantes, a los que ahora aludiremos.

Ahora bien, de ser esto así, de alguna manera la LPR debería haberlo expresado de forma indubitada, excluyendo ese sector por considerarlo más específico. No ha sido ésta la lógica del legislador. Al contrario, su disposición derogatoria excluye únicamente del ámbito de la ley “la vigencia de disposiciones especiales sobre prevención de riesgos en las explotaciones mineras”, e inclusive el artículo 14 del Reglamento sobre Servicios de Prevención, al determinar que el empresario debe constituir un servicio de prevención propio cuando “se trate de empresas de entre 250 y 500 trabajadores que desarrollen alguna de las actividades incluidas en el anexo I”, indica justamente entre ellas “los trabajos con exposición a radiaciones ionizantes en zonas controladas según Real Decreto 53/1992, de 24 de enero, sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes”.



► **Figura 2.** El CSN ostenta una función de inspección y supervisión en todo lo que atañe a la protección radiológica.

Bien distinta fue la filosofía del actual RPSRI, ya que del análisis de su disposición adicional segunda se llegaba a la conclusión de que sus prescripciones tenían la consideración de normas más intensas y rigurosas en materia de seguridad e higiene en el trabajo, debiendo complementar el resto de disposiciones que, sobre este área, se contuvieran en el Estatuto de los Trabajadores (hoy sustituidas por la Ley de Prevención de Riesgos Laborales).

Lo cierto es que el único criterio realista y satisfactorio que puede conducirnos a presumir la subsistencia y compatibilidad del RPSRI frente al nuevo marco laboral lo constituye el análisis del derecho comunitario. En efecto, la LPR procede a la transposición de la Directiva Marco 89/391/CEE sobre medidas para promover la mejora de la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo, y constituye una réplica prácticamente idéntica, aunque con algunas omisiones muy significativas, que a continuación se detallarán.

Precisamente, la directiva establece que será de aplicación incluso a los ámbitos cubiertos por las directivas específicas, “sin perjuicio de las disposiciones más rigurosas y/o específicas contenidas en dichas directivas específicas”. Esta última precisión, que figura en el artículo 16 de la directiva, es de una importancia extraordinaria, pues configura una cláusula de estilo, que excluye en general las actividades más específicas, por entenderse que tienen una regulación más particularizada.

De hecho, la Unión Europea sigue adaptando y adecuando los conceptos y parámetros de la protección radiológica —como sector especializado— a las nuevas decisiones de las organizaciones internacionales y de grupos de expertos en la materia, como ha ocurrido con la Directiva 90/641/Euratom, sobre “protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada”, que ya ha sido objeto

de transposición en España, a través del Real Decreto 413/1997, de 21 de marzo.

Es decir, esa cláusula de estilo incluida en el artículo 16 de la directiva, implica el respeto a normas sectoriales de salud laboral y da entrada a la interpretación racional de que, si el propio ordenamiento comunitario afirma la coexistencia de la directiva marco de salud laboral con otras disposiciones de directivas más especializadas, con mayor razón la normativa española, que ha de cumplir el sistema legal comunitario, debería ser interpretada en el mismo sentido, a pesar de que la norma española de prevención laboral no contemple una cláusula de estilo semejante a la que acabamos de citar en la directiva marco.

En refuerzo de esta teoría, se puede mencionar la última de las directivas en materia de protección sanitaria de los trabajadores y de la población contra los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes —la Directiva 96/29/Euratom—, que en la actualidad es objeto del opor-

tuno procedimiento legislativo de transposición, y en cuya virtud se promulgará un nuevo reglamento de protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, que permitirá revisar y sustituir el actual.

Una opinión adicional, acorde con el sentido último de las disposiciones cuestionadas, se explica a través de la aseveración del artículo 6.2 de la LPR, que aporta a esta argumentación otra idea fundamental. Dice este artículo que "las normas de prevención laboral deberán mantener la debida coordinación con la normativa sanitaria y de seguridad industrial aplicable...", de lo cual se puede deducir que, en caso de interferencia entre la normativa laboral y otras normas que regulen aspectos referidos a la sanidad, deberían coordinarse ambos ordenamientos, o lo que es lo mismo, mantenerse la vigencia de cada uno de ellos en sus ámbitos concretos, máxime cuando los preceptos de la normativa sanitaria resultan más rigurosos en el tratamiento de la seguridad e higiene.

Teniendo en cuenta que el propio RPSRI se autocalifica en la disposición final primera como "norma básica en materia de sanidad, de conformidad con el artículo 149.1.16ª de la Constitución", puede inferirse que sus preceptos inciden en el concepto de *bases* o cimientos de la sanidad en sentido general, aplicables homogéneamente en todo el territorio nacional.

Con razón, la política de actuación en la seguridad e higiene en el trabajo enlaza con el derecho a la protección de la salud, recogido en el artículo 40.2 de la Constitución española.

Por consecuencia, al aludir el artículo 6.2 a la coordinación de la normativa laboral con la normativa sanitaria y sobre seguridad industrial, podría ampliarse el concepto de normativa sanitaria a todos los preceptos que aluden a la protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, y que, a su vez, conectan con aspectos de seguridad de cier-

tas industrias especiales (las actividades e instalaciones nucleares y radiactivas), debiendo, pues, quedar subsistentes todas las normas que en el reglamento de protección sanitaria regulan las unidades y servicios de protección radiológica.

Para terminar, resulta en todo caso muy socorrido acudir a la interpretación literal del artículo 7.2 de la LPR, al que se hizo referencia en la introducción, para resolver las dudas sobre la vigencia de

La Ley de
Prevención de
Riesgos Laborales
fija los principios
generales para
todos los sectores

las normas sobre protección radiológica. Recordemos que este precepto viene a respetar la posición de las autoridades que ejerzan competencias específicas en aquellas actividades que impliquen "empleo de energía nuclear", fórmula que es suficientemente imprecisa como para que se pueda interpretar la vigencia de las disposiciones relativas a utilización de fuentes radiactivas en el aspecto más amplio, incluyendo lógicamente tanto las normas sobre seguridad nuclear como también las que se refieren a la protección radiológica, unas y otras, perfectamente vinculadas entre sí.

4. Conclusiones

De acuerdo con las argumentaciones expuestas, nuestra postura es defender que la Ley de Prevención de Riesgos Laborales constituye una norma de amplio espectro, que abarca la fijación de los principios generales o mínimos de la prevención aplicables a todos los sectores de actividad, pero que ha de com-

pletarse con las disposiciones especializadas que rijan en sectores concretos, donde las medidas preventivas y de vigilancia de la salud respondan a parámetros técnicos de mayor rigurosidad en su evaluación y aplicación (por ejemplo, en el caso de las radiaciones ionizantes, donde, en particular, las instrucciones del Reglamento de Protección Sanitaria, junto a las adoptadas por el CSN, son insustituibles).

Por lo tanto, los preceptos del RPSRI deberán acomodarse a las disposiciones de la LPR que sean de general aplicación, como ocurre con el nuevo modelo de servicios de prevención, si bien podrán considerarse vigentes y, por ello, subsistirán con todo su alcance los conceptos o disposiciones especializados que requieran o exijan niveles técnicos más cualificados en materia de prevención de la exposición.

En nuestro parecer, el régimen legal de prevención en actividades profesionalmente expuestas implantado en el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes debe entenderse subsistente y, con él, los servicios y unidades técnicas de protección sanitaria, en su actual configuración, donde los expertos de las diferentes áreas se relacionen de forma coordinada, dentro de un único servicio de prevención.

Parece una vía de salida lo que afirma el artículo 15.2 del RSP, cuando señala que "el servicio de prevención habrá de contar con un mínimo de especialistas en las disciplinas que se señalan en el anexo del reglamento, que actuarán de forma coordinada". En este sentido, añade que "las actividades de los integrantes del servicio de prevención se coordinarán con arreglo a protocolos u otros medios existentes que establezcan los objetivos, los procedimientos y las competencias en cada caso". Así, a nuestro juicio, deberá figurar entre sus miembros al menos una persona cualificada por el CSN como especialista en la vigilancia radiológica, siendo los jefes

de los servicios de protección radiológica los expertos con esa formación, cuya opinión o decisión será obligatoria para dictaminar cualquier asunto concerniente a este terreno en coordinación con el resto de los profesionales dedicados a la prevención.

Sin lugar a dudas, los protocolos que rigen los niveles de dosis y demás aspectos relacionados con la exposición a radiaciones ionizantes son los fijados por el RPSRI y por las guías del Consejo de Seguridad Nuclear, cuya actividad de vigilancia y supervisión deberá ejercerse, pues, a través de los mismos cauces que hasta el momento han venido siendo aplicados.

Recapitulando lo dicho, parece lógico que los servicios de protección radiológica reconduzcan su posición a la nueva estructura que

se dote en cada instalación y que responderá al nuevo modelo de prevención. Ahora bien, aunque el CSN siga manteniendo sus competencias concretas en este sector, será preciso acuñar herramientas adecuadas para la coordinación y cooperación entre sus actuaciones y las de las autoridades administrativas que tengan competencias en el mismo área laboral o sanitaria, en un plano de igualdad, como venía sucediendo hasta ahora, por ejemplo, en la acreditación de servicios médicos especializados.

