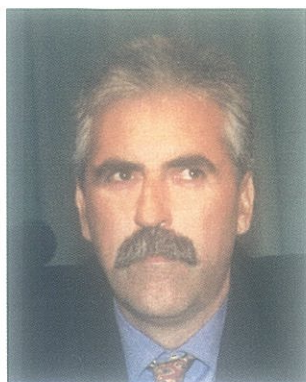




Agustín ALONSO SANTOS es Licenciado en Ciencias Químicas, Doctor en Ciencias Físicas e Ingeniero Industrial. Catedrático de Tecnología Nuclear de la Universidad Politécnica de Madrid. Participó en la creación y desarrollo del Departamento de Seguridad Nuclear de la JEN del que fue Director hasta la creación del CSN. Ha sido Presidente de la SNE, Conferenciante en Cursos inter-regionales del OIEA. Actualmente es Consejero del Consejo de Seguridad Nuclear y Miembro de los Comités de Dirección del Proyecto Extrapresupuestario del OIEA para la seguridad de los reactores WWER y RBMK.



Luis DEL VAL HERNÁNDEZ es Ingeniero Industrial por la ETSII de Madrid (año 1975). Entró a formar parte en 1976, de la plantilla de INITEC (Departamento Nuclear, proyectos Vandellós II y Lemóniz, Gabinete y Obra). En 1983, ingresó en el cuerpo de ingenieros Industriales del Ministerio de Industria y Energía, siendo su primer destino los servicios territoriales de Asturias, pasando posteriormente a la Subdirección General de Energía Nuclear de la que es Subdirector desde 1985.

ACTIVIDADES DEL ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA EN EL ANÁLISIS Y MEJORA DE LA SEGURIDAD DE LOS REACTORES RBMK

A. ALONSO - L. DEL VAL

INTRODUCCIÓN

El Organismo Internacional de Energía Atómica, de la familia de Naciones Unidas, ha constituido el foro de interés internacional más significativo sobre la seguridad de los reactores RBMK. En Agosto de 1986, casi cuatro meses después del accidente de Chernobil, a petición de las autoridades de la antigua Unión Soviética, convocó una reunión internacional en la cual, en presencia de los más altos responsables mundiales de la seguridad, los expertos soviéticos dieron cuenta de las causas y consecuencias del accidente⁽¹⁾. Posteriormente, el Organismo constituyó el punto central de las investigaciones internacionales sobre las consecuencias radiológicas del escape radiactivo, aunque sin prestar mayor consideración a los aspectos de la seguridad.

En Abril de 1992, a propuesta del Gobierno de la Federación Rusa, el Organismo convocó un comité técnico con el objetivo de recopilar, revisar e intercambiar información sobre los diversos programas nacionales y bilaterales que se habían establecido a lo largo del tiempo con el objetivo de estudiar la seguridad de dichos reactores; en especial, después del desmembramiento de la Unión Soviética y la creación de los Estados Independientes, tanto Ucrania como Lituania, con reactores de dicho tipo, habían manifestado de forma elocuente su deseo de ser ayudados por Occidente. En esta ocasión se reunieron más de sesenta especialistas en seguridad nuclear provenientes de trece países y organizaciones internacionales.

Los expertos reunidos concluyeron que era necesario, con carácter de urgencia, crear un programa internacional sólido que pusiese énfasis en las modificaciones que ya se habían introducido y que quedaban por introducir para mejorar la seguridad de dichos reactores. Se recomendó además que tal programa internacional sirviese de ayuda a

las organizaciones reguladoras y explotadoras de los países con tales tipos de centrales. Se pretendía también consolidar los distintos programas nacionales e internacionales de ayuda que ya estaban en marcha, evitar duplicación de esfuerzos y facilitar la utilización eficaz de los recursos puestos en juego, lo que requería, a su vez, la coordinación entre las actividades de la Unión Europea, los acuerdos bilaterales, principalmente países del Grupo de los 24, y el propio OIEA⁽²⁾.

