

TEMAS DE PLANIFICACIÓN, ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN ASOCIADOS CON LA TRANSICIÓN DE LA FASE OPERATIVA A LA CLAUSURA Y SU IMPACTO SOBRE LA GESTIÓN DE RESIDUOS

PLANNING, ORGANIZATIONAL AND MANAGEMENT ISSUES IN MOVING FROM OPERATION TO DECOMMISSIONING AND THEIR IMPACT ON WASTE MANAGEMENT

M. LARAIA

La transición de la fase operativa de una instalación nuclear a la clausura es crítica. Durante este período, se requiere un número de modificaciones para adaptar la instalación a nuevos objetivos y requisitos. Existe un número de actividades de preparación para la implantación de la estrategia de clausura que se podrán iniciar antes de la parada definitiva de la central, o inmediatamente después, como apoyo a la planificación de la clausura y para reducir la carga de los requisitos operativos.

The transition from a nuclear facility's operating phase to decommissioning is critical. A number of modifications are required during this period to adapt the facility to new objectives and requirements. There are various activities to prepare for implementation of the decommissioning strategy that may be started before final plant closure or immediately afterwards; these serve to support the decommissioning planning process and ease the burden of operating requirements.

INTRODUCCIÓN

La transición de la fase operativa de una central a la clausura es crítica. Durante este período se requiere un número de modificaciones para adaptar la central a nuevos objetivos y requisitos. También se requiere un cambio cultural que refleje distintas prácticas de dirección y trabajo. Es imprescindible que la planificación de la clausura comience en un momento oportuno durante la operación y que se ponga en práctica lo antes posible una vez terminadas las actividades de parada definitiva, con el fin de asegurar una transición controlada y un uso óptimo de los recursos. En particular, esto supone el uso del personal clave de operaciones, cuya experiencia será especialmente valiosa durante la transición. Como se establece en esta ponencia, existe un número de actividades de preparación para la implantación de la estrategia de clausura que se podrán iniciar antes de

la parada definitiva de la central, o inmediatamente después, como apoyo a la planificación de la clausura y para reducir la carga de los requisitos operativos.

OBJETIVOS DE LA TRANSICIÓN DE OPERACIÓN A CLAUSURA

El período de transición del ciclo de vida de una instalación coincide con los últimos pasos de la fase de operación y comienza cuando la central se ha declarado innecesaria ya para cubrir la demanda actual o futura, o se prevé que pasará a esta situación. La licencia de operación sigue en vigor durante la transición. El objetivo durante la fase de transición consiste en llevar la central a una condición conocida y estable, identificar los potenciales peligros, eliminar o mitigar tales peligros y trasladar las responsabilidades de programación y económicas de la

INTRODUCTION

The transition phase between plant operation and decommissioning is a critical one. In this period a number of modifications are in order to adjust the plant to new objectives and requirements. A cultural change is also needed to reflect different management and working practices. It is essential that planning for decommissioning begins in a timely manner during operation and is implemented as soon as possible after permanent shutdown activities to ensure controlled transition and best use of resources. This includes in particular utilising key operational staff whose experience is invaluable in this transition period. As presented in this paper, there is a number of activities preparatory to implementing the decommissioning strategy that could be initiated before or immediately after plant permanent shutdown in support to planning for decommissioning and to reduce the burden of operational requirements.

GOALS IN THE OPERATION-TO-DECOMMISSIONING TRANSITION

The transition period of a facility's life cycle begins during the period when it is in the final steps of an operational phase and has been declared or forecast to be excess to current and future needs. The operating licence remains in effect during transition. The goal during the transition phase is to place the facility in a stable and known condition, identify hazards, eliminate or mitigate hazards, and transfer programmatic and financial responsibilities from the operating to the decommissioning management. Timely completion of transition activities can take advantage of facility operational capabilities before they are lost. Activities conducted at this time can be completed in a more efficient and cost-effective manner.

