

Clausura:

EXPERIENCIAS QUE DEBEN ADQUIRIRSE Por John McKeown

Es importante intercambiar experiencias y trabajar en conjunto para que la comunidad nuclear mundial pueda responder al desafío de rehabilitar las instalaciones nucleares de manera segura y económica.



Es importante intercambiar experiencias y trabajar en conjunto para que la comunidad nuclear mundial pueda responder al desafío de rehabilitar las instalaciones nucleares de manera segura y económica. La clausura de centrales e instalaciones nucleares constituye una actividad mundial cada vez más importante a medida que muchas de las instalaciones nucleares del mundo alcanzan la madurez. Es preciso emprender un proceso de clausura cuidadosamente planificado con el fin de eliminar los peligros potenciales que entrañan las centrales nucleares redundantes y demostrar que es posible proceder a la gestión eficaz y segura de los trabajos de rehabilitación ambiental de las centrales modernas. Las actuales instalaciones ya envejecidas incluyen desde centrales experimentales donde la rehabilitación ambiental no se tuvo en cuenta en la etapa de diseño, hasta reactores de potencia más modernos en cuyo diseño se prestó atención a la clausura. El costo mundial total se estima en miles de millardos de dólares.

La base de datos de la Asociación Nuclear Mundial (WNA) contiene el siguiente resumen sobre las instalaciones nucleares que han sido retiradas de servicio y que están en espera o en proceso de ser clausuradas:

- 115 reactores de potencia y de investigación;
- 5 instalaciones de reelaboración;
- 14 plantas de fabricación de combustible;
- 60 minas.

En el presente artículo se destacan los principales problemas a que se enfrentan los programas internacionales de clausura a partir de la experiencia del Organismo de Energía Atómica del Reino Unido (UKAEA) como ejemplo de experiencias importantes para la industria.

“Soporte técnico” del proyecto

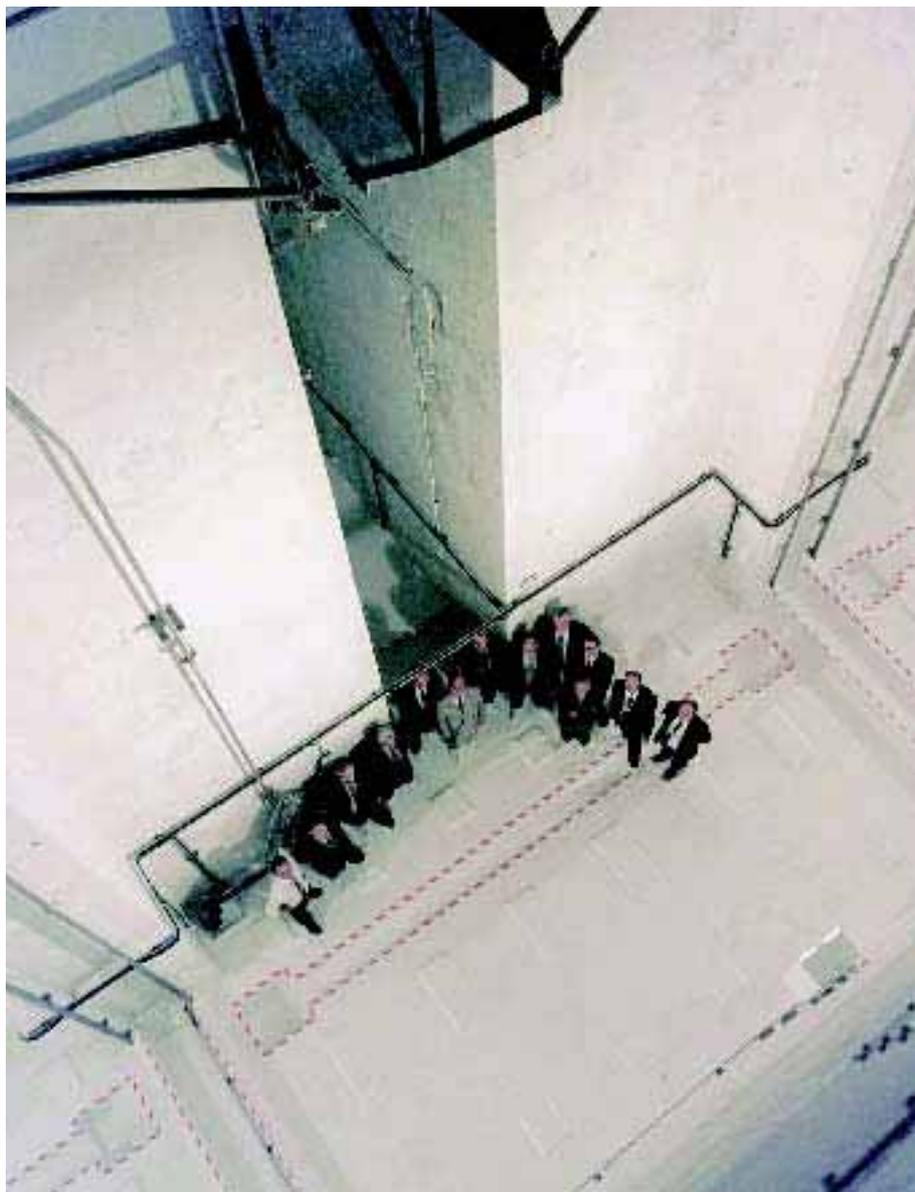
La comunidad nuclear, particularmente en Europa y Estados Unidos, está alcanzando una cabal comprensión de la metodología,



