

Normas de seguridad del OIEA

para la protección de las personas y el medio ambiente

Almacenamiento de desechos radiactivos

Guía de seguridad

No. WS-G-6.1



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, P.O. 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**.

ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIACTIVOS

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 | REPÚBLICA ÁRABE SIRIA |
| BOLIVIA | ISLANDIA | REPÚBLICA |
| BOSNIA Y HERZEGOVINA | ISLAS MARSHALL | 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 |
| CAMERÚN | JORDANIA | RUMANIA |
| CANADÁ | KAZAJSTÁN | SANTA SEDE |
| CHAD | KENYA | SENEGAL |
| CHILE | KIRGUISTÁN | SERBIA |
| CHINA | KUWAIT | SEYCHELLES |
| CHIPRE | LESOTHO | SIERRA LEONA |
| COLOMBIA | LETONIA | SINGAPUR |
| CONGO | LÍBANO | SRI LANKA |
| COREA, REPÚBLICA DE | LIBERIA | SUDÁFRICA |
| COSTA RICA | LIECHTENSTEIN | SUDÁN |
| CÔTE D'IVOIRE | LITUANIA | SUECIA |
| CROACIA | LUXEMBURGO | SUIZA |
| CUBA | MADAGASCAR | TAILANDIA |
| DINAMARCA | MALASIA | TAYIKISTÁN |
| ECUADOR | MALAWI | TÚNEZ |
| EGIPTO | MALÍ | TURQUÍA |
| EL SALVADOR | MALTA | UCRANIA |
| EMIRATOS ÁRABES UNIDOS | MARRUECOS | UGANDA |
| ERITREA | MAURICIO | URUGUAY |
| ESLOVAQUIA | MAURITANIA, REPÚBLICA ISLÁMICA DE | UZBEKISTÁN |
| ESLOVENIA | MÉXICO | VENEZUELA, REPÚBLICA BOLIVARIANA DE |
| ESPAÑA | MÓNACO | VIET NAM |
| ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA | MONGOLIA | YEMEN |
| ESTONIA | MONTENEGRO | ZAMBIA |
| ETIOPÍA | MOZAMBIQUE | ZIMBABWE |
| EX REPÚBLICA YUGOSLAVA DE MACEDONIA | MYANMAR | |
| | 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-6.1

ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIACTIVOS

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA, 2009

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 Promoción y Venta de Publicaciones
Sección Editorial
Organismo Internacional de Energía Atómica
Vienna International Centre
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, 2009

Impreso por el OIEA en Austria
Octubre de 2009

ALMACENAMIENTO DE
DESECHOS RADIACTIVOS
OIEA, VIENA, 2009
STI/PUB/1254
ISBN 978-92-0-310209-4
ISSN 1020-5837

PRÓLOGO

Mohamed ElBaradei
Director General

El Organismo está autorizado por su Estatuto a establecer normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad — normas que el OIEA debe utilizar en sus propias operaciones, y que un Estado puede aplicar mediante sus disposiciones de reglamentación de la seguridad nuclear y radiológica. Ese amplio conjunto de normas de seguridad revisadas periódicamente, junto a la asistencia del OIEA para su aplicación, se ha convertido en elemento clave de un régimen de seguridad mundial.

A mediados del decenio de 1990 se inició una importante reorganización del programa de normas de seguridad del OIEA, modificándose la estructura del comité de supervisión y adoptándose un enfoque sistemático para la actualización de todo el conjunto de normas. Las nuevas normas son de gran calidad y reflejan las mejores prácticas utilizadas en los Estados Miembros. Con la asistencia del Comité sobre Normas de Seguridad, el OIEA está llevando a cabo actividades para promover la aceptación y el uso a escala mundial de sus normas de seguridad.

Sin embargo, las normas de seguridad sólo pueden ser eficaces si se aplican correctamente en la práctica. Los servicios de seguridad de OIEA, que van desde la seguridad técnica, la seguridad operacional y la seguridad radiológica, del transporte y de los desechos hasta cuestiones de reglamentación y de cultura de la seguridad en las organizaciones – prestan asistencia a los Estados Miembros en la aplicación de las normas y la evaluación de su eficacia. Estos servicios de seguridad permiten compartir valiosos conocimientos, por lo que sigo exhortando a todos los Estados Miembros a que hagan uso de ellos.

La reglamentación de la seguridad nuclear y radiológica es una responsabilidad nacional, y son muchos los Estados Miembros que han decidido adoptar las normas de seguridad del OIEA para incorporarlas en sus reglamentos nacionales. Para las Partes Contratantes en las diversas convenciones internacionales sobre seguridad, las normas del OIEA son un medio coherente y fiable de asegurar el eficaz cumplimiento de las obligaciones contraídas en virtud de las convenciones. Los encargados del diseño, los fabricantes y los explotadores de todo el mundo también aplican las normas para mejorar la seguridad nuclear y radiológica en la generación de electricidad, la medicina, la industria, la agricultura, la investigación y la educación.

El OIEA asigna gran importancia al permanente problema que significa para los usuarios y los reguladores en general garantizar un elevado nivel de seguridad en la utilización de los materiales nucleares y las fuentes de radiación en todo el mundo. Su continua utilización en beneficio de la humanidad debe gestionarse de manera segura, objetivo a cuyo logro contribuyen las normas de seguridad del OIEA.

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

NORMAS INTERNACIONALES Y SEGURIDAD

Si bien la seguridad es una responsabilidad nacional, las normas y enfoques internacionales relativos a la seguridad fomentan la coherencia, contribuyen a dar garantías de que las tecnologías nucleares y relacionadas con las radiaciones se utilizan en condiciones de seguridad, y facilitan la cooperación técnica y el comercio internacionales.

Las normas también ayudan a los Estados a cumplir sus obligaciones internacionales. Una obligación internacional general es que un Estado no debe llevar a cabo actividades que ocasionen daños a otro Estado. En los convenios internacionales relativos a la seguridad se exponen obligaciones más específicas para los Estados Contratantes. Las normas de seguridad del OIEA, acordadas internacionalmente, constituyen la base para que los Estados demuestren que cumplen esas obligaciones.

LAS NORMAS DEL OIEA

Las normas de seguridad del OIEA se basan en el Estatuto del OIEA, que autoriza al Organismo a establecer normas de seguridad para instalaciones y actividades nucleares y relacionadas con las radiaciones y proveer a su aplicación.

Las normas de seguridad reflejan un consenso internacional con respecto a lo que constituye un alto nivel de seguridad para proteger a la población y el medio ambiente.

Las normas se publican en la Colección de Normas de Seguridad del OIEA, que comprende tres categorías:

Nociones fundamentales de seguridad

- Presentan los objetivos, conceptos y principios de protección y seguridad y constituyen la base de los requisitos de seguridad.

Requisitos de seguridad

- Establecen los requisitos que deben cumplirse para garantizar la protección de la población y el medio ambiente, tanto en el presente como en el futuro. Estos requisitos, en cuya formulación se emplea generalmente la forma deberá(n) o expresiones como “habrá que”, “hay que”, “habrá de”, “se deberá” (en inglés “shall”), se rigen por los objetivos, conceptos y principios de las Nociones fundamentales de seguridad. Si no se cumplen, deben adoptarse medidas para alcanzar o restablecer el grado de seguridad requerido. Las publicaciones de Requisitos de seguridad están redactadas en forma de textos reglamentarios, lo cual permite su incorporación en leyes y reglamentos nacionales.

Guías de seguridad

- Ofrecen recomendaciones y orientación sobre cómo cumplir los requisitos de seguridad. En la formulación de las recomendaciones de las Guías de seguridad se emplea generalmente la forma debería(n) o expresiones como “conviene”, “se recomienda”, “es aconsejable” (en inglés “should”). Se recomienda adoptar las medidas señaladas u otras medidas equivalentes. Las Guías de seguridad contienen ejemplos de buenas prácticas internacionales y dan cuenta cada vez

más de las mejores prácticas que existen para ayudar a los usuarios que se esfuerzan por alcanzar altos niveles de seguridad. Cada publicación de Requisitos de seguridad está complementada por varias Guías de seguridad, que se pueden utilizar en la elaboración de guías nacionales de reglamentación.

Las normas de seguridad del OIEA deben ser complementadas con normas industriales, y deben aplicarse en el marco de infraestructuras nacionales de reglamentación adecuadas para que sean plenamente eficaces. El OIEA produce una amplia gama de publicaciones técnicas que ayudan a los Estados a elaborar esas normas e infraestructuras nacionales.

PRINCIPALES USUARIOS DE LAS NORMAS

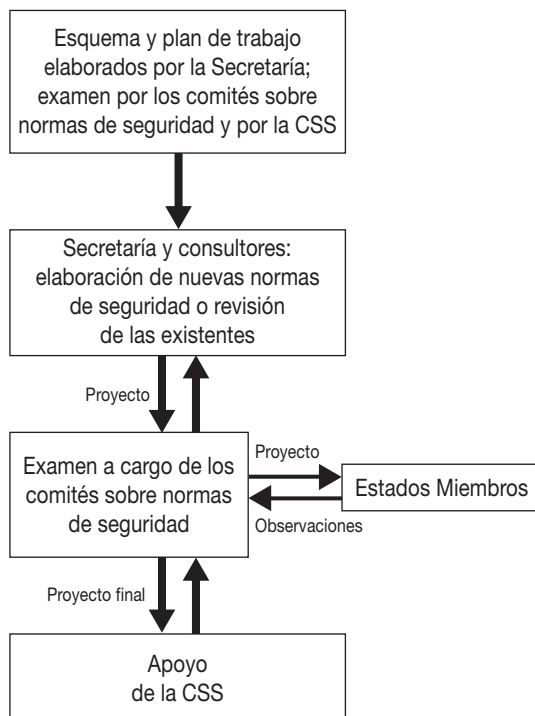
Además de los órganos reguladores y departamentos, autoridades y organismos gubernamentales, las normas son utilizadas por las autoridades y organizaciones explotadoras de la industria nuclear; por organizaciones que se ocupan del diseño, la fabricación y la aplicación de las tecnologías nucleares y relacionadas con las radiaciones, incluidas las organizaciones encargadas del funcionamiento de diversos tipos de instalaciones; por usuarios y otras personas relacionadas con el empleo de las radiaciones y materiales radiactivos en la medicina, la industria, la agricultura, la investigación y la educación; y por ingenieros, científicos, técnicos y otros especialistas. Las normas son utilizadas por el propio OIEA en sus exámenes de la seguridad y en la elaboración de cursos de enseñanza y capacitación.

EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LAS NORMAS

En la elaboración y examen de las normas de seguridad participan la Secretaría del OIEA y cuatro comités de normas de seguridad que se ocupan de la seguridad nuclear (NUSSC), la seguridad radiológica (RASSC), la seguridad de los desechos radiactivos (WASSC) y el transporte seguro de materiales radiactivos (TRANSSC), así como una Comisión sobre normas de seguridad (CSS) que supervisa el programa de normas de seguridad en su conjunto. Todos los Estados Miembros del OIEA pueden designar expertos para que participen en los comités de normas y formulen observaciones sobre los proyectos de norma. Los miembros de la CSS son designados por el Director General y figuran entre ellos altos funcionarios gubernamentales encargados del establecimiento de normas nacionales.

En el caso de las Nociones fundamentales de seguridad y los Requisitos de seguridad, los proyectos aprobados por la Comisión se presentan a la Junta de Gobernadores del OIEA para que apruebe su publicación. Las Guías de seguridad se publican con la aprobación del Director General.

