

COLECCIÓN DE NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Clausura
de instalaciones
médicas, industriales
y de investigación

GUÍA DE SEGURIDAD

Nº WS-G-2.2



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

PUBLICACIONES DEL OIEA RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Con arreglo a lo dispuesto en el artículo III de su Estatuto, el OIEA está autorizado a establecer o adoptar normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad, y a proveer a la aplicación de esas normas.

Las publicaciones mediante las cuales el OIEA establece las normas aparecen en la **Colección de Normas de Seguridad del OIEA**. Esta serie de publicaciones abarca la seguridad nuclear, radiológica, del transporte y de los desechos, así como la seguridad general (es decir, todas esas esferas de la seguridad). Las categorías comprendidas en esta serie son las siguientes: **Nociones fundamentales de seguridad, Requisitos de seguridad y Guías de seguridad.**

Las normas de seguridad llevan un código que corresponde a su ámbito de aplicación: seguridad nuclear (NS), seguridad radiológica (RS), seguridad del transporte (TS), seguridad de los desechos (WS) y seguridad general (GS).

Para obtener información sobre el programa de normas de seguridad del OIEA puede consultarse el sitio del OIEA en Internet:

<http://www-ns.iaea.org/standards/>

En este sitio se encuentran los textos en inglés de las normas de seguridad publicadas y de los proyectos de normas. También figuran los textos de las normas de seguridad publicados en árabe, chino, español, francés y ruso, el glosario de seguridad del OIEA y un informe de situación relativo a las normas de seguridad que están en proceso de elaboración. Para más información se ruega ponerse en contacto con el OIEA, PO Box 100, 1400 Viena (Austria).

Se invita a los usuarios de las normas de seguridad del OIEA a informar al Organismo sobre su experiencia en la aplicación de las normas (por ejemplo, como base de los reglamentos nacionales, para exámenes de la seguridad y para cursos de capacitación), con el fin de garantizar que sigan satisfaciendo las necesidades de los usuarios. La información puede proporcionarse a través del sitio del OIEA en Internet o por correo postal, a la dirección anteriormente señalada, o por correo electrónico, a la dirección Official.Mail@iaea.org.

OTRAS PUBLICACIONES RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD

Con arreglo a lo dispuesto en el artículo III y el párrafo C del artículo VIII de su Estatuto, el OIEA facilita y fomenta la aplicación de las normas y el intercambio de información relacionada con las actividades nucleares pacíficas, y sirve de intermediario para ello entre sus Estados Miembros.

Los informes sobre seguridad y protección en las actividades nucleares se publican como **informes de seguridad**, que ofrecen ejemplos prácticos y métodos detallados que se pueden utilizar en apoyo de las normas de seguridad.

Otras publicaciones del OIEA relacionadas con la seguridad se publican como **informes sobre evaluación radiológica, informes del INSAG** (Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear), **Informes Técnicos**, y documentos **TECDOC**. El OIEA publica asimismo informes sobre accidentes radiológicos, manuales de capacitación y manuales prácticos, así como otras obras especiales relacionadas con la seguridad. Las publicaciones relacionadas con la seguridad física aparecen en la **Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA**.

CLAUSURA DE
INSTALACIONES MÉDICAS,
INDUSTRIALES
Y DE INVESTIGACIÓN

Los siguientes Estados son Miembros del Organismo Internacional de Energía Atómica:

AFGANISTÁN, REPÚBLICA ISLÁMICA DEL	FEDERACIÓN DE RUSIA	NICARAGUA
ALBANIA	FILIPINAS	NÍGER
ALEMANIA	FINLANDIA	NIGERIA
ANGOLA	FRANCIA	NORUEGA
ARABIA SAUDITA	GABÓN	NUEVA ZELANDIA
ARGELIA	GEORGIA	OMÁN
ARGENTINA	GHANA	PAÍSES BAJOS
ARMENIA	GRECIA	PAKISTÁN
AUSTRALIA	GUATEMALA	PALAU
AUSTRIA	HAITÍ	PANAMÁ
AZERBAIYÁN	HONDURAS	PARAGUAY
BAHREIN	HUNGRÍA	PERÚ
BANGLADESH	INDIA	POLONIA
BELARÚS	INDONESIA	PORTUGAL
BÉLGICA	IRÁN, REPÚBLICA ISLÁMICA DEL	QATAR
BELICE	IRAQ	REINO UNIDO DE GRAN BRETAÑA E IRLANDA DEL NORTE
BENIN	IRLANDA	IRLANDA DEL NORTE
BOLIVIA	ISLANDIA	REPÚBLICA ÁRABE SIRIA
BOSNIA Y HERZEGOVINA	ISLAS MARSHALL	REPÚBLICA CENTROAFRICANA
BOTSWANA	ISRAEL	REPÚBLICA CHECA
BRASIL	ITALIA	REPÚBLICA DE MOLDOVA
BULGARIA	JAMAHIRIYA ÁRABE LIBIA	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA DEL CONGO
BURKINA FASO	JAMAICA	REPÚBLICA DOMINICANA
BURUNDI	JAPÓN	REPÚBLICA UNIDA DE TANZANÍA
CAMBOYA	JORDANIA	RUMANIA
CAMERÚN	KAZAJSTÁN	SANTA SEDE
CANADÁ	KENYA	SENEGAL
CHAD	KIRGUISTÁN	SERBIA
CHILE	KUWAIT	SEYCHELLES
CHINA	LESOTHO	SIERRA LEONA
CHIPRE	LETONIA	SINGAPUR
COLOMBIA	LÍBANO	SRI LANKA
CONGO	LIBERIA	SUDÁFRICA
COREA, REPÚBLICA DE	LIECHTENSTEIN	SUDÁN
COSTA RICA	LITUANIA	SUECIA
CÔTE D'IVOIRE	LUXEMBURGO	SUIZA
CROACIA	MADAGASCAR	TAILANDIA
CUBA	MALASIA	TAYIKISTÁN
DINAMARCA	MALAWI	TÚNEZ
ECUADOR	MALÍ	TURQUÍA
EGIPTO	MALTA	UCRANIA
EL SALVADOR	MARRUECOS	UGANDA
EMIRATOS ÁRABES UNIDOS	MAURICIO	URUGUAY
ERITREA	MAURITANIA, REPÚBLICA ISLÁMICA DE	UZBEKISTÁN
ESLOVAQUIA	MÉXICO	VENEZUELA, REPÚBLICA BOLIVARIANA DE
ESLOVENIA	MÓNACO	VIET NAM
ESPAÑA	MONGOLIA	YEMEN
ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA	MONTENEGRO	ZAMBIA
ESTONIA	MOZAMBIQUE	ZIMBABWE
ETIOPÍA	MYANMAR	
EX REPÚBLICA YUGOSLAVA DE MACEDONIA	NAMIBIA	
	NEPAL	

El Estatuto del Organismo fue aprobado el 23 de octubre de 1956 en la Conferencia sobre el Estatuto del OIEA celebrada en la Sede de las Naciones Unidas (Nueva York); entró en vigor el 29 de julio de 1957. El Organismo tiene la Sede en Viena. Su principal objetivo es “acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero”.

COLECCIÓN DE
NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA N° WS-G-2.2

CLAUSURA DE
INSTALACIONES MÉDICAS,
INDUSTRIALES
Y DE INVESTIGACIÓN

GUÍA DE SEGURIDAD

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA, 2010

DERECHOS DE AUTOR

Todas las publicaciones científicas y técnicas del OIEA están protegidas en virtud de la Convención Universal sobre Derecho de Autor aprobada en 1952 (Berna) y revisada en 1972 (París). Desde entonces, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (Ginebra) ha ampliado la cobertura de los derechos de autor que ahora incluyen la propiedad intelectual de obras electrónicas y virtuales. Para la utilización de textos completos, o parte de ellos, que figuren en publicaciones del OIEA, impresas o en formato electrónico, deberá obtenerse la correspondiente autorización, y por lo general dicha utilización estará sujeta a un acuerdo de pago de regalías. Se aceptan propuestas relativas a reproducción y traducción sin fines comerciales, que se examinarán individualmente. Las solicitudes de información deben dirigirse a la Sección Editorial del OIEA:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta
Sección Editorial
Organismo Internacional de Energía Atómica
Centro Internacional de Viena
PO Box 100
1400 Viena (Austria)
fax: +43 1 2600 29302
tel.: +43 1 2600 22417
correo-e: sales.publications@iaea.org
<http://www.iaea.org/books>

© OIEA, 2010
Impreso por el OIEA en Austria
Noviembre de 2010

**CLAUSURA DE INSTALACIONES MÉDICAS,
INDUSTRIALES Y DE INVESTIGACIÓN**
OIEA, VIENA, 2010
STI/PUB/1078
ISBN 978-92-0-308210-5
ISSN 1020-5837

PRÓLOGO

Una de las funciones estatutarias del OIEA es establecer o adoptar normas de seguridad para proteger, en el desarrollo y la aplicación de la energía nuclear con fines pacíficos, la salud, la vida y los bienes, y proveer lo necesario para la aplicación de esas normas a sus propias operaciones, así como a las realizadas con su asistencia y, a petición de las Partes, a las operaciones que se efectúen en virtud de cualquier arreglo bilateral o multilateral, o bien, a petición de un Estado, a cualquiera de las actividades de ese Estado en el campo de la energía nuclear.

Los siguientes órganos supervisan la elaboración de las normas de seguridad: la Comisión Asesora sobre Normas de Seguridad (ACSS); el Comité Asesor sobre Normas de Seguridad Nuclear (NUSSAC); el Comité Asesor sobre Normas de Seguridad Radiológica (RASSAC); el Comité sobre Normas de Seguridad en el Transporte (TRANSSAC); y el Comité Asesor sobre Normas de Seguridad de los Desechos (WASSAC). Los Estados Miembros están ampliamente representados en estos comités.

Con el fin de asegurar el más amplio consenso internacional posible, las normas de seguridad se presentan además a todos los Estados Miembros para que formulen observaciones al respecto antes de aprobarlas la Junta de Gobernadores del OIEA (en el caso de las Nociones Fundamentales de Seguridad y los Requisitos de Seguridad) o el Comité de Publicaciones, en nombre del Director General, (en el caso de las Guías de Seguridad).

Aunque las normas de seguridad del OIEA no son jurídicamente vinculantes para los Estados Miembros, éstos pueden adoptarlas, a su discreción, para utilizarlas en sus reglamentos nacionales respecto de sus propias actividades. Las normas son de obligado cumplimiento para el OIEA en relación con sus propias operaciones, así como para los Estados en relación con las operaciones para las que éste preste asistencia. A todo Estado que desee concertar con el OIEA un acuerdo para recibir su asistencia en lo concerniente al emplazamiento, diseño, construcción, puesta en servicio, explotación o clausura de una instalación nuclear, o a cualquier otra actividad, se le pedirá que cumpla las partes de las normas de seguridad correspondientes a las actividades objeto del acuerdo. Ahora bien, conviene recordar que, en cualquier trámite de concesión de licencia, la decisión definitiva y la responsabilidad jurídica incumbe a los Estados.

