

La ingeniería, función vital

En Francia, la función de la ingeniería en las operaciones de clausura se hace patente desde que se inicia el diseño de una instalación nuclear, en el preciso instante en que los ingenieros se encargan de la labor de planificación y construcción. Es necesario cumplir al pie de la letra las recomendaciones basadas en la experiencia adquirida en la clausura de instalaciones nucleares.

En general, en la etapa de construcción no se justifica la previsión de gastos adicionales de inversión para todas las disposiciones que serían ventajosas en el ulterior desmantelamiento. Sin embargo, hay muchas medidas de tipo constructivo que pueden adoptarse con facilidad —y que de hecho se adoptan cada vez más— a fin de simplificar esas operaciones posteriores. Por ejemplo, es posible reservar medios adecuados de acceso a las celdas calientes; instalar ganchos o carriles de mantenimiento; calcular la resistencia de carga de los pisos para la futura instalación de blindajes móviles. Desde luego, todas estas disposiciones también servirán para operaciones de emergencia o de mantenimiento, y no sólo para el desmantelamiento.

La ingeniería desempeña asimismo una función en el empleo, a escala industrial, de dispositivos especiales de mando y de manipulación a distancia adaptados a las necesidades de desmantelamiento. En esta esfera, los ingenieros deben ser sumamente rigurosos al elaborar las especificaciones y velar por su cumplimiento, cuidando

de que los dispositivos sean idóneos para la tarea y satisfagan las normas de funcionamiento, pese a las dificultades iniciales que presenta la naturaleza interdisciplinaria de la labor y las limitaciones especiales que supone el trabajo con la energía nuclear.

También, en la esfera de la ingeniería es necesario reforzar las instalaciones de tratamiento de efluentes y de desechos que las operaciones de descontaminación y desmantelamiento hacen necesarias. Esta tarea exige el empleo de todo el arsenal existente de técnicas, en dependencia de las limitaciones específicas de cada emplazamiento y según las disposiciones nacionales en materia de desechos. En la selección de los métodos de descontaminación y desmantelamiento más apropiados es de importancia capital la integración de los costos que el tratamiento y el almacenamiento de los desechos entrañan.

En su conjunto, la función que toca desempeñar a la ingeniería en las operaciones de clausura en gran escala es una consecuencia natural de la gama de estudios que deben acometerse, del alcance de los trabajos organizativos y de coordinación y de la importancia vital de preparar y ejecutar adecuadamente la planificación. Todo esto garantizará que los trabajos se mantengan dentro de un marco financiero dado y se realicen en condiciones de máxima seguridad.



La desactivación de la central Gentilly-1 del Canadá

por Balarko Gupta

En 1971 se puso en marcha la central Gentilly-1 de 250 megavatios en la provincia de Quebec, Canadá, que generó electricidad de forma ininterrumpida hasta 1979. Actualmente en la central se ejecuta un proyecto de clausura en dos años que concluirá en marzo de 1986: se eliminarán algunos materiales y componentes radiactivos, se descontaminarán piezas de la planta y se liberarán para otros fines, y se precintará el edificio del reactor. Se espera alcanzar el desmantelamiento total dentro de unos cincuenta años, lo que permitirá que los niveles de radiactividad descendan significativamente.

La decisión de adoptar esta vía se debió a diversos factores. Después que se cerró la planta para una labor de reparación en 1979, el órgano reglamentador del Canadá exigió que antes del arranque de la central se realizaran amplias modificaciones a fin de que estuviera acorde con los requisitos de seguridad vigentes. La central se mantuvo en régimen de preservación ("moth-

balling") durante tres años, y en 1983 se decidió cerrarla, ya que su rehabilitación no sería económicamente provechosa. Estudios técnicos y económicos posteriores sirvieron de base para el proyecto de clausura.