Activities conducted during a facility's transition phase continue to incorporate integrated safety

Tabla 1. Metas y objetivos de la transición

La iniciación expedita de actividades para eliminar o mitigar peligros, comenzando con las que evidentemente deben realizarse independientemente del modo posterior de clausura.
El máximo uso y efectividad de las actuales operaciones, conocimientos, personal y sistemas/ programas operativos, con el fin de reducir los peligros para la instalación, con énfasis en los procesos y sistemas por los cuales los necesarios conocimientos y aptitudes sean únicos.
Cooperación efectiva entre todos los implicados, especialmente entre las direcciones de operaciones y clausura, el personal de campo, los contratistas y las autoridades.
La transición fluida e integrada de la instalación de la fase operativa a la de clausura.
La mitigación de los impactos sociales debidos a los cambios organizativos.
La reducción de los costes de vigilancia y mantenimiento y de las actividades post-operativas.
La identificación de los requisitos de tratamiento, almacenamiento temporal, transporte y almacenamiento definitivo de todos los residuos.
La asignación de presupuestos y fondos para las fases de transición y clausura.

dirección de operación a la de clausura. Para completar de forma oportuna las actividades de transición, se pueden aprovechar las capacidades de operación de la instalación, antes de que éstas se pierdan. Así, las actividades realizadas durante este período se pueden llevar a cabo de forma más eficaz y económicamente efectiva.

Las actividades que se realizan durante la fase de transición de la instalación siguen incorporando la gestión integrada de la seguridad a todos los niveles, al objeto de asegurar la protección de los trabajadores, el público y el medio ambiente. Un objetivo importante durante esta transición, y posteriormente durante la clausura, es mantener un proceso integrado y fluido que sirva de vínculo entre las actividades, la vigilancia y el mantenimiento actuales y futuros y las fases anteriores del ciclo de vida.

La clausura de una instalación nuclear se puede facilitar en gran medida mediante la realización de determinadas actividades durante la fase de transición. La realización oportuna de las actividades de transición permite aprovechar las capacidades operativas de la instalación antes de que éstas se pierdan, eliminando o mitigando los peligros de forma más eficaz y económicamente efectiva. El proceso de transferencia de responsabilidades de la dirección de operaciones a la de clausura puede tener una duración considerable, incluso de años, por lo que es importante avanzar durante la fase de transición en un sentido que apoye

la futura clausura de la instalación.

Los objetivos y metas principales de la fase de transición de una instalación se incluyen en la Tabla I.

El grado en que sea posible conseguir estas metas en una determinada instalación variará considerablemente, según su condición, configuración y estado actuales. Habrá que conceder un alto grado de prioridad a acciones destinadas a eliminar o mitigar los peligros, tales como el lavado de los sistemas de proceso, la evacuación de residuos y la descarga del combustible. Para otras actividades, un proceso de desarrollo de puntos finales de la transición asegurará que se identifiquen las actividades apropiadas a realizar.

Uno de los principales objetivos durante la transición consiste en centrarse en acciones que faciliten un proceso fluido desde la finalización de las operaciones de la instalación hasta su contención o clausura segura, de forma económicamente efectiva. La experiencia ha demostrado que existe una serie de tareas generales que resultan apropiadas para la fase de transición. Estas tareas abordan los peligros, los campos de radiación, la contaminación, los residuos, el aislamiento y contención, la vigilancia y control, la restauración e instalación y la documentación y etiquetado.

Las instalaciones se evalúan para cada una de estas tareas de índole general al objeto de determinar las acciones asociadas a realizar. La mayoría de estos tipos de tareas, cuando no todas ellas, son de aplicación tanto a instalaciones

Table I Transition goals and objectives

<i>An expeditious start of activities to eliminate or mitigate hazards, beginning with those that clearly should be done regardless of the subsequent mode of decommissioning.</i>
<i>The maximum utilization and effectiveness of current operations knowledge, personnel and operating systems/programmes to reduce the facility hazards, with emphasis placed on processes and systems for which the skills and knowledge required are unique.</i>
<i>Effective partnering among all involved parties; in particular among the operating and decommissioning management, field elements, contractors and authorities.</i>
<i>The smooth and integrated transition of the facility from the operations phase to the decommissioning phase.</i>
<i>Mitigation of the social impacts due to the organizational changes.</i>
<i>Reduction of cost for surveillance and maintenance and for post-operational activities.</i>
<i>Identification of the treatment, storage, transport and disposal requirement for all wastes.</i>
<i>Allocating budget and funding for transition and decommissioning phase.</i>

management at all levels to provide protection of workers, the public and the environment. An important objective throughout transition and eventually through decommissioning is to maintain an integrated and smooth process linking the current and future activities and surveillance and maintenance with the previous life-cycle phases.

The eventual decommissioning of a nuclear facility can be enhanced greatly by the completion of select activities during the transition period. Timely completion of transition activities can take advantage of facility operational capabilities before they are lost, eliminating or mitigating hazards in a more efficient, cost-effective manner. There can be considerable time, even years, to carry out the transfer process from the operating to the decommissioning management. Therefore, it is important that progress is made during the transition phase in the direction that supports the future decommissioning path of the facility.

