

EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

Las experiencias de desmantelamiento en otros países constituyeron la segunda sesión de la jornada. Con la presentación de Jesús Faig, que actuó también como moderador, se analizaron trabajos efectuados en Estados Unidos, Alemania y Francia.

William LESLIE

WESTINGHOUSE

Quisiera hablarles del desmantelamiento en la central nuclear de Fort St. Vrain realizado por la Compañía Public Services de Colorado, en Denver.

Fort St. Vrain es un reactor de alta temperatura refrigerado por gas, con una potencia nominal de 330 MW, cuyo núcleo tiene un diámetro de 19 pies y medio y una altura de núcleo activo de 15,6 pies, que utiliza combustible de uranio, U235, altamente enriquecido, y torio, lo que complica mucho su manejo.

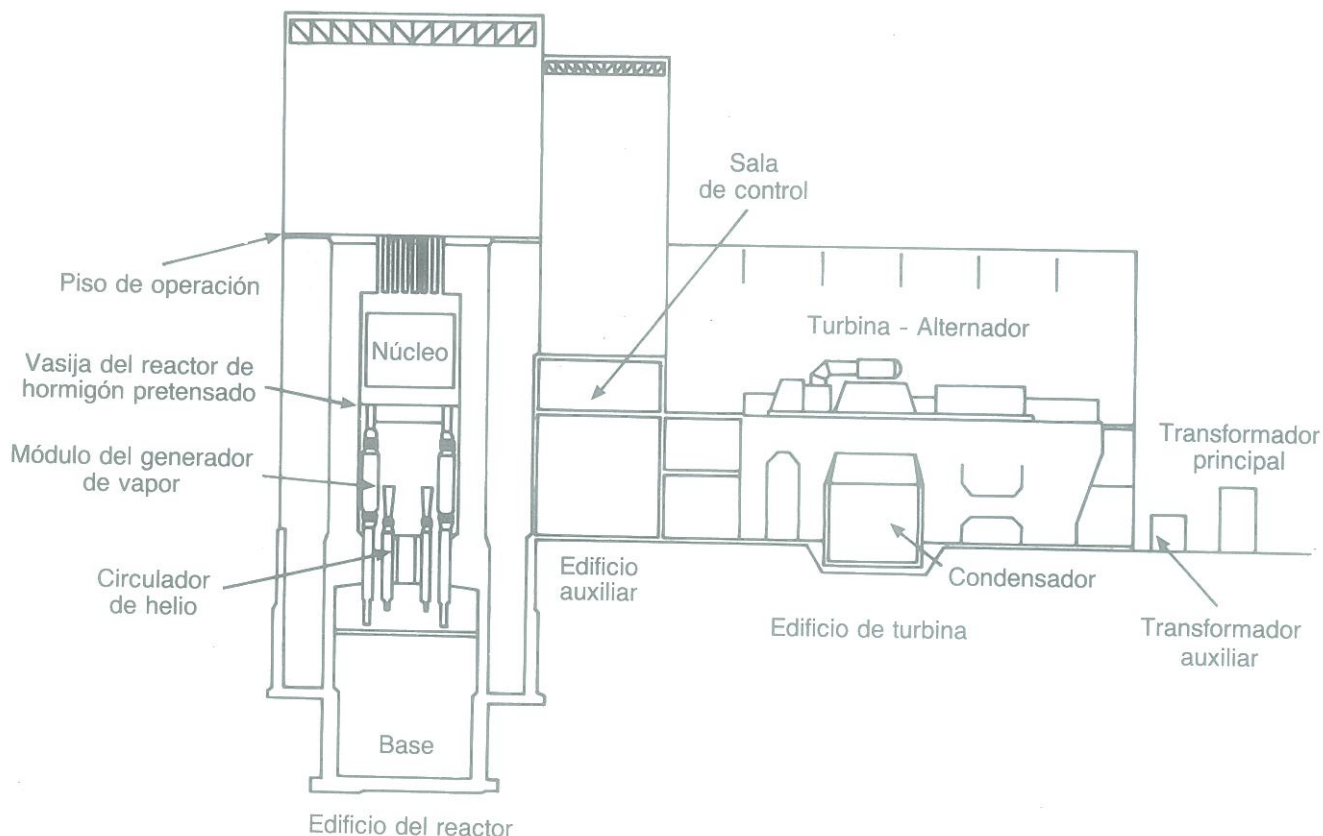


William Leslie.

La central se construyó en 1968, consiguiendo potencia el reactor en 1971 y funcionando con dificultades hasta agosto de 1989. La empresa tomó la decisión de desmantelar Fort St. Vrain ese mismo año, en base al bajo rendimiento de la central y a ciertas presiones regulatoras con impacto financiero.

Se adjudicó el contrato a Westinghouse, que planteó el tema en dos fases: desmantelamiento y conversión. Una de las características favorables de la central es que la turbina funciona con vapor sobrecalentado, por lo que resulta muy eficaz introducir una caldera de gas, como así se decidió. Se ha previsto que el organismo regulador apruebe el plan de desmantelamiento en julio de 1991, movilizar el emplazamiento en 1992, tener desmantelada la vasija del reactor en noviembre de 1994 y la central convertida y de nuevo "on-line" en abril de 1995.

FI Edificios del reactor y de turbina. Vista en alzado.



Una vista en planta del conjunto da una idea del aspecto de la central, que muestra la vasija del reactor en relación con la turbina, donde puede verse que está muy bien definido el lado secundario para la conversión y el lado primario para el desmantelamiento, lo que permitirá acometer las dos modificaciones en paralelo.