No hay que descartar, en este sentido, otras fórmulas de iniciativa o participación para equilibrar este cuadro legal, que van desde las propuestas de reforma legislativa que conduzcan a clarificar la posición del CSN o la especialidad de su ordenamiento sectorial de pro-

tección radiológica (canalizadas incluso a través de una enmienda concreta en el proyecto de nuevo Reglamento de Protección Sanitaria que se halla actualmente en estudio), hasta otros caminos que pasen por la participación y consulta del CSN en los foros oficiales de debate que contribuyen a la formación de la políticas de prevención, como es la nueva Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Inevitablemente, respecto a las dificultades y problemas de implementación que conllevará el nuevo sistema de los servicios de prevención, sólo cabe decir que está en manos de los profesionales de este sector, gracias a una buena dosis de convicción y buena voluntad, el llegar a superarlos, como todos esperamos que así será. 

El Centro de Información del CSN: una aventura necesaria

Cerca de 10.000 alumnos visitarán cada año el Centro de Información del CSN, un espacio expositivo que ha nacido con la pretensión de explicar, de una manera sencilla pero rigurosa, qué son las radiaciones, para

qué se usan, qué riesgos tienen y cómo se controlan. Inaugurado en octubre de 1998, y alentado por el impulso del Parlamento, el centro es una vía de información del CSN a los ciudadanos.

1. El proyecto

“Pero, entonces, ¿la Tierra es radiactiva?” Esta es una de las preguntas más habituales de los visitantes del Centro de Información del CSN. Hasta el 1 de enero de 1999, algo más de 1.500 chicos y chicas de entre 16 y 18 años han visitado ya los 350 m² de exposición inaugurados el 13 de octubre. Y, la mayoría, se han marchado contentos de lo que han visto, de lo que han aprendido.

La creación del Centro de Información se decidió en 1995. En primer lugar se encargó al divulgador científico Manuel Toharia un informe sobre cómo podría ser. La idea era instalarlo en la sede del CSN y recibir visitas de estudiantes. El informe fue analizado durante casi dos años, revisado, corregido, aumentado, disminuido y, finalmente, aceptado. En este trabajo participó un amplio grupo de profesionales del CSN, cada uno aportando sus ideas para exponer aquellas mate-

rias que iban a suponer el contenido del centro.

Finalmente, el centro quedó formado por 29 módulos dispuestos en cuatro áreas. En la primera se iban a exponer los fundamentos físicos de esta ciencia y la historia de sus descubrimientos. En la segunda, los usos de las radiaciones. En la tercera, sus riesgos y servidumbres. Y, por último, el papel del CSN. Al final de la visita, un pequeño salón de actos permitiría proyectar un vídeo y, al mismo tiempo y dado que está dotado de diversos sistemas audiovisuales, utilizarlo para presentaciones internas del organismo.

Los mensajes que iban a figurar en los paneles habrían de ser no sólo comprensibles para los chicos y chicas de 16 ó 18 años, sino atractivos, periodísticos. Se decidió crear tres niveles de lectura: el titular, un primer párrafo muy resumido y dos o tres párrafos más, con información adicional. Además, para cada una de las cuatro áreas se pensó en un *punto de información*, un ordenador capaz de proporcionar a quien tuviera inte-

rés en un asunto concreto más datos de los que aparecen en los paneles de la exposición.

Una vez que este proceso quedó cerrado, es decir, una vez que sabíamos qué queríamos contar, empezamos a discutir el cómo. Se hizo un concurso público para la realización de los módulos y el acondicionamiento de todo el espacio expositivo. La empresa que resultó ganadora del concurso, Ingeniería Cultural, está dedicada exclusivamente al montaje de museos y exposiciones de ciencia, y en su currículum se encuentran algunos de los más emblemáticos museos de ciencia que hay en España, como el de Barcelona y los de La Coruña, por citar solamente dos ejemplos.

El trabajo, una vez resuelto el concurso, se centró en el detalle de los paneles y programas que se iban a utilizar en cada módulo. Por ejemplo, queríamos explicar en uno de los módulos el efecto de las radiaciones sobre las células. Para ello, además de los textos, algunas fotos y un programa informático, los técnicos del equipo nos propusieron colocar una serie de frases

* Periodista científico, responsable del Centro de Información del CSN.



► **Figura 1.** A la izquierda, representación de ocho científicos relevantes cuyos trabajos llevaron al conocimiento de la radiactividad.

► **Figura 2.** Arriba, un túnel da paso al segundo ámbito, dedicado a los usos de las radiaciones.

que cambiarían alguna letra. De esta forma se explica que el ADN es la instrucción que tienen las células para desarrollarse y cómo puede verse alterada de distintas maneras. Se trata de una metáfora sencilla y claramente comprensible por los visitantes, que además permite la interacción personal y obtener una idea del proceso. Para cada uno de los 29 módulos se pensaron soluciones específicas, se trabajó con la empresa instaladora y, finalmente, se determinó cuál sería el hilo conductor del contenido del centro y cómo sería expresado en cada caso.

Otra de las cuestiones que se decidió durante estas reuniones fue el que todos los elementos que hubiera en el centro y que fueran susceptibles de ser radiactivos, se simularan. Por debajo de un determinado nivel las fuentes radiactivas no entrañan riesgo alguno y, por tanto, pueden utilizarse sin problemas. Pero, por otra parte, no hay que tener fuentes de ningún tipo si no es necesario su uso. En el centro decidimos acogernos a este segundo principio y, de esta manera, todo lo referente a la radiación es simula-

do. Los programas de ordenador y los dispositivos electrónicos, en sus distintas variables, ofrecen más fiabilidad, sobre todo teniendo en cuenta el tipo de visitantes y el énfasis que se pone en la importancia de que sean los visitantes los que manipulen el mayor número posible de módulos.

2. Un discurso coherente

Una de las primeras cuestiones que se deben tener en cuenta al hacer un centro de estas características es saber, desde luego, qué se quiere contar. Pero también saber a quién se le quiere contar. De hecho, el quién debe anteceder al qué, ya que es determinante. No es posible explicar cuestiones abstrusas a un público que no tenga ninguna información sobre ellas, por mínima que sea, sin antes ponerle en antecedentes. Decidimos que el visitante tipo era un alumno o alumna del último curso de secundaria, justo antes del ingreso en la universidad. Y eso determinó qué había que contar y, por supuesto, cómo debía de contarse.

Los módulos debían de ser ma-

nipulables por los visitantes, de manera que, además de aprender con los ojos y con el intelecto, aprendieran con las manos. Según los estudiosos de la comunicación pública de la ciencia, especialmente en el caso de museos y centros de información, es necesario implicar al visitante con lo que ve. Eso determina que, por una parte, lo que se cuenta sea algo próximo a él o ella, y, en segundo lugar, que pueda accionar las cosas, que toque. El lema de estos centros es "Prohibido no tocar".

Con estas ideas previas, que ya se habían tenido en cuenta a la hora de elaborar el discurso expositivo, se determinó empezar el primer ámbito por las personas, por aquellos científicos y científicas que, en el primer tercio de este siglo que termina, descubrieron qué es la radiactividad y las leyes básicas que la rigen. Por supuesto, era imposible colocar a todos, así que se decidió elegir a ocho. Según el orden en el que figuran en el módulo, Einstein, Becquerel, Röntgen, Rutherford, Marie Curie, Pierre Curie, Fermi y Blas Cabrera.

La elección del científico español se hizo porque, aunque él no trabajó específicamente en estos campos de las radiaciones, sí participó en los famosísimos congresos Solvay en los que se pusieron las primeras piedras de este formidable edificio teórico que en buena medida ha sido la espina dorsal científica del siglo XX. Cabrera conocía personalmente a los protagonistas de esta historia y fue el impulsor de la visita de Einstein a España, en 1923, y de las que haría más tarde Marie Curie.

Desde este trampolín histórico, los visitantes acceden a la cámara de niebla, una de las escasas maneras de *ver* las partículas en acción y que facilita la explicación sobre la estructura de la materia. Un gran panel sirve para explicar el espectro de las radiaciones.

A continuación se explican las barreras, la distancia y la capacidad de emisión de distintos elementos. Luego, el Marna, el proyecto de la Empresa Nacional del Uranio y del CSN para conocer la radiación natural de España, que cuenta con un programa que permite a los visitantes saber la radiación que recibe cada uno anualmente y llevarse la información en un papel impreso. Una caja negra es el siguiente módulo que se expone. Además de ser un juego que sirve para que los visitantes se entretengan y se *desengrasen*, como la ensalada en las comidas de cordero, permite explicar cómo en esta ciencia, como en otras, los conocimientos se adquieren con frecuencia por métodos indirectos. Los visitantes dejan caer unas bolas por una rampa y no ven contra qué chocan pero, al cabo de varios intentos, son capaces, en función de la velocidad de la bola y de la colocación de la rampa de salida, de predecir qué puede pasar con la bola. Es decir, con suficiente experimentación, es posible determinar los efectos, aunque no se conozcan las causas. Esto lo trasladamos luego, explicando el incremento de la complejidad, a los ex-



► Figura 3. Plano del Centro de Información.

perimentos que se realizan en el Laboratorio Europeo de Física de Partículas, el CERN, en el que los investigadores tratan de comprobar si las predicciones de los físicos teóricos se cumplen.