Key objectives and goals during facility transition are included in Table I.

The degree to which these goals can be achieved at a facility will vary greatly based on its current condition, configuration and status. High priority should be given to actions to eliminate or mitigate hazards, such as, flushing process systems, removal of waste, and defuelling. For other activities, a transition end-point development process will ensure that the appropriate activities are identified for completion.

A primary goal during transition is to focus on actions that cost-effectively support a smooth process from the end of facility operations through to safe enclosure or decommissioning. Experience has shown that there are a number of general tasks that are appropriate for activities during the transition phase. These task types address: hazards; radiation fields; contamination; waste; isolation and containment; monitoring and control; refurbishing and installing, as well as documenting and labelling.

Facilities are evaluated in each of these general types of tasks to determine the associated actions to be performed. Most, if not all, of these types of tasks

apply to facilities that are currently operating in fulfilment of mission objectives as well as facilities that have ceased mission related operations and are essentially locked with no operational activities. The challenge is to identify the transition actions appropriate for a particular nuclear facility, prior to decommissioning.

ISSUES HINDERING TIMELY DECOMMISSIONING

It is common experience that the start of a number of past decommissioning projects suffered undue delays and other hindrances resulting in insufficient project progress and extra costs. Factors involved include:

1. Sudden decision to shutdown a plant permanently (e.g. on political or economical grounds);
2. Little or no planning for decommissioning during plant operation;
3. Lack of or inability to decide upon the decommissioning strategy, resulting in a "no-action" situation;
4. Lack of infrastructure (such as waste storage facilities or disposal sites) or technologies
5. Lack of decommissioning-oriented regulations;
6. Loss or demotivation of key personnel and inability to adapt to cultural changes;
7. Unavailability of funds when needed.

The following examples highlight in detail a few critical areas.

One typical issue in decommissioning of nuclear facilities is the scarce or non-existing provision of decommissioning funds during plant operation. Except for small, low-hazard facilities which can be readily dismantled using routine means, lack of funds severely impacts timeliness, cost-effectiveness and ultimately safety of decommissioning. If nuclear facilities are owned by the State or State bodies, ad-hoc funds are to be found in the State budget, often conflicting with urgencies in other national sectors (a dramatic issue in poor countries). In addition, allocating decommissioning funds in this way may be subject to excruciating parliamentary scrutiny, heated media debate, perception of low priority and ultimately may result in undue delays.

Another issue can be the uncertainty in time and mode of permanent shutdown/decommissioning. An indeterminate period of several years with no firm decisions on permanent shutdown and decommissioning strategy could be extremely frustrating for the plant staff and may result in the loss of qualified staff and historical memory. Difficulties to achieve prompt, firm decisions are often due to large scale lobbying against permanent shutdown for reasons such as expected loss of salaries, fear of staff relocation or cessation of research, radioisotope production and other programmes. Also there is often a scarcity of funds to operate the facility or a lack of productive goals (e.g. for research reactors). It should be noted that the above-listed factors are of decisive importance in countries with limited resources, where alternative market opportunities are not round the corner. Lack of a decision to decommission may result in prolonged operation of old, obsolete facilities under less than ideal conditions. If a decision is eventually taken to restart, equipment and structure deterioration and loss or demotivation of valuable staff will hinder efficient operation.

actualmente en fase operativa en cumplimiento de sus respectivas misiones como a las que tienen sus actividades de operación interrumpidas. El reto consiste en identificar las acciones de transición apropiadas para una determinada instalación nuclear antes de proceder a su clausura.

MOTIVOS DE RETRASO DE LA CLAUSURA

Ha sido una experiencia común el que un número de proyectos de clausura hayan sufrido retrasos indebidos y otros obstáculos que se han traducido en un avance insuficiente del proyecto y en costes adicionales. Entre los factores involucrados se encuentran los siguientes:

1. La decisión repentina de parar definitivamente una central (por ejemplo, por motivos políticos o económicos).
2. Planificación reducida o nula de la clausura durante la operación de la central.
3. Falta de decisiones o incapacidad de tomar decisiones sobre la estrategia de clausura, dando lugar a una situación de "inactividad".
4. Falta de infraestructuras (como por ejemplo instalaciones de almacenamiento temporal o emplazamientos para el almacenamiento definitivo) o de tecnologías.
5. Falta de reglamentos orientados a la clausura.
6. Pérdida o desmotivación de miembros claves del personal e incapacidad de adaptar a cambios culturales.
7. Indisponibilidad de fondos cuando éstos se necesitan.