Si bien las mencionadas normas establecen las bases esenciales para la seguridad, puede ser también necesario incorporar requisitos más detallados, acordes con la práctica nacional. Además, existirán por lo general aspectos especiales que los expertos deberán analizar en función de las circunstancias particulares de cada caso.

Se menciona cuando procede, pero sin tratarla en detalle, la protección física de los materiales fisibles y radiactivos y de las centrales nucleares en general; las

obligaciones de los Estados a este respecto deben enfocarse partiendo de la base de los instrumentos y publicaciones aplicables elaborados bajo los auspicios del OIEA. Tampoco se consideran explícitamente los aspectos no radiológicos de la seguridad industrial y la protección del medio ambiente; se reconoce que, en relación con ellos, los Estados deben cumplir sus compromisos y obligaciones internacionales.

Es posible que algunas instalaciones construidas conforme a directrices anteriores no satisfagan plenamente los requisitos y recomendaciones prescritos en las normas de seguridad del OIEA. Corresponderá a cada Estado decidir la forma de aplicar tales normas a esas instalaciones.

Se señala a la atención de los Estados el hecho de que las normas de seguridad del OIEA, sin ser jurídicamente vinculantes, se establecen con miras a conseguir que las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y los materiales radiactivos se realicen de manera que los Estados puedan cumplir sus obligaciones derivadas de los principios generalmente aceptados del derecho internacional y de reglas como las relativas a la protección del medio ambiente. Con arreglo a uno de esos principios generales, el territorio de un Estado ha de utilizarse de forma que no se causen daños en otro Estado. Los Estados tienen así una obligación de diligencia y un criterio de precaución.

Las actividades nucleares civiles desarrolladas bajo la jurisdicción de los Estados están sujetas, como cualesquier otras actividades, a las obligaciones que los Estados suscriben en virtud de convenciones internacionales, además de a los principios del derecho internacional generalmente aceptados. Se cuenta con que los Estados adopten en sus ordenamientos jurídicos nacionales la legislación (incluidas las reglamentaciones) así como otras normas y medidas que sean necesarias para cumplir efectivamente todas sus obligaciones internacionales.

PREFACIO

En la producción de energía nucleoelectrica y en la utilización de materiales radiactivos en la industria, la investigación y en la medicina, se generan desechos radiactivos. Hace tiempo que se ha reconocido la importancia de una gestión tecnológicamente segura de los desechos radiactivos para la protección de la salud humana y el medio ambiente, y existe una experiencia considerable al respecto.

El Programa de Normas de Seguridad de los Desechos Radiactivos del OIEA tenía por objeto formular una serie coherente y exhaustiva de principios y requisitos para una gestión segura de los desechos y establecer las directrices necesarias para su aplicación. Este objetivo se realiza en la Colección de Normas de Seguridad del OIEA, en una serie de publicaciones dotadas de coherencia interna que responden a un consenso internacional. Las publicaciones proporcionarán a los Estados Miembros una serie amplia de publicaciones internacionalmente consensuadas para ayudarlos a deducir y complementar criterios, normas y prácticas nacionales.

La Colección de Normas de Seguridad consta de tres categorías de publicaciones: Nociones Fundamentales de Seguridad, Requisitos de Seguridad y Guías de Seguridad. En cuanto al Programa de Normas de Seguridad de los Desechos Radiactivos, la serie de publicaciones está siendo sometida actualmente a una revisión para asegurar un enfoque armonizado en toda la Colección de Normas de Seguridad.

Esta Guía de Seguridad versa sobre el tema de la clausura de las instalaciones médicas, industriales y de investigación en las que se producen, reciben, utilizan y almacenan materiales y fuentes radiactivos. Tiene por objeto asesorar a las autoridades nacionales y las entidades explotadoras, especialmente a las de los países en desarrollo (ya que las instalaciones de este tipo predominan en esos países), con miras a la planificación y la gestión segura de la clausura de dichas instalaciones.

Esta Guía de Seguridad se ha elaborado mediante una serie de reuniones de consultores y una reunión del Comité Técnico.

NOTA EDITORIAL

Todo apéndice de las normas se considera parte integrante de ellas y tiene la misma autoridad que el texto principal. Los anexos, notas de pie de página y bibliografía sirven para proporcionar información suplementaria o ejemplos prácticos que pudieran ser de utilidad al lector.

En las normas de seguridad se usa la expresión “deberá(n)” (en inglés “shall”) al formular indicaciones sobre requisitos, deberes y obligaciones. El uso de la expresión “debería(n)” (en inglés “should”) significa la recomendación de una opción conveniente.

El texto en inglés es la versión autorizada.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
	Antecedentes (1.1–1.3)	1
	Objetivo (1.4)	1
	Alcance (1.5–1.8)	1
	Estructura (1.9)	2
2.	CUESTIONES CLAVE ESPECÍFICAS DE LA CLAUSURA	3
	Consideraciones generales (2.1–2.4)	3
	Responsabilidades (2.5)	4
	Marco reglamentario (2.6–2.7)	4
	Seguridad tecnológica (2.8–2.10)	4
	Consideraciones sobre la protección contra la radiación (2.11–2.13)	5
	Gestión de desechos (2.14)	5
3.	OPCIONES DE CLAUSURA (3.1–3.5)	6
4.	FACILIDADES PARA LA CLAUSURA (4.1–4.4)	8
5.	PLANIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD PARA LA CLAUSURA	9
	Consideraciones generales (5.1–5.4)	9
	Planificación inicial (5.5)	9
	Planificación en marcha (5.6)	11
	Planificación final (5.7–5.8)	11
	Evaluación de la seguridad para la clausura (5.9)	12
6.	TAREAS CRÍTICAS DE LA CLAUSURA	12
	Caracterización de la instalación (6.1–6.6)	12
	Retirada de fuentes (6.7–6.8)	14
	Descontaminación (6.9–6.12)	14
	Desmantelamiento (6.13–6.16)	15
	Estudio final de la radiación (6.17)	16

7.	GESTIÓN DURANTE LA CLAUSURA	16
	Personal y capacitación (7.1–7.2)	16
	Control organizativo y administrativo (7.3–7.4)	17
	Protección contra la radiación (7.5–7.14)	17
	Supervisión en el emplazamiento y fuera de él (7.15).....	19
	Gestión de los desechos (7.16–7.25)	19
	Planificación de emergencias (7.26–7.27).....	21
	Protección física (7.28–7.29).....	22
	Garantía de calidad (7.30–7.31).....	22
8.	TERMINACIÓN DE LA CLAUSURA (8.1–8.3).....	23
	REFERENCIAS	25
	ANEXO I: EJEMPLO DE CONTENIDO DE UN PLAN DE CLAUSURA	27
	ANEXO II: EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD ESPECÍFICA PARA LA CLAUSURA	30
	ANEXO III: EJEMPLO DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DEL ESTUDIO DE LA RADIACIÓN	33
	REFERENCIAS DE LOS ANEXOS	35
	COLABORADORES EN LA PREPARACIÓN Y EL EXAMEN	37
	ENTIDADES ENCARGADAS DE LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD	39

1. INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

1.1. Esta Guía de Seguridad forma parte de una serie de publicaciones elaboradas en el marco del Programa de Normas de Seguridad de los Desechos Radiactivos del OIEA, que se ocupa de todos los aspectos importantes de la seguridad tecnológica de los desechos radiactivos. Esta serie comprende Nociones Fundamentales de Seguridad [1], Requisitos de Seguridad y Guías de Seguridad en la Colección de Normas de Seguridad del OIEA.

1.2. Los requisitos de seguridad para la clausura de instalaciones médicas, industriales y de investigación se abordan en los Requisitos de Seguridad: Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, incluida la clausura [2]. Más requisitos de seguridad se exponen en otras Normas de Seguridad pertinentes del OIEA [3, 4].

1.3. Muchos países cuentan con instalaciones que utilizan materiales y fuentes radiactivos en diversas aplicaciones médicas, industriales y de investigación. Estas instalaciones tendrán que ser clausuradas en alguna fase, ya sea al término de su vida útil o cuando no resulten ya necesarias. Se precisa pues asesoramiento para una gestión segura de la clausura de esas instalaciones.

OBJETIVO

1.4. El objetivo de esta Guía de Seguridad es prestar asesoramiento a las autoridades nacionales, comprendidos los órganos reguladores, y los operadores para garantizar que el proceso de clausura de las instalaciones médicas, industriales y de investigación en las que se producen, reciben, utilizan y almacenan materiales y fuentes radiactivos se gestiona de manera segura y aceptable para el medio ambiente.

ALCANCE

1.5. Esta Guía de Seguridad abarca todos los aspectos de la clausura de instalaciones médicas, industriales y de investigación en las que se producen, reciben, utilizan y almacenan materiales y fuentes radiactivos. Estas instalaciones son:

- a) las instalaciones médicas con unidades de radiografía y radioterapia y las que emplean radioisótopos para diagnóstico y tratamiento;
- b) las instalaciones industriales como las que producen radioisótopos, utilizan aparatos de irradiación y radiografía o fabrican productos que incorporan materiales radiactivos, por ejemplo, señales y cuadrantes luminosos, detectores de humo, varillas pararrayos y filamentos ionizantes;
- c) las instalaciones de investigación, como los aceleradores de partículas, y las relacionadas con la industria nuclear, los productos farmacéuticos y la medicina;
- d) los laboratorios docentes y de investigación de universidades y facultades; y
- e) las instalaciones de procesamiento químico de minerales con niveles significativos de radiactividad natural que no sean minerales de uranio y torio.

1.6. Esta Guía de Seguridad versa sobre los riesgos radiológicos asociados con la clausura de la instalación y la gestión de los desechos y materiales procedentes de las operaciones de clausura.

1.7. Durante las actividades de clausura pueden surgir también riesgos no radiológicos, como los imputables a fuentes potenciales de incendio o los resultantes de la liberación de materiales de amianto, pero esta Guía de Seguridad no se ocupa explícitamente de ellos, aunque es importante que se les preste la consideración que merecen durante el proceso de planificación.

1.8. Esta Guía de Seguridad no es aplicable a las instalaciones del ciclo del combustible, las centrales nucleares ni los reactores de investigación. Las directrices para la clausura de las centrales nucleares y los reactores de investigación se facilitan en la Ref. [5].

ESTRUCTURA

1.9. Las cuestiones clave específicas de la clausura, como la finalidad y el marco temporal, las responsabilidades del operador, el marco regulador, los problemas de seguridad, la protección contra la radiación y los aspectos relativos a la gestión de los desechos se exponen en la Sección 2. Las opciones para la clausura y los criterios de selección de una de ellas se comentan en la Sección 3. Los enfoques para facilitar la clausura en el diseño inicial de la instalación y toda modificación ulterior se examinan en la Sección 4. La Sección 5 versa sobre la planificación para la clausura y consideraciones relativas a la evaluación de la seguridad. Las tareas críticas de la clausura, como el estudio de los riesgos

radiológicos y no radiológicos, la identificación y retirada de fuentes, las estrategias de descontaminación y desmantelamiento y el estudio final de la radiación se examinan en la Sección 6. Las cuestiones relacionadas con la gestión, como la dotación de personal, la capacitación, la organización, los aspectos de la protección contra la radiación de los trabajadores y el público, la supervisión operacional de la radiación y la gestión de los desechos se debaten en la Sección 7. La Sección 8 explica el contenido del informe final de clausura y la importancia de mantener los documentos adecuados. En el Anexo I se facilita un ejemplo del contenido de un plan de clausura. Las consideraciones sobre la evaluación de la seguridad se detallan en el Anexo II. En el Anexo III se expone un ejemplo del contenido de un informe final de la radiación. También figura una lista de referencias.