Por medio de este proceso, las normas llegan a representar una opinión consensuada de los Estados Miembros del OIEA. En la elaboración de las normas se tienen en cuenta las conclusiones del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) y las recomendaciones de órganos internacionales de expertos, en particular la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR). Algunas normas se elaboran en cooperación con otros órganos del sistema de las Naciones Unidas u otros organismos especializados, entre ellos la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la Organización Internacional del Trabajo, la Agencia para la Energía



Proceso de elaboración de una nueva norma de seguridad o de revisión de una norma existente.

Nuclear de la OCDE, la Organización Panamericana de la Salud y la Organización Mundial de la Salud.

Las normas de seguridad se mantienen actualizadas: cinco años tras su publicación se examinan para determinar si es necesario hacer una revisión.

APLICACIÓN Y ALCANCE DE LAS NORMAS

De conformidad con el Estatuto del OIEA, las normas de seguridad tienen carácter vinculante para el OIEA en relación con sus propias actividades, así como para los Estados en relación con las actividades para las que el OIEA les preste asistencia. Todo Estado que desee concertar un acuerdo con el OIEA relativo a cualquier forma de asistencia del Organismo debe cumplir los requisitos de las normas de seguridad correspondientes a las actividades que abarque el acuerdo.

Los convenios internacionales también contienen requisitos similares a los que figuran en las normas de seguridad, y tienen carácter preceptivo para las Partes Contratantes. Las Nociones fundamentales de seguridad se utilizaron como base para la elaboración de la Convención sobre Seguridad Nuclear y la Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos. Los Requisitos de seguridad sobre preparación y respuesta a situaciones de emergencia nuclear o radiológica son reflejo de las obligaciones de los

Estados emanadas de la Convención sobre la pronta notificación de accidentes nucleares y la Convención sobre asistencia en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica.

Las normas de seguridad, incorporadas a las legislaciones y reglamentos nacionales y complementadas por convenios internacionales y requisitos nacionales detallados, constituyen la base para la protección de la población y el medio ambiente. No obstante, también existen aspectos especiales de la seguridad que deberán evaluarse caso por caso a escala nacional. Por ejemplo, muchas de las normas de seguridad, en particular las que tratan aspectos de planificación o diseño de la seguridad, se conciben con el fin de aplicarlas principalmente a nuevas instalaciones y actividades. Es posible que algunas instalaciones construidas conforme a normas anteriores no cumplan plenamente los requisitos y recomendaciones especificados en las normas de seguridad del OIEA. Corresponde a cada Estado decidir el modo en que deberán aplicarse las normas de seguridad a esas instalaciones.

INTERPRETACIÓN DEL TEXTO

En las normas de seguridad se usa la expresión “deberá(n)” (en inglés “shall”) con referencia a requisitos, deberes y obligaciones determinados por consenso. Muchos de los requisitos no están dirigidos a una de las partes en particular, lo que significa que incumbiría cumplirlos a la parte, o las partes, que corresponda. En la formulación de las recomendaciones se emplea la forma debería(n) o expresiones como “conviene”, “se recomienda”, “es aconsejable” (en inglés “should”), para indicar un consenso internacional en el sentido de que es necesario tomar las medidas recomendadas (u otras medidas equivalentes) para cumplir con los requisitos.

En la versión del texto en inglés, los términos relacionados con la seguridad se interpretarán como figuran en el Glosario sobre seguridad del OIEA (<http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>); de otro modo, las palabras se utilizan con la ortografía y el significado que se les da en la versión más reciente del Concise Oxford Dictionary. En el caso de las Guías de seguridad, el texto en inglés es la versión autorizada.

En la Introducción que figura en la Sección 1 de cada publicación se hace una explicación de los antecedentes, el contexto, los objetivos, el ámbito y la estructura de cada una de las normas que forman parte de la Colección de Normas de Seguridad.

Toda información para la cual no exista un lugar adecuado dentro del texto principal (por ejemplo, información de carácter auxiliar o independiente del texto principal, se incluye a modo de apoyo a declaraciones que figuran en el texto principal, o para describir métodos de cálculo, procedimientos experimentales o límites y condiciones), y podrá presentarse en apéndices o anexos.

Los apéndices se consideran como parte integrante de una norma. La información que figura en un apéndice tiene el mismo valor que el texto principal y el OIEA asume su autoría. Los anexos y notas de pie de página correspondientes al texto principal sirven para proporcionar ejemplos prácticos o información o explicaciones adicionales. Un anexo no es parte integrante del texto principal. La información publicada por el OIEA en forma de anexos no es necesariamente de su autoría; la información que deba figurar en las normas y que corresponda a otros autores podrá presentarse en forma de anexos. Otro tipo de información en anexos podrá adaptarse y tomarse de otras fuentes, según convenga, de modo que sea de utilidad general para el lector.

ÍNDICE

| | | |
|----|--|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| | Antecedentes (1.1–1.6) | 1 |
| | Objetivo (1.7) | 2 |
| | Alcance (1.8–1.12) | 3 |
| | Estructura (1.13)..... | 4 |
| 2. | PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE (2.1–2.6)..... | 4 |
| 3. | FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES | 6 |
| | Consideraciones generales (3.1–3.3) | 6 |
| | Responsabilidades del gobierno (3.4–3.5)..... | 6 |
| | Responsabilidades del órgano regulador (3.6–3.10) | 7 |
| | Responsabilidades de los explotadores (3.11–3.20)..... | 8 |
| | Sistema de gestión (3.21–3.22) | 10 |
| 4. | CONSIDERACIONES COMUNES DE SEGURIDAD PARA LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS (4.1–4.19) | 11 |
| 5. | DISEÑO Y EXPLOTACIÓN DE INSTALACIONES PEQUEÑAS DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIATIVOS | 15 |
| | Consideraciones generales (5.1–5.9) | 15 |
| | Almacenamiento para desintegración (5.10–5.13)..... | 16 |
| | Preparación para emergencias (5.14)..... | 17 |
| | Embalaje de los desechos (5.15–5.18) | 18 |
| | Diseño de instalaciones pequeñas de almacenamiento de desechos radiactivos (5.19–5.30) | 19 |
| | Explotación de instalaciones pequeñas de almacenamiento de desechos radiactivos (5.31–5.38) | 21 |

| | | |
|----|---|----|
| 6. | DISEÑO Y EXPLOTACIÓN DE INSTALACIONES GRANDES DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIATIVOS | 23 |
| | Consideraciones generales (6.1–6.3) | 23 |
| | Preparación para emergencias (6.4)..... | 24 |
| | Elaboración de la documentación relativa a la seguridad (6.5) | 25 |
| | Caracterización y criterios de aceptación de los desechos radiactivos (6.6–6.9) | 25 |
| | Cuerpo de los desechos y embalajes de los desechos (6.10–6.20) ... | 26 |
| | Diseño de instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos (6.21–6.62) | 29 |
| | Puesta en servicio de instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos (6.63–6.64) | 38 |
| | Explotación de las instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos (6.65–6.83) | 38 |
| | Clausura de las instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos (6.84–6.85) | 43 |
| | Almacenamiento a largo plazo de desechos radiactivos (6.86–6.90) | 44 |
| | APÉNDICE: EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIATIVOS..... | 47 |
| | REFERENCIAS | 53 |
| | COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y REVISIÓN | 57 |
| | ENTIDADES ENCARGADAS DE LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA | 59 |

1. INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

1.1. Los desechos radiactivos se generan en una amplia gama de actividades que implican una gran variedad de materiales radiactivos asociados, por ejemplo, con el funcionamiento de instalaciones nucleares, la utilización de fuentes radiactivas selladas en la industria, el empleo de radionucleidos de origen artificial en hospitales y laboratorios, y la clausura de esas instalaciones. Las características físicas, químicas y radiológicas de los desechos procedentes de estas actividades presentan grandes diferencias.

1.2. Los principios y requisitos para la gestión segura de los desechos radiactivos con miras a la protección de la salud humana y el medio ambiente están establecidos en las normas de seguridad del OIEA: Principios fundamentales de seguridad [1], Infraestructura legal y estatal para la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte [2], Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, incluida la clausura [3] y las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación (NBS) [4]. En esta Guía de Seguridad y varias Guías de Seguridad relacionadas con ella [5–7] se exponen recomendaciones sobre la aplicación de esos principios mediante el cumplimiento de estos requisitos en la medida en que corresponden al almacenamiento de desechos radiactivos.

1.3. Una vez generados, los desechos radiactivos no tratados pueden ser sometidos a una serie de procesos de gestión de desechos antes de su disposición final, por ejemplo, manipulación, tratamiento y acondicionamiento. A lo largo de estas etapas, los desechos radiactivos pueden verse almacenados en varias fases, de modo que se almacenarán en forma procesada y no procesada y por periodos de tiempo variables.

1.4. Existen múltiples razones por las que puede ser conveniente almacenar los desechos radiactivos durante periodos de tiempo variables. Como ejemplos se pueden citar los siguientes:

- a) Permitir la desintegración de radionucleidos de periodo corto en un nivel en el que los desechos radiactivos puedan ser eximidos de control reglamentario (dispensa) o autorizados para vertido, o reciclado y reutilización;

- b) Recoger y acumular una cantidad suficiente de desechos radiactivos antes de su traslado a otra instalación para su tratamiento y acondicionamiento;
- c) Recoger y acumular una cantidad suficiente de desechos radiactivos antes de su disposición final;
- d) Reducir la tasa de producción de calor de los desechos radiactivos de alto nivel antes de su disposición final y, en algunos casos, antes de las fases de la gestión anterior a la disposición;
- e) Facilitar el almacenamiento a largo plazo de desechos radiactivos en aquellos Estados que carecen de una instalación adecuada para la disposición final.

Los ejemplos a), b) y c) suelen darse en instalaciones pequeñas de almacenamiento de desechos radiactivos, en las que el almacenamiento sólo tiene que ver accidentalmente con la finalidad primaria de la instalación. Los ejemplos d) y e) están generalmente relacionados con instalaciones más grandes que se encargan del tratamiento y almacenamiento de desechos procedentes de instalaciones del ciclo del combustible nuclear e instalaciones centralizadas en las que se recogen y procesan desechos de muchos pequeños usuarios de fuentes radiactivas.

1.5. El periodo de almacenamiento puede ser sumamente variable y puede durar tan sólo unos cuantos días, semanas o meses en caso de almacenamiento para la desintegración o almacenamiento previo al traslado de los desechos a otra instalación. Los periodos de almacenamiento ampliado por muchos años pueden resultar necesarios en caso de almacenamiento de desechos de alto nivel para que se enfríen o para el almacenamiento a largo plazo de desechos radiactivos para los que no existe todavía una opción de disposición final.

1.6. La instalación de almacenamiento puede encontrarse en la instalación que genera los desechos, por ejemplo una central nuclear, un hospital o un laboratorio, o puede tratarse de un local aparte, como una instalación centralizada o una instalación nacional de tratamiento y almacenamiento. Las instalaciones de almacenamiento pueden ser desde armarios y cuartitos seguros en laboratorios hasta instalaciones de grandes dimensiones construidas al servicio de una central nuclear.

OBJETIVO

1.7. El objetivo de esta Guía de Seguridad consiste en proporcionar a los órganos reguladores y los explotadores que generan y gestionan desechos

radiactivos recomendaciones sobre cómo cumplir los requisitos de seguridad establecidos en la Ref. [3] para el almacenamiento seguro de los desechos radiactivos. Los consejos que se dan son aplicables a todas las instalaciones de almacenamiento, si bien hay secciones separadas para las instalaciones pequeñas y las grandes. El almacenamiento de desechos radiactivos significa mantener esos desechos en una instalación que asegure su contención, con intenciones de recuperación.