Los siguientes ejemplos vienen a subrayar de forma detallada algunas áreas críticas.

Un problema típico en materia de clausura de las instalaciones nucleares es la aplicación reducida o nula de fondos para la clausura durante la fase de operación. Excepto en el caso de instalaciones pequeñas y de riesgo reducido que se puedan dismantlar mediante métodos rutinarios, una falta de fondos tiene un impacto significativo sobre la clausura, en términos de tiempo, efectividad económica y, en última instancia, la seguridad. Si las instalaciones nucleares en cuestión pertenecen al Estado o a organismos estatales, se buscan fondos *ad-hoc* en el presupuesto del Estado, lo cual entra muchas veces en conflicto con materias

urgentes en otros sectores nacionales (un problema dramático en los países más pobres). Además, la asignación por esta vía de fondos para la clausura puede estar sujeta a un proceso lentísimo de escrutinio parlamentario, dando lugar a un acalorado debate en los medios, a la percepción de baja prioridad y, en última instancia, a retrasos indebidos.

Otro tema significativo puede ser la existencia de incertidumbres relativas al período y modo de la parada definitiva/clausura. Un período indeterminado de varios años sin que existan decisiones firmes sobre la parada definitiva y la estrategia de clausura puede ser extremadamente frustrante para el personal de la central, y puede dar lugar a la pérdida de miembros cualificados del personal y de la memoria colectiva. Las dificultades a la hora de conseguir una pronta y definitiva decisión se deben muchas veces a la presión de grupos de interés contrarios a la parada, por motivos como la supuesta pérdida de salarios, temor a la reasignación del personal o la interrupción de programas de investigación, de producción de radioisótopos u otros. Además, muchas veces faltan los fondos necesarios para la operación de la instalación u objetivos de producción (por ejemplo, en el caso de los reactores de investigación). Conviene subrayar que los anteriores factores son de una importancia decisiva en los países que cuentan con recursos limitados, donde no abundan oportunidades alternativas de mercado. La falta de una decisión en materia de clausura puede dar lugar a la operación prolongada de instalaciones antiguas y obsoletas, bajo condiciones menos que ideales. Si posteriormente se toma la decisión de volver a arrancar, el deterioro de los equipos y estructuras y la pérdida o desmotivación de valiosos miembros del personal obstaculizarán la operación eficaz.

Un tema relacionado con lo anterior es la "inactividad" tras la decisión de proceder a la parada definitiva de una instalación nuclear. Desafortunadamente, se trata de una práctica común, especialmente para muchas instalaciones pequeñas que, por su naturaleza, pueden permanecer en condición de parada segura durante períodos prolongados. Esta inactividad ha resultado frecuentemente de la errónea percepción que los riesgos asociados con la instalación parada eran insignificantes y podían ignorarse. Con el tiempo, la inactividad puede traducirse en el



Acondicionamiento de residuos de desmantelamiento (NUCLECO, Italia).

Consulting of wastes arising from dismantling activities (NUCLECO, Italy).

abandono de la central. Las políticas de no hacer nada no suelen gozar de la aprobación de los reguladores, y no son recomendadas por el OIEA. La clausura requiere acciones basadas en una gestión positiva, así como recursos e iniciativas.

Un cuarto tema relevante es la indisponibilidad de tecnologías para la clausura/gestión de los residuos. En varios países en vías de desarrollo, los proyectos de clausura tienden a ser los primeros de su tipo abordados, y la planificación –incluida la disponibilidad de recursos– es reducida o nula. En algunos países ha demostrado ser beneficioso importar las tecnologías y demás recursos. No obstante, la transferencia de tecnologías y conocimientos requiere que los receptores incorporen los necesarios recursos en sus agendas.

Un quinto tema relacionado con la falta de recursos/infraestructuras lo constituyen los reglamentos de clausura. En algunos países tales reglamentos o faltan o se han derivado de reglamentos originalmente desarrollados para la construcción u operación de instalaciones nucleares. Puede que no existan, por ejemplo, reglamentos orientados a la clausura, tales como los niveles de exención. Los reglamentos inadecuados resultan muchas veces en un enfoque complicado, a responsabilidades poco claras y, en última instancia, a retrasos indebidos.