2. CUESTIONES CLAVE ESPECÍFICAS DE LA CLAUSURA

CONSIDERACIONES GENERALES

2.1. El término clausura hace referencia a las medidas administrativas y técnicas adoptadas para permitir la suspensión de algunos o de todos los controles reglamentarios de una instalación nuclear (salvo en el caso de un repositorio, que se cierra en lugar de clausurarse). Esas medidas implican la descontaminación, el desmantelamiento y la retirada de materiales, desechos, componentes y estructuras radiactivos. Se aplican para lograr una reducción progresiva y sistemática de los riesgos radiológicos y se abordan sobre la base de una planificación previa y una evaluación para garantizar la seguridad durante las operaciones de clausura.

2.2. Según los requisitos nacionales y reglamentarios, cabe considerar también que algunas instalaciones han sido clausuradas si se han incorporado a una instalación ya existente o nueva que se encuentre o vaya a encontrarse sometida a control reglamentario. Esto podría aplicarse cuando la instalación por clausurar se encuentre en un emplazamiento junto con otras instalaciones, incluso cuando la totalidad del emplazamiento siga estando bajo control reglamentario.

2.3. El período de tiempo necesario para culminar la clausura dependerá del tipo de instalación, el inventario de radionucleidos, el enfoque de clausura elegido y las técnicas empleadas. Oscilará característicamente entre unas pocas semanas en

el caso de algunos pequeños laboratorios y unos cuantos años para las grandes instalaciones de investigación.

2.4. La clausura origina problemas que son de algún modo distintos de los que predominan durante la explotación de la instalación. Estos problemas deben recibir la atención adecuada para garantizar la seguridad tecnológica global de las actividades de clausura.

RESPONSABILIDADES

2.5. El operador debe formular y mantener un plan de clausura adecuado al tipo y condición de la instalación [2]. El operador de la instalación es en última instancia responsable de la seguridad de la instalación durante las operaciones de clausura.

MARCO REGLAMENTARIO

2.6. El marco reglamentario de un país tiene que contemplar la clausura segura de las instalaciones en las que se producen, reciben, utilizan y almacenan materiales y fuentes radiactivos [2]. Si no existe un marco reglamentario para la clausura, las actividades propias de ésta deben planificarse y gestionarse caso por caso en consulta con el órgano regulador. En esos casos, el operador debe consultar al órgano regulador en la formulación y ejecución del plan de clausura.

2.7. Las autoridades reguladoras nacionales deben proporcionar directrices sobre los criterios radiológicos para la supresión del control reglamentario de los materiales, las instalaciones y los emplazamientos.

SEGURIDAD TECNOLÓGICA

2.8. Durante todas las fases de la clausura, los trabajadores, el público y el medio ambiente han de ser protegidos adecuadamente de los riesgos derivados de las actividades de clausura. Es preciso llevar a cabo una evaluación minuciosa de seguridad de los riesgos durante la clausura (comprendido, cuando sea necesario, el análisis de accidentes), con objeto de definir medidas protectoras, parte de un sistema de defensa en profundidad que toma en cuenta las características específicas de la clausura. En algunos casos, esas medidas pueden ser distintas de las vigentes durante la explotación de la instalación.

2.9. La clausura de instalaciones nucleares implica a menudo la retirada en una fase temprana de cantidades importantes de material radiactivo, incluidos fuentes y desechos operacionales. Incluso después de esta medida, se deben tener en cuenta en la evaluación de la seguridad la contaminación total y la activación de la instalación.

2.10. También revisten importancia actividades como la descontaminación y el desmantelamiento o la retirada progresivos de algunos sistemas de seguridad existentes. Estas actividades pueden dar lugar a nuevos riesgos. Un objetivo importante durante la clausura es, por consiguiente, que los aspectos relativos a la seguridad de esas actividades sean adecuadamente evaluados y gestionados con objeto de reducir al mínimo las repercusiones en la seguridad.

CONSIDERACIONES SOBRE LA PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN

2.11. Durante la clausura se debe prestar atención a la protección contra la radiación, tanto de los trabajadores participantes en las operaciones de clausura como del público que pueda verse expuesto a radiación procedente de descargas al medio ambiente, de la liberación de materiales sólidos y la imputable a cualquier ocupación ulterior del emplazamiento clausurado.

2.12. Deben establecerse requisitos nacionales de protección contra la radiación, teniendo debidamente en cuenta las Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la Radiación Ionizante y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación (BSS) y las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica [3, 6].

2.13. También se han formulado directrices sobre el control reglamentario de las descargas radiactivas al medio ambiente en la Colección de Normas de Seguridad del OIEA y son pertinentes para planificar las operaciones de clausura [7].

GESTIÓN DE DESECHOS

2.14. De modo invariable, la clausura conlleva la producción de desechos radiactivos que pueden ser distintos de los desechos operacionales normales. La producción de desechos radiactivos a partir del proceso de clausura, sometida a consideraciones de seguridad, debe mantenerse en el mínimo factible [1]. Por ejemplo, técnicas apropiadas de descontaminación y desmantelamiento, así como

la reutilización o el reciclado de materiales, pueden reducir el inventario de desechos. Antes de iniciar las actividades de clausura, deben establecerse, para hacer frente a los desechos de ésta, los necesarios sistemas de gestión de desechos.

3. OPCIONES DE CLAUSURA

3.1. Se deben considerar, separadamente o combinadas, las siguientes opciones de clausura:

- a) la clausura inmediata, esto es, la rápida retirada de todos los materiales radiactivos de la instalación a un lugar previamente designado;
- b) la clausura aplazada para aprovechar la desintegración natural de los radionucleidos. El acceso controlado a las zonas radiactivas puede permitirse hasta el momento en que la desintegración de los radionucleidos tenga por resultado que la actividad llegue a un nivel en el que se pueda suprimir el control reglamentario de la instalación; y
- c) la clausura en fases, con períodos de aplazamiento entre fases activas de clausura. En esta opción, la clausura se lleva a cabo por etapas para dar tiempo a:
 - la asignación de los recursos necesarios;
 - la obtención de una capacidad suficiente para la gestión de los desechos; y
 - la resolución de problemas técnicos.

3.2. La opción elegida debe justificarse desarrollando el plan de clausura de conformidad con los requisitos de seguridad. La selección de la opción de clausura preferida debe hacerse mediante el análisis de componentes como los siguientes:

- a) el cumplimiento de las leyes, los reglamentos y las normas que deben aplicarse durante la clausura;
- b) la caracterización de la instalación, comprendidos el diseño y el historial operacional, así como el inventario radiológico tras la parada final y los cambios a lo largo del tiempo;
- c) los riesgos radiológicos y no radiológicos asociados;

- d) el estado físico de la instalación nuclear y su evolución con el paso del tiempo, comprendida, donde corresponda, una evaluación de la integridad de los edificios, las estructuras y los sistemas durante la duración prevista del desmantelamiento aplazado;
- e) disposiciones adecuadas para la gestión de los desechos, como el almacenamiento y la disposición final;
- f) la suficiencia y disponibilidad de los recursos financieros necesarios para la realización sin riesgos de la opción de clausura;
- g) la disponibilidad de personal experimentado y técnicas comprobadas, comprendidos la descontaminación, el corte y el desmantelamiento, así como la capacidad de operar a distancia;
- h) las lecciones aprendidas de anteriores proyectos similares de clausura;
- i) el efecto medioambiental y socioeconómico, sin olvidar las preocupaciones públicas por las actividades de clausura propuestas; y
- j) el desarrollo y la utilización previstos de la instalación y de la zona adyacente al emplazamiento.

Esta lista contiene múltiples cuestiones de mayor o menor importancia, según las circunstancias concretas de la clausura en cada país. Para contribuir a formular las opciones, en los párrafos siguientes se comentan con más detalle algunos de esos componentes.

3.3. En el caso de las instalaciones que son objeto de esta Guía de Seguridad, la consideración de los factores mencionados debe generalmente dar lugar a la clausura inmediata, esto es, el desmantelamiento de la instalación y la retirada de todos los materiales radiactivos tras la parada o en un tiempo breve, según convenga, para permitir la desintegración. Sin embargo, en algunos casos, por ejemplo, la clausura de instalaciones más complejas de fabricación de radioisótopos, cabe considerar otras opciones.

3.4. Los problemas que surgen en la clausura de la mayoría de las instalaciones médicas, industriales y de investigación pueden por lo general resolverse con técnicas comprobadas de descontaminación y desmantelamiento que permiten la inmediata liberación del emplazamiento. Por lo tanto, la conversión de una instalación de este tipo en una instalación de disposición final no será por lo general ni necesaria ni apropiada.

3.5. Si se opta por la clausura en fases, son aplicables las directrices que figuran en la Ref. [5].

4. FACILIDADES PARA LA CLAUSURA

4.1. El diseño inicial de la instalación y toda modificación ulterior deben tener en cuenta los futuros requisitos de clausura [2, 8]. La Referencia [9] resume la experiencia mundial obtenida en diversos proyectos de clausura. Esta información puede resultar útil para optimizar el diseño y el funcionamiento de la instalación con miras a facilitar la clausura.

4.2. Ejemplos de cómo se pueden incorporar las necesidades de la clausura en la fase de diseño son:

- a) el empleo de superficies de trabajo y pavimentos lisos, sin costuras y no absorbentes, y de recubrimientos móviles o desmontables en zonas que puedan contaminarse;
- b) un acceso fácil a zonas de la instalación y al equipo para facilitar la descontaminación y el desmantelamiento;
- c) un acceso adecuado para la manipulación del equipo de descontaminación y desmantelamiento;
- d) medidas para la descontaminación in situ de tuberías, conductos, tanques, etc., con diseño de esos sistemas para evitar zonas en las que la contaminación pueda quedar atrapada;
- e) una cuidadosa selección de los materiales que se empleen en zonas en las que pueda producirse activación, como en los aceleradores de partículas;
- f) unos sistemas adecuados de ventilación y desagüe para impedir o controlar la dispersión de la contaminación durante las operaciones y la clausura; y
- g) la consideración de las lecciones aprendidas de actividades anteriores de clausura.

4.3. Aunque las consideraciones de diseño que se acaban de citar pueden facilitar considerablemente el proceso de clausura, es igualmente importante un control adecuado de las operaciones, de modo que se reduzcan al mínimo los vertidos, accidentes y otros hechos que puedan provocar una contaminación significativa.