Para terminar con este primer ámbito, un panel muestra cómo la radiación cósmica llega a la Tierra y cómo es detenida por la atmósfera. Tanto en este ámbito como en los otros tres, un punto de información permite obtener más datos sobre cada uno de los módulos.

Un túnel con fotos de diversos usos conduce al segundo ámbito, en el que se explican algunas de las utilidades más habituales de la energía nuclear y de las radiaciones. En primer lugar, la industria, con ejemplos de esterilización de material quirúrgico o cosmético. Después, la investigación, con una cámara que data, de manera simulada, piezas antiguas por el método del carbono 14. Por cierto, que este módulo ha sido uno de los que más

ha llamado la atención del público, incluso hasta el punto de haber recibido una visita que, después de haber visto el centro y aunque se le explicó que la cámara era simulada, estuvo un buen rato metiendo fósiles para saber su antigüedad.

A continuación, una película del No-Do muestra un ensayo nuclear del ejército de Estados Unidos en 1947 en las islas Bikini. Se explica a los visitantes los antiguos usos militares y cómo la comunidad internacional, en la actualidad, tiene como herramienta básica en la definición de la política sobre armamento nuclear el Tratado sobre la No Proliferación de Armas Nucleares (TNP), suscrito por 180 países, entre ellos España. Los usos médicos se explican en otro módulo en el que se incluye una película de una tomografía por emisión de positrones y una caja con imágenes de un cerebro obtenidas mediante tomografía axial computarizada.

LAS ENCUESTAS

Cada uno de los visitantes del centro rellena una encuesta después de haber visto los módulos. Aunque aún no se han sistematizado las respuestas, los primeros análisis nos permiten tener algunas conclusiones. La inmensa mayoría de los visitantes conocía el símbolo de la radiactividad antes de venir al CSN, aunque un 30% no sabía que las radiaciones se usan en investigación, medicina, industria o agricultura. El 95% considera que estar informado es bueno para evitar riesgos.

Dos de cada tres visitantes consideran al finalizar el recorrido que el riesgo que se corre con el uso de las radiaciones está equilibrado con los beneficios que se obtienen de ellas. 

► **Figura 4.** Abajo, estudiantes durante una visita.



Por último, se explican en este ámbito el ciclo del combustible nuclear, desde la mina hasta el elemento final, representado con una pieza a tamaño real (excepto en la altura); la producción de energía eléctrica nuclear en el mundo; y una maqueta de una central nuclear, en la que se ven las distintas zonas y fotografías de centrales españolas.

El tercer ámbito, *riesgos y servidumbres*, comienza con un módulo que explica la noción de riesgo y su subjetividad inherente. Después se muestra, como ya se ha dicho, el efecto de las radiaciones sobre los seres vivos. A continuación, el tratamiento de los residuos de media y baja actividad en El Cabril; la escala INES de clasificación de sucesos nucleares, con ejemplos de casos reales (Chernóbil, Three Miles Island y Vandellós I); y las dosis que se reciben tanto por radiación natural como por radiación artificial. Este último módulo permite, como el de la radia-

► **Figura 5.**
Módulo dedicado
a las estaciones
españolas de
vigilancia
radiológica.



ción natural del primer ámbito, imprimir en un papel el total de dosis que recibe el visitante anualmente, aunque en este caso sumando la natural y la artificial.

En el último ámbito se explican las funciones del CSN, su homologación internacional, cuándo y cómo actúa, qué hacen sus técnicos para saber más, cómo se garantiza la seguridad, la red de vigilancia radiológica, el tipo de especialización académica de quienes trabajan en el CSN, la sala de emergencias (Salem) y los métodos utilizados para comunicar con el público, incluida una conexión a internet.

Al final del recorrido hay un salón de actos con capacidad para 38 personas y dotado de diferentes sistemas de reproducción. Por aquí pasan los visitantes para ver un vídeo con el que se termina el recorrido. Si el grupo de visitantes es muy numeroso, más de 20 personas, se divide en dos al principio de la visita de forma que unos inicien el recorrido por la exposición y otros viendo el vídeo. De esta manera, al reducir el tamaño del gru-

po, es más fácil mantener la atención de los visitantes.

Por término medio se emplea una hora y quince minutos en hacer la visita guiada, a lo que hay que sumar 20 minutos más para ver el vídeo y cerca de media hora, al final, de tiempo libre durante el que chicos y chicas accionan los módulos que más les han interesado, navegan en la página *web* del CSN (o en otras a las que son capaces de llegar con envidiable pericia pese a no contar con teclado), husmean en los puntos de información y, en definitiva, ven todo el espacio a su propio ritmo. Antes de marcharse, los visitantes rellenan una encuesta que permite saber tanto el interés que el centro ha despertado en ellos como los conceptos que les han llamado más la atención. Los resultados de la encuesta permitirán, además, saber si hemos acertado a la hora de explicar los conceptos, si los chicos y chicas se muestran satisfechos después de la visita y, finalmente, mantener actualizado el centro e introducir en él las modificaciones siempre necesarias. Un

espacio de estas características no es una foto fija e inmutable, sino algo vivo que debe cambiar con el paso del tiempo.

3. En la sociedad de la información

La intención al hacer este centro no ha sido, sin duda, conseguir que los visitantes se conviertan en expertos en radiaciones, seguridad nuclear o protección radiológica. La idea básica que deberían sacar después de la visita es que las radiaciones forman parte del Universo y de la Tierra desde siempre, que fueron descubiertas hace relativamente poco, que se usan para muchas cosas, incluida la producción de energía eléctrica, que tienen riesgos y servidumbres y que hay un organismo que se encarga de hacer que esos riesgos no sean peligrosos.

Tampoco se pretende que, después de haber visitado el centro, los chicos y las chicas salgan convencidos de no se sabe bien qué a favor o en contra de la energía nuclear y de los usos de las radiaciones. No se trata de ganar adeptos

para ninguna causa. Se trata de permitir que cada uno tenga su propia opinión y para ello lo mejor es tener información. Que las opiniones no se sustenten en supersticiones, en ideas preconcebidas, en creencias o el pálpito, sino en conocimientos, en saberes positivos.

Carl Sagan, astrofísico y uno de los divulgadores científicos más reconocidos, nos enseñó, mediante una paradoja que lleva su nombre, que en la era en la que la ciencia y la tecnología influyen más decisivamente en nuestra vida cotidiana, la información científica llega cada vez menos a los ciudadanos. Esto es válido tanto para los medios de comunicación como para otras vías de comunicación pública de la ciencia, entre las que los museos y centros de información tienen un papel cada día más importante.

En los últimos años se han formado en todo el mundo grupos de discusión sobre este asunto conocido como CPCT (comunicación pública de ciencia y tecnología). Entre las recomendaciones que aparecen, siempre se encuentra la de instar a los organismos públicos que desarrollan alguna tarea relacionada con la ciencia y la tecnolo-

gía a dar a conocer sus trabajos de la manera más continuada, accesible y sistemática posible.

Es un deber del conjunto de los científicos y responsables institucionales aumentar la curiosidad y el interés de la población sobre estas cuestiones, como un primer paso para aumentar sus conocimientos. Las sociedades democráticas, que han sido capaces de dotarse de instrumentos de control sobre los riesgos derivados del progreso tecnológico y científico (el CSN es un buen ejemplo de ello, como lo son, más recientemente, los comités de bioética) deben ser capaces también de dotarse de instrumentos que eleven el conocimiento científico de los ciudadanos. Y esto es especialmente necesario y perentorio en aquellas áreas del conocimiento en las que, por las razones que sea, menos se sabe en términos generales, más mitos e ignorancias campan por sus respetos, más científicamente analfabeto es el conjunto de la sociedad.

Por otra parte, con la puesta en marcha de este proyecto, el CSN no ha hecho más que seguir uno de los mandatos de su ley de creación —“Informar a la opinión pública so-

bre materias de su competencia con la extensión y periodicidad que el Consejo determine, sin perjuicio de la publicidad de sus actuaciones administrativas en los términos legalmente establecidos”—, y las directrices del Parlamento, que apoyó al CSN en esta aventura que acaba de comenzar.

El Centro de Información del CSN espera, como una gota más en un océano necesario, aportar su transmisión de conocimientos con el peculiar sello obligado de este tipo de centros: de una manera rigurosa pero divertida, atractiva pero no sensacionalista, amable pero no edulcorada. Este primer curso escolar de funcionamiento 1998-1999, se recibirán 6.000 chicos y chicas, que pasarán a ser 10.000 a partir del curso 1999-2000 en adelante. La experiencia, escasa de momento, nos dice que estamos en el buen camino. Que los visitantes se marchan contentos, lo que es un primer paso, y satisfechos de lo que han visto. Un comentario escuchado a dos chicas sirve para saber que, al menos en parte, estamos en la vía elegida: “Este centro sí que está bien: aquí no te venden la moto”. 