ALCANCE

1.8. Esta Guía de Seguridad se aplica al almacenamiento de desechos radiactivos sólidos, líquidos y gaseosos en una amplia gama de instalaciones, comprendidas aquéllas en las que se generan, tratan y acondicionan los desechos. La instalación de almacenamiento puede ser desde una alacena o un armario seguros en un laboratorio, pasando por espacios más amplios como salas o edificios, hasta un emplazamiento de grandes dimensiones dedicado al almacenamiento de desechos radiactivos.

1.9. Esta Guía de Seguridad no versa sobre:

- a) El almacenamiento de los desechos resultantes de la extracción y el procesamiento de menas y minerales de uranio y torio;
- b) El almacenamiento de otros desechos con concentraciones elevadas de radionucleidos naturalmente presentes y desechos de actividades de procesamiento de minerales;
- c) El almacenamiento en húmedo o seco de combustible nuclear gastado, que se trata en las Refs [6, 8–10].

1.10. Pueden darse en la práctica una gran variedad de tipos de desechos y necesidades de almacenamiento, por ejemplo en lo que respecta a la duración de éste, el inventario radiactivo, los períodos de los radionucleidos y los riesgos radiológicos correspondientes. Por consiguiente, se espera que los consejos que aquí se exponen se apliquen de conformidad con los requisitos de seguridad específicos propios de cada situación. En un planteamiento diferenciado de la aplicación de los requisitos de seguridad [11, 12], la puesta en práctica de las medidas de seguridad debe ser proporcionada a la índole y el nivel del riesgo asociado con los tipos de desechos y el inventario de radionucleidos. El órgano regulador debe facilitar directrices sobre la medida en que los diversos aspectos de esta Guía de Seguridad son relevantes y adecuados para una determinada instalación de almacenamiento.

1.11. Esta Guía de Seguridad está destinada a aplicarse a instalaciones nuevas, pero se puede aplicar también a instalaciones ya existentes. En función del riesgo relativo, debe realizarse un examen de la seguridad de las instalaciones existentes para determinar si se precisan medidas para mejorarla.

1.12. Puede haber riesgos no radiológicos importantes relacionados con el almacenamiento de desechos radiactivos. En esta Guía de Seguridad se proporciona un asesoramiento limitado sobre las medidas que deben adoptarse a este respecto. Si ciertas propiedades no radiológicas como la corrosividad, la inflamabilidad, el carácter explosivo, la toxicidad y la patogenicidad pueden afectar a la gestión segura del riesgo radiológico, han de tenerse en cuenta en la evaluación de la seguridad. Debe recabarse al órgano regulatorio correspondiente asesoramiento en cuanto a los riesgos no radiológicos en los campos de la salud y la seguridad industriales y la protección del medio ambiente.

ESTRUCTURA

1.13. Esta Guía de Seguridad facilita asesoramiento específico para instalaciones de almacenamiento de pequeñas y grandes dimensiones, y asesoramiento común para unas y otras. Las secciones 2 y 3 versan, respectivamente, sobre la protección de la salud humana y el medio ambiente, y funciones y responsabilidades. La sección 4 expone consideraciones generales de seguridad tecnológica en el almacenamiento de desechos radiactivos que son comunes a las instalaciones grandes y pequeñas. Las secciones 5 y 6 facilitan directrices sobre la seguridad en el diseño y la explotación de instalaciones de almacenamiento pequeñas y grandes, respectivamente. La información sobre la evaluación de la seguridad aplicada al almacenamiento de desechos radiactivos se facilita en el Apéndice.

2. PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE

2.1. Los requisitos para la protección radiológica están establecidos en las NBS [4]. En particular, la protección frente a la radiación de cualquier persona que se haya visto expuesta como consecuencia del almacenamiento de desechos radiactivos ha de ser optimizada (véanse párrs. 2.24 y 2.25 de las NBS [4]), con la

debida consideración a las restricciones de la dosis, y es preciso que las exposiciones de individuos se mantengan dentro de los límites de dosis especificados.

2.2. El almacenamiento de desechos radiactivos debe garantizar la protección tanto de la salud humana como del medio ambiente, tanto en la actualidad como en el futuro, sin imponer cargas indebidas a las generaciones venideras [1]. Los requisitos de seguridad establecidos en la sección 2 de la Ref. [3] relativos a la protección de la salud humana y el medio ambiente son aplicables al almacenamiento de los desechos radiactivos.

2.3. En el diseño y la explotación de las instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos, es necesario brindar protección a los trabajadores, al público y el medio ambiente de conformidad con los requisitos y principios de las Refs. [1, 4], por ejemplo:

- a) Las dosis de radiación a los trabajadores y el público como consecuencia de actividades de almacenamiento de desechos no deben sobrepasar los límites pertinentes establecidos en las NBS;
- b) Las instalaciones de almacenamiento son diseñadas y explotadas de modo que la protección radiológica de los trabajadores y el público es optimizada de conformidad con los requisitos de las NBS;
- c) Las consecuencias de cualquier fallo o accidente previsible serían tales que las acciones de protección se optimicen como exigen las NBS.

2.4. Los vertidos al medio ambiente de las instalaciones de almacenamiento deben controlarse de conformidad con las orientaciones facilitadas en la Ref. [13] y todas las condiciones específicas impuestas por el órgano regulador.

2.5. La adecuación de las medidas de control adoptadas para limitar la exposición de los trabajadores ha de verificarse por medio de una supervisión individual y la supervisión de la zona.

2.6. En la generación y el almacenamiento de desechos, así como en las etapas ulteriores de la gestión, se debe fomentar y mantener una cultura de seguridad que propicie una actitud de cuestionamiento y aprendizaje en relación con la protección y la seguridad tecnológica, y se oponga a la complacencia [4, 14].

3. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES

CONSIDERACIONES GENERALES

3.1. El almacenamiento de desechos debe llevarse a cabo en un marco jurídico nacional apropiado que contemple una clara distribución de responsabilidades [2] y garantice un control regulador efectivo de las instalaciones y actividades [3]. El marco jurídico nacional debe garantizar también el cumplimiento de otras obligaciones nacionales e internacionales pertinentes. Los requisitos para crear un marco nacional y las responsabilidades del órgano regulador en cuanto a la garantía de seguridad, comprendida la seguridad del almacenamiento de desechos radiactivos, están establecidos en la Ref. [2]. Las obligaciones internacionales, cuando sean aplicables, están establecidas en la Convención Conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos [15].

3.2. La gestión de los desechos radiactivos puede dar lugar al traslado de los desechos de un explotador a otro. El marco jurídico debe contener medidas para asegurar una clara distribución de la responsabilidad en materia de seguridad a lo largo de la totalidad del proceso de gestión previo a la disposición final, en particular por lo que respecta al almacenamiento, y comprendiendo cualquier traslado entre explotadores. La continuidad de la responsabilidad de la seguridad ha de garantizarse mediante la autorización del órgano regulador. En caso de traslados entre Estados, hay que obtener autorización de cada uno de los órganos reguladores nacionales correspondientes.

3.3. Las responsabilidades reguladora y operacional de la gestión de desechos radiactivos deben especificarse con claridad y separarse funcionalmente. No se debe atribuir a la vez a una sola organización la responsabilidad operacional y reguladora de la gestión de desechos.

RESPONSABILIDADES DEL GOBIERNO

3.4. El gobierno es responsable de establecer las políticas y estrategias nacionales para la gestión de los desechos radiactivos y de proporcionar el marco jurídico necesario para aplicarlas. Las políticas y estrategias para la gestión de los desechos deben contemplar los tipos de instalación de almacenamiento que sean adecuados para el inventario nacional de desechos.

3.5. El gobierno debe consultar a las partes interesadas (esto es, los implicados en las actividades de gestión de los desechos o los afectados por ellas) sobre las cuestiones relacionadas con la formulación de políticas y estrategias que afecten a la seguridad tecnológica de las grandes instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos.

RESPONSABILIDADES DEL ÓRGANO REGULADOR

3.6. El órgano regulador ha de prestar asesoramiento a los explotadores sobre los requisitos relacionados con el almacenamiento de desechos radiactivos y la dispensa de material (o sea, la eliminación de todo control regulador ulterior). Las responsabilidades pueden abarcar la contribución a la aportación técnica en la definición de políticas, principios de seguridad y criterios asociados, y el establecimiento de reglas o condiciones que sirvan de base de sus acciones reguladoras (ver Ref. [3], párrs. 3.1 y 3.2). En el cumplimiento de sus obligaciones, el órgano regulador debe hacerse cargo de las funciones pertinentes que se especifican en la Ref. [2].

3.7. Teniendo en cuenta la amplia gama de riesgos potenciales, según el carácter de la instalación, habrá que adoptar un planteamiento regulador diferenciado que se corresponda con el nivel de riesgo. Una autorización en forma de inscripción en registro puede ser suficiente para muchas pequeñas operaciones de almacenamiento; la autorización de una instalación de almacenamiento pequeña debe ser cubierta por la autorización de la instalación en la que se utilicen las fuentes de radiación. Para las grandes instalaciones de almacenamiento, probablemente hará falta una licencia para garantizar el nivel de control requerido.

3.8. En la Ref. [16] figuran recomendaciones generales formuladas por el órgano regulador sobre el examen y la evaluación de la seguridad de las instalaciones nucleares, comprendidas las instalaciones para el almacenamiento de desechos radiactivos. Las recomendaciones sobre la documentación relativa al proceso regulador de las instalaciones nucleares se encuentran en la Ref. [17]. El asesoramiento relativo a los elementos de la infraestructura reguladora nacional que es necesaria para alcanzar un nivel adecuado de protección y seguridad para las fuentes de radiación utilizadas en la medicina, la industria, la agricultura, la investigación y la educación figura en la Ref. [18].

3.9. Como los desechos pueden permanecer almacenados durante periodos de tiempo prolongados antes de su disposición final, el órgano regulador debe

confirmar que el explotador proporciona los recursos humanos, técnicos y financieros necesarios para la vida de la instalación de almacenamiento, en la medida en que esa confirmación forma parte de sus obligaciones estatutarias.

3.10. El órgano regulador debe verificar periódicamente la aceptabilidad de aspectos esenciales de la explotación del almacenamiento, como el mantenimiento de registros, inventarios y documentos de traslado de material; el cumplimiento de los criterios de embalaje para almacenamiento; el mantenimiento de la instalación; y la vigilancia y la supervisión. Todo esto debe efectuarse, por ejemplo, mediante inspecciones rutinarias de la instalación de almacenamiento y auditorías regulares de la documentación del explotador. El órgano regulador tiene que confirmar que se preparan los registros necesarios y que se conservan durante un período de tiempo apropiado. La lista de esos documentos figura en la Ref. [17].

RESPONSABILIDADES DE LOS EXPLOTADORES

3.11. El explotador es responsable de la seguridad tecnológica de todas las actividades en el almacenamiento de desechos radiactivos y de la ejecución de los programas y procedimientos necesarios para garantizar la seguridad. De conformidad con el enfoque diferenciado, los programas y procedimientos necesarios para garantizar la seguridad serán por lo general menos extensos para el explotador de una instalación pequeña.

3.12. Típicamente, las responsabilidades del explotador de una instalación grande de almacenamiento de desechos radiactivos son:

- a) Dirigir una solicitud al órgano regulador para ubicar, construir, explotar, modificar o clausurar una instalación de almacenamiento de desechos;
- b) Realizar las correspondientes evaluaciones ambientales y evaluaciones de la seguridad en apoyo de la solicitud de licencia;
- c) Explotar la instalación de acuerdo con las condiciones de la licencia y las reglas aplicables;
- d) Formular y aplicar criterios de aceptación para el almacenamiento de desechos radiactivos;
- e) Presentar informes periódicos al órgano regulador sobre la seguridad tecnológica de la instalación (por ejemplo, sobre el inventario actual y el inventario futuro estimado y los traslados de desechos a la instalación y desde ella).