En la vista de alzado de la instalación se indica la situación del núcleo y los generadores de vapor debajo del mismo, así como los circuladores de helio, los cuales son accionados por vapor y en los que nunca se logró que los sellos mecánicos impidieran la fuga de vapor hacia el circuito primario, siendo ésta la causa principal del problema que condujo al desmantelamiento.

En nuestra opinión, en un reactor refrigerado por gas, de cara a su desmantelamiento, lo más favorable es la parte exterior de la zona del núcleo. El resto de la central, desde el punto de vista de la radiación y la contaminación, es extremadamente limpio, por lo que no consideramos que su desmantelamiento sea un desafío en cuanto a la seguridad física. La zona que claramente nos preocupa es la interior del núcleo.

La vasija del reactor de hormigón pretensado tiene una altura total de 106 pies. No difiere mucho del diseño francés o inglés o del de Vandellós I. Hay 448 tendones en la zona pretensada y tenemos intención de aprovecharlos, junto con el propio conducto de cables, durante el desmantelamiento.

En Fort St. Vrain el combustible está confinado en bloques de grafito, dentro de cápsulas en canales, de forma que al extraer el grafito se saca a la vez el combustible. La descarga de éste se vuelve muy crítica, puesto que al poseer un enriquecimiento del 93% ha de tenerse presente una posible criticidad inadvertida. Conforme se va extrayendo el combustible, se irán introduciendo elementos combustibles falsos, para mantener una configuración del núcleo coordinada durante toda la fase de descarga. Al empezar el desmantelamiento tendremos esencialmente elementos ficticios en lugares donde antes estaba el combustible. Los bloques reflectores forman parte integral del núcleo y también habremos de ocuparnos de ellos.

Debajo del núcleo está su placa soporte de hormigón pretensado, con un peso de 270 Tm, sujeta mediante cuñas y por los generadores de vapor de abajo. También se incluyen aquí los soportes del núcleo, que habrá que tomarlos en consideración a distancia.

Tras una extensa evaluación decidimos utilizar el método de hilo de diamante para el desmantelamiento del núcleo, ocupándonos primero del área superior de la cabeza. Perforaremos el núcleo a través de las localizaciones PCR5. Luego, realizaremos ocho perforaciones verti-

cales en el mismo por la parte exterior e insertaremos el hilo de diamante. Hemos elegido este método después de haber estudiado previamente el desmantelamiento por explosivos y por lechada expansible, ya que el hecho de utilizar un líquido como medio de enfriamiento del hilo conduce automáticamente a la supresión del polvo, mediante la recirculación de dicho líquido, sin riesgos para la salud por hormigón irradiado en forma de polvo. También es posible hacer cortes muy precisos con el hilo de diamante.

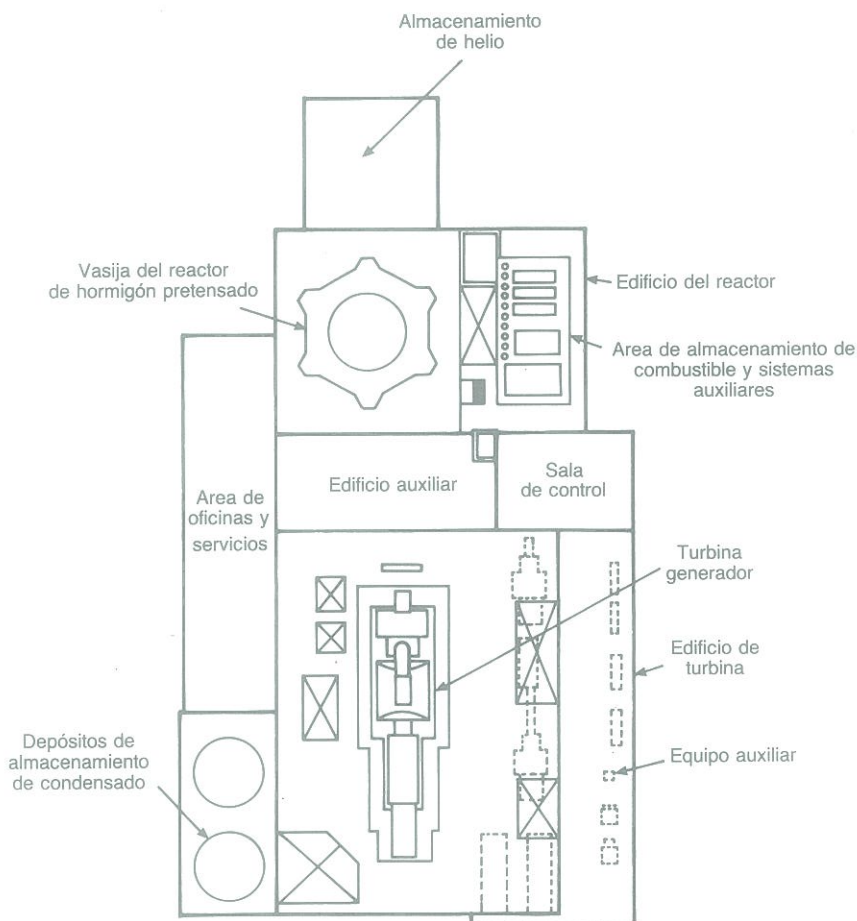
Después tenemos previsto cortar la zona de la cabeza en ocho secciones, en función de la capacidad de carga de la grúa polar existente, situada por encima para extraer las secciones de hormigón. Luego, pretendemos dejar una pequeña membrana de hormigón encima de la zona del núcleo, hasta que inundemos la vasija. Sellaremos las penetraciones de la zona inferior de la vasija para enfriar tanto el hormigón como la parte inferior de los generadores de vapor, a las que

se puede acceder para la citada inundación. Tomamos esta decisión porque el agua es un blindaje muy bueno y porque, según la experiencia con los PWR, se trabaja muy bien bajo ella, disponiendo de las herramientas necesarias.