Un sexto –y en muchos casos típico– tema tiene que ver con la frecuentemente incierta asignación de papeles y responsabilidades. Es un hecho conocido que la clausura requiere un cambio cultural. Por ejemplo, un equipo de investigadores puede experimentar dificultades a la hora de adaptarse a un proyecto de demolición industrial. La transición/clausura requiere inevitablemente una revisión de la orga-

nización, nuevas líneas de información y comunicación y el uso de contratistas. El personal de operaciones, familiarizado con la rutina diaria de la gestión, debe afrontar ahora al reto de gestionar y/o trabajar en el marco de un proyecto que implica el uso de sustanciales recursos externos.

Otro problema relacionado es la falta de personal cualificado, como consecuencia de la pérdida de personas de la instalación y de la debilitación general del sector nuclear. Los obstáculos a la iniciación oportuna de los proyectos de clausura eran más comunes cuando la mayoría de tales proyectos eran los primeros de su tipo en abordarse, y se han hecho menos comunes conforme se ha ido adquiriendo experiencia. Cualquier retraso en la iniciación de la clausura produce unos gastos innecesarios, debidos, por ejemplo, a un personal más abultado que el necesario y a la necesidad de satisfacer requisitos relativos al mantenimiento de los equipos bajo la licencia de operación (que normalmente se verían reducidos en un escenario de clausura).

Se requiere una planificación anticipada para minimizar aún más los efectos de estos temas. La planificación anticipada implica la disponibilidad de planes exactos para la clausura mucho antes de producirse la parada definitiva de la central, y una decisión en esta materia que deje al operador tiempo suficiente para finalizar los planes de clausura existentes hasta el nivel de detalle necesario.

TEMAS DE IMPLANTACIÓN RELACIONADOS CON LA GESTIÓN DE RESIDUOS

Este apartado se centra en ejemplos típicos de cómo los temas estratégicos, organizativos y de gestión pueden incidir en la gestión de los residuos/materiales. Esto incluye, entre otras cosas, la descarga del combustible gastado, el drenado de los circuitos y sistemas y la evacuación y manejo de los residuos generados durante la operación.

nización, nuevas líneas de información y comunicación y el uso de contratistas. El personal de operaciones, familiarizado con la rutina diaria de la gestión, debe afrontar ahora al reto de gestionar y/o trabajar en el marco de un proyecto que implica el uso

A related issue is "no-action" after the decision to permanent shutdown a nuclear facility. It is unfortunately common practice especially for many shutdown small facilities which can, by their nature, remain shutdown safely for extended periods of non use. No-action often resulted from the wrong perception that the risks associated with the shutdown facility were trivial and could be disregarded. Eventually, no-action may end up with plant abandonment. A policy of doing nothing is generally not approved by regulators and is not recommended by IAEA. Decommissioning requires positive management action together with resources and initiative.

A fourth relevant issue is the lack of availability of decommissioning/waste management technologies. In several developing countries, decommissioning tends to be a first-of-a-kind project and no or little planning exists - including availability of resources. In some countries, to import technologies and other resources has proven beneficial. However, transfer of technologies and know-how requires the recipients to incorporate the required resources into their agendas.

A fifth issue related to lack of resources / infrastructures is decommissioning regulations. In some countries, these are either non-existent or are derived from regulations originally developed for the construction or operation of nuclear installations. For example, decommissioning-oriented regulations such as clearance levels may not exist. Inadequate regulations often result in a convoluted approach, unclear responsibilities and ultimately undue delays.

A sixth –in many cases typical– issue is due to the often uncertain allocation of roles and responsibilities. It is well known that decommissioning requires a cultural change. For example, a staff of researchers may have difficulties in adjusting to an industrial demolition project. Transition / decommissioning inevitably requires a revised organization, new lines of reporting and communications, and the use of contractors. The operational staff who are familiar with the routine day-to-day management must now take on working with and/or managing of a project that uses substantial outside resources. A related problem is the lack of qualified staff due both to loss of facility staff and a general decline of the nuclear sector.

Issues hindering the timely start of decommissioning were more common at a time when most decommissioning projects were first-of-its-kind and are less common now as experience is being gained. A delayed start of decommissioning results in unnecessary expenses e.g. due to a larger than necessary staff and the need to fulfil requirements for equipment maintenance attached to the operational licence (which would normally be downgraded in a decommissioning scenario).

Early planning is needed to further minimise the effects of these issues. Early planning implies that accurate plans for decommissioning are available well before the plant's permanent shutdown and the decision to shut down the plant leaves enough time for the operator to finalize existing decommissioning plans to the required detail.