 **Figura 6.**
La visita finaliza
con la proyección
de un vídeo.

Noticias

► Consejo de Seguridad Nuclear	36
► Principales acuerdos del Pleno del CSN	37
► Centrales nucleares	38
► Información general	43

► Tecnología	45
► Protección radiológica	45
► Cursos, reuniones y conferencias	46
► Publicaciones	46

► CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Concesión de licencias en aplicación del artículo 60 del Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas

En el vigente Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas esta previsto, en el artículo 60, que las personas que trabajen en centros de investigación y demuestren poseer suficiente experiencia y conocimientos podrán ser exceptuadas por el Consejo de Seguridad Nuclear de la necesidad de disponer de licencias de operador y supervisor. El CSN ha considerado que, en el estado actual del proceso regulador, la exención debe aplicarse a través de la concesión a dichas personas de la correspondiente licencia, mediante una simple evaluación a realizar por el Tribunal de Licencias de la documentación presentada, sin ningún otro requisito adicional.

III Jornada sobre resultados del plan de I+D del CSN

El pasado 10 de diciembre tuvo lugar en el CSN la III Jornada técnica sobre resultados de los proyectos de investigación subvencionados por el Consejo. Presentada por el presidente, Juan Manuel Kindelán, constó de dos partes, una dedicada a la seguridad nuclear y, otra, a la protección radiológica, moderadas por los consejeros Agustín Alonso y José Ángel Azuara, respectivamente. En su transcurso se expusieron los resultados obtenidos por los proyectos enmarcados en las áreas de termohidráulica, accidentes severos, materiales, gestión de residuos, radiobiología y dosimetría.



Sesión de apertura de las jornadas de I+D del CSN.



Firma del acuerdo del proyecto Marna-Galicia.

Firmado el acuerdo Marna-Galicia

El pasado 2 de noviembre tuvo lugar en Santiago de Compostela la firma del acuerdo de colaboración entre la Xunta de Galicia, el CSN y la Empresa Nacional de Uranio (Enusa) para el desarrollo del proyecto para la elaboración del mapa de radiación gamma natural de la comunidad autónoma gallega (Marna-Galicia), que permitirá disponer de un conocimiento más detallado de los niveles de radiación natural respecto de los objetivos previstos en el proyecto Marna-3, incluidos en el Plan Quinquenal de Investigación del CSN.

El acuerdo fue suscrito por el consejero de Justicia, Interior y Relaciones Laborales de la Xunta, Jesús C. Palmou Lorenzo, el consejero del CSN Rafael Caro, en representación del presidente, y José Luis González por parte de Enusa.

Modificaciones de diseño en centrales nucleares

Tras la aprobación provisional por parte del CSN de la *Guía de seguridad 1.11*, en la que se establecen los criterios aplicables a los análisis de modificaciones que afecten al diseño o a las condiciones de explotación de las centrales nucleares, el Consejo ha remitido formalmente el texto a los titulares de las mismas con el objeto de que sea aplicada y se proceda a la revisión, dentro de un plazo de tres meses, de los correspondientes procedimientos. Posteriormente, se iniciará una campaña de inspección para verificar la adecuación de los procedimientos a la citada guía. Se pretende con esta iniciativa uniformar y mejorar el proceso de análisis de

PRINCIPALES ACUERDOS DEL PLENO DEL CSN

Los acuerdos específicos de cada central nuclear se resumen en el apartado de centrales nucleares (página 38)

Apreciación favorable de los resultados del plan de actuación de Presur

El Ministerio de Industria y Energía, a propuesta del CSN, requirió en su día a los titulares de las empresas que resultaron afectadas por el incidente de fusión de una fuente de cesio-137 en la factoría de Acerinox la realización de unos planes de actuación que permitieran la descontaminación de las zonas afectadas y la retirada de los residuos radiactivos generados. El Pleno del CSN, en su reunión del 21 de septiembre de 1998, apreció favorablemente los resultados del plan presentado por una de estas empresas, Presur, y determinó que no era necesario establecer condiciones suplementarias.

Acreditaciones para dirigir u operar instalaciones de radiodiagnóstico

Ante la existencia de un colectivo de personal que ha venido desempeñando funciones en instalaciones de radiodiagnóstico con anterioridad a la fecha de aprobación de la regulación correspondiente y que carece de la titulación en ella exigida, el CSN ha

estimado que la valoración de la experiencia adquirida en sus muchos años de práctica profesional permite que tales personas puedan optar a la concesión de la correspondiente acreditación concedida por el Consejo. Se aplican con ello los mismos criterios que el Ministerio de Sanidad y Consumo ha aplicado para homologaciones a otros efectos.

Igualmente, el CSN ha considerado que aquellas personas que estén en posesión de un título oficial posterior a la orden de 14 de junio de 1994, podrán optar a la concesión de la mencionada acreditación.

Informe semestral al Congreso de los Diputados y al Senado

El Pleno del CSN, en su reunión del 5 de noviembre de 1998, aprobó el informe elaborado por la institución con destino al Congreso de los Diputados y al Senado, correspondiente al primer semestre de 1998. Tras su aprobación, dicho informe fue remitido al Parlamento.

Panel de incoación de expedientes sancionadores

Con el objetivo de sistematizar y revisar las propuestas de expedientes sancionadores elevados por las diferentes subdirecciones para su consideración por el Ple-

no, así como de unificar criterios y de verificar el cumplimiento formal del procedimiento correspondiente, el CSN ha constituido un panel del que formarán parte el director técnico, los subdirectores de Centrales Nucleares, Ciclo y Residuos e Instalaciones Radiactivas, como unidades proponentes, y el subdirector de Asesoría Jurídica y Normativa.

Resoluciones adoptadas sobre instalaciones radiactivas, industriales, médicas y de investigación

A lo largo de las reuniones celebradas desde el 8 de octubre hasta el 22 de diciembre de 1998, el Pleno del CSN ha adoptado las siguientes resoluciones relativas a las instalaciones radiactivas situadas en industrias, centros médicos y de investigación: 16 licencias de nuevas instalaciones y 27 modificaciones de algunas ya vigentes, 6 clausuras de instalaciones, 4 retiradas de material radiactivo, 2 registros de empresas de venta y asistencia técnica de equipos de rayos X, 229 licencias de operador, incluyendo tanto nuevas como renovaciones y prórrogas, 127 licencias de supervisor (nuevas y prórrogas), 2 autorizaciones de equipos radiactivos y una autorización de un servicio de dosimetría personal interna.

seguridad de dichas modificaciones, así como determinar en cada caso si dicha modificación constituye o no una cuestión de seguridad no revisada. A la vista de la experiencia que se obtenga en su aplicación, la citada guía será revisada en el plazo de un año.

Comparación entre servicios de dosimetría personal interna de centrales nucleares

El CSN realiza campañas de comparación de resultados entre laboratorios implicados en los controles

de los niveles de radiación ambiental, así como de los servicios de dosimetría en lo referente a la dosis ocupacional. El objetivo de estas campañas es comprobar el mantenimiento de los niveles de precisión y exactitud de los resultados obtenidos y la homogeneidad de los datos proporcionados por dichas entidades.

Siguiendo esta línea de actuación, el CSN ha aprobado la iniciación de la primera campaña de comparación de los resultados de dosimetría interna que pro-

CENTRALES NUCLEARES

La información relativa a las centrales nucleares se refiere a los meses de octubre, noviembre y diciembre de 1998.

José Cabrera

El CSN informó favorablemente la aprobación de la propuesta de revisión número 9 del Estudio Final de Seguridad de la central. Los cambios introducidos en el documento se debían, fundamentalmente, a modificaciones de diseño implantadas en la central, revisión del análisis de algunos accidentes y mejoras de redacción.

El 19 de octubre se produjo una reducción de potencia debido a la caída de una barra de control en el reactor producida por la pérdida de aislamiento de una bobina en el sistema de accionamiento. Tras la sustitución de la bobina e izado de la barra, continuó la operación a potencia de la central.

El 9 de diciembre se produjo una parada automática no programada por actuación del sistema de protección del reactor debido a la caída de dos barras de control del grupo de parada por pérdida del aislamiento en una bobina de un contacto del sistema de accionamiento. Una vez reparada la causa, la central volvió a operación a potencia.

El CSN realizó en el trimestre cinco inspecciones a la central.

Santa María de Garoña

La central operó durante el trimestre sin incidencias destacables.

El CSN informó favorablemente la aprobación de la propuesta de revisión número 14 del Estudio Final de Seguridad de la central. En realidad se trata de una nueva redacción del documento completo para la adaptación de su contenido al propuesto en la *Guía Reguladora 1.70* de la NRC.

El CSN ha transmitido al titular de la central apreciación favorable de las modificaciones de diseño realizadas en la central para dar cumplimiento a la condición 15ª de la resolución de la Dirección General de la Energía, de 31 de marzo de 1998, por la que se autorizaba la puesta en marcha de la ampliación de la capacidad de almacenamiento de la piscina de combustible irradiado. Dichas modificaciones se referían al sistema de refrigeración en parada e instrumentación del mismo, instalación de una línea de drenaje desde la piscina al tanque de almacenamiento de condensado e instalación de una línea de comunicación de la des-

carga del lazo B del sistema de inyección de baja presión con la piscina y con la línea de drenaje de la piscina al depósito de supresión de presión (*toro*). La puesta en marcha de estas modificaciones condicionaba el almacenamiento en la piscina de un número de elementos de combustible superior al límite previamente autorizado.

Durante el trimestre el CSN realizó ocho inspecciones a la central.