Instalaremos un sistema de depuración de agua procedente de la parte inferior, a través de una penetración de acceso existente que pensamos modificar y que llega a la parte superior. Tenemos instalado un sistema de filtración para la eliminación del polvo de carbón, que se ha previsto quede tras la operación, el cual blindaremos por razones de seguridad física. También trataremos el agua, a fin de impedir el crecimiento de algas u otras especies de esta naturaleza.

Una vez retirada la cabeza superior instalaremos una plataforma de trabajo giratoria 360° y accesible desde abajo, con la idea de extraer los componentes del núcleo a distancia, elevándolos y desechándolos por el lateral. Después haremos cortes en la zona del núcleo, en la cual existen unos 15 pies en

F II Edificios del reactor y de turbina. Vista en planta.



vertical de hormigón activado. Quitaremos los tendones existentes y colocaremos el hilo de diamante en su lugar, realizando un corte hasta medio camino y, luego, por el otro lado de la vasija, repetiremos el proceso para conseguir un corte horizontal limpio por el fondo de la zona del núcleo.

Hemos previsto extraer la porción de hormigón activado desde debajo de la zona activada hasta la altura de la cabeza, quitándola en secciones admisibles para la capacidad de manejo de la grúa. Trasladaremos luego el hormigón a una zona local para seguir recortándolo, deshacernos de la parte activada y retirar, finalmente, la no activada en forma de desecho normal.

Más tarde retiraremos los generadores de vapor, extrayéndolos por la parte superior, habiendo previsto utilizar un recubrimiento de acero y, con soportes, rellenarlo con lechada y enviarlos lejos como desechos de bajo nivel.

Existen desafíos radiológicos. Nuestra estimación de algunos niveles internos de activación muestra unos valores bastante impresionantes, lo que, desde el

punto de vista de exposición rem/hombre, requerirá un examen muy detenido del proceso.

Asimismo, hemos realizado una estimación de lo que supondrá para el personal implicado la exposición en rem/hombre. Esto conlleva un esfuerzo intensivo de mano de obra. Sin embargo, mediante la utilización de herramientas a distancia y del agua como blindaje, prevemos que los niveles dados son bastante precisos. De hecho, si nos referimos al desmantelamiento de la central de Shipping Port, estas cifras están bastante de acuerdo con las que allí se dieron.

Trataremos también el agua de la vasija mediante tecnologías conocidas; no esperamos que los niveles de tritio sean prohibitivos, por lo que contamos con poder verter dicha agua en forma de efluente normal.

Por último, nos ocuparemos del resto de los sistemas de la central (lado secundario), con igual filosofía a la que se aplicaría a la operación y mantenimiento de la misma. No pensamos que exista desafío radiológico alguno que nos obligue a tomar medidas extraordinarias.

Etapas 2: Emplazamiento restringido

- Reducción de la primera barrera de contaminación mediante la eliminación de las partes fácilmente desmontables.
- Se refuerza el sellado de la barrera y se extiende el blindaje.
- Después de la descontaminación puede modificarse o eliminarse la contención para permitir el acceso.
- Los edificios no radiactivos del emplazamiento pueden utilizarse para otros fines.

Etapas 3: Uso no restringido del emplazamiento

- Se eliminan todos los materiales, equipo y partes de la planta que contengan niveles significativos de radiactividad.
- La planta y el emplazamiento son autorizados para usos sin restricción.
- No se precisa ninguna inspección ni vigilancia posterior.

El método a utilizar y el mejor momento para desmantelar una planta nuclear se especifica en cada caso de que se trata. Por tanto, la decisión para las Etapas 1, 2 ó 3 del OIEA no puede hacerse en términos generales. Nuestra experiencia en Siemens con proyectos de desmantelamiento cubre las tres etapas con diferentes tipos de instalaciones nucleares.

PLANIFICACION DEL DESMANTELAMIENTO DE INSTALACIONES NUCLEARES EN ALEMANIA

Reinhard GRUNER

SIEMENS/KWU

Después de un período de operación se paran las instalaciones nucleares para su desmantelamiento por distintas razones.

La Propiedad tiene que presentar una solicitud para el desmantelamiento de las centrales nucleares de acuerdo con el párrafo 7 (3) de la Ley de Energía Atómica. La Ley de Energía Atómica también ofrece la posibilidad de la parada de una instalación nuclear por las autoridades, según el párrafo 19 (3), si el estado de la instalación no está de acuerdo con su licencia, o si representase un peligro para la población.

La mayoría de las leyes, reglamentos y directrices que son aplicables durante la fase operacional son también aplicables en las actividades de desmantelamiento. Por ejemplo, las actividades similares son:

- Eliminación del combustible de la planta. Eliminación de los elementos combustibles durante la recarga.

- Tratamiento de los residuos del desmantelamiento. Tratamiento de los residuos durante la fase operacional.
- Desmantelamiento y eliminación de las tuberías y componentes. Mantenimiento, reparación y backfitting de las centrales nucleares.

Con respecto a la definición del OIEA, los objetivos del desmantelamiento pueden asociarse a tres etapas:

Etapas 1: Almacenamiento con vigilancia

- La primera barrera de contaminación permanece como durante la operación.
- Las aperturas mecánicas están permanentemente selladas.
- El edificio de contención está cerrado y bajo control institucional.
- Vigilancia, control e inspecciones para asegurar las condiciones de la planta.