4.4. Tras la clausura de la instalación, debe establecerse un sistema de conservación de documentos que contenga lo siguiente:

- a) los datos ambientales y radiológicos preoperacionales y los correspondientes operacionales;

- b) un historial operacional que comprenda todos los escapes/accidentes y su solución; y
- c) los pormenores de las modificaciones significativas introducidas en la instalación y sus componentes, comprendidos los planos correspondientes de la instalación.

5. PLANIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD PARA LA CLAUSURA

CONSIDERACIONES GENERALES

5.1. Para cada instalación nuclear hay que formular un plan de clausura que demuestre que la clausura puede llevarse a cabo sin peligro [2]. El plan ha de tomar también en consideración las condiciones radiológicas de la instalación y su complejidad.

5.2. En el Anexo I se ofrece un ejemplo del contenido de un plan de clausura para una instalación relativamente compleja, basado en la Ref. [9]. Los planes para instalaciones más pequeñas o menos complejas pueden ser más sencillos y menos exhaustivos.

5.3. En las Figs. 1 y 2 se presentan diagramas de avance de un proyecto típico de clausura. En los párrafos y secciones siguientes se describen componentes importantes del proyecto de clausura.

5.4. La planificación de la clausura consta de tres fases: inicial, en marcha y final. En una publicación del OIEA [5] se ofrecen consideraciones detalladas aplicables a estas fases. Aunque los componentes de estos planes sean comunes para todas las fases, el nivel de detalle aumentará a medida que el plan avance hacia su conclusión y ejecución.

PLANIFICACIÓN INICIAL

5.5. El operador tiene que redactar y presentar un plan inicial de clausura en apoyo de la solicitud de licencia de construcción de la instalación. En el caso de las instalaciones en las que el plan inicial de clausura no haya sido todavía

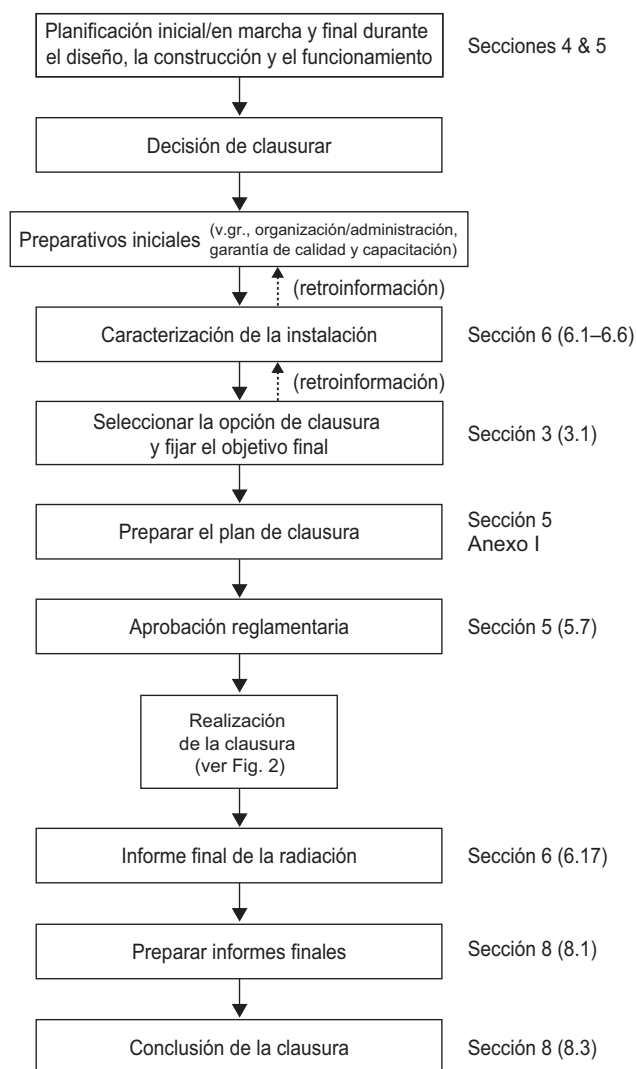
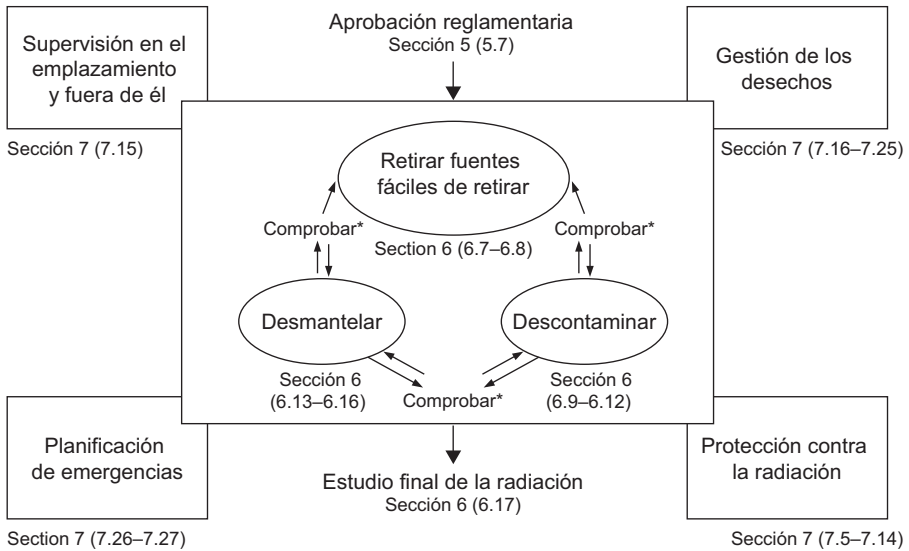


FIG. 1. Diagrama de avance de un proyecto típico de clausura.

preparado, es preciso prepararlo sin demora. El plan de clausura inicial tiene que ser detallado. Dicho plan debe describir la opción de clausura preferida y analizar la viabilidad de clausurar de forma segura la instalación valiéndose de las tecnologías habitualmente disponibles. Debe incluir también información sobre datos radiológicos de fondo del emplazamiento y todos los edificios existentes y definir también los recursos necesarios para la clausura y la gestión de los desechos, así como los métodos para garantizar su disponibilidad.



*v.gr., verificación de la garantía de calidad de la caracterización inicial, adecuación de las medidas ulteriores previstas y situación del avance de la clausura

FIG. 2. Diagrama de avance de la realización de la clausura.

PLANIFICACIÓN EN MARCHA

5.6. El plan inicial de clausura tiene que revisarse periódicamente y, según corresponda, actualizarse y ampliarse con respecto a las novedades tecnológicas, el historial de funcionamiento de la instalación, enmiendas en los requisitos reglamentarios, acontecimientos anormales significativos y requisitos relativos a los recursos y la disponibilidad de los mismos.

PLANIFICACIÓN FINAL

5.7. El operador debe someter el plan final de clausura a la aprobación reglamentaria antes de la parada final de la instalación. Si se procede a parar la instalación antes de que se haya establecido el correspondiente plan de clausura, dicho plan debe terminarse inmediatamente y someterse a la aprobación reglamentaria. Para situaciones más complejas, como la clausura por fases, puede hallarse más asesoramiento en la Ref. [5].

5.8. Para la mayoría de las instalaciones médicas, industriales y de investigación, bastará un plan de clausura relativamente sencillo con una justificación lógica y adecuada. Ese plan incluiría la clausura inmediata después de la parada de la instalación o la clausura tras un período apropiado para permitir la desintegración de los radionucleidos de vida corta. Las actividades de clausura tienen que comprender la caracterización de la instalación, el desmontaje del equipo, la retirada de los materiales contaminados y las fuentes de radiación, la supervisión de la radiación y la contaminación (comprendida la supervisión de la contaminación aerotransportada), la garantía de calidad, el examen final de la radiación y la documentación. En secciones ulteriores se describen tareas importantes de clausura y gestión del plan de clausura.

EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD PARA LA CLAUSURA

5.9. En todas las fases de la clausura, los trabajadores, el público y el medio ambiente deben estar protegidos de los riesgos asociados a los procesos de la clausura. Los riesgos radiológicos y no radiológicos que impliquen las actividades de clausura propuestas deben identificarse en una evaluación oficial de la seguridad, comprendido, cuando sea necesario, un análisis de accidentes, que culmine en la definición de medidas protectoras que garanticen la seguridad de los trabajadores, el público y el medio ambiente. Las medidas de protección pueden obligar a modificar los sistemas de seguridad establecidos para instalaciones operacionales, pero la aceptabilidad de esos cambios debe justificarse con claridad en la evaluación de la seguridad. En el Anexo II se exponen algunas consideraciones concretas sobre la realización de las evaluaciones de la seguridad.

6. TAREAS CRÍTICAS DE LA CLAUSURA

CARACTERIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN

6.1. Un examen de los riesgos radiológicos y no radiológicos es una aportación importante a la evaluación de la seguridad, así como para adoptar un enfoque seguro durante las actividades de clausura.

6.2. Deben efectuarse estudios de caracterización para identificar el inventario y la ubicación del material radiactivo y otros materiales peligrosos en toda la instalación. La información recogida por medio de esos estudios debe servir de base para una planificación detallada de las actividades de clausura, comprendidas la determinación de los límites físicos y las posibles interacciones de las tareas de clausura propuestas. La instalación puede ser parte de una instalación nuclear o no nuclear más grande, por ejemplo, un hospital, una universidad o un centro de investigación. En este caso, los límites físicos de las actividades de clausura tienen que definirse también con claridad.

6.3. La extensión del estudio de caracterización debe depender del tipo de instalación objeto de la clausura. Si, por ejemplo, la instalación contiene fuentes de radiación selladas, el encargado del estudio ha de determinar si algunas fuentes presentan escapes. En el caso de las instalaciones que emplean fuentes no selladas, puede ser necesario un estudio más amplio para identificar y ubicar toda zona contaminada. Hay que tener cuidado para identificar todas las zonas contaminadas, en particular todos los sistemas ocultos, como tuberías empotradas, sistemas de manipulación de líquidos y sistemas de ventilación.

6.4. Al planificar y ejecutar el estudio de caracterización, deben usarse los documentos existentes, la experiencia de explotación, los informes de incidentes radiológicos, los planos tal y como se ha construido (comprendidos los planos que reflejen cualquier modificación) y los datos de los pasados exámenes de radiación.

6.5. Durante el proceso de caracterización, deben tomarse muestras de material, según corresponda. Hay que proceder a un muestreo selectivo, por ejemplo, en el caso de los aceleradores de partículas, para verificar todos los cálculos utilizados en la estimación de la activación de componentes o la migración de la contaminación. También se pueden tomar muestras para estimar la extensión de la migración de contaminantes radiactivos a materiales estructurales como el hormigón.

6.6. Además de caracterizar el inventario de material radiactivo, se debe levantar también inventario de todo el material peligroso presente en la instalación. Los materiales peligrosos como el amianto requieren especial consideración para impedir que causen daños a la salud humana.