IMPLEMENTATION ISSUES IN WASTE MATERIAL MANAGEMENT

This section focusses on typical examples of how strategic, organizational and management issues

may impact on waste/material management. This includes inter alia spent fuel removal, draining of circuits and systems, and operational waste removal and handling.

Removal of the spent fuel

Experience has shown that the removal of spent fuel is usually on the critical path of a decommissioning project in the transition from shutdown to decommissioning. The preferred solution is removal of the spent fuel to a storage facility, to a reprocessing plant or a disposal facility. As long as fuel remains in the fuel storage pools, continuous manning of the unit with shift workers is required, albeit with a reduced number. Cost can thus be reduced by early defuelling. As long as all infrastructure and provisions are in place, defuelling can be performed as during plant operation. If removal of fuel, however, is delayed for a very long time, loss of qualified staff could become a problem.

Developments worldwide have resulted in a situation where the removal of spent fuel may become a serious problem. For example, many NPPs and research reactors were provided with fuel by a supplier from another country. Reactor operators had planned to return the spent fuel to the supplier, which, however, in many cases has now become impracticable. As this situation was unforeseen, only few operating organizations have their own off-site spent fuel storage facilities. In other cases, plans to have a national fuel disposal facility in place were seriously delayed.

Therefore, it is important for transition planning to consider at an early stage what is to be done with the spent fuel. It may be necessary to consider constructing a spent fuel storage facility, if no other alternative exists. This may have to be considered on a local, national or regional basis. Currently, some Member States consider the use of an independent spent fuel storage installation, which may use dry storage technology (e.g. casks, modules and vaults) as a successful method for storing spent fuel.

System Cleanout Operation, Draining of Systems, Removal of Solid Items

It is essential that process and auxiliary fluids from retired systems, other than low or uncontaminated water and air, be removed and disposed of while personnel are available who are trained and qualified to operate facility equipment for doing so. After removal, the systems should be flushed until residual amounts are below concentration criteria based on a) regulations, or b) an assessment with respect to future decommissioning worker safety, or c) limiting degradation (e.g. caused by corrosion) while in safe enclosure.

This philosophy is also applicable to radioactively or chemically contaminated solids for which there exists handling equipment for removal. Important examples are materials remaining in hot cells that have working manipulators, materials in storage that require such hot cells for handling, items in ponds for shielding, and alpha-emitting contaminated items that require glove box handling. Again, it is important that the knowledge of current plant workers (whether with regard to operating equipment and/or familiarity with the characteristics of the material) be used to the maximum. It is also important that such operations are not postponed unduly.

Descarga del combustible gastado

La experiencia ha demostrado que la descarga del combustible gastado suele estar en el camino crítico del proyecto de clausura, como parte de la fase de transición de parada definitiva a clausura. La solución preferida consiste en evacuar el combustible gastado a una instalación de almacenamiento temporal, a una planta de reprocesado o a un centro de almacenamiento definitivo. Mientras permanezca combustible en las piscinas de la central, será necesaria la presencia permanente de trabajadores a turnos, aunque sea en un número reducido. Así, los costes se pueden reducir por la pronta descarga del combustible. Siempre que se cuente con la necesaria infraestructura y disposiciones, la descarga del combustible se podrá llevar a cabo al igual que durante la operación de la central. No obstante, si esta descarga se retrasa durante mucho tiempo, la pérdida de personal cualificado puede llegar a ser un problema.

Los desarrollos habidos en todo el mundo han dado lugar a una situación en la que la descarga del combustible gastado puede convertirse en un serio problema. Por ejemplo, muchas centrales nucleares y reactores de investigación han recibido su combustible de un proveedor de otro país. Los operadores habían contado con devolver el combustible gastado al proveedor, lo cual en muchos casos no ha sido posible. Dado que esta situación no se había previsto, pocas organizaciones operadoras cuentan con sus propias instalaciones de almacenamiento fuera del emplazamiento. En otros casos, los planes de disponer de una instalación de almacenamiento nacional se han retrasado seriamente.

Por lo tanto, es importante que en la planificación de la transición se considere en una primera etapa qué es lo que se va a hacer con el combustible gastado. Puede ser necesario considerar la construcción de una instalación de almacenamiento del combustible gastado si no existe otra alternativa. Esta posibilidad se tendrá que considerar a nivel local, nacional o regional. Actualmente, algunos Estados miembros están considerando el uso de una instalación de almacenamiento del combustible gastado independiente, en la que se podría utilizar la tecnología de almacenamiento en seco (por ejemplo, en contenedores, módulos y bóvedas) como método satisfactorio de almacenamiento.