PLANIFICACION DE DESMANTELAMIENTO DE LA PLANTA DE REGENERACION KARLSRUHE "WAK" (PLANIFICACION PRELIMINAR)

La planta fue proyectada para el reprocesamiento de combustible en forma de óxido con una capacidad de 35 toneladas/año. La planta ha estado en operación desde 1971.

Reinhard Gruner



El edificio tiene aproximadamente 80 m de largo, 40 m de ancho y 24 m de altura y encierra partes esenciales como los sistemas de reprocesamiento y purificación, la piscina de almacenamiento para elementos combustible y los laboratorios analíticos.

En octubre de 1985 un consorcio dirigido por Siemens se encargó de la realización del trabajo de planificación para el desmantelamiento. Las operaciones realizadas por Siemens incluían:

- Ingeniería de todas las operaciones manuales y a control remoto de desmantelamiento.
- Ingeniería de los procedimientos del trabajo de demolición.
- Reducción al mínimo de la tasa de dosis por selección de procesos y equipos apropiados.
- Preparación de los planes de secuencia de trabajo.
- Análisis radiológicos.
- Preparativos de protección radiológica.
- Programación y costes.
- Directrices de garantía de calidad.

El objetivo del desmantelamiento de la planta de reprocesamiento fue la Etapa 3 según la definición OIEA que significa condiciones de campo verde.

En comparación con las centrales nucleares, hay diferencias específicas cuando se desmantela una planta de reprocesamiento. En una planta de reprocesamiento hay muchos componentes pequeños, tales como, recipientes, válvulas, evaporadores y tuberías de pequeños diámetros. Existe una mala accesibilidad a los componentes y tuberías de las celdas. La actividad en una planta de reprocesamiento es el resultado de una contaminación y no de una activación.

El desmantelamiento de la planta WAK puede describirse, en general, por la siguiente secuencia de actividades:

- Descontaminación.
- Trabajo de preparación para el desmantelamiento.
- Desmantelamiento de componentes contaminados, tuberías, etc.
- Eliminación de la superficie contaminada de las celdas (hormigón).
- Desmantelamiento de componentes no contaminados.
- Demolición y eliminación de los edificios de la planta.
- Tratamiento de residuos durante las actividades de desmantelamiento.

Se programó la reducción de la tasa de dosis por descontaminación como un primer paso durante el primer año del proceso de desmantelamiento. Se siguió con el desmantelamiento, tratamiento de residuos y posteriores actividades de descontaminación durante unos 5 años. La demolición restante de las estructuras no radiactivas de los edificios puede

hacerse durante el año y medio siguiente.

La selección de las técnicas de desmantelamiento para ciertas zonas se basa en las tasas de dosis existentes, seguridad ocupacional, cantidad de residuos secundarios y tiempo de desmantelamiento.

Se anticipó que, dentro de un edificio, el desmantelamiento proseguiría simultáneamente en varias celdas y/o cubículos, de ser posible y razonable. Antes de comenzar el desmantelamiento, tuvieron que hacerse algunos preparativos, tales como:

- Creación de zonas de descontaminación, desmontaje (cortado) y zonas de tratamientos de residuos.
- Construcción de arcones para impedir la diseminación de la contaminación (especialmente contaminación α).
- Facilitar el acceso a cubículos y celdas al personal y colocación del equipo.

El desmantelamiento y el desmontaje se planificaron para hacerse mediante equipo operado a control remoto en

lugares en los que se esperaba que las tasas de dosis superasen los 2 mSv/h, fundamentalmente mediante personal, o incluso por una combinación de ambos dependiendo de la situación.

En áreas con alta tasa de dosis, robots con equipo de TV tuvieron que hacer la labor de desmantelamiento. También recogían por control remoto los residuos contaminados en bidones y contenedores para el posterior tratamiento de los residuos.

En caso necesario, el residuo contaminado desmantelado, debería descontaminarse y posteriormente seccionarse antes de embalsarse.

Los grandes componentes que no puedan seccionarse por el equipo temporal instalado en el interior del WAK, se despacharán a la instalación de tratamiento de residuos (HDB) del centro de investigación de Karlsruhe (KfK) para posterior desmontaje en una zona de trabajo más accesible.

El desmantelamiento de la planta de reprocesamiento podría realizarse en los siguientes pasos:

- Preparativos preliminares.

DESMANTEAMIENTO DE INSTALACIONES NUCLEARES EFECTUADO POR SIEMENS

Instalación nuclear		Objetivos de desmantelamiento	Trabajo realizado	Período
PR10	Reactor de prueba, Karlsruhe	Desmantelamiento completo	Planificación, ejecución	1975-76
KKN	Niederaichbach NPP	Desmantelamiento parcial y enterramiento	Planificación, ejecución	1975-76
BEZNAU 1 + 2	BEZNAU NPP SUIZA	Desmantelamiento completo (lazo primario)	Estudio de viabilidad	1980
FR2	Reactor de investigación, Karlsruhe	Desmantelamiento completo	Planificación conceptual y de detalle	1980-82
FRN	Reactor de investigación, Neuherberg	Desmantelamiento parcial y enterramiento	Planificación, ejecución	1981-84
WAK	Planta de reprocesamiento, Karlsruhe	Desmantelamiento completo	Planificación del desmantelamiento completo hasta condiciones de campo verde	1985-88
BR3	Mol NPP Bélgica	Descontaminación del lazo primario y desmantelamiento del blindaje térmico	Planificación, ejecución	1990-91
KRB-A	Gundremmingen NPP	Desmantelamiento del reactor, vasija de presión e internos	Estudios de viabilidad	1990

- Desmantelamiento de componentes y tuberías.
- Desmantelamiento de andamios.
- Desmantelamiento de conductos de ventilación, cables eléctricos y penetraciones, al tiempo que el desmantelamiento prosigue, puede ser necesario el equipo temporal.
- Demolición de las capas de la superficie del hormigón contaminadas.
- Eliminación de las zonas de protección de la radiación.
- Desmantelamiento del equipo no contaminado y demolición de las estructuras.