A la vista de tal recomendación, el Organismo, en Junio de 1992, anunció la creación del llamado PROGRAMA EXTRAPRESUPUESTARIO PARA LA SEGURIDAD DE LOS REACTORES RBMK e invitó a los distintos países miembros a aportar recursos económicos y humanos para tal fin. El programa extrapresupuestario debería contemplar las tres generaciones de reactores RBMK en operación y considerar aspectos tales como: (a) definir los aspectos de seguridad a mejorar y establecer su categorización por orden de importancia; (b) organizar reuniones de especialistas en temas de interés para la seguridad de los reactores RBMK; (c) realizar visitas a las distintas centrales con el objetivo de revisar los aspectos de seguridad del diseño y los modos y maneras de llevar a cabo la explotación, y (d) analizar y ayudar en el entrenamiento de los equipos de explotación. En la tabla I se relacionan y clasifican las centrales RBMK en explotación.

El Organismo, que ya tenía en marcha un programa similar para los reactores tipo WWER⁽³⁾, bajo la supervisión

(1) Información suministrada por L. Lederman, Secretario Científico del Comité de Dirección del Proyecto Extrapresupuestario.

(2) La categoría alta refleja un nivel de seguridad insuficiente con un impacto elevado, de modo que es necesario actuar a corto plazo.

(3) La categoría media refleja un nivel de seguridad insuficiente con un impacto significativo, de modo que podría ser necesario actuar con rapidez.

T I
Relación de centrales tipo RBMK en operación

PAIS	CODIGO OIEA	NOMBRE	POTENCIA (Mwe)	GENERA-CION	COMIENZO OPERACION
Federación Rusa	SU-17	Kurks 1	1000	1ª	1976
"	SU-22	Kurks 2	1000	1ª	1979
"	SU-38	Kurks 3	1000	2ª	1983
"	SU-39	Kurks 4 ⁽¹⁾	1000	2ª	1985
"	SU-15	Sosnovy Bor 1 ⁽²⁾	1000	1ª	1973
"	SU-16	Sosnovy Bor 2	1000	1ª	1975
"	SU-34	Sosnovy Bor 3	1000	2ª	1979
"	SU-35	Sosnovy Bor 4	1000	2ª	1981
"	SU-23	Smolensk 1	1000	2ª	1982
"	SU-24	Smolensk 2	1000	2ª	1985
"	SU-67	Smolensk 3	1000	3ª	1990
Lituania	SU-46	Ignalina 1	1500	-	1983
"	SU-47	Ignalina 2	1500	-	1987
Ucrania	SU-25	Chernobil 1	1000	1ª	1977
"	SU-42	Chernobil 3 ⁽³⁾	1000	2ª	1981

(1) En el emplazamiento de Kurks existen dos unidades adicionales en construcción detenida.

(2) También llamada Leningrado.

(3) En el emplazamiento de Chernobil existen dos centrales adicionales: unidad 2, fuera de servicio a causa de un incendio en la sala de turbinas, y unidad 4, que sufrió el accidente de 1986. En el momento del accidente existían dos unidades en construcción no reanudada.

general de un *Grupo Asesor* de países interesados propuso formalmente a este Grupo, en su segunda reunión, celebrada en Viena entre el 30 de Noviembre y el 2 de Diciembre de 1992, la creación de un Comité de Dirección Internacional, que tuviese como objetivos fundamentales: (1) asesorar al Organismo sobre las actividades realizadas por éste dentro del Programa Extrapresupuestario recién creado; (2) evaluar los resultados del programa de trabajo y orientar acerca de las tareas a realizar, (3) identificar los temas de seguridad no resueltos, vigilar los progresos realizados, servir de foro para el intercambio de información de las actividades realizadas dentro del propio Organismo, de la Unión Europea, de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE, de la Organización WANO, así como de organizaciones financieras incluyendo el Banco Mundial, el Banco Europeo de Inversiones y, sobre todo, el Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo. Se le pidió también que aconsejase cómo establecer programas de coordinación entre las propias actividades del OIEA y las del Grupo de los 24, que había iniciado la construcción de un banco de datos para la coordinación de los programas internacionales de ayuda, así como las de un consorcio internacional llamado *Consortio RBMK*⁽⁴⁾ que se había formado con la colaboración de la Unión Europea y de países interesados en la seguridad de dichos reactores, como Suecia, con intereses particulares en la central lituana de IGNALINA, y Finlandia, interesada en la central de SOSNOVY BOR, que todavía no eran miembros de la Unión, y de Canadá, por su experiencia tecnológica en re-