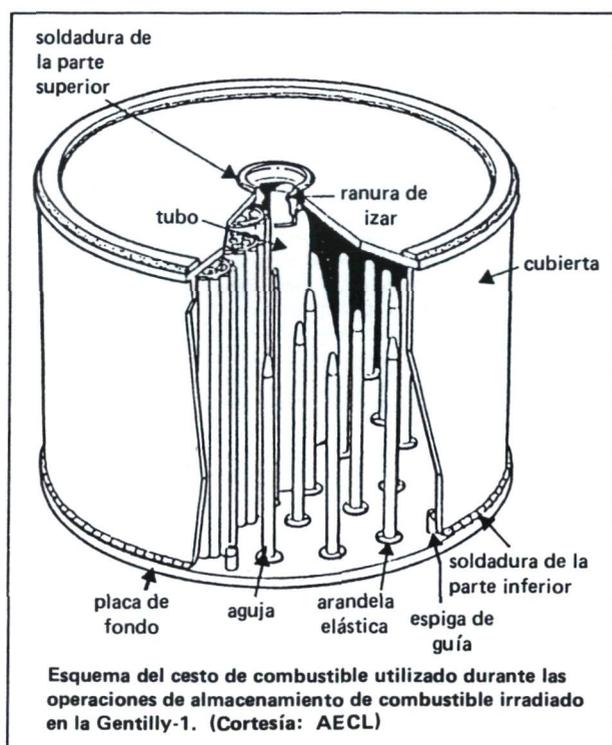
Objetivos y alcance del proyecto

Los cuatro objetivos principales del proyecto son reducir significativamente los costos de funcionamiento y conservación de la central; limitar la radiactividad a zonas selladas identificadas con claridad (por ejemplo, el edificio del reactor); liberar piezas de la central a las que pudiera darse algún uso distinto; y adquirir experiencia práctica en la clausura de centrales nucleares a escala comercial. (El prototipo Gentilly-1 es un reactor de agua ligera en ebullición del tipo CANDU que se abastece con uranio natural, se modera con agua pesada y se enfría con agua ligera.)

El alcance del proyecto establece tareas concretas:

- Recuperar todo el combustible irradiado del alviadero de combustible irradiado del edificio de servicio y almacenarlo en seco en recipientes de hormigón diseñados al efecto. Esto eliminará la mayoría de los gastos de conservación y permitirá utilizar el edificio de servicio para otros fines.

El Sr. Gupta es director de proyecto y de central en Gentilly-1, Atomic Energy of Canada Ltd, Candu Operations, Montreal. Entre las referencias de este artículo se incluyen "Gentilly-1 nears 'static state'", de Paul Denault y Pabrita L. De, *Nuclear Engineering International* (agosto de 1985), e IAEA Technical Reports Series No. 230 (1983).



- Desactivar el edificio del reactor.
- Eliminar todos los componentes (el equipo, tuberías, cableado, paneles de control, etc.) del edificio de servicio así como piezas del edificio de la turbina, de manera que estas zonas puedan ser transferidas a Hydro Quebec, empresa que dirige y opera la central nuclear Gentilly-2 adyacente*. Las zonas administrativas serán trasladadas en el estado en que se encuentran.
- Descontaminar el aliviadero de combustible irradiado, las bandejas de combustible y otros componentes contaminados.
- Elaborar y aplicar políticas y procedimientos de protección radiológica, sanitaria y de seguridad, de conformidad con el principio ALARA de protección radiológica (al valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales).

Almacenamiento en seco del combustible irradiado

Se almacenaron unos 3214 haces de combustible irradiado y equipos combustibles en once recipientes cilíndricos de hormigón que fueron diseñados especialmente para ese fin. Cada recipiente (de 6 metros de alto, con un diámetro exterior de 2,6 metros) posee un revestimiento interior de acero que se utiliza como cavidad de almacenamiento para ocho cestos de acero inoxidable diseñados al efecto. Cada cesto contiene 38 haces de combustible, colocado cada uno de éstos sobre una aguja del cesto. (Los haces estuvieron almacenados en el aliviadero de combustible irradiado durante 7 años como mínimo y el calor de desintegración

* Antes de procederse a su traspaso, las zonas deben satisfacer los criterios de Zona-1, entre los que figuran que no haya contaminación dispersa, campos de radiación beta de más de 10 microsieverts por hora, ni campos de radiación gamma de más de 2,5 microsieverts por hora en un centímetro.

alcanza como promedio 1,4 vatios por haz, aproximadamente.) El combustible irradiado está depositado en 85 cestos, mientras que dos cestos contienen los supresores del flujo y las llaves que son parte de la ristra de combustible.