No todos los puntos aquí enumerados se aplican a los explotadores pequeños. Así por ejemplo, no se espera que un pequeño explotador tenga que hacer trámites para la selección del emplazamiento.

3.13. Con anterioridad a la autorización de una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos, el explotador debe facilitar al órgano regulador los planes para la gestión a largo plazo de los desechos radiactivos almacenados. Hay que informar de esos planes al público, en especial a las comunidades residentes en las proximidades de la instalación de almacenamiento.

3.14. El explotador tiene que demostrar la seguridad tecnológica de la instalación por medio de una evaluación de la seguridad proporcional a los riesgos previstos. En el caso de instalaciones más pequeñas y más sencillas, el órgano regulador puede establecer límites de inventario genéricos en lugar de exigir una evaluación completa de la seguridad. El asesoramiento para preparar la evaluación de la seguridad de instalaciones para la gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos se facilita en las Refs. [5–7]. Más información sobre la evaluación de la seguridad tecnológica para el almacenamiento de desechos radiactivos figura en el Apéndice.

3.15. El explotador de una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos debe utilizar la evaluación de la seguridad para proponer límites y condiciones operacionales específicos para la instalación. El explotador podría fijar un margen administrativo inferior a los límites operacionales aprobados por el órgano regulador como meta operacional para permanecer dentro de los límites y las condiciones operacionales aprobados.

3.16. El explotador ha de determinar las cantidades y concentraciones máximas de materiales radiactivos u otros materiales peligrosos que puedan verse de modo inocuo en el medio ambiente y tiene que documentar esos vertidos.

3.17. En una fase temprana de la vida de una instalación de almacenamiento de desechos, el explotador de la misma tiene que preparar planes para su clausura eventual. En el caso de instalaciones nuevas, la clausura se debe tener en cuenta en la fase de diseño. El asesoramiento sobre clausura se facilita en las Refs. [19, 20].

3.18. El explotador de una instalación grande de almacenamiento de desechos radiactivos debe realizar pruebas preoperacionales y pruebas de puesta en

funcionamiento para demostrar el cumplimiento de los requisitos de seguridad establecidos por el órgano regulador.

3.19. En función de los riesgos asociados con la instalación de almacenamiento de desechos, el explotador de la instalación debe preparar planes y ejecutar programas para la supervisión del personal, la supervisión de la zona y la supervisión del medio ambiente, así como para la preparación y la respuesta en caso de emergencia.

3.20. El explotador de una instalación de almacenamiento de desechos ha de instaurar los mecanismos apropiados para garantizar la disponibilidad de los recursos financieros suficientes para llevar a cabo cuantas tareas resulten necesarias a lo largo de toda la vida de la instalación de almacenamiento, comprendida su clausura [2].

SISTEMA DE GESTIÓN

3.21. El explotador ha de establecer, poner en práctica, evaluar y mejorar constantemente [11] un sistema de gestión que debe aplicarse a todas aquellas fases del almacenamiento de desechos radiactivos que influyen en la seguridad. Debe alinearse con los objetivos de la organización y contribuir al logro de los mismos. El alcance del sistema de gestión debe abarcar la ubicación, el diseño, la explotación y el mantenimiento de una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos. El sistema de gestión debe ser diseñado para garantizar que se mantiene la seguridad de los desechos almacenados y la de la propia instalación, y que se preserva la calidad de los documentos y de la información subsidiaria, como el marcado y etiquetado de los embalajes de los desechos. Un sistema de gestión ha de contener también disposiciones que garanticen la posibilidad de demostrar el logro de sus objetivos.

3.22. Debe aplicarse el sistema de gestión al procesamiento de los desechos para garantizar el cumplimiento de todos los requisitos de aceptación de éstos en cuanto al almacenamiento y, en la medida de lo posible, en cuanto a la disposición final. Las directrices generales sobre los sistemas de gestión para cada fase de la vida de una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos figuran en la Ref. [11].

4. CONSIDERACIONES COMUNES DE SEGURIDAD PARA LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS

4.1. Una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos debe diseñarse y explotarse de modo que quede asegurado que la protección radiológica de los trabajadores y del público se optimiza como exigen las NBS, se garantiza la contención y se facilita la recuperación de los desechos.

4.2. En la medida en que resulte practicable, los desechos radiactivos deben almacenarse según las recomendaciones de seguridad tecnológica pasiva, entre ellas las siguientes:

- a) El material radiactivo debe permanecer inmóvil;
- b) El cuerpo de los desechos y su contenedor han de ser física y químicamente estables;
- c) Se debe eliminar la energía del cuerpo de los desechos;
- d) Hay que adoptar un enfoque de barreras múltiples para garantizar la contención;
- e) El cuerpo de los desechos y su contenedor deben ser resistentes al deterioro;
- f) El entorno de almacenamiento de los desechos debe alargar la vida del embalaje de éstos;
- g) Se debe reducir al mínimo la necesidad de sistemas activos de seguridad para garantizar ésta;
- h) Se deben reducir al mínimo la supervisión y el mantenimiento para garantizar la seguridad;
- i) Se debe reducir al mínimo la necesidad de intervención humana para garantizar la seguridad;
- j) El edificio de almacenamiento de desechos ha de ser resistente a los riesgos previsibles;
- k) Hay que facilitar el acceso al edificio de almacenamiento de los desechos para responder a los incidentes;
- l) No debe haber necesidad de medidas correctivas inmediatas en caso de incidente;
- m) Los embalajes de desechos deben poder inspeccionarse;
- n) Los embalajes de desechos deben ser recuperables para inspección o reelaboración;

- o) La vida del edificio de almacenamiento de desechos ha de ser apropiada para el periodo de almacenamiento previo a la disposición final de los desechos;
- p) La instalación de almacenamiento de desechos debe permitir su recuperación ;
- q) El embalaje de los desechos ha de ser aceptable para la disposición final de éstos.

4.3. Para el almacenamiento de desechos radiactivos, deben reunirse, administrarse y mantenerse una serie de documentos de conformidad con un sistema de gestión (ver párrs. 3.21, 3.22). El alcance y el detalle de los documentos dependerá del riesgo asociado con la instalación y de la complejidad de las operaciones y actividades.

4.4. El alcance y el detalle de la documentación relativa a la seguridad deben corresponder a los riesgos, el inventario radiactivo y las características de los desechos. El párr. 6.5 facilita asesoramiento sobre el contenido de la documentación relativa a la seguridad.

4.5. La evaluación de la seguridad comprende una evaluación de los aspectos de diseño y explotación de una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos para garantizar la protección de los trabajadores y del público, así como la protección del medio ambiente en condiciones normales y en condiciones de accidente. La evaluación de la seguridad debe reevaluarse periódicamente y, en caso necesario, revisarse, para reflejar los cambios que se hayan producido en las condiciones, las instalaciones o los procedimientos.

4.6. El almacenamiento de desechos debe planearse basándose en información documentada (pronósticos de desechos) sobre las cantidades y los tipos de desechos que podrían generarse.

4.7. Las instalaciones de almacenamiento y los embalajes de los desechos han de contemplar el almacenamiento seguro de los desechos teniendo en cuenta la forma de éstos (sólida, líquida o gaseosa), su contenido de radionucleidos y períodos, sus concentraciones de actividad, el inventario radiactivo total, sus características no radiológicas y la duración prevista del almacenamiento. Las características del diseño y la explotación de la instalación han de ser tales que garanticen que los desechos pueden ser recibidos, manipulados, almacenados y recuperados sin exposición indebida a la radiación por parte de los trabajadores ni del público o repercusiones para el medio ambiente.

4.8. Las instalaciones de almacenamiento de desechos tienen que ser diseñadas y explotadas de manera que se reduzcan al mínimo la probabilidad y las consecuencias de incidentes y accidentes.

4.9. Deben considerarse también en el diseño y la explotación de las instalaciones de almacenamiento los riesgos no radiológicos imputables a características físicas, químicas y patogénicas de los desechos, ya que las interacciones de éstos pueden tener consecuencias para la salud humana y el medio ambiente. Esas interacciones podrían incluir la producción de gases nocivos por procesos biológicos y la producción de sustancias corrosivas por procesos químicos.

4.10. En el diseño de una instalación de almacenamiento de desechos, la atención debe concentrarse en la contención de los desechos; por ejemplo, en la integridad de las estructuras y el equipamiento de la instalación, así como en la integridad de los cuerpos de los desechos y los contenedores por toda la duración prevista del almacenamiento. Hay que considerar las interacciones entre los desechos, los contenedores y su medio ambiente (por ejemplo, procesos de corrosión debidos a reacciones químicas o galvánicas). Para ciertos tipos de desechos (v.gr., desechos líquidos corrosivos) hay que adoptar precauciones especiales, como el uso de contenedores con doble pared, muros de contención y revestimientos impermeables.

4.11. Hay que idear y poner en práctica un sistema de rastreo de los bultos de desechos. Ese sistema debe facilitar la identificación de los embalajes de desechos y sus ubicaciones respectivas, así como un inventario de los desechos almacenados. La complejidad del sistema de rastreo de desechos que se precise (v.gr., que comprenda etiquetado y código de barras) dependerá del número de embalajes de desechos, la duración prevista del almacenamiento de éstos y el riesgo relacionado.

4.12. Es necesario instaurar controles de seguridad y de acceso en las instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos para impedir el acceso no autorizado de personas y el traslado no autorizado de material radiactivo. El nivel del control de seguridad y acceso que precisa una instalación de almacenamiento de desechos ha de ser adecuado a los riesgos radiológicos y a la índole de los desechos.

4.13. Las necesidades de capacitación y calificación del personal variarán según las dimensiones de la instalación, el inventario de radiactividad, la complejidad y la gama de las actividades realizadas y los riesgos asociados. El

explotador ha de garantizar que todo el personal comprende la naturaleza de los desechos, los riesgos que conllevan y los procedimientos correspondientes de operación y seguridad. El personal de supervisión debe ser competente para cumplir sus obligaciones y, por consiguiente, tiene que ser seleccionado, capacitado, calificado y autorizado al efecto. Donde resulte adecuado, se designará a un funcionario especializado en protección radiológica para que supervise la aplicación de los requisitos de seguridad tecnológica y protección radiológica.

4.14. El personal de operación debe recibir capacitación para que responda debidamente a las desviaciones de las condiciones operacionales normales (o sea, condiciones de emergencia y accidente).

4.15. Hay que aplicar prácticas operacionales sólidas y controles administrativos apropiados al nivel de riesgo en la explotación de una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos. El explotador de una instalación grande de almacenamiento de desechos radiactivos ha de establecer claramente y documentar las obligaciones y las responsabilidades de todos los cargos dentro de la estructura de organización.

4.16. Los desechos radiactivos deben almacenarse separadamente de forma que puedan recuperarse para su ulterior tratamiento, traslado a otra instalación de almacenamiento o disposición final. La separación de los desechos puede también reducir la exposición de los trabajadores en las operaciones normales y limitar la gravedad de las consecuencias en condiciones de accidente. Los desechos radiactivos deben almacenarse aparte de los desechos no radiactivos para evitar la contaminación cruzada y la supresión accidental del control. Hay requisitos establecidos, y se ofrece más asesoramiento sobre la separación de los desechos radiactivos en las Refs. [3, 5, 6].