actores CANDU que también incluyen tubos de presión con agua en ebullición como refrigerante. España participa en dicho Consorcio a través de CIEMAT.

Las actividades mantenidas a lo largo del tiempo revelan la existencia de una interesante discusión Oriente-Occidente que se puede resumir como sigue. El accidente de Chernobil-4 mereció desde el primer momento la atención de los expertos occidentales. Pocos días después del accidente se mantuvieron reuniones detalladas en el seno del *Comité sobre la seguridad de las instalaciones nucleares (CSNI)* de la Agencia de la Energía Nuclear de la OCDE y se iniciaron todo tipo de estudios y conjeturas. Los más altos representantes del Organismo Internacional de Energía Atómica visitaron muy pronto el emplazamiento. Occidente comprendió muy pronto que los reactores RBMK incluían defectos sustanciales de diseño que tenían que ser corregidos con urgencia. Sin embargo, tales ayudas no se concretaban hasta que a principios de los años noventa se observa un cambio en la mentalidad internacional y comienza un programa de ayudas con fondos de la Unión Europea y a través de acuerdos bilaterales con los países más desarrollados. Sin embargo, esta ayuda, en especial la establecida por el *Grupo de los Siete*, a través de la *Iniciativa de Munich*, pretende exigir que los reactores más antiguos se clausuren a la mayor brevedad posible, supuesto resuelto el suministro energético por otros medios. Esta situación no es aceptada por los países afectados, en especial por la Federación Rusa, donde se estima que una vez mejorados, tales reacto-

res pueden funcionar hasta el final de su vida tecnológica. Este tema de discusión está todavía abierto.

LAS ACTIVIDADES DEL COMITÉ DE DIRECCIÓN DEL PROGRAMA EXTRAPRESUPUESTARIO

El *Comité de Dirección del Programa Extrapresupuestario* del OIEA sobre la seguridad de los reactores RBMK se constituyó formalmente el 22 de Febrero de 1993. España, a través del Ministerio de Industria y Energía, había decidido contribuir económicamente y con recursos humanos a tal programa, lo que le daba un asiento en dicho Comité. Participaban también representantes de Canadá, Japón, Suiza, Francia y Estados Unidos, junto con miembros de los países afectados: Rusia, Lituania y Ucrania, así como representantes de organismos internacionales, tales como la Unión Europea, el Consorcio RBMK y el Grupo de los 24, en lo relativo al banco de datos; posteriormente se unieron instituciones financieras, tales como el Banco Europeo para la Reconstrucción y el Desarrollo.