(Arriba) Antes: La piscina de combustible del reactor de agua pesada generador de vapor en Winfrith, cuando el reactor estaba en explotación;

(Derecha) Después: Los visitantes miran la piscina de combustible de Winfrith que fue satisfactoriamente drenada y descontaminada.

(Cortesía: UKAEA)



organización, capacidad de gestión de proyectos y estrategias contractuales necesarias para la rehabilitación de emplazamientos nucleares. Los países intercambian conocimientos para abordar problemas concretos relacionados con la clausura, como en los casos de Chernóbil y el reactor BN350 en Kazajstán. Esos conocimientos técnicos contribuyen a lograr un desarrollo sostenible, ya que no comprometen la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

La complejidad que presentan los emplazamientos nucleares más grandes con varios reactores y plantas asociadas de combustible y de tratamiento de desechos ha hecho que la industria adopte estrategias integradas para la rehabilitación ambiental. Emplazamientos como el de Rocky Flats, en los Estados Unidos, y el del UKAEA en Dounreay, Escocia, han elaborado planes integrados de clausura combinando el soporte lógico (software) estándar de planificación de proyectos y los

conjuntos especializados internos de soporte lógico. En el programa, se concede prioridad a los trabajos para corregir los peligros más significativos en una etapa temprana, a la vez que se garantiza un grado óptimo de los perfiles de recursos y costo para que se mantengan en niveles realistas con el fin de lograr un uso óptimo de los recursos. Conjuntamente con estudios que muestran las opciones técnicas preferidas, este enfoque asocia el perfil cronológico de los desechos generados con las necesidades de nuevos depósitos de desechos e instalaciones de disposición final.

Para lograr una acertada gestión en materia de clausura es fundamental que la atención se concentre en la ejecución de proyectos, con una rigurosa información sobre la marcha de los trabajos. El criterio de mejor práctica aceptado exige que los costos se sometan a un exacto control a la luz de los planes de trabajo del proyecto de clausura de referencia.

Gestión de desechos

Una detallada planificación es esencial en la gestión de desechos con miras a satisfacer los requisitos vigentes relativos a la disposición final. Se ha reconocido que la segregación en la fuente reduce al mínimo los costos y los recursos. Una buena práctica de gestión evita que se genere una corriente de desechos hasta tanto se defina una estrategia para su acondicionamiento, almacenamiento o disposición final. Aunque ello podría resultar difícil de lograr ante la falta de un emplazamiento definitivo de desechos independiente del productor o del propietario de los desechos, habrá que formarse un criterio bien pensado sobre la posible aceptabilidad de la norma propuesta y la posible idoneidad de cada forma de desecho para cumplir esas normas.

Los desechos heredados pueden ser especialmente problemáticos. Este material suele presentarse en una forma heterogénea y compleja, por lo que puede ser difícil de manipular, clasificar y analizar según los requisitos de caracterización cada vez más detallados de los explotadores y reguladores de almacenes y repositorios.