Para todas las actividades de desmantelamiento dentro de la planta WAK se han elaborado planes secuenciales de trabajo. Sobre la base de estos planes secuenciales de trabajo pueden estimarse algunos objetivos programados, tales como costes del desmantelamiento, personal necesario y dosis absorbidas. Para la estimación de los costes del desmantelamiento de la planta WAK se crearon hojas de datos referidas a los edificios y otras partidas. Se crearon hojas de datos de los edificios para cada una de las siguientes actividades:

- Preparativos y modificaciones para el desmantelamiento.
- Descontaminación.
- Desmantelamiento.
- Tratamiento de residuos.

La compilación de datos nos ha dado información sobre los costes y el personal necesario con referencia al progreso del desmantelamiento. De acuerdo con nuestra estimación los costes de la totalidad del proyecto, incluyendo también la planificación, licenciamiento, tratamiento de residuos y almacenamiento final podrían ser de aproximadamente 750.000.000 DM basados en los precios de 1986.

DESMANTELAMIENTO DE LA UNIDAD A DE GUNDREMMINGEN (KRB-A)

La central nuclear de Gundremmingen, A es una central con un reactor de agua en ebullición con una potencia eléctrica de 250 MW. La planta ha estado en operación entre 1966 y 1977. Después de un incidente, se tomó la decisión de cerrar definitivamente la instalación debido a que las reparaciones hubiesen sido demasiado costosas.

La planificación del desmantelamiento comenzó con un estudio de viabilidad en 1982. El desmantelamiento de la planta comenzó en el edificio de turbina, que sólo estaba ligeramente contaminado. Entretanto, KRB-A recibió la licencia para el desmantelamiento de los internos

del edificio del reactor y del edificio auxiliar del reactor. Los componentes activados, tales como la vasija de presión del reactor y el blindaje biológico se excluyeron de esta licencia.

El proyecto está apoyado por la Comunidad Europea dentro de la estructura del programa de investigación sobre el desmantelamiento de instalaciones nucleares. Es un proyecto de demostración para el desmantelamiento de un reactor de agua en ebullición.

En 1990 se adjudicó a Siemens un contrato para la elaboración de un estudio sobre el desmantelamiento, seccionamiento y embalaje de la vasija de presión del reactor y de sus partes internas. La ingeniería y los procedimientos, así como el equipo necesario y las herramientas, tuvieron que examinarse con respecto a la aplicación específica en KRB-A. Los objetivos de estudio fueron encontrar una solución económica con una dosis mínima ocupacional del personal.

Debido a las altas tasas de dosis se planificó el trabajo para realizarse con equipo a control remoto.

Una parte considerable del estudio se ha dedicado a las características de las técnicas de seccionamiento.

En la medida posible, el cortado debería realizarse bajo agua por razones de blindaje. Mediante el uso de un equipo de extracción, la diseminación de actividad durante el cortado se puede minimizar para reducir la exposición a la radiación.

El corte mediante plasma bajo el agua se ha recomendado para el seccionamiento de las partes internas de la RPV. Debido a que no puede realizarse fácilmente el seccionamiento de la RPV en anillos cilíndricos bajo protección acuática, se eligió el serrado mecánico como procedimiento posible en las circunstancias existentes. Una ventaja importante del corte mecánico con sierras, descansa en la falta de generación de aerosoles. Para el cortado a control remoto y la manipulación se facilitó un manipulador eléctrico de materiales peligrosos como montura para la herramienta de corte y también para un aparato de manipulación de fragmentos de piezas.

Las fragmentos de residuos activados con sus altos niveles de radiación no permiten el reciclado, de forma que se deberán enviar a un almacén final o intermedio para residuos radiactivos.

A fin de estimar los costes, se planificó un tratamiento de residuos y empaquetado de los fragmentos teniendo en cuenta las condiciones preliminares del depósito KONRAD para aceptación de residuos radiactivos. Debido a que la actividad en un embalaje de residuos está limitada con respecto a su blindaje y a las dosis resultantes, se puede calcular el número de bidones y contenedores.

El estudio da también una perspectiva del procedimiento y del equipo de tratamiento de residuos en KRB-A.

De acuerdo con los planes secuenciales de trabajo, el trabajo de desmantelamiento podría hacerse en unos 26 meses. Se necesitarán otros 28 meses para planificación, procedimiento de licenciamiento y ensayo del equipo antes del desmantelamiento.

Los costes estimados de desmantelamiento son unos 39.000.000 DM y están incluido los costes estimados de planificación, elaboración de los documentos para el proceso de licenciamiento y ensayos del equipo de desmantelamiento. No se incluyen los costes de gestión del proyecto, de licenciamiento, los costes de almacenamiento final y de operación para KRB-A.

OBSERVACIONES GENERALES SOBRE DESMANTELAMIENTO

La planificación del desmantelamiento de las instalaciones nucleares es un trabajo altamente especializado. La razón de esto descansa fundamentalmente en impedir situaciones ambientales peligrosas para la población y el personal trabajador que pudieran ser consecuencia de posibles condiciones de fallo.

Debido a que después de lavar y secar los sistemas, la actividad remanente está casi en forma sólida y no inflamable, el desprendimiento de cantidades importantes de actividad al medio ambiente es apenas concebible. Sin embargo, al planificar el desmantelamiento, tendrán que considerarse las posibles consecuencias de las condiciones de fallos en los elementos involucrados. No obstante, las medidas de radiación externa, el muestreo de la actividad del aire, e incluso el muestreo del agua del suelo serán necesarios para demostrar el cierre seguro y tratamiento de la actividad durante el desmantelamiento.