4.17. La necesidad y amplitud de las actividades y pruebas de puesta en servicio variarán de conformidad con las dimensiones, la complejidad y el contenido de la instalación de almacenamiento. La puesta en servicio implica una progresión lógica de tareas y pruebas para demostrar el correcto funcionamiento del equipo específico y las características incorporadas en el diseño de la instalación de almacenamiento para garantizar su seguridad. Es preciso demostrar y confirmar la adecuación del diseño de la instalación y de los procedimientos operacionales, así como la preparación del personal para explotar la instalación.

4.18. Las fuentes selladas en desuso deben aislarse y almacenarse aparte a causa de su elevado potencial de riesgo. Aunque pueden no haber sido declaradas como desechos, las fuentes selladas en desuso que aguardan su reutilización o reciclado suelen depositarse en instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos. La seguridad tecnológica y física de las fuentes en desuso se comentan en las Refs. [21, 22].

4.19. Las fuentes selladas en desuso pueden requerir acondicionamiento o encapsulación antes de su colocación en una instalación de almacenamiento [23]. Los métodos de acondicionamiento han de someterse a la aprobación del órgano regulador. En el caso de fuentes selladas en desuso mantenidas en almacenamiento por periodos prolongados se debe verificar a intervalos regulares que no presentan escapes.

5. DISEÑO Y EXPLOTACIÓN DE INSTALACIONES PEQUEÑAS DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIATIVOS

CONSIDERACIONES GENERALES

5.1. Típicamente, los pequeños inventarios de desechos radiactivos que comprenden radionucleidos con periodos relativamente breves se manejan en instalaciones pequeñas de almacenamiento de desechos. Las actividades sencillas de tratamiento de desechos, como la compactación de poca fuerza, pueden llevarse también a cabo en instalaciones pequeñas de almacenamiento de desechos. Además, se pueden manejar en estas instalaciones pequeñas de almacenamiento fuentes selladas de distintos tipos.

5.2. Algunos tipos de desechos radiactivos pueden permanecer almacenados por periodos específicos para dejar que la radiactividad se desintegre hasta niveles que permitan su vertido autorizado o la retirada del control regulador (o sea, dispensa). El almacenamiento puede ser también necesario por motivos operacionales, por ejemplo, para albergar el traslado de desechos fuera del emplazamiento a una instalación de tratamiento de desechos a intervalos especificados de tiempo.

5.3. Conviene pensar en el almacenamiento de desechos en instalaciones centralizadas en vez de en diversas instalaciones en el emplazamiento, ya que habrá oportunidades de adoptar normas de seguridad más estrictas y de realizar a la vez economías de escala.

5.4. Para la mayoría de las instalaciones pequeñas de almacenamiento, convendrán unas características de diseño sencillas junto con unos procedimientos de explotación igualmente sencillos.

5.5. Los desechos radiactivos almacenados han de ser caracterizados (por ejemplo, por tipo de radionucleido, inventario, concentración de actividad, periodo y propiedades físicas, químicas y patogénicas de los desechos), y los resultados deben documentarse en un registro de inventario. Si hay que almacenar desechos radiactivos patogénicos, deben ser desactivados antes de almacenarlos [24].

5.6. Todos los embalajes de desechos y su documentación deben identificarse con un único código a efectos de rastreo. En la mayoría de los casos bastarán un simple rótulo indeleble resistente a los cambios de tiempo y un libro de registro.

5.7. Cuando se produzcan desechos radiactivos biomédicos en grandes cantidades, habrá que considerar si es necesaria una zona aparte de almacenamiento para desechos radiactivos biomédicos.

5.8. Los desechos que hayan de ser enviados a una instalación centralizada de almacenamiento de desechos deben embalsarse de acuerdo con los criterios de aceptación de desechos de la instalación receptora.

5.9. Los desechos radiactivos deben embalsarse de tal modo que no resulten accesibles a plagas como los insectos o los roedores, ya que pueden suponer una seria amenaza para su contención. Lo antedicho se aplica especialmente al almacenamiento de desechos radiactivos biopeligrosos o a los desechos almacenados en bolsas de plástico.

ALMACENAMIENTO PARA DESINTEGRACIÓN

5.10. El almacenamiento para desintegración es particularmente importante para la dispensa de desechos radiactivos que contienen radioisótopos de período corto. La dispensa es la supresión del control reglamentario del

material radiactivo siempre que las concentraciones de radionucleidos sean inferiores a los niveles de dispensa específicos de éstos. La experiencia práctica pone de manifiesto que el almacenamiento para desintegración es adecuado para los desechos contaminados por radionucleidos con un período de menos de 100 d aproximadamente. Por ejemplo, los desechos radiactivos procedentes de la medicina nuclear, como excreciones que contengan ^{99m}Tc (período en torno a 6 h), pueden almacenarse para desintegración y vertido ulterior.

5.11. La duración del almacenamiento para desintegración ha de ser suficientemente prolongada para reducir la actividad inicial a niveles inferiores a los de dispensa. Los niveles genéricos de dispensa y asesoramiento para la derivación de niveles de dispensa se facilitan en las Refs. [25, 26].

5.12. Las medidas de control para el almacenamiento de desechos radiactivos para desintegración y su ulterior puesta fuera del control reglamentario han de ser rigurosas. Hay que determinar cuidadosamente la concentración de actividad de los desechos, y los desechos designados para desintegración deben separarse de los demás, desde el punto de producción hasta el término del período de desintegración y su disposición final. Deben efectuarse mediciones representativas en muestras tomadas y analizadas antes de eliminar el control de cada partida. Durante la toma de muestras, los trabajadores deben protegerse tanto frente a los riesgos radiológicos como los no radiológicos.

5.13. Aunque el almacenamiento para desintegración es también la opción preferida para los desechos radiactivos biopeligrosos y otros desechos perecederos, como los cadáveres de animales, esos desechos deben separarse y guardarse en un armario congelador o refrigerador para su almacenamiento para desintegración. Los desechos radiactivos biopeligrosos desintegrados no deben disponerse en un emplazamiento tapado con tierra, a no ser que se haya obtenido la aprobación específica del órgano regulador. La incineración de esos desechos es por lo general la opción preferida; más asesoramiento sobre las condiciones en que tales desechos pueden ser incinerados de modo seguro debe solicitarse al órgano competente correspondiente.

PREPARACIÓN PARA EMERGENCIAS

5.14. Hay que elaborar y aplicar medidas de preparación y respuesta en caso de emergencia correspondientes a la categoría de la amenaza que representa la instalación, como se indica en la Ref. [27]. El plan de emergencia debe comprender: la capacitación del personal para que pueda reconocer un

accidente o una emergencia y reaccionar debidamente, la distribución de responsabilidades y la preparación de las disposiciones y el equipo adecuados para garantizar la protección de los trabajadores que intervengan en la emergencia. Por ejemplo, la planificación de una instalación pequeña puede comprender la planificación de la preparación y la respuesta adecuadas a incidentes sencillos, como un derrame en un laboratorio, la pérdida de una fuente o un incendio. Están especificados los requisitos y se ofrece más asesoramiento en relación con la preparación y la respuesta en caso de emergencia en la Ref. [27].

EMBALAJE DE LOS DESECHOS

5.15. Hay que prestar consideración a las cargas resultantes del amontonamiento de los embalajes de desechos. El grosor de las paredes de los contenedores, su peso una vez llenos y la orientación de los montones deben tenerse en cuenta en la fase de diseño. Para una instalación pequeña, se debe considerar el uso de estanterías apropiadas.

5.16. Deben controlarse los desechos dispersables como líquidos, gases y polvos, debido a su potencial de dispersión. Las disposiciones relativas al almacenamiento deben facilitar la supervisión y el confinamiento de modo que se pueda detectar cualquier fallo de la barrera de confinamiento. Los contenedores de desechos dispersables, los líquidos en particular, deben almacenarse en el interior de una barrera de confinamiento de tamaño apropiado que actúe como una contención secundaria, debido a la posibilidad de fugas u otros escapes accidentales.

5.17. Si el contenedor presenta signos de deterioro durante el almacenamiento, deben adoptarse las medidas adecuadas, que pueden comprender un examen para confirmar la integridad del contenedor y la de contenedores similares. En caso de escape, deben adoptarse medidas para sobreembalar o reembalar.

5.18. Los objetos puntiagudos, como las jeringas, deben juntarse por separado y almacenarse en contenedores resistentes a la punción.

DISEÑO DE INSTALACIONES PEQUEÑAS DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIATIVOS

Consideraciones sobre la selección y el diseño de la instalación

5.19. Una pequeña ‘instalación de almacenamiento’ de desechos (por ejemplo, en laboratorios, hospitales y universidades) puede ser simplemente un armario seguro, una zona especialmente dedicada a tal fin, una sala, un edificio pequeño o un contenedor de envío de la Organización Internacional de Normalización¹. El diseño dependerá en gran medida de las propiedades, el inventario total y el peligro potencial del material almacenado. Las características del diseño deben perdurar durante la vida esperada de la instalación.

5.20. Los criterios que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar una instalación de almacenamiento son los siguientes:

- a) La zona en el exterior de la instalación de almacenamiento debe presentar un factor bajo de ocupación pública, así como escaso tráfico.
- b) El emplazamiento debe proporcionar un nivel adecuado de seguridad física (por ejemplo, un solo punto de entrada, ausencia de ventanas, construcción sólida).
- c) El emplazamiento ha de estar lejos de otras zonas de almacenamiento peligroso (por ejemplo, almacenes de materiales explosivos e inflamables) y no debe estar expuesto a inundaciones.
- d) El emplazamiento debe ser adecuado para el traslado seguro de material a y de la instalación (por ejemplo, debe haber en el exterior de ésta una zona apropiada para carga y descarga).

5.21. La instalación, la zona o el armario de almacenamiento deben diseñarse teniendo en cuenta sus posibles usos futuros tras la clausura (utilizando, por ejemplo, superficies lisas y no porosas, revestimientos de plástico, equipo fácil de dismantelar).

¹ En esta sección, el término ‘diseño’ aplicado a una pequeña instalación de almacenamiento significa, bien la creación de una nueva instalación, bien la selección de una instalación ya existente para el almacenamiento de desechos.

5.22. El diseño de la instalación de almacenamiento debe facilitar la recuperabilidad de los desechos y la inspección de la instalación, así como del equipo y los desechos almacenados en ésta.

5.23. En el diseño de instalaciones de almacenamiento pequeñas, hay que considerar tanto las condiciones operacionales normales como anormales (por ejemplo, derramamientos, las consecuencias de la caída de un bulto, la propagación de contaminación).

5.24. El embalaje de los desechos representa la contención primaria del material radiactivo almacenado. Ahora bien, la instalación de almacenamiento debe diseñarse de modo que suponga una contención adicional en caso necesario (por ejemplo, en lo que respecta a blindaje, seguridad física, ventilación o filtración y sistemas de desagüe o muros de contención).

5.25. La instalación de almacenamiento ha de proporcionar un nivel apropiado de protección de los desechos frente a la meteorología y las condiciones ambientales adversas, para evitar un deterioro que pudiera tener implicaciones para la seguridad durante el almacenamiento o en la recuperación.

Blindaje

5.26. El grado de blindaje y la complejidad de su diseño, en el caso de que sea necesario, dependerá de los riesgos radiológicos asociados con los desechos almacenados. Los dispositivos de blindaje pueden ser desde simples botes de plomo y contenedores de fuentes en armarios y alacenas seguros hasta muros y fosos especialmente contruidos que formen parte de la estructura de la instalación de almacenamiento de desechos.

5.27. Cuando corresponda, deben especificarse las tasas máximas de dosis de radiación para las superficies exteriores de los embalajes de los desechos, las superficies del blindaje y las superficies exteriores de la instalación de almacenamiento de desechos. Deben establecerse requisitos de blindaje para garantizar que los niveles de radiación gamma en las superficies exteriores de la instalación son apropiados para zonas públicas.