RETIRADA DE FUENTES

6.7. Al comienzo de la clausura, todas las fuentes radiactivas que se puedan retirar con facilidad deben retirarse para su reutilización, almacenamiento en un lugar aprobado o su disposición final, de conformidad con los requisitos reglamentarios. Cuando sea posible, las fuentes selladas pueden devolverse al proveedor inicial.

6.8. La retirada de fuentes dará lugar normalmente a una reducción significativa de los riesgos de radiación. En el caso de las instalaciones que usan principalmente fuentes selladas, se trata de una tarea relativamente fácil de llevar a cabo. Sin embargo, cuando las fuentes se encuentran en forma de materiales activados, líquido o superficies contaminadas, el método de retirada puede requerir una planificación más amplia. La planificación ha de tener también en cuenta los métodos de transporte y el destino de las fuentes retiradas.

DESCONTAMINACIÓN

6.9. La descontaminación es la eliminación o la reducción de la contaminación radiactiva en el interior o en la superficie de materiales, objetos, edificios y zonas de una instalación nuclear. Por medio de la descontaminación se pueden reducir las dosis de radiación a los trabajadores y a toda otra persona que se encuentre en las proximidades de los materiales.

6.10. La descontaminación puede dar lugar a una reducción al mínimo del volumen de las categorías de material clasificado o en disposición final como desecho radiactivo.

6.11. Es preciso optimizar la estrategia global de descontaminación, teniendo en cuenta los beneficios derivados de una reducción de la exposición del público, las exposiciones adicionales de los trabajadores participantes en las operaciones de descontaminación, los costos de la operación de descontaminación, comprendido el tratamiento de los desechos producidos, y los costos ahorrados al evitar los correspondientes a la disposición final de los desechos.

6.12. Antes de poner en práctica ninguna estrategia de descontaminación o de seleccionar una técnica de descontaminación, debe llevarse a cabo una evaluación de su eficacia. Dicha evaluación debe incluir:

- a) las dosis estimadas a los trabajadores;
- b) una consideración de la posible producción de aerosoles;
- c) los niveles de descontaminación buscados;
- d) una consideración de la probabilidad de que las técnicas disponibles logren el nivel de descontaminación buscado en determinados componentes;
- e) la capacidad de demostrar por medición que se ha alcanzado el nivel buscado de descontaminación;
- f) la existencia de las instalaciones necesarias para la descontaminación y su eventual clausura;
- g) el costo de la técnica comparado con el beneficio esperado;
- h) las dimensiones y la geometría de los componentes, sistemas o estructuras;
- i) el tipo y las características de la contaminación;
- j) una estimación del volumen, la índole, la categoría y la actividad de todo desecho líquido o sólido;
- k) una consideración de la compatibilidad de esos desechos con los sistemas existentes de tratamiento, acondicionamiento, almacenamiento y disposición final, y los límites de descarga;
- l) todo posible efecto pernicioso de la descontaminación para el equipo y la integridad del sistema;
- m) toda posible consecuencia en el emplazamiento y fuera de él imputable a las actividades de clausura; y
- n) los riesgos no radiológicos (por ejemplo, la toxicidad de los solventes empleados).

DESMANTELAMIENTO

6.13. El desmantelamiento es uno de los procedimientos utilizados durante la clausura. Tiene, sin embargo, el potencial de crear nuevos riesgos, y por lo tanto hay que adoptar algunas medidas necesarias para garantizar la seguridad durante la operación [2]. En la estrategia de desmantelamiento es preciso contemplar:

- a) una reducción del tamaño de los objetos/componentes para facilitar su gestión, o sea, descontaminación, manipulación, etc.;
- b) facilitar el acceso a las fuentes de radiación u otros materiales radiactivos para su gestión ulterior; y
- c) la separación del equipo, las estructuras y los materiales contaminados de aquéllos que están menos contaminados o no lo están, con objeto de reducir los riesgos de radiación a los trabajadores en ulteriores manipulaciones y de reducir asimismo la cantidad de desechos que requieren disposición final.

6.14. Al elegir la estrategia de desmantelamiento se debe prestar atención a:

- a) la simplicidad y fiabilidad de las técnicas y el equipo;
- b) minimizar la producción de desechos radiactivos líquidos y sólidos;
- c) utilizar, siempre que sea factible, tecnología comprobada; y
- d) reducir al mínimo los posibles efectos negativos en sistemas, estructuras, zonas y operaciones adyacentes e interconectados, por ejemplo, controlando la dispersión de la contaminación.

6.15. Cuando no se disponga de tecnología comprobada pueden ser necesarias técnicas especiales. Estas técnicas deben ensayarse en operaciones simuladas.

6.16. El desmantelamiento de algunas instalaciones puede exigir el empleo de equipo con control remoto. Las directrices correspondientes se encuentran en la Ref. [5]. En otras publicaciones del OIEA [10 a 13] se facilita más asesoramiento sobre la tecnología de desmantelamiento disponible.

ESTUDIO FINAL DE LA RADIACIÓN

6.17. En el plan de clausura debe haber disposiciones para un examen final de la radiación. La finalidad de ese examen es garantizar que se han cumplido los objetivos de protección contra la radiación. Los datos del examen deben documentarse en un informe final. Dicho informe debe formar parte de la base para la solicitud de liberación de la instalación/el emplazamiento del control reglamentario. Los resultados del examen deben incluirse en el informe final de la clausura. En el Anexo III se presenta un ejemplo de índice de un informe final de estudio de la radiación para una instalación nuclear relativamente compleja y/o de grandes dimensiones.

7. GESTIÓN DURANTE LA CLAUSURA

PERSONAL Y CAPACITACIÓN

7.1. En algunos casos, los contratantes pueden servir para llevar a cabo la totalidad o parte de las actividades de clausura. Es probable que esto suceda cuando la clausura se aplaza o cuando el personal de la planta pueda carecer de

los conocimientos técnicos necesarios. Las consideraciones financieras pueden exigir también una mayor utilización de los contratantes. Ejemplos de esas actividades son el empleo de procedimientos específicos de descontaminación y actividades de desmantelamiento/demolición. Para garantizar la seguridad hay que contar con niveles adecuados de control, supervisión y capacitación.

7.2. La capacitación del personal ha de ser proporcional a la envergadura, la complejidad y la índole de las actividades de clausura por realizar. El personal ha de tener competencia para llevar a cabo de modo seguro el trabajo asignado.

CONTROL ORGANIZATIVO Y ADMINISTRATIVO

7.3. Debe haber una clara demarcación de autoridades y responsabilidades para la operación de clausura entre el personal clave. En la preparación del plan de clausura, deben aprovecharse en la mayor medida posible los conocimientos y la experiencia del personal explotador.

7.4. Según convenga, se debe conservar al personal clave de la fase operacional de la instalación para que contribuya a ejecutar las operaciones de clausura. Dicho personal tendrá el conocimiento básico necesario de la instalación, comprendidos el diseño y las modificaciones introducidas, su historial de funcionamiento y los incidentes relacionados con la clausura que puedan haber ocurrido a lo largo de su vida.

PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN

7.5. La exposición a la radiación de los trabajadores y el público ha de mantenerse tan baja como sea razonablemente posible [3]. Las tareas que impliquen exposición a la radiación tienen que ser planificadas de antemano, estimándose las dosis probables individuales y colectivas. Es menester prestar consideración a los medios y maneras de reducir las dosis, seleccionando distintos enfoques posibles.

7.6. A medida que avance la clausura, el programa de protección contra la radiación debe examinarse periódicamente y revisarse según sea necesario.

7.7. Se debe contar con un sistema apropiado de supervisión de la radiación que sea adecuado a la complejidad de la instalación y a los riesgos radiológicos.

Durante las operaciones de clausura hay que proceder al control de los trabajadores participantes en actividades que impliquen radiactividad.

7.8. Los individuos encargados de la responsabilidad de la protección contra la radiación deben disponer de los recursos, la competencia y la independencia necesarios para poner en práctica un programa adecuado de protección contra la radiación.

7.9. El equipo necesario para la protección contra la radiación en relación con la clausura consta de:

- a) equipo de protección contra la radiación, prevención de la contaminación del personal y minimización de la absorción de materiales radiactivos (por ejemplo, mediante ventilación local y sistemas de filtro);
- b) dosímetros personales para registrar las dosis de radiación recibidas por los trabajadores;
- c) equipo de supervisión de la tasa de dosis externa y estudios de la contaminación de superficie para su empleo en los lugares de trabajo, y para verificar los componentes y materiales durante la descontaminación, el desmantelamiento y la manipulación; y
- d) equipo adecuado de supervisión de sustancias radiactivas aerotransportadas en el lugar de trabajo.

7.10. Deben adoptarse medidas para la subdivisión de las zonas según los niveles de radiación y contaminación, como medio de controlar las dosis de radiación y de reducir la dispersión de la contaminación.

7.11. Hay que llevar registros de las medidas de protección contra la radiación adoptadas y de los estudios de radiación efectuados.

7.12. Durante las operaciones de manipulación, acondicionamiento y transporte debe practicarse también un control de la radiación y la contaminación de los trabajadores, los componentes, los desechos y los materiales. Hay que impedir la difusión de contaminación suelta al personal y a las zonas no contaminadas.

7.13. Si la instalación que es objeto de la clausura se encuentra en el interior de otra de mayores dimensiones, puede ser necesario especificar los controles y la supervisión para el personal y las zonas de la instalación circundante con objeto de controlar la dispersión de la contaminación.

7.14. Cuando la instalación carezca de los necesarios conocimientos técnicos sobre protección contra la radiación, el operador tiene que tomar medidas para adquirir esos conocimientos. Se ofrecen directrices en la Ref. [3].

SUPERVISIÓN EN EL EMPLAZAMIENTO Y FUERA DE ÉL

7.15. Deben especificarse en el plan de clausura los requisitos de supervisión en el emplazamiento y fuera de él. Hay que planificar la supervisión en el emplazamiento para actividades concretas de clausura. Es preciso supervisar todos los puntos potenciales de escape radiactivo. La supervisión fuera del emplazamiento puede ser necesaria para demostrar la suficiencia del control sobre la liberación de materiales radiactivos al medio ambiente. El programa de supervisión fuera del emplazamiento que exista para el período operacional puede exigir modificaciones adecuadas a las condiciones imperantes durante la clausura.

GESTIÓN DE LOS DESECHOS

7.16. Hay que desarrollar un plan de gestión de desechos, que es parte del plan de clausura, en el que se preste atención a las distintas categorías de desechos producidos durante la clausura y a su gestión tecnológicamente segura.

7.17. Se debe atender a optimizar la gestión de los desechos y a minimizar la contaminación cruzada y la producción secundaria de desechos. Las distintas categorías de desechos deben gestionarse por medios que estén demostradamente adaptados a sus características y toxicidad (radiológica y no radiológica).