Capacitación conjunta

La escasez de personal cualificado y capacitado para realizar la rehabilitación de los emplazamientos nucleares está resultando ser un problema que afecta a toda Europa. El criterio de mejor práctica aceptada reconoce la necesidad de establecer una mayor cooperación entre la industria y el mundo académico en cuanto a la capacitación y educación en las disciplinas correspondientes.

Se observan señales positivas de que en Europa se está prestando atención a este asunto. Los Programas marcos de la CE apoyan el establecimiento de redes y comités consultivos. La Sociedad Europea de Energía Atómica ha analizado propuestas para la creación de una maestría europea en ingeniería nuclear.

El Departamento de Comercio e Industria del Reino Unido está al frente de una iniciativa denominada conocimientos nucleares que incluye a los sectores industrial, de reglamentación y académico. El UKAEA patrocina un curso de posgrado en clausura de instalaciones nucleares en la Universidad de Birmingham. Un nuevo instituto de educación superior en el norte de Escocia, que abarca la zona geográfica de Dounreay, el Millennium Institute de la Universidad de las Highlands and Islands (UHI), está estableciendo los vínculos apropiados con otros centros educacionales europeos, entre ellos el Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (INSTN) en Francia, centros en Roma y Ljubljana, así como el laboratorio nacional de Estados Unidos en Idaho Falls.

En el sector industrial se ejecutan programas de intercambio con la participación de ingenieros nucleares. El UKAEA ha recibido ingenieros procedentes de Francia, Kazajstán y Lituania, quienes han trabajado junto a sus propios ingenieros profesionales. Una compañía francesa auspicia el ingreso de estudiantes de ingeniería en la UHI.

La posición normativa

La eliminación progresiva de los peligros es el tema clave en la rehabilitación ambiental de las instalaciones nucleares con desechos heredados, ya sean reactores, plantas químicas o instalaciones de otro tipo. Esta labor debe realizarse en condiciones de seguridad y en el marco de hipótesis de seguridad aprobada que sea conveniente para ese trabajo. Aunque una hipótesis de

El sentido común indica que la clausura de instalaciones nucleares similares en todo el mundo se beneficiará del intercambio de experiencias, de los logros e incluso de los fracasos.

seguridad operacional se refiere a una fundamentación de la seguridad sobre la base de las condiciones actuales con costos y beneficios a corto plazo, las hipótesis de seguridad para un proyecto de clausura a largo plazo deberá fundamentarse atendiendo al desarrollo sostenible y a las condiciones para las generaciones futuras.

El criterio normativo está evolucionando hacia el reconocimiento de que la clausura suele consistir en una serie de paquetes de descontaminación y desmontaje que se pueden controlar mediante evaluaciones del riesgo, declaraciones de metodología y exámenes por homólogos. Por tanto, la hipótesis de seguridad para la clausura debe ser un documento estratégico que analice los peligros y las diferentes etapas necesarias para reducir los peligros. Este criterio también reconoce que durante la clausura, los riesgos a corto plazo podrían aumentar para lograr la reducción de los peligros a largo plazo.

Colaboración internacional de la industria

El sentido común indica que la clausura de instalaciones nucleares similares en todo el mundo se beneficiará del intercambio de experiencias. La clausura inmediata y futura de los reactores rápidos que existen en el mundo necesariamente presentará muchos problemas comunes y no cabe dudas de que la industria ya tiene suficiente madurez para compartir sus problemas y soluciones.

Ya se han tomado varias medidas muy positivas en tal sentido: el grupo de trabajo sobre clausura de la Agencia de Energía Nuclear (AEN) goza de gran prestigio y estimula el debate libre y abierto; igualmente valiosas son las reuniones del grupo sobre la clausura de reactores rápidos de la Asociación Mundial de Explotadores de Instalaciones Nucleares (AMEIN). El OIEA dispone de grupos internacionales que elaboran

EXPERIENCIAS INTERNACIONALES PARA LA REHABILITACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS NUCLEARES

Las enseñanzas extraídas de la experiencia del UKAEA tienen aplicación directa en la labor de clausura y la rehabilitación de emplazamientos nucleares en todo el mundo.