Ventilación

5.28. Una instalación pequeña de almacenamiento de desechos radiactivos puede no necesitar un sistema de ventilación, aunque la necesidad de éste debe evaluarse caso por caso. Los factores que hay que considerar son: la posibilidad

de que los desechos radiactivos originen material radiactivo aerotransportado que cree un riesgo radiológico (por ejemplo, la formación de ^{222}Rn a partir de desechos de ^{226}Ra), la posibilidad de acumulación localizada de gases inflamables y explosivos (como hidrógeno formado por radiólisis o en reacciones químicas) y la necesidad de controlar las condiciones ambientales (v.gr., la humedad, la temperatura), tanto por la comodidad de los explotadores como por el mantenimiento de la integridad de los embalajes. El diseño de los sistemas de ventilación puede exigir disposiciones en materia de filtración para impedir la liberación descontrolada de radionucleidos al medio ambiente en forma de gases o partículas.

Sistemas de protección contra incendios

5.29. Es improbable que una instalación pequeña de almacenamiento de desechos radiactivos precise una protección contra incendios que vaya más allá de la que se exige para cumplir los códigos locales en la materia. En ausencia de un código local al respecto, hay que determinar la necesidad de un sistema de protección contra el fuego (detectores de humo, extintores, aspersores) con la capacidad adecuada. El objetivo fundamental del diseño ha de ser la detección temprana y la eliminación del fuego.

Puesta en servicio

5.30. Debido al limitado inventario y a los escasos riesgos derivados de la mayoría de las instalaciones pequeñas de almacenamiento de desechos radiactivos, no es necesario un proceso formal de puesta en servicio.

EXPLOTACIÓN DE INSTALACIONES PEQUEÑAS DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIATIVOS

Consideraciones operacionales generales

5.31. Las actividades operacionales de una instalación pequeña de almacenamiento de desechos radiactivos deben describirse y llevarse a cabo de conformidad con procedimientos específicos de la instalación. Las actividades operacionales pueden incluir: la recepción, el almacenamiento y la recuperación de los desechos; el etiquetado de los bultos de desechos; el control del inventario; la inspección del embalaje; la protección frente a la radiación; llevar un registro; y la preparación de bultos de desechos para su envío a otra instalación. El alcance y el grado de detalle de los procedimientos

han de corresponder al inventario de radiactividad, los peligros asociados y la amplitud de las actividades de almacenamiento. Los procedimientos deben asegurar el respeto de los límites y las condiciones operacionales aprobados por el órgano regulador.

Control de la radiación

5.32. Debe llevarse a cabo de forma rutinaria el control de la radiación para determinar los niveles de radiación externa y los niveles de contaminación de superficie en el interior de la instalación de almacenamiento, a lo largo de los límites de ésta y en la superficie de los bultos de desechos. En las instalaciones en las que se compactan y reacondicionan desechos sueltos para su almacenamiento o transporte, puede ser conveniente practicar un control de la contaminación del aire.

5.33. En las instalaciones de almacenamiento con contaminación potencial de la superficie, se deben instalar en los puntos de salida de la zona instrumentos fijos o portátiles para detectar la contaminación externa en los trabajadores.

5.34. Los instrumentos de control deben ser ensayados y calibrados periódicamente. La respuesta de energía y el alcance de medición de los instrumentos tienen que ser adecuados para la composición de radionucleidos de los desechos y los márgenes previstos de los niveles de radiación y los niveles de contaminación.

Protección radiológica

5.35. Hay que elaborar un programa de protección radiológica como parte de la solicitud de autorización dirigida al órgano regulador. Se facilita información sobre el contenido de los programas de protección frente a la radiación en las Refs. [28, 29].

Mantenimiento, comprobación e inspección

5.36. La explotación de la mayoría de las pequeñas instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos requerirán únicamente un programa muy sencillo y limitado de mantenimiento, verificación e inspección periódicos (puede ser tan sencillo como comprobar el buen funcionamiento de las cerraduras de la instalación). Los documentos de mantenimiento, verificación e inspección deben someterse a un examen periódico.

Seguridad física

5.37. A causa del inventario limitado de desechos y los bajos niveles de riesgo que se dan en la mayoría de las instalaciones pequeñas de almacenamiento de desechos radiactivos, la medidas de seguridad física y control de acceso pueden consistir simplemente en una puerta o un armario cerrados con cerradura (por ejemplo, una zona de almacenamiento con cerradura, con personas autorizadas para tener una llave y un registro de acceso). Ahora bien, la seguridad física de las fuentes selladas en desuso de gran actividad pueden precisar una consideración adicional. La seguridad y los controles de acceso específicos para fuentes en desuso almacenadas se comentan en la Ref. [22].

Clausura

5.38. La clausura implica la retirada de todos los desechos almacenados, seguida de una inspección para determinar los niveles residuales de contaminación superficial y los niveles de radiación exterior. La instalación puede precisar una descontaminación y la eliminación de los materiales y el equipo contaminados. Se facilita asesoramiento sobre la clausura de instalaciones pequeñas en la Ref. [20].

6. DISEÑO Y EXPLOTACIÓN DE INSTALACIONES GRANDES DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIATIVOS

CONSIDERACIONES GENERALES

6.1. Una instalación grande de almacenamiento de desechos radiactivos puede acoger una gran variedad de tipos de desechos de diversos orígenes distintos. El diseño y la explotación de una gran instalación deben guardar proporción con los peligros potenciales asociados con ella.

6.2. Hay que elaborar y mantener un sistema de rastreo de los bultos de desechos. En el caso de las instalaciones grandes de almacenamiento de desechos, se debe considerar el uso de un sistema informatizado para el rastreo de los bultos. Se debe elaborar y mantener un plan de almacenamiento que

muestre la configuración de los bultos de desechos emplazados, comprendida la distribución por zonas según el nivel de riesgos.

6.3. Hay que elaborar procedimientos para la explotación tecnológicamente segura de una gran instalación de almacenamiento de desechos. La extensión y el grado de detalle de los procedimientos específicos deben estar en proporción con la importancia en relación con la seguridad del tema concreto de los procedimientos y deben abarcar, según corresponda:

- a) Las operaciones, comprendidos todos los límites y condiciones necesarios;
- b) La puesta en servicio;
- c) El sistema de gestión;
- d) El mantenimiento, la inspección y la verificación;
- e) La capacitación;
- f) Las modificaciones introducidas durante el diseño, la construcción, la puesta en servicio y la explotación;
- g) El registro, la información y la investigación de incidentes;
- h) La protección frente a la radiación y el comportamiento de la seguridad tecnológica;
- i) Las disposiciones relativas a eventualidades y emergencias;
- j) Las salvaguardias;
- k) Las medidas de seguridad física;
- l) El control de los vertidos radiactivos al medio ambiente;
- m) Los criterios de aceptación de los embalajes de los desechos.

PREPARACIÓN PARA EMERGENCIAS

6.4. Se debe realizar una evaluación de la amenaza de posibles emergencias, como se explica en la Ref. [27], y hay que instaurar disposiciones para emergencias que sean coherentes con las normas internacionales [27] correspondientes a la categoría de la amenaza establecida en la evaluación de ésta. Las disposiciones podrían incluir la formulación de escenarios de secuencias anticipadas de incidentes y el establecimiento de procedimientos para abordar cada uno de ellos, comprendidas listas de verificación y las listas de personas y organizaciones a las que hay que alertar. Los procedimientos de respuesta a las emergencias deben documentarse, encontrarse al alcance del personal correspondiente y estar actualizados. Hay que evaluar la necesidad de ejercicios de capacitación. En caso de que esa necesidad exista, los ejercicios deben realizarse periódicamente para comprobar el plan de respuesta a las

emergencias y el grado de preparación del personal. Se deben llevar a cabo con regularidad inspecciones para asegurarse de que el equipo y otros recursos necesarios en caso de emergencia están disponibles y en orden de trabajo.

ELABORACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN RELATIVA A LA SEGURIDAD

6.5. La documentación sobre seguridad que haya que preparar en apoyo de una solicitud de licencia debe hacer referencia, como mínimo, a los siguientes aspectos:

- a) Los volúmenes y las características previstos de los desechos que se van a almacenar y los criterios de aceptación correspondientes;
- b) Una descripción de las actividades de manipulación y almacenamiento;
- c) Una descripción de la instalación y sus componentes, equipo y sistemas;
- d) La caracterización del emplazamiento;
- e) El control de organización de las operaciones;
- f) Los procedimientos y los manuales operacionales para las actividades con implicaciones importantes en materia de seguridad;
- g) La evaluación de la seguridad tecnológica;
- h) Los programas de supervisión;
- i) El programa de capacitación para el personal;
- j) Los aspectos de salvaguardias, cuando corresponda;
- k) Las disposiciones para la protección física del material radiactivo;
- l) La preparación en caso de emergencia y el plan de respuesta;
- m) El sistema de gestión;
- n) La clausura;
- o) Los criterios de aceptación de los embalajes de los desechos.

Cuando la instalación de almacenamiento forme parte de una instalación nuclear más grande, la documentación sobre la seguridad puede incluirse en la documentación correspondiente a la instalación completa.

CARACTERIZACIÓN Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE LOS DESECHOS RADIACTIVOS

6.6. Es preciso formular criterios de aceptación para la instalación de almacenamiento, teniendo en cuenta todos los límites operacionales correspondientes y los futuros requisitos de la disposición final, si se conocen.

6.7. Por lo general los explotadores llevan a cabo la caracterización de los desechos antes de su envío a la instalación de almacenamiento para verificar que éstos cumplen los criterios de aceptación. Los datos de la caracterización deben incluir toda la información necesaria relativa al inventario de radionucleidos y las propiedades físicas, químicas y patogénicas de los desechos. La documentación correspondiente debe acompañar a los desechos cada vez que se envíen.

6.8. Los desechos de actividades pasadas pueden no haber sido caracterizados o no haberlo sido de acuerdo con las normas actuales. En tales casos, debe explorarse un medio de caracterizar la composición física, química y radiológica de los desechos mediante inspección, medición y examen de la información disponible. Si no se conocen suficientemente bien el contenido de radionucleidos y otras características importantes de los desechos, deben adoptarse precauciones espaciales para su manipulación (v.gr., separación de los desechos dentro de la instalación).

6.9. Tras la recepción, los embalajes de desechos deben examinarse en busca de escapes y contaminación superficial y para asegurarse de que son conformes a la documentación. La caracterización de los desechos y el control y la supervisión del proceso se deben aplicar en el marco de un sistema formal de gestión.

CUERPO DE LOS DESECHOS Y EMBALAJES DE LOS DESECHOS

6.10. Los contenedores deben diseñarse y fabricarse de forma que contengan los desechos en todas las condiciones de explotación que pueda razonablemente esperarse que se den durante todo su periodo. Cuando el propio contenedor sea la barrera primaria de contención de los desechos, su solidez e integridad han de ser adecuadas para el tipo de desechos y las concentraciones previstas de radionucleidos.

6.11. En todos los casos, los desechos han de tener un cuerpo que permita su recuperación al término del período de almacenamiento. En caso de períodos de almacenamiento más prolongados, el cuerpo de los desechos y el contenedor han de ser más resistentes. En los párrafos 6.86–6.90 se ofrece más asesoramiento sobre el almacenamiento a largo plazo.