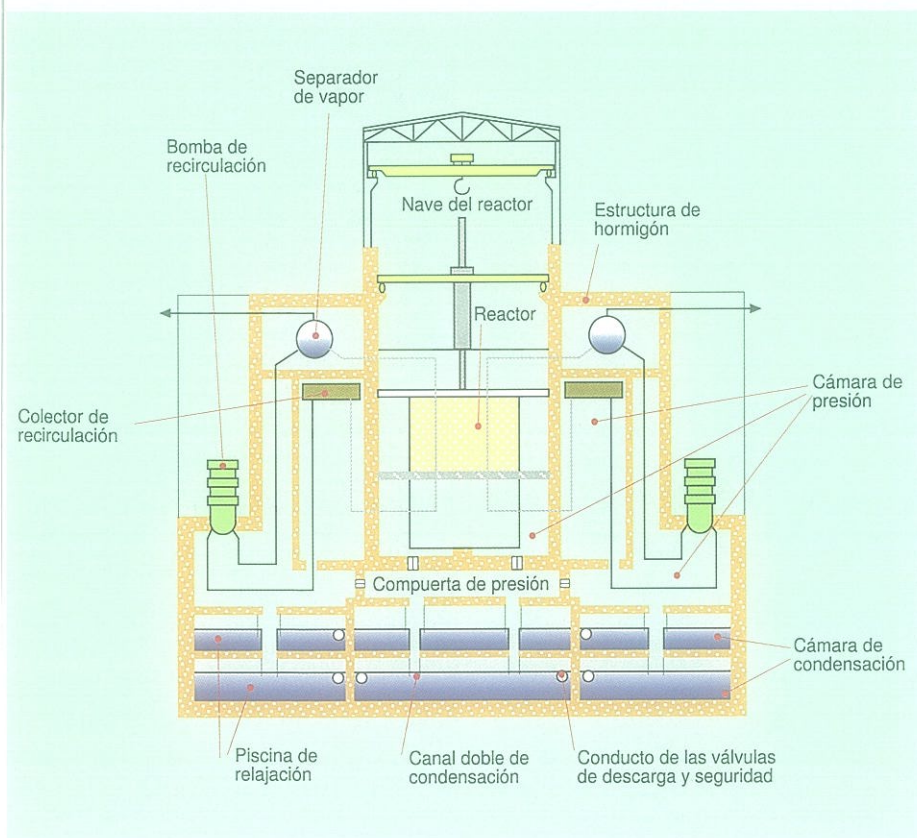
Durante los dos primeros años de existencia del programa, 1993 y 1994, se realizaron visitas técnicas tipo ASSET⁽⁵⁾ a todas las centrales nucleares de la familia. Se revisó en detalle el diseño y las mejoras introducidas en la unidad número 3 de SMOLENSK, que había entrado en operación en 1990. Se celebraron también distintas reuniones de especialistas sobre los temas de seguridad más sobresalientes. A pesar de que las autoridades responsables habían ya introducido numerosas mejoras desde el accidente de Chernobil, de estas actividades se dedujo que permanecían todavía distintos problemas de seguridad significativos, en especial relacionados con la neutróica y los sistemas de apagado de los reactores y con la integridad de los tubos de presión.

El sistema de apagado del reactor ha recibido una atención considerable, en especial por parte de los investigadores suizos, quienes han insistido en la necesidad de incorporar un *sistema secundario de apagado adicional*⁽⁶⁾, aparte de la mejora obvia que requieren los coeficientes de reactividad. Se inició

(4) La categoría baja refleja un nivel de seguridad insuficientemente con un impacto reducido, de modo que podría ser conveniente mejorar la situación si la relación coste/beneficio es satisfactoria.

(5) La seguridad operacional no ha sido distribuida en categorías de importancia, si bien se considera significativa y debe ser incorporada en paralelo con las modificaciones.

(6) Es interesante señalar que el diseño de los reactores RBMK incluye dos sistemas de apagado, uno rápido y otro de actuación lenta. Sin embargo, los expertos occidentales opinan que el rápido no es suficientemente bueno, mientras que el lento no cubre todas las eventualidades.