Operaciones de Limpieza de Sistemas, Drenado de Sistemas y Evacuación de Elementos Sólidos

Es imprescindible que los fluidos de procesos y auxiliares procedentes de sistemas que se hayan retirado de servicio, excepto el agua y aire de contaminación reducida o nula, sean retirados y evacuados mientras exista en la central personal adiestrado y cualificado para operar los equipos necesarios para ello. Tras la retirada de tales fluidos, los sistemas se deben limpiar por chorro de agua hasta que las cantidades residuales estén por debajo de los criterios de concentración basados en a) los reglamentos, b) una evaluación relativa a la seguridad futura de los trabajadores participantes en la clausura, o c) la degradación limitativa (p.e., por corrosión) en condiciones de contención segura.

Esta filosofía es igualmente aplicable a los sólidos radiactivos o químicamente contaminados para los cuales existen equipos de manejo para su retirada. Entre los ejemplos importantes figuran los materiales que permanecen en celdas calientes provistas de manipuladores operables, los materiales almacenados que requieren tales celdas calientes para su manejo, los elementos almacenados en piscinas para su blindaje y los elementos contaminados emisores de alfa que deben ser manejados en celdas de guantes. De nuevo, es importante aprovechar al máximo los conocimientos de los trabajadores actuales de la central (ya sea con respecto a los equipos operables y/o su familiaridad con las características del material). Es asimismo importante que no se aplacen indebidamente tales operaciones.

En las centrales nucleares, se considerará el drenado y limpieza de los sistemas auxiliares conectados al circuito primario, seguido del tratamiento de los residuos líquidos resultantes por los sistemas de tratamiento de residuos instalados, por ejemplo, por cambio iónico o evaporación.

Los fluidos orgánicos o productos químicos peligrosos utilizados durante la operación, por ejemplo lubricantes, aceite hidráulico, ácidos, etc., se retiran y se almacenan durante la fase de transición. Los fluidos orgánicos radiactivamente contaminados requerirán especial atención. Los fluidos peligrosos no radiactivos (p.e., el aceite de transformador PCB) o los sólidos de la misma categoría (p.e., el amianto) también requerirán procedimientos de almacenamiento especiales.

Tratamiento, acondicionamiento y almacenamiento temporal y/o definitivo de residuos procedentes de la operación

La mayoría de los residuos que se generen durante la fase de transición serán parecidos en su naturaleza y preparativos a los producidos durante la operación y el mantenimiento. A finales de la vida operativa de una instalación, los esfuerzos se suelen orientar a la eliminación/reducción de cualquier peligro residual de cada zona, con el fin de proporcionar un entorno de seguridad "pasiva" durante el período de contención segura. La cantidad de trabajos a realizar dependerá en gran medida de las operaciones que se hayan llevado a cabo en la instalación y de la naturaleza del inventario peligroso asociado con el proceso, es decir, radiológica, tóxica o no peligrosa.

Este proceso de limpieza es crítico para la fase de transición posterior a la parada. Históricamente, se ha retrasado frecuentemente hasta el inicio de la clausura. Sin embargo, habría que subrayar que si el proceso de limpieza post-operación se difiere hasta la fase de desmantelamiento, el riesgo residual permanece y se transfiere al futuro. En última instancia, si el proceso implica un coste o una exposición del personal significativo, la toma de decisiones se basará en el beneficio neto global a lograr.

Una visión sumaria de la limpieza post-operación es que se trata de un elemento de la limpieza rutinaria. Al producirse la parada de la central, todos los residuos que permanecen en la instalación se suelen retirar pa-

ra su tratamiento, acondicionamiento, embalado y almacenamiento temporal o definitivo. Esto incluye no sólo los fluidos de procesos (referirse al apartado: Operaciones de limpieza de Sistemas, Drenado de Sistemas y Evacuación de Elementos Sólidos) y lodos, sino también residuos sólidos (p.e., basuras, material de aislamiento, herramientas) procedentes de zonas controladas. Estos últimos pueden sumar una cantidad significativa de elementos; por ejemplo, en las instalaciones experimentales los equipos han permanecido a menudo en el edificio durante muchos años tras su utilización.