Operación típica de almacenamiento

Una operación típica de almacenamiento se inicia desensartando los haces y retirando los tubos estructurales centrales (TEC) que contienen cobalto 60. Posteriormente se identifica el número de cada haz y se carga individualmente en un cesto numerado. Los números de los cestos y de las haces se registran de forma permanente de conformidad con los requisitos de salvaguardia del OIEA. Una vez lleno el cesto, se cubre con una tapa y, mediante una grapa engranada en la abertura central, el conjunto de cestos se eleva hasta una estación blindada. Todas estas operaciones se realizan bajo el agua para fines de protección.

Dentro de la estación blindada se quita la tapa del cesto, se seca el conjunto combustible y las partes superior e inferior del conjunto de cestos se sellan por soldadura semiautomática a distancia. Posteriormente el cesto se traslada lateralmente dentro de la estación blindada hasta que quede directamente debajo del cofre de transporte. Después se abren las puertas del cofre, se baja una grapa situada dentro del cofre para levantar el cesto desde la estación blindada hasta el interior del cofre y se cierran las puertas de éste. El cofre queda así listo para su traslado a la zona de recipientes.

Se han hecho mediciones de radiación de hasta 3500 rem en la estación blindada*. Sin embargo, en el exterior de la estación (y del cofre) la radiación siempre ha sido inferior a un milirrem al contacto.

Para transportar el cofre hasta el emplazamiento del recipiente se utiliza un remolque diseñado al efecto. Una grúa de 15 toneladas eleva el cofre hasta la parte superior de un recipiente. El conjunto de grapas y una grúa de 3 toneladas bajan el cesto desde el cofre hasta el interior del recipiente. Posteriormente la parte superior del tapón se suelda al recipiente y los inspectores del Organismo colocan un precinto de salvaguardia del OIEA.

Un equipo de seis personas necesitó un promedio de tres horas para realizar esta operación de principio a fin. Como el proceso hubo de repetirse para los 11 recipientes y los ocho cestos que cada uno contiene, la operación de almacenar el combustible duró seis semanas, sin incluir las cinco semanas que tomó la construcción de los propios recipientes.

El nivel de radiación en el exterior del recipiente cargado es de aproximadamente 0,6 milirrem al contacto.

El edificio del reactor

Para impedir la difusión de la radiactividad, se cortó y selló la mayoría de las tuberías, cables y conductos comunes a los edificios del reactor, de la turbina y de servicio. Se drenaron y secaron todos los componentes del edificio del reactor, incluidos el petróleo y otros agentes inflamables que se han eliminado. Se aislaron y marcaron los sistemas del edificio del reactor.

* En la práctica internacional el rem se ha sustituido por el sievert, que equivale a 100 rem.

Se cerró de forma permanente el acceso al edificio, con la excepción de una esclusa que se puede hacer funcionar para las inspecciones periódicas. Por lo menos durante los próximos 40 ó 50 años, el edificio del reactor se mantendrá desactivado y se realizarán inspecciones periódicas a fin de garantizar su integridad estructural. El tiempo de retardo representará una reducción significativa de la radiactividad, lo cual facilitará el desmantelamiento final.

Utilización de edificios para otros fines

En los edificios de servicio y de la turbina, la empresa eléctrica local, Hydro Quebec, instalará un simulador de capacitación de tamaño natural para el reactor de 600 megavatios eléctricos Gentilly-2, situado en un lugar adyacente; un centro de capacitación; y algunas oficinas. Actualmente se está llevando a cabo la eliminación de componentes, los estudios radiológicos y la descontaminación de las zonas circundantes que se transferirán a Hydro Quebec, incluido el aliviadero de combustible irradiado situado dentro del edificio de servicio. Se construirá una nueva losa de hormigón en la parte superior del aliviadero una vez que se haya descontaminado éste y la zona formará parte del complejo que albergará el simulador.

Labor de descontaminación

Los estudios técnicos y económicos realizados, así como la experiencia adquirida inicialmente en el emplazamiento, han mostrado que la descontaminación de un sistema en gran escala con el propósito de liberar componentes para utilizarlos sin restricciones no es eficaz desde el punto de vista del tiempo y el costo. Sin embargo, se ha establecido un importante programa de descontaminación en el emplazamiento a fin de satisfacer los criterios de transferencia de zonas que serán utilizadas para otros fines (la llamada Zona-1), adquirir experiencia práctica para determinar futuros métodos y estimar las necesidades de personal y costos.