F I - Representación esquemática del edificio del reactor y recintos de contención de la central Chernobil-4.

también un interesante proyecto por parte de la *Comisión Electrotécnica Internacional*, junto con el propio Organismo, con el objetivo de desarrollar nueva instrumentación nuclear para tal tipo de reactores, que sustituyese al viejo sistema original SKALA. Los aspectos neutrónicos de los reactores RBMK no fueron bien considerados por los proyectistas. Es bien sabido que por debajo de unos 700 Mw térmicos el coeficiente de potencia del reactor se hace positivo a causa del valor del coeficiente de huecos de refrigerante, que resulta superior a la fracción de neutrones diferidos y, por lo tanto, el reactor puede ser supercrítico con sólo neutrones inmediatos y con una constante de tiempo del orden de un milisegundo. De hecho, esto es lo que sucedió en el accidente de Chernobil-4. Es también bien sabido que existen dos procedimientos para resolver la situación: (1) introducir de forma permanente venenos nucleares en el núcleo y (2) incrementar el enriquecimiento. Ambas modificaciones se han introducido o se

están introduciendo. El número de barras de control permanentemente insertadas en el núcleo ha pasado de 25 a 81, y el enriquecimiento original del 2% se ha incrementado hasta el 2.4%. De esta forma se estima que el coeficiente de huecos del refrigerante, todavía positivo, es del orden de la mitad del valor de la fracción de neutrones diferidos. Pero esta conclusión ha requerido un

chequeo teórico y una verificación experimental, realizada en la central de SOSNOVY BOR, que permite concluir que el problema ya está resuelto, si bien se entiende que todavía es necesario la incorporación de un sistema secundario de apagado.

La experiencia de explotación de los tubos de presión de los reactores RBMK no había sido muy satisfactoria⁽⁷⁾ y muy pronto preocupó la posibilidad de la rotura múltiple de tubos de presión; en tal sentido, se celebró una interesante reunión con participantes de Canadá, Francia, Italia, Japón, Lituania, Rusia, Ucrania y los propios Estados Unidos. Se concedió gran importancia al concepto *fuga antes de la rotura* y la industria japonesa participó de forma eficaz en el establecimiento de un sistema de detectores acústicos que se probó en la central SOSNOVY BOR demostrando un límite de detección de 3 l/h. El análisis de esta situación continuará durante 1996 con ayuda de expertos japoneses hasta su solución definitiva. Los reactores de la serie RBMK-1000 incluyen 1661 tubos de presión por los que pasa el refrigerante de abajo arriba. En la entrada de dichos tubos existen válvulas de aislamiento y control del caudal; sin embargo, la rotura de un tubo de presión después de dichas válvulas llenaría de vapor la cavidad superior del núcleo, que está cerrada por una losa, que tiene un peso de 2000 toneladas, a través de la cual pasan los tubos de presión hasta la zona de carga. El sistema se ha diseñado de modo que el venteo de que está dotada dicha cavidad es capaz de relajar la presión hasta límites tolerables en el caso de la rotura de un sólo tubo⁽⁸⁾, circunstancia que es tomada como accidente base de diseño. Se especula que la rotura de dos o más tubos levantaría la losa soporte y causaría la rotura de todos los tubos, como de hecho ocurrió en el

T II
Número y categoría de los temas genericos de seguridad propios de los reactores RBMK⁽¹⁾

ÁREA EN CONSIDERACIÓN	NÚMERO TOTAL DE TEMAS IDENTIFICADOS	DISTRIBUCIÓN DE TEMAS POR CATEGORÍAS DE IMPORTANCIA		
		ALTA ⁽²⁾	MEDIA ⁽³⁾	BAJA ⁽⁴⁾
Diseño y vigilancia del núcleo	6	5	1	0
Instrumentación y control	7	2	5	0
Integridad de la barrera de presión	7	4	2	1
Análisis de accidentes	10	3	7	0
Sistemas de seguridad	10	4	6	0
Protección contra incendios	5	1	3	1
Seguridad operacional	13 ⁽⁵⁾	-	-	-
TOTAL	58	19	24	2

(1) Información suministrada por L. Lederman, Secretario Científico del Comité de Dirección del Proyecto Extrapresupuestario.

(2) La categoría alta refleja un nivel de seguridad insuficiente con un impacto elevado, de modo que es necesario actuar a corto plazo.

(3) La categoría media refleja un nivel de seguridad insuficiente con un impacto significativo, de modo que podría ser necesario actuar con rapidez.