7.18. Pueden conseguirse reducciones significativas de los volúmenes de desechos radiactivos mediante programas de descontaminación, técnicas de desmantelamiento controlado, control de la contaminación, clasificación de los materiales de desecho, un procesamiento efectivo y, en algunos casos, controles administrativos. Las estrategias de reutilización y reciclado ofrecen la posibilidad de reducir las cantidades de desechos por gestionar. Igualmente, la liberación de los materiales de baja actividad del control reglamentario (dispensa) para considerarlos como desechos ordinarios o para su reutilización y reciclado también puede reducir considerablemente la cantidad de material que hay que considerar como desecho.

7.19. La exposición a la radiación de los trabajadores y el público puede variar según la estrategia de minimización de los desechos. Es preciso recurrir a un enfoque integrado para equilibrar los objetivos de minimización de los desechos con el objeto de mantener la exposición a la radiación tan baja como sea razonablemente posible.

7.20. El plan de gestión de los desechos debe abordar la cuestión de si los sistemas de gestión de desechos existentes son capaces de hacer frente a los desechos previstos de la clausura que surjan durante la descontaminación, el desmantelamiento y la demolición. En caso negativo, puede ser necesario conseguir nuevas instalaciones.

7.21. Cuando se piense en la disposición final y no haya emplazamientos adecuados para la disposición final de los desechos, deben evaluarse las siguientes opciones de clausura al preparar el plan de la misma:

- a) preparación y mantenimiento de la instalación en encerramiento seguro; o
- b) desmantelamiento de la instalación y almacenamiento de los desechos generados en instalaciones temporales adecuadas de almacenamiento de desechos.

7.22. Al gestionar los desechos procedentes de la clausura hay que tener en cuenta varios factores, que son:

- a) el origen, la cantidad, la categoría y la índole de los desechos que se generarán durante la clausura (pueden producirse cantidades relativamente grandes de desechos radiactivos en poco tiempo);
- b) las posibilidades de privar a los desechos del régimen del control reglamentario;
- c) las posibilidades de reutilización y reciclado de los materiales, el equipo y los locales;
- d) la producción de desechos secundarios y su minimización en la medida de lo posible;
- e) la presencia de materiales peligrosos no radiológicos, por ejemplo, amianto;
- f) la disponibilidad de plantas de reciclado o tratamiento de los desechos e instalaciones de almacenamiento y disposición final;
- g) todos los requisitos especiales para el acondicionamiento y transporte de desechos radiactivos, por ejemplo, materiales activados;
- h) la rastreabilidad del origen y la índole de los desechos procedentes del proceso de clausura; y

- i) el efecto potencial de los desechos en los trabajadores, el público y el medio ambiente.

7.23. Gran parte de los desechos y otros materiales generados durante el proceso de clausura pueden tener una concentración de actividad suficientemente baja para poder suprimir total o parcialmente el control reglamentario. Algunos desechos pueden ser adecuados para su disposición final en vertederos normales, en tanto que otros, como el acero y el hormigón, pueden servir para ser reutilizados o reciclados fuera de la industria nuclear. La supresión de los controles reglamentarios se llevará a cabo de conformidad con los criterios establecidos por la autoridad reguladora nacional. Las orientaciones sobre los criterios para la supresión de los controles reglamentarios y sobre la gestión del proceso reglamentario para la eliminación de controles se exponen en otras Normas de Seguridad del OIEA.

7.24. El transporte de los desechos radiactivos fuera del emplazamiento ha de ajustarse a la reglamentación nacional. En la Ref. [14] se facilitan recomendaciones internacionales sobre el transporte de material radiactivo.

7.25. La dirección y el personal implicados en el proyecto de clausura han de conocer los métodos para reducir al mínimo los desechos producidos en las tareas asignadas y, si es necesario, recibir la formación correspondiente. Esos métodos comprenden la instalación de tiendas de control de la contaminación, la contención de vertidos y la separación de los desechos contaminados radiactivamente de aquéllos que no presenten contaminación radiactiva.

PLANIFICACIÓN DE EMERGENCIAS

7.26. En el plan de clausura se deben especificar disposiciones para reducir al mínimo la aparición y/o atenuar las consecuencias de incidentes creíbles durante el proceso de clausura, por ejemplo, fuego, corte de corriente, avería del equipo y derrames de materiales radiactivos.

7.27. Mientras el material radiactivo permanezca en el emplazamiento y existan posibilidades de que se produzcan accidentes, serán necesarios procedimientos para hacer frente a las emergencias. Deben elaborarse planes para tratar esas emergencias, y el personal ha de recibir capacitación en procedimientos de contingencia.

PROTECCIÓN FÍSICA

7.28. Durante la clausura se debe instaurar un sistema de protección física de las instalaciones nucleares frente al sabotaje y la intrusión humana no autorizada, y con miras a la seguridad física de los materiales nucleares. El nivel de protección debe ser proporcional a la índole de los materiales restantes, los riesgos asociados y el valor/atractivo de los materiales.

7.29. El sistema de protección física debe limitar el acceso al material o las instalaciones radiactivos exclusivamente a los individuos esenciales. Esto puede lograrse mediante la designación de áreas y por medio de la instalación de equipo (por ejemplo, dispositivos de seguridad) y procedimientos (comprendida la organización de vigilantes cuando sea necesario).

GARANTÍA DE CALIDAD

7.30. Antes de empezar la clausura, el operador ha de planificar y poner en marcha un programa adecuado de garantía de calidad. Una descripción del programa de garantía de calidad, comprendida la definición de su alcance y extensión, debe figurar como parte del plan de clausura y entrar en vigor antes de que empiece ésta. Todos los cambios significativos que afecten a los sistemas, las estructuras y los componentes importantes para la seguridad durante la operación deben documentarse para su uso en la planificación de la clausura. Las directrices de un programa de garantía de calidad para la clausura figuran en la Ref. [15].

7.31. Como se ha comentado anteriormente, el avance de la clausura ha de ser documentado por el operador de ésta (rastreadibilidad). Han de contabilizarse adecuadamente todos los materiales radiactivos que se encontraban presentes al comienzo de la clausura, identificándose su destino final. Además, debe comunicarse al órgano regulador, en la forma en que lo solicite, información como la relativa a los resultados de los exámenes radiológicos y los datos de supervisión del personal. Al término de la clausura hay que redactar un informe final de clausura que comprenda todos los elementos de rastreadibilidad (ver Sección 8).

8. TERMINACIÓN DE LA CLAUSURA

8.1. Al término de la clausura hay que preparar un informe final de clausura [2], que confirme que ésta ha quedado concluida. Debe contener, según corresponda, la información siguiente:

- a) descripción de la instalación;
- b) objetivos de la clausura;
- c) criterios radiológicos que sirvieron de base para suprimir los controles reguladores del equipo, los edificios o el emplazamiento, o para cualquier otro régimen de control aprobado por el órgano regulador;
- d) descripción de las actividades de clausura;
- e) descripción de todos los edificios o equipo restantes no clausurados o parcialmente descontaminados;
- f) descripción de las estructuras, zonas o equipo designados para uso restringido;
- g) informe del estudio final de la radiación;
- h) inventario de los materiales radiactivos junto con los radionucleidos presentes, comprendidos las cantidades y los tipos de desechos producidos durante la clausura y dónde se encuentran situados en la actualidad los desechos en almacenamiento y/o disposición final;
- i) inventario de los materiales, el equipo y los locales privados de control reglamentario;
- j) resumen de todos los hechos anormales acaecidos durante la clausura;
- k) resumen de las dosis ocupacionales y públicas resultantes de la clausura; y
- l) lecciones aprendidas.

8.2. Se deben conservar los documentos apropiados al término de la clausura, que deben retenerse y mantenerse con la finalidad de confirmar que la clausura se ha llevado a cabo de conformidad con el plan aprobado, documentar la disposición final de los desechos, materiales y locales, y responder a posibles reclamaciones de responsabilidad. A continuación se ofrece un ejemplo del tipo de documentos que deben conservarse de manera integrada, proporcionalmente a la complejidad de la instalación clausurada y al potencial de riesgo asociado:

- a) el plan de clausura y sus enmiendas ulteriores;
- b) el informe de caracterización de la instalación;
- c) el informe final de la clausura (ver párr. 8.1);
- d) los documentos de garantía de calidad, comprendidos los correspondientes paquetes de trabajo terminados y planes de trabajo;

- e) planos técnicos, fotografías y vídeos producidos durante la clausura y al término de ésta;
- f) documentos de fabricación y construcción, comprendidos los planos técnicos para cualquier trabajo de instalación o construcción realizados para contribuir a la clausura o como parte de la misma;
- g) registros de dosis al personal;
- h) documentos del estudio de la radiación; y
- i) pormenores de acontecimientos anormales significativos producidos durante la clausura y medidas adoptadas.

8.3. Tras la conclusión satisfactoria de la opción de clausura elegida, la instalación y el emplazamiento pueden ser privados del control reglamentario o incorporados a otra instalación sometida a ese control.

REFERENCIAS

- [1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Principios para la gestión de desechos radiactivos, Colección Seguridad N° 111-F, OIEA, Viena (1996).
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, incluida la clausura, Colección de Normas de Seguridad N° WS-R-2, OIEA, Viena (2004).
- [3] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1997).
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Infraestructura legal y estatal para la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte, Colección de Normas de Seguridad N° GS-R-1, OIEA, Viena (2004).
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors, Colección de Normas de Seguridad, N° WS-G-2.1, OIEA, Viena, (1999). [Solo en inglés].
- [6] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Recomendaciones de 1990 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, Publicación ICRP-60, Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) — EDICOMPLET, S.A., Madrid (1995). [Solo en papel]
- [7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Control reglamentario de las descargas radiactivas al medio ambiente, Colección de Normas de Seguridad N° WS-G-2.3, Viena (2007).
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Design and Construction of Nuclear Power Plants to Facilitate Decommissioning, Colección de Informes Técnicos N° 382, OIEA, Viena (1997). [Solo en inglés]
- [9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Planning and Management for the Decommissioning of Research Reactors and Other Small Nuclear Facilities, Colección de Informes Técnicos N° 351, OIEA, Viena (1993). [Solo en inglés]
- [10] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Methodology and Technology of Decommissioning Nuclear Facilities, Colección de Informes Técnicos N° 267, OIEA, Viena (1986). [Solo en inglés]
- [11] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Decontamination and Demolition of Concrete and Metal Structures During the Decommissioning Nuclear Facilities, Colección de Informes Técnicos N° 286, OIEA, Viena (1988). [Solo en inglés]
- [12] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Decommissioning Nuclear Facilities: Decontamination, Disassembly and Waste Management, Colección de Informes Técnicos N° 230, OIEA, Viena (1983). [Solo en inglés]
- [13] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Decommissioning Techniques for Research Reactors, Colección de Informes Técnicos N° 373, OIEA, Viena (1994). [Solo en inglés]

- [14] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos, Colección de Normas de Seguridad, N° ST-1, OIEA, Viena (1997). [Solo en papel]
- [15] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants and Other Nuclear Installations, Colección Seguridad N° 50-C/SG-Q, OIEA, Viena (2001).