Almaraz

La unidad II de la central inició el día 3 de octubre la parada para recarga de combustible. Como actividades más destacables durante la parada, se introdujo combustible de diseño MAEF con vainas de material zirco y mayor rigidez estructural para evitar posibles problemas de inserción incompleta de barras de control, se sustituyeron los pasadores de los tubos guía de las barras de control y se inspeccionaron y sustituyeron tornillos de fijación del muelle en el cabezal superior de algunos elementos de combustible como consecuencia del suceso ocurrido anteriormente en Ascó I.

La parada para recarga se prolongó hasta el 15 de diciembre debido a que fue necesario

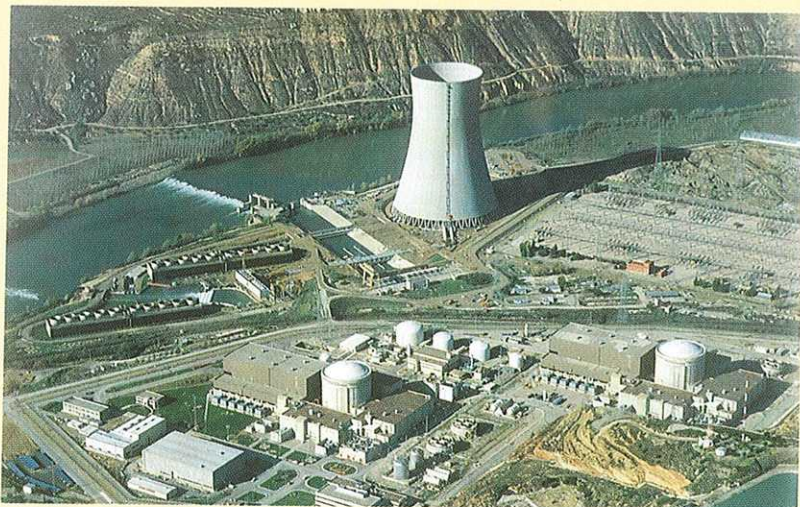
porcionan los diferentes servicios. El coste total de la campaña, que se realizará a lo largo de los años 1999 y 2000, será de unos seis millones de pesetas y se llevará a cabo mediante un acuerdo específico entre el CSN y el Ciemat, ya que el servicio de dosimetría interna de este último organismo dispone de los medios, experiencia y conocimientos adecuados para ello, además de una gran práctica en la realización de medidas directas de actividad corporal.

Esta campaña, como las otras ya iniciadas, tendrá un carácter periódico, de forma que se verifique la

permanente adecuación de los resultados obtenidos en estos controles.

Balance del plan de formación interna de personal del CSN

El plan de formación para el personal del CSN en 1998 incluyó actividades de formación en seguridad nuclear y protección radiológica, desarrollo de habilidades directivas y organización, administración y gestión, sistemas de información e idiomas. El presupuesto total previsto era de 92 millones de pesetas, del que se eje-



Central nuclear de Ascó.

desmontar y trasladar el rotor de la turbina principal para su reparación en la factoría del fabricante del mismo.

El 16 de diciembre, durante las operaciones de arranque de la unidad II, fue necesario realizar una parada de la central porque los parámetros químicos (sulfatos) del sistema secundario superaban los valores límite especificados. El suceso fue debido al ingreso en el sistema de resinas procedentes del sistema de tratamiento de condensado. Una vez realizadas las operaciones de limpieza del circuito secundario y generadores de vapor, la central inició el día 23 de diciembre el arranque y la operación a potencia.

La unidad I de la central operó durante el trimestre sin incidencias destacables.

El CSN informó favorablemente la aprobación de las revisiones 53 y 49 de las especificaciones de funcionamiento de las unidades I y II respectivamente. Los cambios fundamentales introducidos en esta revisión se debían al nuevo diseño de combustible introducido durante la recarga de la unidad II.

El CSN informó favorablemente la aprobación de la revisión 10 del reglamento de funcionamiento de la central en la que fundamentalmente se introducían cambios derivados de modificaciones en la organización del titular, de la adaptación de las funciones del comité de seguridad nuclear del explotador a los requisitos del CSN y de la actualización del tratamiento de diversos documentos de operación.

El CSN informó favorablemente la aprobación de una exención a las especificaciones de funcionamiento de la unidad I para permitir la realización de una prueba de operación con temperatura reducida en el sistema primario, cuyo objetivo era la optimización del punto de funcionamiento de las válvulas de turbina para mejorar el rendimiento del ciclo secundario.

El CSN realizó en el trimestre seis inspecciones a la central.

Ascó

La unidad II operó durante el trimestre sin incidencias destacables.

El día 18 de octubre, durante las operaciones de arranque de la unidad I, tras la parada para recarga, se produjo la parada automática del reactor por parada del alternador y turbina debido a un cortocircuito en la caja de conexiones de un transformador auxiliar. Una vez reparada la causa del cortocircuito, la central reanudó las operaciones de arranque.

El CSN informó favorablemente la aprobación de la propuesta de revisión número 24 del Estudio Final de Seguridad de la unidad I, en la que fundamentalmente se incorporaban cambios debidos a modificaciones de diseño implantadas durante las paradas para recarga de 1995 y 1997.

(Continúa en la página siguiente)

cutó un 80%. El número de actividades de formación llevadas a cabo fue de 176, habiéndose producido casi 1.800 asistencias a actividades formativas, lo que supuso un total de casi 3.000 horas lectivas.

La acumulación de cursos en los últimos meses del año, a causa de los largos trámites que supone el régimen de contratación legalmente establecido, ha sido una de las principales causas de que la realización no haya alcanzado un mayor porcentaje. Para el Plan de Formación de 1999, cuyo presupuesto es de 100 millones de pesetas, se pretende

obviar este inconveniente iniciándose los trámites de contratación con la mayor antelación posible y planificando una mejor gradación en el tiempo de las actividades formativas.

Vigilancia radiológica del medio ambiente

Se ha procedido a la firma de un nuevo acuerdo con el Centro de Experimentación y Obras Públicas (Cedex) para la realización de la vigilancia radiológica del medio acuático. En este nuevo acuerdo, además de los controles de niveles de actividad en aguas costeras y continen-

CENTRALES NUCLEARES

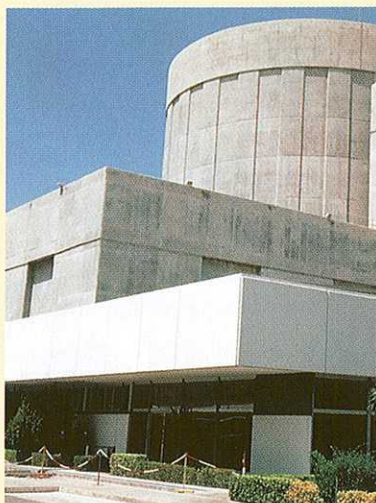
(Viene de la página anterior)

El CSN realizó en el trimestre tres inspecciones a la central

Cofrentes

El 23 de octubre se produjo una bajada programada de potencia del reactor hasta el 21,5 % y posterior parada de la turbina para sustituir una de sus válvulas de control, que no funcionaba correctamente. Una vez realizada la sustitución, la central volvió a operación a potencia, alcanzando el 100% el día 24.

El 28 de octubre se produjo la parada automática del reactor debido a la parada automática de la turbina ocasionada por la pérdida de vacío del condensador. Durante el transitorio de parada no se produjo el aislamiento automático de las líneas de vapor principal como está previsto en el diseño, y éste fue ejecutado manualmente por el personal de operación. El fallo se debió a la presencia de agua condensada en las tuberías de pequeño diámetro que conectan los transmisores de presión, que debían haber activado la señal de aislamiento, con el



Central nuclear de Cofrentes.

condensador. El titular modificó el trazado de estas tuberías para evitar la acumulación de condensaciones; asimismo, revisó otras tuberías de pequeño diámetro de la central potencialmente afectadas por el mismo fenómeno. El suceso fue clasificado con el nivel 1 de la Escala Internacional de Sucesos Nucleares (INES).

El CSN remitió al titular instrucciones complementarias en relación con las actividades realizadas durante la ejecución de trabajos de mantenimiento preventivo de los sistemas eléctricos con la central en operación a potencia. El objeto de estas instrucciones es clari-

ficar diversos aspectos: contenido y aplicación de los procedimientos relativos a actividades relacionadas con las especificaciones técnicas de funcionamiento (ETF), interpretación de las ETF en lo que se refiere a operabilidad de sistemas eléctricos, configuraciones válidas para la alimentación de las barras eléctricas de emergencia desde el exterior de la central, garantía de alimentación eléctrica independiente a esas barras desde las barras de arranque e incorporación a procedimientos de la central de modificaciones de diseño.

El CSN informó favorablemente la autorización de almacenamiento de elementos combustibles nuevos de diseño SVEA 96+ de suministro ABB, que el titular tiene previsto introducir en el reactor en la parada para recarga de 1999.

El CSN informó favorablemente la aprobación de la propuesta de revisión 8 del Plan de Emergencia Interior, en la que se introducían cambios derivados de la incorporación de las recomendaciones de las guías de seguridad del CSN sobre la materia, de la adaptación a la nueva estructura organizativa

tales, que ya estaban contemplados en el acuerdo anterior, se ha incluido la vigilancia radiológica de las redes de abastecimiento de agua potable. Con ello se da un mejor cumplimiento por parte de España a los requisitos establecidos en los artículos 35 y 36 del Tratado Euratom.