Los aspectos técnicos y de proyecto son:

Gestión de programas

Debe realizarse una gestión eficaz de un programa complejo de proyectos múltiples teniendo en cuenta todas las interfaces e interacciones de los proyectos. Siempre que sea práctico deberá utilizarse el soporte lógico disponible en el mercado.

Gestión de desechos

Es necesario determinar adecuadamente las corrientes de desecho con el fin de desarrollar las metodologías de tratamiento de disposición final. Mantenga aisladas las corrientes de desecho en la fuente.

Experiencia del personal

La clausura debe comenzar cuando se concluyan las operaciones con el fin de aprovechar al máximo los conocimientos especializados disponibles, así como la experiencia específica del personal que tuvo a su cargo la explotación y el mantenimiento de la central.

Manipulación de desechos

Los desechos se deben embalar según las normas modernas que han aceptado las organizaciones que se ocupan de la disposición final.

Desechos heredados

La escala cronológica para ejecutar los trabajos de clausura debe tener debidamente en cuenta los beneficios de la demora. En el caso en que la demora reduzca los niveles de radiactividad —lo cual podría permitir la entrada controlada—, se deben comprender las ventajas de la sencillez y la eficiencia. Cuando no se presenten esas ventajas, la clausura temprana permite emplear al personal que posee conocimientos detallados de la central, lo cual elevaría la eficiencia del proceso.

Reactores de potencia

La clausura de algunos tipos de reactores de potencia será más sencilla y menos costosa a la larga cuando los isótopos de período corto, como el cobalto 60 en el acero, se desintegran con el paso del tiempo; así se posibilita el acceso del hombre para ejecutar los trabajos. Cuando ello pueda hacerse el público debe recibir una explicación al respecto en términos comprensibles con el fin de evitar su oposición a la demora.

Complejidad técnica

Mantenga la sencillez. Recorra al ser humano —cuando resulte seguro desde el punto de vista radiológico— en el caso de trabajos que sean demasiado complejos para una máquina. No diseñe un equipo cuya vida útil exceda el tiempo de duración de los trabajos.

Gestión de sistemas

Aplice un sistema de gestión que permita mantener un rastro de verificación que se ajuste a una norma internacionalmente reconocida.

Capacitación

Al parecer existe una escasez general de personal adecuadamente capacitado para los trabajos de clausura previstos en el mundo, casi seguramente debido a que no se construyen centrales nucleares. Los conocimientos disponibles deben compartirse con miras a reducir los costos generales de esos trabajos, y debe formar parte de la base de conocimientos que se transmite al personal más joven que se está contratando para la labor de clausura.

Entidades interesadas

Mantenga un amplio diálogo con el órgano regulador y otras entidades interesadas, y analice las propuestas de acciones futuras.

Colaboración internacional

Es importante estimular los vínculos de trabajo con proyectos similares de otros países y compare sus actividades con programas análogos de otras entidades. Intercambie tecnologías y sistemas para reducir los costos y lograr que la clausura sea más rápida, más barata y más segura.

excelentes documentos técnicos, mientras la Sociedad Europea de Energía Atómica contribuye al logro de un consenso respecto de variados temas pertinentes en toda Europa. En importantes conferencias internacionales se estimula la participación de una amplia diversidad de personas de toda la industria. El UKAEA ha concertado varios acuerdos de colaboración más oficiales con organizaciones europeas y estadounidenses para beneficio mutuo.

Rehabilitación ambiental en el Reino Unido

El Organismo de Energía Atómica del Reino Unido (UKAEA) es un órgano del sector público creado en 1954 para promover el desarrollo de la energía nucleoelectrónica en el Reino Unido. Ahora

que se ha concluido el programa inicial de reactores de fisión, dicho órgano está introduciendo nuevos enfoques en la clausura y la rehabilitación ambiental de sus instalaciones nucleares para usos convencionales. El UKAEA también desarrolla un programa activo en la esfera de la investigación de la fusión en su emplazamiento de Culham en Oxfordshire, incluida la instalación Torus Europeo Conjunto (JET), de cuya clausura también se encargará.