Anexo I

EJEMPLO DE CONTENIDO DE UN PLAN DE CLAUSURA

El ejemplo que se presenta a continuación del contenido de un plan de clausura de una instalación nuclear relativamente compleja y/o grande se basa en la Ref. [A-1]. En caso de una instalación nuclear relativamente menos compleja, sirve fundamentalmente como guía y como lista de verificación de los puntos que podrían considerarse. Algunos aspectos pueden no ser aplicables y otros pueden no necesitar el grado de detalle propio de una instalación nuclear de grandes dimensiones.

Para las instalaciones que impliquen pequeñas aplicaciones nucleares, el plan de clausura ha de ser relativamente sencillo y facilitar una justificación lógica y suficiente de la estrategia de clausura propuesta. Las actividades de clausura deben comprender la caracterización de la instalación, el desmontaje del equipo y la retirada de materiales y fuentes de radiación de la instalación a una ubicación adecuada, la supervisión de la radiación, la garantía de calidad, el estudio final de la radiación y la documentación.

1. INTRODUCCIÓN
2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN
 - Descripción física del emplazamiento y la instalación
 - Historial del funcionamiento
 - Sistemas y equipo
 - Inventario del material radiactivo y tóxico
 - Caracterización de la instalación y el emplazamiento
3. MARCO JURÍDICO Y GUÍAS
 - Estatutos, leyes y decretos
 - Reglamentos nucleares
 - Reglas de protección frente a las radiaciones
 - Reglas medioambientales
 - Legislación industrial
 - Reglas locales
 - Otras disposiciones administrativas
 - Directrices internacionales

4. **ESTRATEGIA DE CLAUSURA**
 - Objetivos
 - Alternativas de la clausura
 - Principios y criterios de seguridad
 - Tipos, volúmenes y rutas de desechos
 - Estimaciones de dosis
 - Estimaciones de costos
 - Disposiciones financieras
 - Selección y justificación de la opción preferida

5. **GESTIÓN DEL PROYECTO**
 - Recursos
 - Organización y responsabilidades
 - Disposiciones en materia de revisión y supervisión
 - Capacitación y calificaciones
 - Elaboración de informes
 - Registros y documentación

6. **ACTIVIDADES DE CLAUSURA**
 - Descripción y programa de fases y tareas
 - Retirada de fuentes
 - Actividades de descontaminación
 - Desmantelamiento
 - Gestión de los desechos
 - Programas de vigilancia y mantenimiento

7. **EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD**
 - Predicciones de dosis para las tareas — estimación de las dosis individuales y colectivas
 - Demostración de que la exposición radiológica en las tareas es tan baja como sea razonablemente factible
 - Supervisión de la radiación y sistemas de protección
 - Disposiciones para emergencias
 - Gestión de la seguridad tecnológica
 - Análisis de riesgo
 - Reglas de funcionamiento, instrucciones y procedimientos de trabajo
 - Justificación de la seguridad de los trabajadores, la población en general y el medio ambiente
 - Seguridad física y control de materiales

8. EVALUACIÓN DEL EFECTO MEDIOAMBIENTAL
9. PROGRAMA DE GARANTÍA DE CALIDAD
10. PROGRAMA DE PROTECCION CONTRA LA RADIACIÓN Y DE SEGURIDAD TECNOLÓGICA
11. ESTIMACIONES DETALLADAS DEL COSTO Y DISPOSICIONES FINANCIERAS
 - Programación
 - Estimaciones del costo
 - Eventualidades y márgenes tolerables
 - Financiación y fondos
12. VIGILANCIA Y MANTENIMIENTO CONTINUADOS (para fases de clausura aplazadas)
13. FUTURAS ACTIVIDADES DE CLAUSURA (para fases de clausura aplazadas)
14. PROPUESTA DEL ESTUDIO FINAL DE LA RADIACIÓN
15. BOCETO DE INFORME FINAL DEL EMPLAZAMIENTO
 - Resumen del trabajo
 - Criterios para la suspensión del control del emplazamiento
 - Demostración del cumplimiento de los requisitos

Anexo II

EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD ESPECÍFICA PARA LA CLAUSURA

Inventario de materiales radiactivos

En una futura Guía de Seguridad se proporcionará asesoramiento detallado sobre la realización de una evaluación para la gestión previa a la disposición final de los desechos. Su aplicación a la clausura comprende algunas consideraciones concretas en relación con las cuales la evaluación de la seguridad puede experimentar un mayor desarrollo.

La retirada de fuentes radiactivas y el tratamiento de los desechos operacionales suelen considerarse al final de la fase operacional o en una fase temprana del proceso de clausura, lo que reduce significativamente el inventario radiactivo.

En caso de que las fuentes radiactivas no se retiren como parte de las operaciones o en una fase temprana del proceso de clausura, la evaluación de la seguridad ha de tomar este hecho en consideración. Cuando se han retirado las fuentes radiactivas así como los desechos operacionales, es importante también ubicar y estimar las cantidades de radionucleidos residuales presentes y su forma física y química. Se debe prestar especial atención al potencial de contaminación imputable a la producción y liberación de polvo en aerosol de líquidos radiactivos y a la gran cantidad de desechos que por lo general se producen durante las operaciones de clausura.

Protección contra la radiación

La clausura se llevará a cabo de conformidad con los requisitos nacionales especificados de protección contra la radiación y otros requisitos de seguridad tecnológica y protección medioambiental. Deben tenerse en cuenta las recomendaciones pertinentes de organismos internacionales, en particular el OIEA y la ICRP. Para los aspectos relativos a la protección radiológica, hay que aplicar la Ref. [A-2].

Desmantelamiento aplazado

Deben considerarse las vidas medias de los radionucleidos que se encuentren presentes en cantidades significativas al determinar por cuánto tiempo pueden aplazarse las diversas actividades de clausura, de modo que se respeten

los correspondientes criterios radiológicos. Pueden obtenerse ventajas de un desmantelamiento aplazado manteniendo un período de recinto o encerramiento seguro de protección. El aplazamiento del desmantelamiento, la descontaminación y la demolición pueden reducir las cantidades de desechos radiactivos generados y la exposición a la radiación del personal del emplazamiento.

Pueden producirse inconvenientes al retrasar la descontaminación, el desmantelamiento y la demolición. Si se considera la posibilidad de demorar mucho el desmantelamiento, hay que prestar la debida atención al deterioro gradual de las estructuras, los sistemas y componentes concebidos para actuar como barreras entre el inventario de radionucleidos y el medio ambiente. Ese deterioro puede afectar también a sistemas que podrían resultar necesarios durante el desmantelamiento de la planta. La evaluación de la seguridad ha de tener en cuenta la necesidad de mantenimiento o sustitución de esos sistemas (sistemas de manipulación mecánica, sistemas de ventilación, suministro de energía eléctrica y manipulación de desechos), siendo preciso evaluar las implicaciones para la seguridad imputables al deterioro. Para poner en práctica el recinto seguro de protección, es posible que haya que instalar nuevos sistemas y estructuras o que modificar los sistemas y las estructuras existentes. Es necesario evaluar la integridad de estos nuevos sistemas y estructuras a lo largo del período prolongado del encerramiento seguro de protección (desmantelamiento aplazado).

Seguridad no radiológica

La evaluación de la seguridad puede identificar algunos riesgos no radiológicos significativos durante la fase de clausura que normalmente no se dan en la fase operacional de una instalación. Entre éstos figuran, por ejemplo, materiales peligrosos que puedan usarse en las actividades de descontaminación, demolición y desmantelamiento, y el levantamiento y la manipulación de cargas pesadas. La mayoría de estos riesgos no radiológicos estarán cubiertos por el reglamento, pero una buena cultura de la seguridad contribuirá a garantizar que esas tareas se lleven a cabo sin peligro.

Resultados generales de la evaluación de la seguridad

La evaluación de la seguridad debe determinar las acciones que sean necesarias para garantizar una seguridad tecnológica constante durante todas las fases de la clausura. Esas acciones pueden ser medidas protectoras de carácter técnico o disposiciones administrativas que proporcionen la necesaria defensa en profundidad, como se indica en la Ref. [A-3]. Esta defensa en profundidad es

esencial; por ejemplo, cuando se emprenden acciones durante el desmantelamiento aplazado (recinto seguro de protección). Los elementos de defensa en profundidad irán variando y evolucionando a medida que vaya avanzando la clausura de la instalación.

Anexo III

EJEMPLO DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DEL ESTUDIO DE LA RADIACIÓN

NOMBRE DE LA INSTALACIÓN

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Tipo y ubicación de la instalación
Descripción del emplazamiento
Propiedad
Descripción de la instalación

ANTECEDENTES

Motivo de la clausura
Planteamiento de la gestión

HISTORIAL DEL FUNCIONAMIENTO

Concesión de licencia y operaciones
Procesos realizados
Prácticas de disposición final de los desechos

ACTIVIDADES DE CLAUSURA

Objetivos
Resultados de estudios anteriores
Procedimientos de descontaminación y desmantelamiento

PROCEDIMIENTOS PARA EL ESTUDIO FINAL

Parámetros de muestreo
Niveles iniciales/de base identificados
Principales contaminantes identificados
Directrices establecidas de supresión
Equipo y procedimientos seleccionados
Instrumentos y equipo
Técnicas de uso de los instrumentos
Procedimientos seguidos

RESULTADOS DEL ESTUDIO

Resumen de los resultados
Técnicas para la reducción/evaluación de los datos

Evaluación estadística

Comparación de los resultados con los valores y las condiciones orientativos

Evaluación de la aceptabilidad

RESUMEN

ANEXOS

Datos detallados del estudio junto con planos

REFERENCIAS DE LOS ANEXOS

- [A-1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Planning and Management for the Decommissioning of Research Reactors and Other Small Nuclear Facilities, Colección de Informes Técnicos N° 351, OIEA, Viena (1993). [Solo en inglés]
- [A-2] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1997).
- [A-3] GRUPO INTERNACIONAL ASESOR EN SEGURIDAD NUCLEAR, La defensa en profundidad en seguridad nuclear, INSAG-10, OIEA, Viena (1997). [Solo en papel]

COLABORADORES EN LA PREPARACIÓN Y EL EXAMEN

Brigaud, O.	Dirección para la Seguridad de las Instalaciones Nucleares (Francia)
Claes, J.	Belgoprocess (Bélgica)
Fellingham, L.	AEA Technology (Reino Unido)
Fujiki, K.	Instituto Japonés de Investigaciones sobre la Energía Atómica (Japón)
Francis, R.J.	AEA Technology (Reino Unido)
Gazit, M.	Centro de Investigaciones Nucleares de Negev (Israel)
Gascoyne, C.	British Nuclear Fuels Limited (Reino Unido)
Gnugnoli, G.	Comisión Reguladora Nuclear de los EE.UU. (Estados Unidos de América)
Hladky, E.	DECOM Slovakia (Eslovaquia)
Jauhari, G.S.	Centro Bhabha de Investigaciones Atómicas (India)
Lal, K.B.	Centro de Investigación Avanzada Indira Gandhi (India)
Ortenzi, V.	Agencia Nacional para la Protección del Medio Ambiente (Italia)
Rastogi, R.C.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Reisenweaver, D.W.	NES (Estados Unidos de América)
Taylor, C.N.	Comisión de Control de la Energía Atómica (Canadá)
Watson, P.	Dirección de Seguridad Nuclear (Reino Unido)
Weil, L.	Oficina Federal de Protección Radiológica (Alemania)
Zgola, B.	Comisión de Control de la Energía Atómica (Canadá)

ENTIDADES ENCARGADAS DE LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD

Comité Asesor sobre normas de seguridad de los desechos

Alemania: von Dobschütz, P.; *Argentina:* Siraky, G.; *Canadá:* Ferch, R.; *China:* Luo, S.; *España:* Gil López, E.; *Estados Unidos de América:* Huizenga, D.; *Federación de Rusia:* Poliakov, A.; *Francia:* Brigaud, O.; *Japón:* Kuwabara, Y.; *México:* Ortiz Magana, R.; *Reino Unido:* Brown, S.; *República de Corea:* Park, S.; *Sudáfrica:* Metcalf, P. (Presidencia); *Suecia:* Norrby, S.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE:* Riotte, H.; *OIEA:* Delattre, D. (Coordinación).