Por último, pero no de menor importancia, debería mencionarse que la documentación de la planta debe estar de conformidad con la situación real de la planta antes de la planificación del desmantelamiento. Esto también es esencial en posibles actuaciones legales. En la práctica, esto significa que la documentación de la planta tiene que comprobarse detalladamente.

EXPERIENCIA DE SIEMENS EN DESMANTELAMIENTO

Puesto que no hay ningún depositario final disponible hoy en día en Alemania, la experiencia en desmantelamiento se basa fundamentalmente en la elaboración de estudios de viabilidad, planificación y

realización para recinto seguro de proyectos de desmantelamiento.

La planificación y realización de proyectos de desmantelamiento junto con la experiencia obtenida en la construcción, mantenimiento, reparación y backfitting de centrales nucleares da a Siemens la capacidad exigida para sepultar instalaciones nucleares, o incluso eliminarlas, y devolver el emplazamiento a condiciones de campo verde.

En particular, dicho trabajo que ha proporcionado a Siemens el know-how técnico para el desmantelamiento y demolición de instalaciones nucleares es como sigue:

- Trabajo de reparación mediante control remoto dentro de la vasija de presión de reactor.
- Inspección y reparación de elementos combustibles y otros internos del núcleo.

- Descontaminación de sistemas y componentes.
- Inspección en servicio a control remoto de vasijas de presión del reactor, generadores de vapor y tuberías/válvulas.
- Sustitución de grandes componentes, tales como bombas de recirculación, generadores de vapor y tuberías.
- Acondicionamiento de residuos inclusive nueva utilización sin peligro de materiales descontaminados.
- Planificación y gestión de proyectos de grandes instalaciones nucleares, garantía de calidad.

La comparación de esta lista de actividades con los requisitos de desmantelamiento de instalaciones nucleares indica que el desmantelamiento es una ampliación de la experiencia de planificación, operación, reparación y mantenimiento de dichas instalaciones.

EXPERIENCIA FRANCESA EN EL DESMANTELAMIENTO DE INSTALACIONES NUCLEARES

Thomas SALA

TECHNICATOME

El estado francés, a través de sociedades o de organismos públicos, es el propietario de la mayor parte de las instalaciones nucleares. Estas sociedades y organismos públicos son los siguientes:

- El Comisariado de Energía Atómica (CEA), organismo público encargado de la investigación y del desarrollo de los conocimientos científicos y de las técnicas nucleares, está compuesto de:
 - Seis direcciones operacionales, de las cuales una es el ciclo del combustible, que comprende principalmente la Unidad Central de Clausura de Instalaciones Nucleares (UDIN) (*).



* La UDIN tiene por misiones principales en el CEA: la puesta a punto de los métodos adaptados al desmantelamiento de las Instalaciones Nucleares de Base (INB), la dirección de los trabajos y de las operaciones de desmantelamiento y de explotación de las instalaciones clausuradas. No dispone de medios de ingeniería propios.

Desde el comienzo de las grandes operaciones de desmantelamiento, el CEA acudió a la sociedad TECHNICATOME para realizar numerosos estudios y la dirección de ciertas obras.

- El Instituto de Protección y de Seguridad Nuclear (IPSN).
- La Agencia Nacional para la Gestión de los Residuos Radioactivos (ANDRA).

- El Instituto Nacional de las Ciencias y Técnicas Nucleares (INSTN).
- Los centros nucleares.
- Las filiales del grupo CEA, con participaciones privadas/pública variables, tratándose principalmente de:
 - La Compañía General de Materiales Nucleares (COGEMA), para el conjunto del ciclo del combustible.
 - FRAMATOME para la construcción de calderas nucleares destinadas a la producción de electricidad.
 - TECHNICATOME (TA) (*) para la propulsión naval y la ingeniería de los trabajos vinculados al mantenimiento, al mejoramiento o a las modificaciones de diversas instalaciones nucleares (también con STMI y FRAMATOME para estas últimas prestaciones).
- Electricidad de Francia (EDF) organismos público, para la producción de energía eléctrica de origen nuclear.
- El Ministerio de Salud, para la utilización nuclear en el ámbito de la medicina.
- Las universidades para la enseñanza, etcétera.

Solamente las fuentes para el tratamiento por irradiación y radiografía de los materiales pueden pertenecer a establecimientos privados.

RESPONSABILIDADES

Las actividades dependientes del dominio nuclear, que está bajo la responsabilidad de los poderes públicos por intermedio de los organismos de estado, ya han sido mencionados precedentemente y comparten las diversas responsabilidades siguientes:

- La *explotación* de las instalaciones nucleares de base (INB), confiada principalmente a el CEA (COGEMA, ANDRA), a EDF y a TECHNICATOME.
- La *seguridad* confiada al Ministerio de Industria por intermedio del servicio central de seguridad de las instalaciones nucleares (SCSIN).
- La *protección del medio ambiente*, colocada bajo la responsabilidad del Ministerio de Salud, por intermedio del servicio central de protección contra las radiaciones ionizantes (SCPRI).
- Las *autorizaciones de creación y de explotación de una instalación nuclear*, que se obtienen por decreto ministerial, como consecuencia de un trámite que permite recoger los puntos de vista de todos los ministerios concernientes y da lugar a una

encuesta pública, pasando a continuación a la comisión interministerial de las instalaciones nucleares de base (CIINB)...