(4) La categoría baja refleja un nivel de seguridad insuficiente con un impacto reducido, de modo que podría ser conveniente mejorar la situación si la relación coste/beneficio es satisfactoria.

(5) La seguridad operacional no ha sido distribuida en categorías de importancia, si bien se considera significativa y debe ser incorporada en paralelo con las modificaciones.

(7) La experiencia operativa demuestra la existencia de fugas frecuentes. Sin embargo, sólo se ha informado de tres sucesos con rotura de un sólo tubo. En ninguno de los tres casos se indujo la rotura de los vecinos, a pesar de que en un caso se produjeron daños considerables en el combustible (Sosnovy Bor núm. 2, 1992).

(8) Las centrales de la segunda y tercera generación tienen capacidad para ventear dos o tres roturas simultáneas, mientras que SMOLENSK-3 puede ventear hasta nueve roturas simultáneas.

T III

Relación de los documentos más significativos producidos en el programa extrapresupuestario del OIEA sobre la seguridad de los reactores RBMK

REFERENCIA	TÍTULO
RBMK-SC-002	IAEA Safety Review of the Smolensk-3 Nuclear Power Plant, 1993.
RBMK-SC-013	RBMK Shutdown Systems. Results of an IAEA Consultants Meeting (Suiza 13-18 December 1993).
RBMK-SC-014	Multiple Pressure Tube Rupture in Channel Type Reactors. IAEA Topical Meeting (Moscú, 31 enero/4 febrero, 1994).
RBMK-SC-017	Probabilistic Safety Assessment for the Sosnovy Bor Nuclear Power Plant, 1994.
RBMK-SC-021	Code Validation for RBMK LOCA Analysis, Japan, 28 noviembre/2 diciembre, 1994.
RBMK-SC-030	Workshop on Safety Evaluation of NPP Modifications and Their Licensing, 1995.
RBMK-SC-031	A Guidance for Priorization of Operational Safety Improvements to Nuclear Power Plants. Initial Application to RBMK and WWER NPP, 1995.
EBP-RBMK-04	RBMK Nuclear Power Plants. Generic Safety Issues, 1995.

T IV

Relación de las sesiones celebradas por el Comité de Dirección del programa extrapresupuestario del OIEA sobre la seguridad de los reactores RBMK

REFERENCIA	TÍTULO
RBMK-SC-006	Minutes of the I Steering Committee Meeting. Vienna 22-23 February, 1993.
RBMK-SC-009	Minutes of the II Steering Committee Meeting. Vienna 8-9 July, 1993.
RBMK-SC-012	Minutes of the III Steering Committee Meeting. Vienna 4-5 October, 1993.
RBMK-SC-016	Minutes of the IV Steering Committee Meeting. Vienna 17-18 February, 1994.
RBMK-SC-019	Minutes of the V Steering Committee Meeting. Vienna 3-4 November, 1994.
RBMK-SC-023	Minutes of the VI Steering Committee Meeting. Vienna 7-8 February, 1995.
RBMK-SC-028	Minutes of the VII Steering Committee Meeting. Vienna 8-9 June, 1995.
RBMK-SC-033	Minutes of the VIII Steering Committee Meeting. Vienna 8-9 November, 1995.

accidente de Chernobil-4. Los tubos de presión están fabricados en una aleación de circonio, rica en niobio, en el interior del núcleo y de acero inoxidable en el exterior. La soldadura entre metales disímiles limita la tasa de calentamiento o enfriamiento que pueden soportar sin deteriorarse. Además, la vida de dichos tubos se encuentra limitada por el crecimiento circunferencial que experimentan por radiación, lo que causa el cierre del canal laberíntico de aislamiento que separa el canal del combustible del grafito. Como en el caso de los reactores CANDU se ha desarrollado y practicado la tecnología necesaria para sustituir la sección activa de los canales.