Comisión Asesora sobre Normas de Seguridad

Alemania: Hennenhöfer, G., Wendling, R.D.; *Argentina:* Beninson, D.; *Australia:* Lokan, K., Burns, P.; *Canadá:* Bishop, A. (Presidencia), Duncan, R.M.; *China:* Huang, Q., Zhao, C.; *Eslovaquia:* Lipár, M., Misák, J.; *España:* Alonso, A., Trueba, P.; *Estados Unidos de América:* Travers, W.D., Callan, L.J., Taylor, J.M.; *Francia:* Lacoste, A.-C., Asty, M.; *Japón:* Sumita, K., Sato, K.; *Reino Unido:* Williams, L.G., Harbison, S.A.; *República de Corea:* Lim, Y.K.; *Suecia:* Holm, L-E.; *Suiza:* Prêtre, S.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE:* Frescura, G.; *Comisión Internacional de Protección Radiológica:* Valentin, J.; *OIEA:* Karbassioun, A. (Coordinación).



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

Nº 22

Lugares donde se pueden encargar publicaciones del OIEA

En los siguientes países se pueden adquirir publicaciones del OIEA de los proveedores que figuran a continuación, o en las principales librerías locales. El pago se puede efectuar en moneda local o con bonos de la UNESCO.

ALEMANIA

UNO-Verlag, Vertriebs- und Verlags GmbH, Am Hofgarten 10, D-53113 Bonn
Teléfono: + 49 228 94 90 20 • Fax: +49 228 94 90 20 ó +49 228 94 90 222
Correo-e: bestellung@uno-verlag.de • Sitio web: <http://www.uno-verlag.de>

AUSTRALIA

DA Information Services, 648 Whitehorse Road, MITCHAM 3132
Teléfono: +61 3 9210 7777 • Fax: +61 3 9210 7788
Correo-e: service@dadirect.com.au • Sitio web: <http://www.dadirect.com.au>

BÉLGICA

Jean de Lannoy, avenue du Roi 202, B-1190 Bruselas
Teléfono: +32 2 538 43 08 • Fax: +32 2 538 08 41
Correo-e: jean.de.lannoy@infoboard.be • Sitio web: <http://www.jean-de-lannoy.be>

CANADÁ

Bernan Associates, 4501 Forbes Blvd, Suite 200, Lanham, MD 20706-4346, EE.UU.
Teléfono: 1-800-865-3457 • Fax: 1-800-865-3450
Correo-e: customercare@bernan.com • Sitio web: <http://www.bernan.com>

Renouf Publishing Company Ltd., 1-5369 Canotek Rd., Ottawa, Ontario, K1J 9J3
Teléfono: +613 745 2665 • Fax: +613 745 7660
Correo-e: order.dept@renoufbooks.com • Sitio web: <http://www.renoufbooks.com>

CHINA

Publicaciones del OIEA en chino: China Nuclear Energy Industry Corporation, Sección de Traducción
P.O. Box 2103, Beijing

ESLOVENIA

Cankarjeva Založba d.d., Kopitarjeva 2, SI-1512 Ljubljana
Teléfono: +386 1 432 31 44 • Fax: +386 1 230 14 35
Correo-e: import.books@cankarjeva-z.si • Sitio web: <http://www.cankarjeva-z.si/uvoz>

ESPAÑA

Díaz de Santos, S.A., c/ Juan Bravo, 3A, E-28006 Madrid
Teléfono: +34 91 781 94 80 • Fax: +34 91 575 55 63
Correo-e: compras@diazdesantos.es, carmela@diazdesantos.es, barcelona@diazdesantos.es, julio@diazdesantos.es
Sitio web: <http://www.diazdesantos.es>

ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Bernan Associates, 4501 Forbes Blvd., Suite 200, Lanham, MD 20706-4346, EE.UU.
Teléfono: 1-800-865-3457 • Fax: 1-800-865-3450
Correo-e: customercare@bernan.com • Sitio web: <http://www.bernan.com>

Renouf Publishing Company Ltd., 812 Proctor Ave., Ogdensburg, NY, 13669, EE.UU.
Teléfono: +888 551 7470 (gratuito) • Fax: +888 568 8546 (gratuito)
Correo-e: order.dept@renoufbooks.com • Sitio web: <http://www.renoufbooks.com>

FINLANDIA

Akateeminen Kirjakauppa, P.O. BOX 128 (Keskuskatu 1), FIN-00101 Helsinki
Teléfono: +358 9 121 41 • Fax: +358 9 121 4450
Correo-e: akatilaus@akateeminen.com • Sitio web: <http://www.akateeminen.com>

FRANCIA

Form-Edit, 5, rue Janssen, P.O. Box 25, F-75921 Paris Cedex 19
Teléfono: +33 1 42 01 49 49 • Fax: +33 1 42 01 90 90
Correo-e: formedit@formedit.fr • Sitio web: <http://www.formedit.fr>

Lavoisier SAS, 145 rue de Provigny, 94236 Cachan Cedex
Teléfono: + 33 1 47 40 67 02 • Fax +33 1 47 40 67 02
Correo-e: romuald.verrier@lavoisier.fr • Sitio web: <http://www.lavoisier.fr>

HUNGRÍA

Librotrade Ltd., Book Import, P.O. Box 126, H-1656 Budapest
Teléfono: +36 1 257 7777 • Fax: +36 1 257 7472 • Correo-e: books@librotrade.hu

INDIA

Allied Publishers Group, 1st Floor, Dubash House, 15, J. N. Heredia Marg, Ballard Estate, Mumbai 400 001
Teléfono: +91 22 22617926/27 • Fax: +91 22 22617928
Correo-e: alliedpl@vsnl.com • Sitio web: <http://www.alliedpublishers.com>

Bookwell, 2/72, Nirankari Colony, Delhi 110009
Teléfono: +91 11 23268786, +91 11 23257264 • Fax: +91 11 23281315
Correo-e: bookwell@vsnl.net

ITALIA

Libreria Scientifica Dott. Lucio di Biasio "AEIOU", Via Coronelli 6, I-20146 Milán
Teléfono: +39 02 48 95 45 52 ó 48 95 45 62 • Fax: +39 02 48 95 45 48
Correo-e: info@libreriaaeiou.eu • Sitio web: www.libreriaaeiou.eu

JAPÓN

Maruzen Company, Ltd., 13-6 Nihonbashi, 3 chome, Chuo-ku, Tokyo 103-0027
Teléfono: +81 3 3275 8582 • Fax: +81 3 3275 9072
Correo-e: journal@maruzen.co.jp • Sitio web: <http://www.maruzen.co.jp>

NACIONES UNIDAS

Dept. I004, Room DC2-0853, First Avenue at 46th Street, Nueva York, N.Y. 10017, EE.UU.
Teléfono (Naciones Unidas): +800 253-9646 ó +212 963-8302 • Fax: +212 963 -3489
Correo-e: publications@un.org • Sitio web: <http://www.un.org>

NUEVA ZELANDIA

DA Information Services, 648 Whitehorse Road, MITCHAM 3132, Australia
Teléfono: +61 3 9210 7777 • Fax: +61 3 9210 7788
Correo-e: service@dadirect.com.au • Sitio web: <http://www.dadirect.com.au>

PAÍSES BAJOS

De Lindeboom Internationale Publicaties B.V., M.A. de Ruyterstraat 20A, NL-7482 BZ Haaksbergen
Teléfono: +31 (0) 53 5740004 • Fax: +31 (0) 53 5729296
Correo-e: books@delindeboom.com • Sitio web: <http://www.delindeboom.com>

Martinus Nijhoff International, Koraalrood 50, P.O. Box 1853, 2700 CZ Zoetermeer
Teléfono: +31 793 684 400 • Fax: +31 793 615 698
Correo-e: info@nijhoff.nl • Sitio web: <http://www.nijhoff.nl>

Swets and Zeitlinger b.v., P.O. Box 830, 2160 SZ Lisse
Teléfono: +31 252 435 111 • Fax: +31 252 415 888
Correo-e: infoho@swets.nl • Sitio web: <http://www.swets.nl>

REINO UNIDO

The Stationery Office Ltd, International Sales Agency, P.O. Box 29, Norwich, NR3 1 GN
Teléfono (pedidos) +44 870 600 5552 • (información): +44 207 873 8372 • Fax: +44 207 873 8203
Correo-e (pedidos): book.orders@tso.co.uk • (información): book.enquiries@tso.co.uk • Sitio web: <http://www.tso.co.uk>

Pedidos en línea

DELTA Int. Book Wholesalers Ltd., 39 Alexandra Road, Addlestone, Surrey, KT15 2PQ
Correo-e: info@profbooks.com • Sitio web: <http://www.profbooks.com>

Libros relacionados con el medio ambiente

Earthprint Ltd., P.O. Box 119, Stevenage SG1 4TP
Teléfono: +44 1438748111 • Fax: +44 1438748844
Correo-e: orders@earthprint.com • Sitio web: <http://www.earthprint.com>

REPÚBLICA CHECA

Suweco CZ, S.R.O., Klecakova 347, 180 21 Praga 9
Teléfono: +420 26603 5364 • Fax: +420 28482 1646
Correo-e: nakup@suweco.cz • Sitio web: <http://www.suweco.cz>

REPÚBLICA DE COREA

KINS Inc., Information Business Dept. Samho Bldg. 2nd Floor, 275-1 Yang Jae-dong SeoCho-G, Seúl 137-130
Teléfono: +02 589 1740 • Fax: +02 589 1746 • Sitio web: <http://www.kins.re.kr>

Los pedidos y las solicitudes de información también se pueden dirigir directamente a:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta, Organismo Internacional de Energía Atómica

Centro Internacional de Viena, P.O. Box 100, 1400 Viena, Austria
Teléfono: +43 1 2600 22529 (ó 22530) • Fax: +43 1 2600 29302
Correo-e: sales.publications@iaea.org • Sitio web: <http://www.iaea.org/books>

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA
ISBN 978-92-0-308210-5
ISSN 1020-5837