Comparecencia del presidente del CSN

El pasado 15 de diciembre, el presidente del CSN compareció ante la Comisión de Industria, Comercio y Turismo del Congreso de los Diputados en relación con los informes del CSN del año 1997. Previamente habían comparecido ante la Ponencia que estudia los informes el secretario general, los subdirectores generales de Centrales Nucleares y de Instalaciones Radiactivas y el inspector residente de la central José Cabrera.

Además de presentar las grandes líneas de trabajo desarrolladas durante el año 1997 y de hacer un análisis del estado de las instalaciones nucleares y radiactivas del país, Juan Manuel Kindelán planteó ante los diputados las nuevas tareas a las que se enfrenta el organismo, que son, fundamentalmente, el reforzamiento de las actividades de inspección y control de las instalaciones nucleares en el nuevo contexto desregulado, la vigilancia del medio ambiente y las actuaciones relacionadas con situaciones nuevas de riesgo radiactivo. La asunción de estas nuevas tareas exigirá modificaciones en la ley de creación y el estatuto del Consejo y en la estructura orgánica del organismo para adaptarla de manera más eficaz a las nuevas funciones.

del titular y de la consideración de la experiencia obtenida hasta la fecha en la realización de ejercicios y simulacros de emergencia.

El CSN realizó en el trimestre cinco inspecciones a la central.

Vandellós II

La central operó durante el trimestre sin incidencias destacables.

El CSN informó favorablemente la aprobación de la revisión 30 de las ETF en la que se incorporaban cambios derivados, fundamentalmente, de los siguientes aspectos: la aplicación de la carta genérica 93.05 de la US NRC sobre mejoras a introducir en la ETF para la reducción de realización de pruebas de vigilancia durante la operación a potencia; la instalación de una nueva línea de vapor a los cierres de la turbina; la adaptación de la ETF sobre sucesos notificables a los requisitos del CSN; la clarificación de requisitos de temperatura ambiente de la sala de control; la reducción del nivel de presionador para su adecuación con las hipótesis de los análisis de accidentes; la adecuación de los requisitos de margen de parada en modos 3,

4 y 5 a los resultados del análisis del accidente de dilución de boro; y la corrección de errores detectados en la revisión previa del documento.

El CSN informó favorablemente la aprobación de una solicitud de exención a las ETF en relación con las pruebas trimestrales de los relés auxiliares del sistema de actuación de equipos de las salvaguardias tecnológicas. El motivo de la solicitud es retrasar la realización de las pruebas hasta la parada para recarga de 1999 en tanto se clarifican la periodicidad aplicable a las mismas y si es necesario desarrollar procedimientos para su realización con la central a potencia, minimizando la posibilidad de actuaciones indeseadas de sistemas de seguridad.

El CSN realizó en el trimestre tres inspecciones a la central.

Trillo

La central operó durante el trimestre sin incidencias destacables.

El titular ha estado trabajando en la finalización de las modificaciones de diseño en los sistemas eléctricos, de agua de refrigeración esencial, de ven-

tilación del edificio de agua de alimentación de emergencia y de agua de alimentación de emergencia a los generadores de vapor, que tiene previsto implantar en la parada para recarga programada en el mes de febrero de 1999, para cerrar las incidencias encontradas en el transcurso de las revisiones realizadas durante la ejecución del Programa de Análisis de Experiencia Operativa y Sistemas (AEOS). El titular ha ido remitiendo información relativa a estas modificaciones al CSN, que ha estado trabajando en las evaluaciones necesarias para su licenciamiento.

El CSN ha realizado en el trimestre cinco inspecciones a la central.

Vandellós I

Durante el trimestre se desarrollaron las actividades previstas en el Plan de Desmantelamiento y Clausura, sin incidencias destacables.

Se ha realizado el programa de pruebas de los sistemas de la central modificados para su adaptación a las previsiones del citado plan.

El CSN realizó en el trimestre tres inspecciones a la central.

Acuerdo bilateral con el Inspectorado Nuclear del Reino Unido

Durante una visita al Reino Unido realizada por una delegación del Consejo, encabezada por el presidente, durante los días 2 y 3 de diciembre, se firmó un acuerdo bilateral de cooperación con el Inspectorado de Instalaciones Nucleares (NII), organismo regulador de este país. Se trata de compartir experiencias a lo largo de 1999 en una serie de temas de común interés, habiéndose identificado ya como tales los siguientes: el problema informático generado por el año 2000, las inspecciones sobre temas de organización del titular, la clasificación de residuos, la gestión del grafito en la clausura de reactores grafito-gas y el envejecimiento de centrales nucleares. La reunión concluyó con una

visita a la central nuclear de Sizewell B, única del tipo PWR que está operando en el Reino Unido.

Subvenciones del CSN

En el mes de febrero está prevista la publicación en el BOE de la resolución por la que se abre el programa de subvenciones que el CSN concede cada año a entidades sin ánimo de lucro para la realización de actividades diversas (cursos, seminarios, publicaciones o congresos, entre otras) relacionadas con la seguridad nuclear y la protección radiológica. El importe máximo de cada solicitud es de dos millones de pesetas y la convocatoria permanece abierta todo el año. En el programa de 1998 se concedieron 14 subvenciones para diferentes actividades desarrolladas por otras tantas entidades.

Revisión del acuerdo de encomienda con Cataluña

El día 22 de diciembre se firmó una nueva revisión del acuerdo de encomienda del CSN con la comunidad autónoma de Cataluña. El nuevo texto prevé un nuevo régimen económico basado en criterios de coste real y unas claras previsiones respecto al seguimiento del CSN del desarrollo de las funciones encomendadas, que se mantienen como hasta ahora y entre las que destacan, entre otras, la inspección de instalaciones radiactivas de segunda y tercera categoría, los análisis y evaluaciones relacionados con el licenciamiento y control de las instalaciones radiactivas, el control de los planes de vigilancia radiológica ambiental desarrollados por los titulares de Ascó y Vandellós, y la inspección de las unidades técnicas de protección radiológica.

Remisión de informes al Congreso

Con el propósito de dar cuenta de las actividades del CSN en relación con los mandatos contenidos en las resoluciones del Congreso de los Diputados del 31 de marzo de 1998, se ha procedido al envío al mismo de los correspondientes informes, entre los que destaca el dedicado a las eventuales repercusiones que el nuevo marco regulador previsto en la Ley del Sector Eléctrico pudiera tener en la seguridad de las centrales nucleares y en las competencias del CSN, así como las modificaciones en la estructura del organismo que, en su caso, requerirían la adecuación de la normativa.

Varios informes se referían a actuaciones hospitalarias, como la generalización de los servicios de protección radiológica en estos centros, intensificación de las inspecciones, programa de renovación de aparatos de rayos X obsoletos o sobre la realización de un estudio para clarificar criterios sobre residuos hospitalarios.

Otros dos informes se referían a actividades relacionadas con centrales nucleares: uno, sobre el programa de inspección para las soldaduras y tirantes del barrilete de Santa María de Garoña y, el otro, sobre los mecanismos de información a los entes locales, autonómicos y nacionales del proceso de desmantelamiento de Vandellós I.

Reunión bilateral con las autoridades portuguesas

El 11 de noviembre de 1998 tuvo lugar en la sede del CSN la 15ª reunión de la Comisión Técnica Permanente (CTP), precedida en la tarde del día anterior, de la 13ª reunión del Protocolo de cooperación mutua entre autoridades nucleares reguladoras en seguridad nuclear, entre España y Portugal, según establece el Acuerdo Hispano-Luso de Cooperación (1980).

En la reunión de la CTP participaron representantes de ambos países en materia de seguridad nuclear y protección radiológica, en política energética y en relaciones internacionales: CSN, Dirección General de Am-



Reunión bilateral hispano-portuguesa.

biente (DGA) de Portugal, ministerios de Industria y Energía, y de Asuntos Exteriores de ambos países, ministerio de Salud y Departamento DPSR de Portugal.

Entre los temas de interés mutuo, se abordaron aspectos tales como la situación operativa de las centrales nucleares de España y otras instalaciones del ciclo de combustible, las convenciones internacionales sobre seguridad nuclear y sobre gestión de residuos radiactivos, los programas de vigilancia radiológica ambiental y los resultados de las redes de medida automática, la colaboración bilateral en proyectos internacionales de ejercicios de emergencias radiológicas, el mapa radiométrico y las propuestas de regulación para el control de chatarras radiactivas.

Reunión bilateral con el BMU/GRS

Los días 16 y 17 de diciembre se celebró la reunión bilateral del CSN con el BMU y GRS. Los objetivos de la reunión fueron discutir un nuevo marco de cooperación bilateral, una serie de presentaciones sobre temas de actualidad por parte del GRS y del CSN, y tratar el proceso de revisión de informes de la Convención de Seguridad Nuclear. Los temas incluidos en la agenda fueron la experiencia de operación, el transporte de contenedores, los desarrollos en APS y la gestión de accidentes en centrales KWU.