Toda modificación de una instalación nuclear, con respecto a las prescripciones impuestas en el momento de su creación, tiene que ser objeto obligatoriamente de la emisión de un nuevo decreto o de la anulación del decreto precedente.

CASO DE CENTRALES GRAFITO GAS

EDF está directamente interesada en el desmantelamiento de estas centrales.

Caso de CHINON A2

La instalación se paró el 14 de junio de 1985, su combustible se descargó y evacuó. En el plano reglamentario, la central está sometida a las disposiciones de seguridad que figuran en el informe de seguridad de febrero de 1989.

Este documento, establecido por los especialistas de la central, examinado y aceptado por las Autoridades de Seguridad de las Instalaciones Nucleares, considera que la Central de CHINON A2 ya no se explota como una instalación de base de producción de energía, sino como una Instalación Nuclear de Base de almacenamiento de sus propios elementos. Estas disposiciones administrativas se completarán por un decreto Interministerial que autoriza la creación del nuevo establecimiento.

Es necesario señalar, por otra parte, que las reglas generales de explotación autorizadas evolucionan en función del estado de avance de los trabajos de desmontaje.

El proyecto de desmantelamiento, establecido en función de los criterios recordados anteriormente relativos al desmantelamiento de las instalaciones nucleares que comprenden un reactor, es el resultado de análisis realizados para cada subconjunto.

Las soluciones escogidas son:

- Las realizaciones de volúmenes de confinamiento obtenidos modificando los recintos existentes mediante la instalación de estanqueidades estáticas; estos recintos están protegidos contra la corrosión y su estanqueidad está controlada.
- Los desmantelamientos elementales parciales o completos, inmediatos o diferidos, con la posibilidad de almacenar los elementos obtenidos dentro de los volúmenes de confinamiento precedentes. Este almacenamiento puede permitir diferir, incluso anular, el almacenamiento hacia un centro nacional en caso de reutilización ulterior de las chatarras. Se ha deci-

T I

PRIMERAS OPERACIONES DE CLAUSURA

		FECHA		CLAUSURA		
		Puesta en Marcha	Parada	Estudios	Operaciones	Nivel
ATTILA	FAR	1966	1975	1977	1979-1987	3
GULLIVER	CEA	1965	1967		1981-1985	2
	MARCOULE					
ZOE	CEA	1948	1976			2
1.ª pila de 150 KW	FAR					
EL2	CEA	1952	1965			3
Reactor de 2,8 MW	SACLAY					
PEGGY	CEA	1961	1975			3
Reactor experimental	CADARACHE					
PEGASE	CEA	1962	1975		1978	3
35 MW	CADARACHE					
CESAR	CEA	1964	1974		1978	3
Reactor experimental	CADARACHE					
MINERVE	CEA	1959	1976	Instalación desmontada y transferida a CADARACHE los locales fueron reutilizados como una INB		
1 MW	FAR					
TRITON/5 MW	CEA	1959	1982			3
+ NEREIDE/5 MW	FAR					
EL3	CEA	1959	1979			2
18 MW	SACLAY					
CHINON A1	EDF	1963	1973	1985	Transformada en museo	1
300 MW						
ELAN IIB	COGEMA	1970	1973		Continúan	Previsto 3
	LA HAGUE					
ELAN IIA	CEA	1968	1970			Previsto 3
	SACLAY					
AT1	LA HAGUE	1969	1979		1982 - Continua Operación piloto de la CEE	Previsto 3
RM2	CEA	1968	1982			Previsto 3
	FAR					
PIVER	MARCOULE					
EL4	CEA/EDF	1966	1985			Previsto
250 MW	MONT'S D'ARREE					
RAPSODIE	CEA	1967	1982		Continua	2
40 MW	CADARACHE					
G1	CEA	1958	1980			2
260 MW	MARCOULE					
G2	CEA	1958	1980		Continua	2
260 MW	MARCOULE					
SALLES	COGEMA			1985	1985/1988	2
82/100	MARCOULLE					
CELLULE 82	CEA/SAP			1987	1987/1988	2/3
	MARCOULE					
G3	CEA	1959	1984			Previsto 2
260 MW	MARCOULE					2
CHINON A2	EDF					
185 MWE						
ST LAURENT DES EAUX A1	EDF		18/04/90	Estudios		
	ST LAURENT					

dido dismantelar después de la evaluación del combustible:

- Los materiales con potenciales de riesgos (circuitos de aceite, cables eléctricos no extingüibles, filtros CO₂)...
- Las instalaciones situadas en los locales inundables.
- Las instalaciones cuyo confinamiento no se puede garantizar a corto plazo.

POLITICA DEL CEA

El Comisariado para la Energía Atómica lleva a cabo diversas operaciones de desclasificación y dismantelamiento en vinculación con programas de investigación y de desarrollo.

Esta política está encaminada a extraer las enseñanzas de las operaciones para orientar las opciones de dismantelamiento en el futuro.