El Programa de rehabilitación ambiental del UKAEA se ejecuta en cinco emplazamientos en el Reino Unido. En cada uno de ellos hay diferentes tipos de reactores, desde las primeras colas experimentales hasta los reactores térmicos y rápidos de potencia con todo el espectro de plantas de apoyo de producción y elaboración de combustible, plantas de manipulación de desechos y laboratorios. El mayor desafío de clausura para el UKAEA es el emplazamiento de Dounreay, donde los trabajos de

rehabilitación deben concluir dentro de 60 años a un costo estimado de 4 300 millones de libras esterlinas (siete mil millones de euros).

La clausura de un emplazamiento nuclear requiere un análisis cuidadoso de las posibles opciones, una planificación detallada y una gestión eficaz de los desechos. El UKAEA ha creado avanzados sistemas de soporte lógico para analizar posibles escenarios de clausura y presentar las consecuencias de cada opción en los aspectos financiero, de recursos y de gestión de desechos. Este análisis del soporte lógico se ha aplicado a todos nuestros emplazamientos donde existen condiciones y plantas diversas. El plan de rehabilitación del emplazamiento de Dounreay, publicado en octubre de 2000, es el plan de rehabilitación ambiental más detallado de todo el mundo para un emplazamiento nuclear complejo.

El programa exige una documentación de alta calidad sobre seguridad, además de la elaboración de normas y procesos de seguridad para el examen por homólogos, incluida una evaluación independiente por expertos. El UKAEA elabora una amplia variedad de documentos de seguridad y procedimientos operacionales para cumplir los requisitos de los reguladores de las esferas nuclear y ambiental.

Estrategia contractual

La política del UKAEA es lograr un uso óptimo de los recursos especificando los trabajos al nivel necesario para que las compañías puedan competir para emprender la labor por contrato. El tipo de contrato refleja las exigencias de cada proyecto. En la determinación del aprovechamiento óptimo de los recursos se tienen en cuenta estrategias como alianzas, consorcios, contratación tradicional o el empleo de un contratista de amplio perfil.

El proyecto de explotación, mantenimiento y clausura de Winfrith (WOMAD), firmado en 2000, es un plan de nueve años que indicó una nueva forma de trabajo con contratistas. El objetivo de esta estrategia es establecer una estrecha relación cliente-contratista, la cual ya está dando sus frutos.

En el reactor rápido prototipo de Dounreay se estableció un contrato de alianza entre el UKAEA y cuatro contratistas para abordar el difícil problema de eliminar el sodio metálico residual en los componentes y las vasijas del reactor rápido. El concepto de que todas las partes trabajen unidos y se ayuden mutuamente para resolver los problemas, junto con incentivos adecuados, ha resultado ser muy acertado.

Avance y pronóstico

El UKAEA ha clausurado 13 reactores y siete importantes instalaciones radiactivas. Esta experiencia ilustra los beneficios que se derivan de la labor de clausura mientras exista información pormenorizada de las plantas y antes de que estas comiencen a deteriorarse.

La eficaz gestión de desechos es vital para lograr la rehabilitación ambiental. Para ello es necesaria una estrategia de desechos coherente, hipótesis de seguridad válidas, procedimientos operacionales fundamentados y registros operacionales exhaustivos.

En Dounreay todo ello se logra con el inventario de desechos radiactivos del emplazamiento. Al nivel inmediato superior el documento de desechos radiactivos de Dounreay constituye una fuente autorizada de datos estratégicos sobre desechos radiactivos, que incluye una descripción sobre cada corriente de desechos, sus propiedades, un recuento de la estrategia para encarar el problema de los desechos, los planes y programas actuales, así como las amenazas que se planteen a su ejecución. Al nivel de detalle, el inventario de desechos radiactivos se basa en los documentos de caracterización de las corrientes de desechos. Para cada corriente de desechos existe una descripción del proceso que la produjo, los volúmenes y escalas cronológicas de producción previstos y una información de las características físicas, químicas, radiológicas y tóxicas de los desechos. Los datos pertinentes se generan según las normas de calidad apropiadas.