Durante 1995, los temas más salientes contemplados estuvieron relacionados de nuevo con los aspectos neutrónicos y los sistemas secundarios de apagado y con los aspectos termohidráulicos asociados a la rotura múltiple de los tubos de presión. A los temas anteriores se añadieron otros relacionados con los análisis probabilistas de riesgos y la validación de los códigos neutrónicos y termohidráulicos.

La delegación japonesa ha mostrado, desde el principio, su deseo de contribuir a la resolución de los problemas termohidráulicos contando con los desarrollos tecnológicos de dicho país en torno al reactor de agua pesada con tubos de presión FUGEN. En tal sentido, puso a disposición del OIEA los datos experimentales disponibles en dicho país con el objetivo de validar los códigos de cálculo utilizados en el análisis termohidráulicos de los reactores RBMK, en especial su utilización para el análisis de las roturas múltiples de los tubos de presión. Se concluyó que los datos disponibles en Japón eran apropiados para llevar a cabo tal validación, circunstancia que se está contemplando.

La delegación rusa tuvo desde el principio interés en realizar estudios probabilistas de seguridad que se iniciaron, con ayuda alemana, en la central de SOSNOVY-BOR. Otro tanto ocurría en Lituania, donde con la ayuda sueca se estableció el proyecto BARSELINA, que trataba de hermanar la central sueca de BÅRSEBAK con la lituana de IG-NALINA. Estos ejercicios fueron revisa-

dos en profundidad por grupos de especialistas del OIEA. En Enero de 1995 se convocó una reunión de especialistas con el objetivo de estudiar la potencialidad de los códigos RISK-SPECTRUM y SAPHIRE con respecto al análisis probabilista de seguridad de las centrales tipo RBMK, circunstancia que está siendo contemplada con atención.

La delegación rusa, en especial, ha tenido siempre un gran interés en conocer las prácticas occidentales para la mejora de centrales nucleares de diseño antiguo. A tal fin se han celebrado tres cursos específicos en Obnisk, Santander y Leningrado. El curso celebrado en Santander, en abril de 1995, fue patrocinado por NUCLENOR S.A. y en él se expusieron las mejoras introducidas a lo largo del tiempo en las centrales nucleares Santa María de Garoña y José Cabrera. Asistieron al curso notables representantes de los países involucrados: Rusia, Ucrania, Lituania, Hungría, Bulgaria, Eslovaquia y la República Checa. Las conferencias, que corrieron a cargo de especialistas españoles, contemplaron aspectos reguladores, de diseño y de ejecución. Se incluyó también una visita a la central nuclear de Santa María de Garoña. Los otros dos cursos mencionados tuvieron también notable participación española.

La misión más importante realizada dentro del programa extrapresupuestario ha sido la identificación de los temas de seguridad pendientes y su clasificación por orden de importancia. Esta tarea comenzó en 1993 y se dio por completada en 1995. La clasificación e importancia de dichos temas se incluye en la tabla II. En dicha tabla no se clasifican los temas de explotación, por encontrar difícil asignar prioridades en este caso. Sin embargo, se reconoce la importancia de introducir mejoras operativas en paralelo con los cambios esperados de diseño. Hasta diciembre de 1995, el Organismo ha publicado treinta y cinco documentos, de entre los que se destacan los incluidos en la tabla III. Por su lado, el Comité de Dirección se ha reunido en ocho ocasiones. En cada caso se han redactado minutos que se identifican en la tabla IV.

PREVISIONES FUTURAS

El llamado Advisory Group, que supervisa la marcha general del programa, se reunió de nuevo en diciembre de 1995 con representación española y recomendó que el programa continuase durante 1996. El Organismo ha presentado al Comité de Dirección, quien lo ha contemplado en su reunión de Febrero de 1996, el programa de trabajo para el año actual.