CONCLUSIONES

Es altamente aconsejable la implantación de acciones oportunas para llevar a una instalación contaminada en situación de parada a una condición conocida y estable antes de proceder a su clausura. Es importante que la estabilización y demás actividades relativas a las instalaciones, los sistemas y los materiales se planifiquen e inicien antes del final de la fase operativa de la instalación, a la espera de la finalización de las estrategias de clausura. La realización de actividades durante los últimos pasos de la fase operativa y durante la fase de transición aprovechará las capacidades operativas de la instalación antes de que éstas se pierdan. Las acciones que se tomen en estos momentos darán lugar a una clausura fluida al eliminar o mitigar los riesgos y minimizar el tiempo perdido, de forma más eficaz y económicamente efectiva.

In NPPs, consideration will be given to draining and flushing auxiliary systems connected to the primary circuit, followed by treatment of the resulting liquid waste by the installed waste treatment systems, such as by ion exchange or evaporation.

Organic fluids or hazardous chemicals used during operation, e.g. lubricants, hydraulic oil, acids, etc., are removed, and disposed of during the transition phase. Radioactively contaminated organic fluids will need special attention. Non-radioactive hazardous fluids (e.g. PCB transformer oil) or solids (e.g. asbestos) also require special disposal procedures.

Treatment, conditioning, storage and/or disposal of operational waste

Most wastes generated during the transition phase are similar in nature and preparations to those during plant operation and maintenance. At the end of the operational life of a facility, effort is generally directed at the removal/reduction of any residual hazard from each area, to provide a 'passive' safe environment during the safe enclosure period. The amount of work to be undertaken will be highly dependent on the operations that were carried out within the facility and the nature of the hazardous inventory associated with the process, that is, radiological, toxic, or non-hazardous.

Such cleanout is critical for the post-shutdown transition phase. Historically this has frequently been delayed until the start of decommissioning. However, it should be emphasized that if post-operational cleanout is deferred until the dismantling phase the residual risk remains and is transferred to the future. Ultimately, if significant costs or personnel exposure are involved, the decision-making process will be based on the overall net benefit to be gained.

A summary view of post-operational cleanout is that it is an element of housekeeping. At plant final shutdown, all waste remaining from past are commonly removed from the plant for treatment, conditioning, packaging and storage or disposal. This includes not only process fluids (see System Cleanout Operation, Draining of Systems, Removal of Solid Items) and sludges but also solid waste (e.g. trash, insulation, tools) from controlled areas. The latter can comprise a significant amount of items; e.g., in research facilities experimental equipment has often remained in the building years after their use.

CONCLUSIONS

Timely action to place a contaminated shutdown facility in a stable and known condition prior to decommissioning is highly desirable. It is important that stabilization and other activities for facilities, systems and materials be planned and initiated prior to the end of facility operations, pending finalization of decommissioning strategies. The conduct of activities during the final steps of a facility's operational phase and during the transition phase will take advantage of facility operational capabilities before they are lost. Actions taken at this time will pave the way to smooth decommissioning by eliminating or mitigating hazards and minimizing deadlock in a more efficient, cost-effective manner.



Michele LARAIA, nacido en Italia y licenciado en ingeniería química por la Universidad de Roma, es jefe de Unidad en la Sección de Tecnología de Residuos del Organismo Internacional de la Energía Atómica desde 1991. Es responsable de la descontaminación y clausura de instalaciones nucleares, de la clausura de emplazamientos de minería y elaboración del uranio y de la recuperación medioambiental. Entre sus tareas figuran la redacción y preparación de informes técnicos y otros documentos, la organización de conferencias y seminarios internacionales y la gestión de proyectos de cooperación técnica con países en vías de desarrollo, a escala nacional o regional. Anteriormente trabajó para el Organismo Regulador italiano (ENEA/DISP), primero como revisor de sistemas de gestión de residuos radiactivos y desde 1982 como jefe de proyectos de clausura y desmantelamiento.

Dr. Michele LARAIA, IAEA, Technical Officer

Michele LARAIA has been working at the International Atomic Energy Agency, Waste Technology Section, as Unit Leader responsible for decontamination and decommissioning of nuclear installations, closeout of uranium mining and milling sites, and environmental restoration from 1991. His tasks include the drafting and preparation of technical reports and other documents, organization of international conferences and seminars, and the management of technical co-operation projects with developing countries, either on a national or regional scale. Before, he worked at Italy's Regulatory Body (ENEA/DISP) firstly in the capacity of reviewer of radioactive waste management systems, and since 1982 as project manager of decommissioning projects. He is a chemical engineer by background. Italian citizen, he got his degree at the University of Rome in 1973.