Visita del director de Seguridad Nuclear del OIEA

A invitación del presidente del CSN, el director general adjunto de Seguridad Nuclear del OIEA, Zygmund Domaratzki, visitó España del 17 al 19 de noviembre. La visita incluyó reuniones en el CSN, Ciemat, Enresa y Tecnatom, una entrevista con el director general de la Energía y una visita a Vandellós I. En el CSN, que visitó el lunes 17 de noviembre, impartió una conferencia sobre los principales acontecimientos en el campo de la seguridad nuclear que ha promovido el OIEA recientemente. Destacó las dos convenciones internacionales que regulan la seguridad nuclear, en vigor desde 1997, y la gestión de los residuos radiactivos. El conferenciante mani-



Zygmund Domaratzki, director general adjunto de Seguridad Nuclear del OIEA, durante su conferencia en el CSN.

festó su preocupación por la lentitud en el proceso de ratificación de esta última convención, lo que puede impedir que entre en vigor antes del año 2000. También se refirió a los programas de desarrollo de normativa en los campos de instalaciones nucleares, protección radiológica, almacenamiento de residuos y transporte de material nuclear.

► INFORMACIÓN GENERAL

Entrada de agua en la fábrica de combustibles de Juzbado

El 21 de septiembre de 1998 se produjo una tromba anormal de agua y granizo sobre la fábrica de combustibles de Juzbado (Salamanca), que originó la entrada de agua por la cubierta al interior del edificio de fabricación y su posterior salida a presión por los sumideros existentes en varios puntos de dicho edificio.



Fábrica de combustibles de Juzbado.

La instalación, de acuerdo con su Plan de Emergencia Interior, declaró la alerta de emergencia (categoría I) y comunicó el incidente al CSN y a la Subdelegación del Gobierno de Salamanca. Las acciones tomadas consistieron en la retirada y aislamiento del material nuclear de las zonas afectadas y en la recogida y eliminación del agua. Una vez controlada la situación se declaró el fin de la emergencia.

El CSN realizó una inspección a la instalación el 25 de septiembre para comprobar la situación de la fábrica y verificar las acciones implantadas.

Las causas del incidente fueron una precipitación de agua de un valor muy próximo al máximo estimado en el diseño, unido al arrastre de granizo que produjo la obstrucción de la red de pluviales. El incidente no supuso riesgo indebido para las personas y el público. Enusa tiene previsto realizar un proyecto de reforma de la cubierta y la red de pluviales de la fábrica a primeros de 1999, que será remitido al CSN.

Reorganización en la NRC

La Comisión Reguladora Nuclear estadounidense (NRC) ha iniciado en enero de 1999 un importante proceso de reorganización con el objetivo de reducir el número de gestores y mejorar su eficiencia. A tal efecto, se ha eliminado la Oficina para el Análisis de la Experiencia Operativa (AEOD), creada a raíz del accidente de Three Mile Island. Sus funciones se han repartido entre las oficinas de investigación (RES), recursos humanos (HRS) y licenciamiento (NRR). Esta última ve también reducidas sus divisiones de siete a cinco. Como resultado, se eliminan 25 puestos de gestores de los 200 con que contaba la NRC.

Por otro lado, a finales de 1998 tomaron posesión dos nuevos consejeros de dicha comisión, para cubrir sendos puestos, vacantes desde hacía meses. Greta Dicus, que ya ocupó el mismo cargo en el pasado mandato, ha sido renovada a instancias del Partido Demócrata, mientras que el otro consejero, Jeffrey Merrifield, ha sido nominado por el Partido Republicano, a quien hasta ahora asesoraba en temas de energía a diputados y senadores.

Finalmente, la presidenta de la comisión, Shirley Jackson, ha anunciado que dejará su cargo a finales de junio para incorporarse a la Universidad Técnica de Rennselaer como presidenta el próximo 1 de julio.

Celebrado un seminario sobre el V Programa Marco de Euratom

El pasado 17 de noviembre se celebró en el salón de actos del Ministerio de Industria y Energía el seminario *Investigación en seguridad nuclear; protección radiológica y residuos radiactivos. Hacia el V Programa Marco de Euratom (1998-2002)*, organizado por el CSN, en colaboración con el propio ministerio y la Oficina de Ciencia y Tecnología de Presidencia de Gobierno. El presidente del CSN, Juan Manuel Kin-



Al seminario asistieron más de 150 personas procedentes de universidades, industrias, centros sanitarios y de investigación.

delán, fue el encargado de abrir el acto, cuya clausura llevó a cabo Antonio Gomis, director general de la Energía. Los objetivos principales del seminario eran promover un foro de información sobre dicho programa marco e intercambiar experiencias, con el fin de mejorar cualitativa y cuantitativamente la participación de empresas e instituciones españolas en dicho programa respecto al anterior.

El seminario contó con la asistencia de unas 150 personas procedentes de universidades, industrias, centros de investigación, laboratorios, hospitales e instituciones públicas, que participaron activamente en el coloquio. Para conseguir una difusión amplia y precisa sobre el V Programa Marco de Euratom, el CSN publicará próximamente las ponencias presentadas.

Constituida la Asociación de Reguladores Nucleares de Europa Occidental

Como consecuencia de varias iniciativas de los organismos reguladores de España y Francia, los días 19 y 20 de noviembre pasado se celebró en París una reunión en la que se decidió crear la Asociación de Reguladores Nucleares de Europa Occidental (WENRA), cuya formalización está prevista a principios de febrero de 1999 en Londres, una vez recibida la confirmación del nuevo responsable del BMU alemán. En la asociación estarán presentes los nueve países de Unión Europea con centrales nucleares y nace con el objetivo de colaborar con las instituciones europeas. A tal fin, una comisión formada por los señores Kindelán, Lacoste y Samain mantendrá reuniones con la Comisión Europea para explicar los objetivos de la asociación.

Uno de los primeros retos de la nueva asociación será el análisis de la situación de la seguridad nuclear en los países del este europeo candidatos a la ampliación de la UE. Para ello, los organismos reguladores están preparando un informe sobre cada uno de estos países que deberá estar listo a finales del primer semestre de 1999. El CSN coordina el correspondiente a Eslovenia, en colaboración con el ANPA italiano.

Reunión anual de la Sociedad Nuclear Española

Más de 600 profesionales del sector nuclear se reunieron en Valladolid, entre el 14 y el 16 de octubre pasado, durante la 24ª Reunión Anual de la SNE, cuya apertura corrió a cargo de Aníbal Martín, vicepresidente del CSN, siendo clausurada por Antonio Gomis, director general de la Energía.

Se presentaron 250 ponencias, agrupadas en 28 sesiones, sobre temas fundamentales para el sector, incluyendo, por primera vez, una dedicada a los aspectos médicos de la energía nuclear. También se celebraron dos sesiones plenarias bajo los títulos de *Sector eléctrico: retos y perspectivas* y *Energía nuclear y opinión pública*, así como dos presentaciones especiales sobre *Una visión integrada de ámbito mundial sobre temas clave para la energía nuclear* y *La fusión nuclear: estado y perspectivas*.



Vista de la exposición realizada con motivo de la reunión anual de la SNE.

También intervinieron los consejeros del CSN Agustín Alonso, presentando el *Plan de Coordinación de Investigación del CSN y el sector eléctrico*, y Rafael Caro, con la ponencia *Una visión integrada de ámbito mundial sobre temas clave en la energía nuclear*.

Como es habitual, durante los tres días que duró la reunión se celebró una exposición; en esta ocasión participaron 35 empresas del sector para mostrar sus productos y servicios.

Grupo asesor de fisión del V Programa Marco de la UE

El pasado mes de octubre, el consejero del CSN Rafael Caro fue nombrado vocal del grupo de asesores externos de la *key action* fisión nuclear, del V Programa Marco de la Unión Europea. Estos grupos han sido creados para asesorar a la Comisión Europea en la definición de la política de investigación y desarrollo y cuentan con representación de cada uno de los países integrantes de la UE. Su actividad se centrará en el identificación de las líneas de actuación y naturaleza

de los programas de trabajo, el seguimiento y análisis de los resultados, y su posible reorientación.

TECNOLOGÍA

Reunión europea del grupo de usuarios de los códigos de Studsvik-Scandpower

Durante los días 21 a 23 de octubre de 1998, se celebró en la sede del CSN la reunión anual europea del grupo de usuarios de los sistemas de cálculo para el seguimiento del núcleo CMS y FMS, desarrollados, respectivamente, por las compañías Studsvik Core Analysis y Scandpower. Ambos sistemas de cálculo son ampliamente conocidos y utilizados en la industria nuclear, tanto por operadores de centrales nucleares, como por empresas de ingeniería, centros de investigación y organismos reguladores. Los códigos más representativos de cada uno de los dos sistemas son Casmo-4, Simulate-3 y Simulate-3K, en el caso del CMS de Studsvik, y Helios, Presto-2 y Ramona-3/5 en el caso del FMS de Scandpower.

La reunión de 1998 contó con la particularidad de ser la primera reunión conjunta de los grupos de usuarios de ambos sistemas de cálculo, tras la reciente fusión de las compañías. La nueva compañía pasa a denominarse Studsvik-Scandpower Inc., y se distinguirá con las siglas SSP.