La identificación de los temas de seguridad a mejorar y su grado de importancia estaba basado en la revisión de la unidad 3 de la central de SMOLENSK, que pertenece a la llamada tercera y

más moderna generación de centrales RBMK, por lo tanto tal identificación y clasificación no es aplicable a las más antiguas generaciones, primera y segunda, cuyo diseño se basaba en normas menos desarrolladas. Por tal motivo, la Federación Rusa requirió del Organismo la revisión de la unidad número 2 de la central de SOSNOVY-BOR que pertenece a la primera generación de centrales RBMK. El programa de trabajo del OIEA se realizará durante el presente año en coordinación con actividades similares que lleva a cabo el Consorcio Internacional RBMK, lo que conducirá a una revisión y clasificación de los temas de seguridad que deben ser mejorados en esta familia más antigua.

En el apartado anterior se mencionaron los esfuerzos realizados en la verificación de los códigos de cálculo, tanto neutrónicos como termohidráulicos. Se propone que tal trabajo continúe incluyendo el desarrollo de códigos tridimensionales acoplados. La disponibilidad de nuevos ordenadores permite aumentar la capacidad de predicción del comportamiento del sistema y la reducción de las incertidumbres de los resultados. Se reconoce la necesidad de validar dichos nuevos códigos, incluyendo la comparación con datos experimentales y de las propias centrales obtenidos durante los arranques, las pruebas o los posibles transitorios operacionales que puedan ocurrir en las

centrales en explotación. El Organismo propone considerar estos aspectos.

También se ha mencionado anteriormente la importancia de la integridad de los tubos de presión. se reconoce que en este tipo de reactores existe un número significativo de soldaduras circunferenciales, que unen metales distintos, lo cual requiere una instrumentación y vigilancia especial, que será tratada a lo largo del corriente año. Los aspectos termohidráulicos de la rotura de tales tubos de presión ha sido analizada teóricamente con los códigos RELAP-5 y CATHARE, que han mostrado la potencial creación de oscilaciones en condiciones de bajo flujo o de caudal degradado. La naturaleza de estas oscilaciones no se conoce todavía y el Organismo pretende estudiarlas a fondo con la ayuda del gobierno japonés, cuyo banco de datos experimentales se considera apropiado para dicho fin.

Se ha hablado antes de la importancia que se está dando a los estudios probabilistas de seguridad que introducen estudios relacionados con accidentes severos. Se ha encontrado difícil definir el concepto de deterioro del núcleo en reactores con tubos de presión, ya que el núcleo está compuesto de canales individuales, que están en gran parte desacoplados desde el punto de vista neutrónico y termohidráulico; por tanto, en este tipo de reactores, el daño del núcleo deberá estar más locali-

zado que en el caso de núcleos encerrados en vasijas de presión. Por todo ello, el OIEA pretende analizar el tema determinando las condiciones y fenómenos que producen el deterioro de los canales y su evolución temporal en las distintas secuencias accidentales previsibles.

EPÍLOGO

El trabajo del OIEA sobre la seguridad de los reactores RBMK, desarrollado a petición de las partes implicadas, con fondos extrapresupuestarios en los que participa España, constituye un diálogo del más alto nivel científico y tecnológico entre Oriente y Occidente. Los recursos económicos a disposición del OIEA son relativamente muy pequeños en comparación con los aportados por la Unión Europea, los países que se han embarcado en acuerdos bilaterales y las instituciones financieras; sin embargo, el OIEA pone en juego, hasta límites muy elevados, la experiencia y el talento internacional, todo lo cual esta contribuyendo de forma positiva al mejor conocimiento mutuo de las tecnologías nucleares ex-soviética y occidental, separados durante mucho tiempo, y a la mejora de la seguridad de los reactores RBMK, sin dejar de reconocer que todavía existen problemas significativos, en especial en las unidades RBMK de la primera generación.

CENTRALES NUCLEARES 1995

Experiencias y Perspectivas

El próximo número de la Revista de la SNE publica, por séptimo año consecutivo, los resultados y experiencias de operación de las centrales nucleares españolas, expuestos por sus máximos responsables.

Reserve el mejor espacio publicitario en este número.



¡Una INVERSIÓN con la más ALTA RENTABILIDAD!