6.12. Las propiedades y procesos especiales de los desechos radiactivos han de tenerse en cuenta en el diseño de los contenedores y las instalaciones de almacenamiento, por ejemplo los siguientes:

- a) Las interacciones entre los desechos y su contenedor pueden provocar corrosión debida a reacciones químicas y galvánicas.
- b) Los metales pueden presentar un comportamiento pirofórico (Magneox, uranio o Zircaloy®) o pueden ser químicamente reactivos (por ejemplo, el aluminio se corroe en condiciones alcalinas y genera hidrógeno).
- c) Los desechos inorgánicos, no metálicos (como el hormigón y algunos materiales aislantes) pueden ser porosos y, por consiguiente, se pueden contaminar masivamente.
- d) El agua de los poros del hormigón es muy alcalina y puede afectar a los materiales en contacto con éste durante el almacenamiento.
- e) Los desechos orgánicos, entre ellos la celulosa, los plásticos (en el aislamiento eléctrico, ropas protectoras y artículos desechables de laboratorios y hospitales) y los líquidos que centellean pueden ser combustibles y suponer un riesgo de incendio.
- f) Los polvos y las cenizas son fácilmente dispersables.
- g) Los desechos líquidos pueden encontrarse en forma acuosa u orgánica (como el aceite) y pueden contener sólidos en suspensión (en especial resinas gastadas con intercambio de iones, cienos y lechadas). Pueden ser químicamente reactivos y fácilmente dispersables. Algunos sólidos en suspensión pueden asentarse o solidificarse tras un período de almacenamiento.
- h) Los desechos compactados pueden en algunos casos expandirse de nuevo, provocando dificultades en la recuperación de los desechos. Además, la compactación de materiales desiguales en el mismo contenedor puede poner mezclas químicamente reactivas en estrecho contacto, lo que podría dar lugar a una mayor corrosión, combustión espontánea u otros efectos adversos.
- i) En el interior de algunos desechos pueden generarse gases como el hidrógeno.
- j) La radiólisis del cloruro de polivinilo puede generar sustancias corrosivas, como cloruro de hidrógeno o gas de cloro.
- k) Puede haber posibilidades de que se produzcan gases inflamables por la descomposición química de los desechos (por ejemplo, desechos orgánicos).

Algunos desechos gaseosos pueden tener una reacción química con materiales inactivos y producir un desecho sólido (como carbonato de bario en el caso de ^{14}C) con una mayor seguridad pasiva.

6.13. El potencial de riesgo de los desechos debe reducirse cuanto sea razonablemente posible en cada fase de su tratamiento, teniendo en cuenta los requisitos conocidos o probables de los pasos ulteriores en la gestión de los desechos radiactivos, en particular la disposición final. Debe considerarse el procesamiento temprano de los desechos para convertirlos en una forma pasivamente segura o estabilizarlos de otro modo, lo que facilitará su manipulación en la explotación normal y contribuirá también a protegerlos en caso de incidentes.

6.14. Deben especificarse, para garantizar la protección de los trabajadores y del público, los requisitos de comportamiento del contenedor.

6.15. En el diseño de los contenedores de almacenamiento hay que tener en cuenta el entorno de éste (por ejemplo, las oscilaciones de la temperatura ambiente y la humedad). Los contenedores deben ser suficientemente resistentes a la corrosión durante todo el periodo de almacenamiento. Es preciso evitar la colocación de los contenedores de almacenamiento en superficies en las que puedan darse ciclos de condensación.

6.16. Para algunos tipos de desechos (en particular los desechos líquidos corrosivos) pueden ser necesarias precauciones especiales, como el empleo de contenedores con doble pared y/o el revestimiento de las salas de almacenamiento con acero inoxidable u otro material resistente a la corrosión. Asimismo los desechos líquidos pueden requerir un sistema de recogida y recuperación debajo de los contenedores (contención secundaria), con medidas de supervisión de cualquier escape que se produzca. De acuerdo con los principios de la seguridad tecnológica pasiva, los desechos líquidos deben convertirse en sólidos tan pronto como sea factible.

6.17. Hay que prestar atención a las cargas dinámicas y estáticas resultantes de la manipulación y la acumulación de los bultos de desechos. El espesor de las paredes de los contenedores, su peso una vez llenos y la orientación de los apilamientos deben tenerse en cuenta en la fase de diseño.

6.18. Algunos desechos pueden tener el potencial de generar radionucleidos aerotransportables dentro del contenedor; muchos tipos de contenedores de almacenamiento se ventilan de forma natural, pero algunos pueden precisar un respiradero especial. La necesidad de que el embalaje respire se debe considerar parte de la evaluación de la seguridad.

6.19. El diseño de los contenedores de almacenamiento de desechos ha de facilitar una supervisión que permita la detección temprana de cualquier defecto de contención, según los casos (por ejemplo, para gases y líquidos).

6.20. Los desechos líquidos pueden contener sólidos en suspensión que podrían depositarse en el fondo de un contenedor (por ejemplo, desechos en cisterna) o pueden contener sustancias que podrían precipitarse. Para algunos desechos puede ser necesario evitar que se forme un sedimento de sólidos; por ejemplo, para impedir la criticidad o facilitar la clausura. En el caso de esos desechos, los sólidos se deben mantener en suspensión por medio de un mezclador, como un agitador mecánico, un mezclador neumático o una bomba de circulación. Unas compuertas pueden tener que formar parte del diseño para facilitar la eliminación de cualquier desecho que pueda haberse precipitado en las superficies interiores de una cisterna. Toda quincalla adicional interna debe reducirse al mínimo para limitar las obstrucciones.

DISEÑO DE INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIATIVOS

Consideraciones generales sobre el diseño

6.21. Las instalaciones de almacenamiento de desechos deben diseñarse de modo que los desechos se puedan recibir, manipular, almacenar, inspeccionar o supervisar y se puedan recuperar sin exposición radiológica indebida de los trabajadores ni del público o repercusiones ambientales.

6.22. Al diseñar una instalación, hay que adoptar un enfoque de defensa en profundidad, según convenga para la situación concreta. A menudo puede darse por bueno el comportamiento del cuerpo de los desechos en el diseño del embalaje y en el diseño de la instalación de almacenamiento. También se puede confiar en el contenedor. Conservativamente, algunas evaluaciones de la seguridad no dan por buenos el cuerpo de los desechos o el comportamiento del embalaje de los mismos.

6.23. Hay que tener en cuenta lo siguiente en el diseño de instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos para las operaciones normales:

- a) Contención de los materiales almacenados;
- b) Prevención de la criticidad en caso de almacenamiento de materiales fisiónables;

- c) Protección contra la radiación (blindaje y control de la contaminación);
- d) Supresión del calor (si es aplicable);
- e) Ventilación, según sea necesaria;
- f) Inspección y/o supervisión de los bultos de desechos, según sea necesario;
- g) Mantenimiento y reparación de los embalajes de los desechos;
- h) Recuperación de los desechos, ya sea para su procesamiento, reembalaje o disposición final;
- i) Inspección de los embalajes de desechos y de la instalación de almacenamiento;
- j) Futura expansión de la capacidad de almacenamiento, según convenga;
- k) Transporte de los desechos dentro de la instalación de almacenamiento para mejorar la flexibilidad de las operaciones;
- l) Clausura.

6.24. En el diseño de la instalación deben considerarse los efectos que los desechos almacenados pueden ejercer en la funcionalidad de los sistemas y la explotación de la instalación de almacenamiento de desechos. Hay que asegurarse de que esos factores se toman en cuenta por medio de las características del diseño, la selección de los materiales apropiados y los programas de mantenimiento. Los factores que hay que considerar son los siguientes:

- a) La estabilidad química frente a la corrosión provocada por procesos en el interior de los desechos y/o las condiciones externas;
- b) La protección contra los daños de la radiación y/o los daños térmicos, especialmente la estabilidad frente a la degradación de materiales orgánicos y los daños a los aparatos electrónicos;
- c) La resistencia a los impactos de cargas operacionales o debidos a incidentes y accidentes.

6.25. Además de los riesgos radiológicos, se deben considerar también en el diseño de las instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos los riesgos externos (v.gr., incendio o explosión) que puedan sumarse a las consecuencias radiológicamente significativas.

Características del emplazamiento

6.26. Una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos puede crearse en conexión con una central nuclear existente o como parte de ella. En este caso, el emplazamiento puede elegirse en función de factores que son importantes para la instalación principal, y la instalación de almacenamiento

de desechos puede no precisar ninguna consideración adicional. La evaluación de la seguridad efectuada para la selección del emplazamiento de la instalación principal puede demostrar que la instalación de almacenamiento de desechos cumple los criterios de protección radiológica en la explotación normal y en condiciones de incidente y accidente. Si los requisitos para la selección del emplazamiento de la instalación de almacenamiento de desechos son más estrictos que los de la instalación principal, la seguridad tecnológica del almacenamiento debe tratarse por separado.

6.27. En los casos en los que la instalación de almacenamiento de desechos se construye aparte de otras instalaciones nucleares con licencia, la publicación de Requisitos de Seguridad sobre *Site Evaluation for Nuclear Installations* [30] y las normas de seguridad asociadas sobre el sistema de gestión [11, 12] establecen requisitos y facilitan asesoramiento que pueden aplicarse a las instalaciones de almacenamiento de desechos. La aplicación de los requisitos en cuanto a la selección del emplazamiento dependerá, en el caso de las instalaciones de almacenamiento de desechos, de los riesgos radiológicos potenciales que planteen los desechos almacenados.

Blindaje

6.28. Una instalación de almacenamiento de desechos debe diseñarse de modo que proporcione suficiente protección a los trabajadores y al público. Hay que especificar las tasas máximas permisibles de dosis de radiación para los embalajes de desechos y las superficies de blindaje y otros lugares, en particular para las estructuras e instalaciones que se encuentren dentro del local de almacenamiento.

6.29. Al adoptar medidas de blindaje en una instalación de almacenamiento de desechos, se debe prestar especial atención a impedir que la radiación pase a través de las penetraciones de las barreras de blindaje, como las correspondientes a los sistemas de ventilación y refrigeración.

6.30. Cuando exista la posibilidad de que una fuente generadora de neutrones o unos desechos generadores de neutrones puedan guardarse en la instalación de almacenamiento de desechos, ésta debe incluir también blindaje contra los neutrones.

Contención

6.31. El diseño de la instalación debe complementar la contención proporcionada por el cuerpo de los desechos y su contenedor. La instalación de almacenamiento debe incorporar características para:

- a) Limitar la dispersión de contaminación mediante el empleo de materiales que puedan ser fácilmente supervisados y descontaminados;
- b) Controlar el acceso al área de radiaciones, controlar el movimiento entre la zona de radiación y/o las zonas de contaminación y, donde corresponda, mantener una subpresión en las salas utilizadas para el almacenamiento de material contaminado;
- c) Reducir al mínimo la salida al medio ambiente de radionucleidos en partículas aerotransportables mediante la instalación de filtros en la ventilación de descarga;
- d) La eliminación de radionucleidos gaseosos, cuando corresponda;
- e) La recogida de escapes o fugas de desechos líquidos mediante la instalación de sumideros o zonas de estancación debajo de los contenedores, junto con medidas para la detección de escapes.

Medidas para la manipulación de los desechos

6.32. El equipo para la manipulación de los desechos ha de diseñarse de modo que contemple los siguientes aspectos:

- a) Una explotación segura en todas las condiciones previstas;
- b) Evitar daños a los embalajes de los desechos;
- c) La manipulación segura de los embalajes defectuosos o dañados;
- d) Reducir al mínimo la contaminación del propio equipo;
- e) Evitar que se esparza la contaminación.

6.33. En la evaluación de la seguridad de la instalación debe considerarse el diseño del sistema de manipulación para asegurarse de que los fallos en la manipulación no puedan dar lugar a consecuencias inaceptables. Cuando resulte necesario, deben aplicarse, para reducir al mínimo las consecuencias de impactos y colisiones, prácticas de trabajo y controles operacionales, como la fijación de límites para la altura del elevador y para la velocidad del equipo móvil, y la elección de trayectos específicos para las cargas.