La instalación de recepción, análisis, caracterización y supercompactación de desechos (WRACS), puesta recientemente en servicio para manipular desechos radiactivos sólidos de actividad baja en Dounreay, es un ejemplo de una nueva ruta de desechos. Esta instalación recibe desechos sólidos de actividad baja (LLW) en bidones de acero procedentes de las operaciones en los emplazamientos y los prepara para proceder a su almacenamiento provisional o disposición final. Los bidones son radiografiados para verificar su contenido y sometidos a un análisis para medir sus niveles de radiactividad con equipos sensibles que se calibran diariamente. Los bidones aceptados se compactan después en una prensa de 2000 t que los reduce a una quinta parte de su volumen. Esta instalación permite mantener un registro exacto de los LLW en el emplazamiento, elemento esencial de la gestión segura de desechos.

En el emplazamiento Harwell del UKAEA, ubicado en Oxfordshire, los desechos de actividad intermedia, almacenados hace ya unos 50 años en tubos de almacenamiento subterráneo, ahora se están extrayendo con una tecnología teledirigida antes de caracterizar, reembalar y almacenar en un sitio recuperable en la superficie terrestre según las normas modernas. Se ha diseñado, construido e instalado una máquina de recuperación de 100 t, móvil y blindada, para recuperar los antiguos contenedores de desechos y sus contenidos. La complejidad de esta tarea aumenta debido a que la corrosión de los contenedores originales ha provocado desprendimiento de material en los tubos de almacenamiento que se deben recuperar. Este proyecto ha demostrado las ventajas de analizar minuciosamente la vida prevista de las instalaciones de almacenamiento y de desarrollar un equipo capaz de recuperar el material en caso de fuga en un contenedor.

Se está clausurando el reactor avanzado refrigerado por gas del emplazamiento Windscale del UKAEA en Cumbria para



Depósito de desechos de actividad intermedia en Dounreay. (Cortesía: UKAEA)

ganar experiencia y aplicarla en la clausura de los reactores avanzados refrigerados por gas de uso comercial del Reino Unido. Se han desarrollado diversos dispositivos avanzados accionados a distancia, que permiten realizar este trabajo en condiciones de seguridad dentro del cronograma previsto.

Se ha pasado a una etapa avanzada de la clausura del reactor rápido de Dounreay (DFR) y del reactor rápido prototipo (PFR) con el empleo de técnicas especializadas de telemanipulación. Se ha creado un equipo para perforar los componentes internos del PFR y las tuberías primarias de sodio especificadas dentro de la vasija del reactor para contribuir al drenaje eficaz del sodio líquido. Algunas partes de los componentes internos del DFR se elaborarán a máquina para permitir la salida de los elementos atascados del reproductor. Se han ideado operaciones a distancia que han sido puestas a prueba en instalaciones modelo, las cuales se conservarán durante todas las operaciones activas a fin de facilitar el análisis y la solución de los problemas.

Aunque el equipo telecontrolado se necesita para algunos trabajos de clausura, las operaciones manuales no deben descartarse sin el debido análisis. Un operario especializado y capacitado en una tarea específica puede muchas veces realizar los trabajos de manera segura y rápida, con un nivel aceptablemente bajo de exposición a las radiaciones. La sencillez tiene un papel

importante que desempeñar en la clausura sin riesgos de las plantas más complejas.

La industria tiene que adquirir experiencias. Se pueden emplear técnicas nuevas cuando se requiera un enfoque novedoso. Sin embargo, el equipo disponible en el mercado debe utilizarse y adaptarse siempre que resulte práctico.

La rehabilitación ambiental de los emplazamientos con centrales nucleares constituirá una esfera importante de trabajo para la industria nuclear. El intercambio de experiencias y el trabajo conjunto permitirán a la comunidad nuclear mundial responder a estos desafíos de manera segura, ecológicamente responsable, eficaz y rápida y optimizar más los recursos invertidos.

El Dr. John McKeown integró un grupo de expertos que analizó, entre otros, el tema de la clausura en el Foro Científico del OIEA celebrado en el año 2002. Actualmente es Ejecutivo Principal del UKAEA. Antes de su nombramiento era Director de Salud, Seguridad y Concesión de Licencias en Scottish Nuclear. Correo electrónico: John.McKeown@ukaea.org.uk. Para saber más acerca del UKAEA, consulte el sitio www.ukaea.org.uk. Para mayor información sobre el Foro Científico del OIEA, diríjase a <http://www.iaea.org/worldatom/About/Policy/GC/GC46/SciForum>