T II

G2 - G3 MARCOULE - FRANCIA

Nombre	Tipo	Potencia (MW)	Puesta en Servicio	Parada Definitiva
G2	UNGG	40 E 260 TH	1958	1980
G3	UNGG	40 E 260 TH	1959	1984

T III

EJEMPLOS DE CANTIDADES DE RESIDUOS (Producidos por el dismantelamiento de diferentes tipos de reactores)

Rúbricas	Unidad	Agua pesada 18 MW	Piscina 5 MW	Rápido 40 MW	Agua pesada 250 MW	Grafito gas 260 MW
Nivel Dismantelamiento		2	3	2	2	2
Desechos						
* Contaminados						
— total sólidos (1)	t	380	238	152	595	3.185
— baja actividad	t	300-80	235	132	468-127	3.185
— 3 M						
— media actividad	t	0	3	10	0	0
— alta actividad	t	0	0	0	0	0
— tecnológicos	m ³	160	50	120	708	1.500
— efluentes líquidos (FA)	m ³	30	2	0	1	0
— efluentes gaseosos	78 q	18,5 (3M)	<umbrales	<34 (3M)	<umbrales	
* No contaminados	t	470	1.500	no estimado	459	2.747
Balance dosimétrico						
Total persona (2)	año	400	150	<700	<1.000	<1.500
Fecha de trabajos	año	82-85	83-87	88-91	90-94	90-95

(1) Masa total de desechos sólidos (metal, hormigón, etc...) en toneladas:

- FA (baja actividad alfa + beta) < 370 GBq/t - 3 H (desechos tritio): < 7,4 GBq/t.
- MA (media actividad alfa + beta): de 370 a 48.000 GBq/t.
- HA (alta actividad alfa + beta): > 48.000 GBq/t.

* Nota: sin contaminación alfa significativa entre los desechos.

(2) Dosis total integrada para el conjunto del personal durante toda la duración de los trabajos.

Desmantelamiento de G2

El dismantelamiento del reactor G2 es una operación piloto dentro del panorama francés.

Los objetivos del programa de dismantelamiento del G2 son los siguientes:

- Dismantelar el conjunto.
- En buenas condiciones económicas.
- Minimizando razonablemente los peligros radiológicos dentro del respeto a la reglamentación.
- En plazos razonables.

Para alcanzar tales objetivos se prevé entregar al dominio público del 80% en peso del acero contaminado (fuera de las partes activadas puestas directamente en los residuos).

Desde el punto de vista de las opciones técnicas se prevé:

- Sistema de descontaminación a dos niveles:
 - In situ, cada vez que sea posible.
 - En el taller, si es necesario y se juzga realizable.
- Sistema de corte a dos niveles:
 - in situ, en grandes fragmentos.
 - En taller, según las necesidades del tratamiento de los residuos.
 - Instalaciones de tratamiento de los residuos concebidos como un taller de producción: el ATD se puede reutilizar para 63.
- Segmento piloto, calificación en magnitud real.

Elan IIB

Este taller, implantado en el centro de La Hague, fue concebido para la fabricación de fuentes encapsuladas de Cesio y de Estroncio. Construido a fines de los años 60, fue puesto en explotación en 1970 y parado en 1973.

Una primera fase de descontaminación de los circuitos se efectuó entre 1973 y 1975. Al final de esta fase, el taller contenía aún aproximadamente 4.000 TBq (equivalente Cesio).

En 1975 el CEA emprendió los estudios de dismantelamiento de este taller a un nivel 3. La decisión de realizar las operaciones fue tomada en 1979. Considerada como operación piloto, un cierto número de procedimientos y de herramientas adaptados al dismantelamiento fueron desarrolladas y ensayadas sobre esta instalación.

La realización de las herramientas, así como la preparación de las operaciones, se desarrollaron de 1979 a 1983.

De 1981 a 1986, varias celdas fueron dismanteladas con la ayuda de las herramientas desarrolladas, con el fin de mejorar su puesta a punto industrial.

A partir de 1987, el dismantelamiento de ELAN IIB, pasó a una fase industrial. El

T IV

**BALANCE EL 30 DE JUNIO DE 1990
COMPARACION CON EL ESTADO RADIOLOGICO INICIAL DEL EDIFICIO**

Local	Estimación del informe de Seguridad antes de los trabajos en GBa	Estimación del residual el 30 de junio de 1990 en GBa
Célula 906	Notable	3,7 a 3,7
Célula 905	0	0
Célula 904	3,7	3,7
Célula 903	37.000 a 370.000	37 a 370
Célula 902	370.000 a 3.700.000	370.000 a 740.000
Célula 901	37.000 a 370.000	50 a 500
Célula 900	3,7 a 37	37 a 370
Sala 823	No definido	370 a 3.700
(revestimientos)		
Hormigón y muro 811		
(como resultado de un incidente de junio de 1988)	0	37 a 370

El estado actual de la técnica permite afirmar que existen los medios para realizar cualquier operación de desmantelamiento imaginable, pero el buen sentido debe prevalecer, para elegir entre las diferentes soluciones. Elección que debe tomar en cuenta los aspectos técnicos, económicos y dosimétricos, incorporando la conversión de los desechos hasta su estado final de "Seguridad equivalente" al estado de clausura.

desmantelamiento de este taller deberá estar terminado a fines de 1991.

Pudiendo la tasa de dosis ambiente alcanzar 10 Gy/h fue necesario hacer una cantidad de operaciones por medio de teleoperación, requiriéndose la adaptación de numerosos aparatos industriales. Esta operación de envergadura ha permitido recoger numerosas informaciones que sirven de referencia para la evaluación de futuros desmantelamientos. El desmantelamiento representará, una vez concluido, la evacuación de aproximadamente 1.200 toneladas de residuos sólidos, conteniendo 900 a 1.000 TBq y aproximadamente 100 metros cúbicos de efluentes líquidos conteniendo de 20 a 25.000 Curies.

Un cierto número de residuos muy irradiados y contaminados en Cesio debieron ser embalados en bultos especiales con barrera de epoxi puro y envueltos por epoxi puro cargado de arena, con el fin de limitar la tasa de lixiviación de los bultos. Siendo estos bultos demasiado irradiantes para ser almacenados en superficie, se los depositó en pozos en el centro de almacenamiento de la ANDRA. El resto de los residuos, después de ser embalados bajo triple envoltura de vinilo, son almacenados en cajones según las normas de la ANDRA.