En la jornada estuvieron presentes 83 especialistas, procedentes de diversos países europeos, asiáticos y norteamericanos. Se presentaron y debatieron 36 ponencias, en las que se expusieron los trabajos técnicos más relevantes desarrollados haciendo uso de los sistemas de códigos CMS y FMS.



Desarrollo de la reunión del grupo de usuarios de códigos de Studsvik-Scandpower.

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

La dosimetría biológica y los estudios epidemiológicos

La dosimetría biológica juega un papel esencial como apoyo, e incluso validación, de la dosimetría personal y para la estimación del riesgo en estudios epidemiológicos de grupos de población expuestos a graves accidentes. Sin embargo, hace aparecer un gran número de parámetros e incertidumbres que obligan a sesgar el conjunto de datos de trabajo, con la consiguiente pérdida de precisión en los resultados, dando por supuesto el conocimiento de la incertidumbre en la determinación de los valores dosimétricos obtenidos, obligando todo ello a un esmerado y laborioso estudio estadístico.

Jhon B. Cologne y Date L. Preston, del Department of Statistics, perteneciente a la Radiation Effects Research Foundation del Japón, junto con David J. Pawel de la Environmental Protection Agency de EEUU, han llevado a cabo un interesante trabajo donde realizan un detallado análisis para el caso específico de utilización de la frecuencia de aberraciones cromosómicas estables en estudios epidemiológicos. La obtención de resultados positivos en dicho trabajo lleva a sugerir su empleo en la estimación del riesgo en dichos estudios.

Estado actual de la protección radiológica

Desde la creación de la ICRP, con figuras como Karl Z. Morgan, se ha recorrido un largo camino en las últimas décadas como respuesta a la inquietud por los efectos de las radiaciones ionizantes. Los primeros documentos de la ICRP contenían los conceptos iniciales de concentraciones, cargas y dosis máximas permisibles, así como densas y difíciles recomendaciones. Aún existe controversia científica sobre ciertas premisas, como la linealidad dosis-efecto, la existencia de umbral y los efectos de las bajas dosis. Dicho debate cuenta con apoyo técnico y experimental de cualificados defensores de uno y otro lado. Si estos temas provocan controversias entre los expertos, aún resultan más difíciles entre los no versados en el tema.

La Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, en una comunicación titulada *Developments in radiation health science and their impact on radiation protection*, expone, de manera sólida y documentada, el estado actual de los conocimientos en materia de la protección radiológica asociada a los efectos de las radiaciones ionizantes sobre el ser humano. Dicho estado actual ha sido conformado, de manera simple, exponiendo lo que se conoce de forma probada, los temas de controversia y las tendencias y necesidades de la obligada investigación.

► CURSOS, REUNIONES Y CONFERENCIAS

X Máster en energía nuclear

El Centro de Investigaciones Energéticas, Tecnológicas y Medioambientales (Ciemat) ha puesto en marcha su X Máster en energía nuclear, que tendrá lugar entre los meses de enero a diciembre de 1999, con una duración total de 1.000 horas. Dirigido a titulados superiores en ciencia y tecnología, consta de tres módulos, dedicados a *Conceptos básicos de física nuclear*, *Centrales nucleares y sistemas avanzados* y *Protección radiológica*. El objetivo es proporcionar a los alumnos los conocimientos multidisciplinares necesarios para la comprensión del proceso tecnológico del aprovechamiento de la energía nuclear. El CSN contribuye, junto a otros organismos públicos y privados, a su financiación mediante una subvención.

Curso superior de protección radiológica

Del 1 de febrero al 30 de abril de 1999 el Instituto de Estudios de la Energía del Ciemat impartirá una nueva edición del Curso superior de protección radiológica, dirigido a titulados superiores y especialistas técnicos. Su objetivo es formar en esta especialidad a personas interesadas en dirigir su labor profesional hacia este campo.

► PUBLICACIONES

Report of the Senior Expert Group for the review of the International Atomic Energy Agency's programme of activities

IAEA. Viena, 1998.

A comienzos del pasado año el director general del Organismo Internacional de Energía Atómica creó un grupo de trabajo formado por reconocidos expertos con amplia experiencia en las áreas de trabajo del organismo, con intención de cubrir todo el espectro de especialidades y regiones geográficas. La tarea encomendada al mismo consistía en elaborar un informe donde se recogieran todas las reflexiones y recomendaciones derivadas de una revisión en profundidad del programa de actividades del organismo. Para ello se formaron cuatro subgrupos de trabajo, de acuerdo con las siguientes denominaciones temáticas: Nuclear Power and Fuel Cycle, Nuclear, Radiation and Waste Safety, Nuclear Verification and Security of Material y Nuclear Sciences and Applications.

El segundo grupo contó, entre otras autoridades, con la activa participación del consejero del CSN Agustín Alonso, que fue nombrado coordinador del mismo.

Como figura en este informe, cada grupo realizó la evaluación de cada programa específico según la problemática a tratar y se contestaron a las preguntas realizadas por el director general. El informe concluye con 34 recomendaciones, de las cuales siete son de carácter general.

Developing safety culture in nuclear activities. Practical suggestions to assist progress

Safety Reports Series N° 11. IAEA. Viena, 1998.

Este documento complementa las publicaciones realizadas hasta la fecha en torno al concepto de cultura de seguridad, que fue introducido por el International Nuclear Safety Advisory Group (INSAG), creado en el seno del OIEA y cuya definición se publica en el informe INSAG-4 de 1991. En este informe se describen experiencias que se han mostrado valiosas en muchos países a la hora de desarrollar, mantener y evaluar la cultura de seguridad.

Evaluation of the safety of operating nuclear power plants built to earlier standards. A common basis for judgement

Safety Reports Series N° 12. IAEA. Viena, 1998.

El objetivo de esta publicación es proporcionar una asistencia práctica para juzgar la seguridad de las plantas nucleares sobre una base de normativa actual y experiencia operacional. En el caso de centrales construidas con normativa más antigua se revisa la seguridad según las normas actuales con la intención de identificar posibles desviaciones que puedan tener impacto en la seguridad, haciendo además una valoración de prioridades para tomar acciones correctoras que determinen niveles de seguridad aceptables.

Development priorities for NDE of concrete structures in nuclear power plants

NEA/CSNI/R(97)28. OECD. París, 1998.

En el subgrupo dedicado al envejecimiento de estructuras de hormigón, dentro del grupo de trabajo principal n° 3, perteneciente al Comité para la Seguridad de las Instalaciones Nucleares de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, se ha llevado a cabo un seminario de trabajo, cuyos frutos se recogen en este informe, dedicado a las aplicaciones de los ensayos no destructivos en las estructuras de hormigón de las centrales nucleares. En él se realiza la identificación del desarrollo específico necesario a realizar en el futuro, considerando los costes previstos, los beneficios probables y la posición de los organismos reguladores de los países miembros. ☞



Seguridad Nuclear Boletín de suscripción

Institución/Empresa

Nombre

Tel.

Fax

Dirección

CP

Localidad

Provincia

Fecha

Firma

Enviar a Consejo de Seguridad Nuclear, Servicio de Publicaciones. c/ Justo Dorado, 11. 28040 Madrid. Número de fax: 91 346 05 58.

Resúmenes



(Page 2)

Birth and development of an electrical system: the Spanish case

Pedro Mielgo

The year that elapsed from the time when the Law on the Electrical Sector was passed provides the author with sufficient perspective to review the changes which took place in the sector's regulation, structure and functioning, and, in this framework, review the history and role of one of the fundamental pieces in its operation, Red Eléctrica de España.

(Page 10)

Systematic evaluation of the functioning of Spanish nuclear power plants

Jesús Gil Huguet

The Nuclear Safety Council is undertaking a systematic evaluation

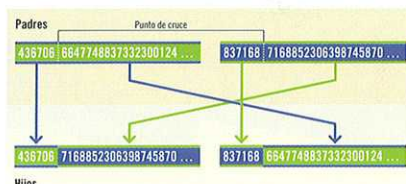


programme on the functioning of Spanish nuclear power plants using specific methodology from inspections as carried out by the agency. This article discusses the scope, aims, application and development of what is known as the Esfuc programme, whose pilot plan commenced in 1996 for all plants in operation.

(Page 16)

Maintenance optimization in nuclear power plants through genetic algorithms

Aureli Muñoz, Sebastián Martorell and Vicente Serradell



Establishing suitable scheduled maintenance tasks leads to optimizing the reliability of nuclear power plant safety systems. The article addresses this subject, whilst endeavouring to tackle an overall optimization process for component availability and safety systems through the use of genetic algorithms.

(Page 24)

CSN competencies in the new regulations on risk prevention at work

Victoria Eugenia Méndez

This article gives a summary of the paper as submitted by the author at the seminar organized by the Spanish Radiological Protec-

tion Society for analyzing the implications of the regulations on risk prevention at work in medical surveillance and radiological protection of radiation workers occupationally exposed to ionizing radiations.



(Page 30)

The CSN's Information Centre: a necessary venture

Antonio Calvo

Every year, around 10,000 pupils will visit the CSN's Information Centre, an exposition area which was created with the intention of explaining simply but strictly, what radiations are, for what they are used, what risks they hold and how they are controlled. Opened in October, 1998, encouraged by Parliamentary urging, the Centre is a path to CSN information for citizens to use.