Se ha adquirido gran experiencia mediante la descontaminación del sistema de dosificación del agua de alimentación y las hidracinas, el sistema de toma de muestras del agua de alimentación, las tuberías de diversos diámetros, las bandejas de combustibles, el combustible fresco situado dentro del aliviadero de combustible irradiado y los diversos ventiladores y conductos de refrigeración.*

* En este programa se ha hecho amplio uso del modelo hidroláser 110-ET Butterworth con una presión de hasta 2000 libras por pulgada cuadrada (lpc) ó 40 megapascuales (MPa), aunque puede funcionar con una presión de hasta 10 000 lpc ó 68 MPa. Respecto de la contaminación dispersa de la superficie, 170 haces de combustible fresco tenían hasta 1,7 megabequerelios por metro cuadrado (MBq/m²), mientras que las bandejas de combustible tenían hasta 2,2 MBq/m² de contaminación dispersa. En la mayoría de los casos resultó adecuado utilizar para la limpieza, la combinación de un chorro de agua con un limpiador de espuma. Se ha diseñado un gabinete de acero inoxidable para trabajar con el hidroláser a fin de sostener las piezas pequeñas que se han de limpiar y contener la aspersión con agua. Esta combinación ha sido muy eficaz y ha eliminado la necesidad de vestir ropa protectora. Las contaminaciones fijas de hasta 500 kBq/m² en pisos de hormigón se redujeron a los niveles de la Zona-1 mediante la utilización de un escarificador acoplado a un receptor de vacío.

Protección radiológica

Los aspectos relativos a la clausura de la central Gentilly-1 están reglamentados por una licencia que otorga la Atomic Energy of Canada Ltd (AECL), que ha insistido en que se logre el máximo de protección sanitaria y de seguridad para los trabajadores y el público. A fin de satisfacer estos requisitos y el principio ALARA, se han elaborado diversos documentos, a saber: directrices sanitarias y normas de protección radiológica; un manual sanitario y de seguridad; y procedimientos de protección radiológica.

El grupo encargado de las cuestiones sanitarias y de seguridad elabora y distribuye un informe computadorizado que indica la dosis quincenal a que han estado expuestas todas las personas que trabajan en el proyecto. Hasta el momento, la dosis individual ha sido muy inferior a la permisible (5 rem por año, 3 rem por trimestre), y no parece probable que en este proyecto alguien se acercara al límite. La dosis máxima registrada en un período de 12 meses para una persona ha sido de 225 milirrem. Sin embargo, la dosis individual de la mayoría de los trabajadores ha sido inferior a 110 milirrem.

Dirección y costo del proyecto

Actualmente trabajan en el emplazamiento unos 40 profesionales y técnicos, así como 50 obreros de la AECL. Además allí laboran de 15 a 25 trabajadores enviados por contratistas independientes.

Un director de central y de proyecto dirige los trabajos, y hay siete directores y supervisores que están a cargo de las técnicas permanentes, la descontaminación, la protección radiológica, la manipulación del combustible, la explotación, los servicios de la central y la seguridad. El jefe de los servicios sanitarios y de seguridad, y el de los de garantía de la calidad, no están supeditados al director de la central y de proyecto, a fin de conservar su independencia.

Durante la etapa de estudio se prepararon las estimaciones de costo de los diversos modelos hipotéticos de clausura de la central Gentilly-1 con la utilización de un programa que tiene la capacidad de calcular la mano de obra, la exposición rem-hombre de los trabajadores, el volumen de los desechos radiactivos y el costo*. Durante la clausura, se ratificó el código del programa con los gastos reales y se comparó con las cantidades estimadas. Esta base de datos constituirá una buena fuente de datos sobre gastos para futuras clausuras.

El costo estimado del programa para la clausura de la Gentilly-1 en dos años es de 25 millones de dólares canadienses. Se espera terminar el proyecto en el plazo prescrito (para abril de 1986) y dentro del costo estimado.

Los programas de costos y de dirección del proyecto se computadorizan en el emplazamiento, dada la capital importancia del proyecto, y se analizan y actualizan semanalmente a fin de que exista la posibilidad de adoptar medidas que eviten posibles demoras.

* El programa, que se llama DECOM, se analiza con mayor profundidad en el documento "Methodology of a computerized cost model for decommissioning of nuclear power plants", que fue elaborado en noviembre de 1984 por John Saroudis y el autor de este artículo, como parte del Programa coordinado de investigación del OIEA sobre clausuras.