6.34. Cuando convenga, debe facilitarse equipo con entrecierres adecuados o limitaciones físicas que impidan operaciones peligrosas o incompatibles, como

la colocación incorrecta de los desechos, la liberación accidental de las cargas o la aplicación de fuerzas incorrectas en las operaciones de levantamiento y manipulación.

6.35. Se debe considerar la necesidad de la manipulación a distancia en los casos en los que el embalaje de desechos sea fuente de radiación en dosis elevadas, cuando exista riesgo de que puedan salir al entorno de trabajo aerosoles o gases radiactivos o cuando los desechos puedan suponer un riesgo no radiológico importante (por ejemplo, toxicidad química).

6.36. Los instrumentos de manipulación a distancia deben diseñarse de manera que sirvan para el mantenimiento y la reparación (por ejemplo, facilitando una sala de servicio blindada) para que la exposición ocupacional a la radiación sea lo mas razonablemente baja posible. Su diseño debe incorporar un medio de recuperación y vuelta a un estado estable y seguro en caso de mal funcionamiento o avería.

Recuperabilidad de los desechos

6.37. La recuperación de desechos con fines de inspección, medidas reparadoras y almacenamiento en otro lugar debe hacerse de forma tan directa como sea posible. Las medidas para lograrlo son un diseño apropiado y la construcción de aberturas, pasajes y sistemas de manipulación, así como la incorporación de sistemas de hacinamiento apropiados o espaciamiento de los bultos de desechos. Tiene que ser posible identificar inequívocamente los embalajes y relacionarlos con la documentación correspondiente.

6.38. Las cisternas para el almacenamiento masivo de desechos líquidos deben diseñarse con el mínimo ‘talón’ practicable, entendiéndose por tal el volumen mínimo practicable de material almacenado que no se pueda retirar valiéndose del equipo de vaciamiento instalado.

Ventilación

6.39. La necesidad de un sistema de ventilación se debe evaluar caso por caso. Los factores que hay que tener en cuenta son: la posibilidad de que los desechos originen un riesgo radiológico aerotransportable; la posibilidad de acumulación localizada de gases peligrosos; y la necesidad de controlar las condiciones ambientales (v.gr., humedad, temperatura), tanto para comodidad del explotador como para el mantenimiento de la integridad de los embalajes. El diseño del sistema debe incluir alguna capacidad o equipo de reserva.

6.40. Los desechos pueden tener el potencial de generar radionucleidos aerotransportables. Los sistemas de ventilación para controlar el material radiactivo aerotransportable deben facilitar la circulación de aire de zonas con un bajo potencial contaminación a aquéllas con un potencial de contaminación más alto. Como precaución extra, se podría instalar un sistema de ventilación localizado para las zonas con el máximo potencial de contaminación.

6.41. El diseño de los sistemas de ventilación ha de ser compatible con las medidas adoptadas para la seguridad frente a las explosiones y la protección contra incendios. Los sistemas de ventilación pueden diseñarse para controlar la acumulación de sustancias peligrosas, por ejemplo, gases inflamables o explosivos (como el hidrógeno formado por radiólisis o reacciones químicas).

6.42. Hay que considerar la posibilidad de que penetren gases peligrosos, radionucleidos aerotransportables o aire húmedo de fuentes externas y, en caso necesario, se deben adoptar medidas de diseño para impedirlo.

6.43. Se debe considerar la instalación de sistemas de limpieza con expulsión de gases u otras medidas que impidan la liberación incontrolada de radionucleidos en forma de gas o aerosol en explotación normal e incidentes y en condiciones de accidente postulado. Debe vigilarse la radioactividad en la salida de la ventilación.

Control de la temperatura

6.44. Pueden ser necesarios sistemas de eliminación del calor capaces de enfriar los desechos, sobre todo para los desechos de actividad alta. La capacidad de eliminación del calor ha de ser tal que la temperatura de los desechos almacenados no supere la temperatura máxima del diseño. El diseño del sistema de eliminación del calor ha de tener en cuenta: la carga de calor de los desechos; las características de transferencia de calor de los desechos, el contenedor y la instalación; la capacidad máxima de calor de la instalación y la necesidad de atenuar las consecuencias de incidentes y accidentes.

6.45. Si se instalan sistemas activos de eliminación del calor, se debe prestar consideración a: la fiabilidad de los sistemas, toda necesidad de redundancia y diversidad, y el comportamiento del sistema en caso de incidentes o accidentes (por ejemplo, las consecuencias de una deficiencia de un servicio común). Los sistemas pasivos de eliminación del calor (v.gr., enfriamiento por convección natural) son por lo general más fiables que los sistemas activos.

6.46. En algunos casos, como en el de desechos líquidos acuosos, puede ser necesario el calentamiento de un depósito de almacenamiento o de la instalación para impedir la congelación y/o la precipitación de sustancias en tiempo frío.

Mantenimiento de la subcriticidad

6.47. Esta Guía de Seguridad no se ocupa específicamente del almacenamiento del combustible gastado, para el que se ofrecen directrices en las Refs. [8–10]. Ahora bien, en algunos casos ciertos desechos que no son combustible gastado pueden contener cantidades significativas de material fisible. En esos casos, hay que asegurarse de que en todas las condiciones previstas los desechos se mantendrán en una concentración, una configuración y unas condiciones que impidan la criticidad durante su colocación, almacenamiento y recuperación.

6.48. En caso de almacenamiento de desechos que contengan material fisible, se debe prestar atención a las posibles consecuencias de un cambio en la configuración de los desechos, la introducción de un moderador o la retirada de material (como absorbedores de neutrones), debido a un acontecimiento interno o externo (por ejemplo, movimiento de los desechos, precipitación de fases sólidas de desechos líquidos, pérdida de contención de los desechos o un suceso sísmico).

Supervisión

6.49. Hay que adoptar disposiciones para la supervisión de las condiciones radiológicas en la instalación de almacenamiento de desechos. Deben comprender, según sea necesario, mediciones de: tasas de dosis de radiación, concentraciones de material radiactivo aerotransportable (por ejemplo, materiales dispersables), y/o niveles de contaminación superficial, tanto fija como suelta, y tasas de flujo de neutrones. En las zonas controladas, puede ser conveniente instalar instrumentos fijos en funcionamiento constante, con alarmas locales, para proporcionar información sobre las tasas de dosis de radiación y las concentraciones de actividad aerotransportables.

6.50. Hay que contar con medidores portátiles o móviles de las tasas de dosis para la supervisión de cada sitio en todas las zonas en las que se controle la contaminación. En las salidas de todas las zonas controladas, o al pasar de una zona de más contaminación a otra con menos contaminación, debe haber instrumentos fijos o portátiles para detectar la contaminación externa en los trabajadores.

6.51. Cuando esté justificado, deben supervisarse también las condiciones químicas (v. gr., concentraciones de cloruro o de gases inflamables, propiedades químicas de líquidos) y los parámetros no radiológicos (v.gr., temperatura, presión, humedad, tasas de flujo de agua refrigerante).

6.52. Todos los instrumentos de supervisión deben tener un alcance de medición que resulte suficiente para cubrir toda la gama prevista de observaciones, y deben ser periódicamente verificados y calibrados.

6.53. Las cisternas de almacenamiento de desechos líquidos han de estar provistas de sumideros de captación y equipo de supervisión para la detección de escapes.

Control e instrumental

6.54. Siempre que sea posible, los controles del sistema de procesos (por ejemplo, equipo para la manipulación de desechos y sistemas de ventilación) deben ser independientes de los sistemas de protección. Si esto no resulta factible, se debe facilitar una justificación pormenorizada del uso de sistemas compartidos e interrelacionados. Las alarmas e indicaciones al explotador deben ser claras y no crear confusión.

6.55. La información sobre el estado de los sistemas importantes para la seguridad pero que no son de fácil acceso (por ejemplo, el nivel de un desecho líquido en una cisterna) debe estar disponible para el explotador mediante sistemas de indicación adecuadamente ubicados u otros medios apropiados.

Inspección de los componentes de la instalación y desechos almacenados

6.56. La instalación de almacenamiento tiene que haber sido diseñada para facilitar la inspección de sus estructuras, sistemas y componentes, así como de los desechos y embalajes de desechos almacenados en ella, en la medida en que son importantes para garantizar la seguridad. Por ejemplo, debe haber suficiente espacio libre en torno a los estantes de almacenamiento y para permitir el acceso con el equipo; las cisternas de almacenamiento deben estar provistas de orificios de inspección.

6.57. Se debe pensar en incluir embalajes simulados inactivos o cupones de corrosión junto con los desechos almacenados, con miras a vigilar las condiciones y el comportamiento.

Capacidad de reserva de almacenamiento de desechos

6.58. Debe haber una capacidad de almacenamiento de reserva para dar cabida a desechos que surjan en diversas situaciones. Tales situaciones pueden ser condiciones anormales (por ejemplo, la necesidad de vaciar una cisterna con escapes) o períodos en los que se lleven a cabo modificaciones o renovaciones.

Servicios y sistemas auxiliares

6.59. Pueden ser necesarios una serie de sistemas auxiliares para garantizar la explotación segura de las instalaciones de almacenamiento de desechos. La necesidad de sistemas auxiliares y sus soportes debe evaluarse caso por caso, como, por ejemplo, para el almacenamiento de desechos de actividad alta.

6.60. Hay que contar con una iluminación suficiente y fiable en apoyo de la explotación, inspección y protección física de las zonas de almacenamiento de desechos. Los requisitos de la preparación para emergencias [27] pueden precisar el suministro de energía eléctrica para iluminación de emergencia desde un lugar de aprovisionamiento independiente del abastecimiento normal de electricidad.

6.61. Hay que adoptar medidas para contar con las adecuadas comunicaciones internas y externas que respondan a los requisitos operacionales y de emergencia de la instalación. Entre los requisitos cabe enumerar líneas de teléfono directas con la brigada de bomberos, el órgano regulador o un órgano nacional de gestión de emergencias, y sistemas de comunicación interna para la alerta rápida y total del personal. Los requisitos específicos de cada instalación deben definirse caso por caso.

Sistemas de protección contra incendios

6.62. Donde exista un riesgo creíble de incendio debe haber un sistema de protección de capacidad suficiente contra el fuego. Los objetivos del diseño deben consistir en limitar el riesgo de liberación de radionucleidos o sustancias tóxicas en el medio ambiente y en zonas de la instalación fuera de la zona de almacenamiento, así como en limitar el riesgo de que el fuego cause daños en las zonas de almacenamiento de desechos y sistemas auxiliares. Hay que prestar especial atención a los requisitos aplicables a los desechos no tratados y los productos de desechos que sean combustibles. Conviene señalar que algunos productos de desechos pueden contener sustancias capaces de

alimentar un fuego en ausencia de oxígeno. Para el sistema de protección contra incendios, hay que tener en cuenta la necesidad de una contención y recuperación adecuadas de los medios de supresión del fuego, que pueden contaminarse mientras apagan el incendio (por ejemplo, mediante un desagüe y un sistema de recogida del agua contaminada).

PUESTA EN SERVICIO DE INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIATIVOS

6.63. Generalmente la puesta en servicio de las instalaciones de almacenamiento se llevará a cabo en varias fases. En el caso de instalaciones más complicadas, se darán normalmente los siguientes pasos: construcción, terminación e inspección; verificación del equipo; demostración del comportamiento; puesta en servicio no activa y puesta en servicio activa.

6.64. Al terminar la puesta en servicio, se suele redactar un informe final de puesta en servicio. Dicho informe debe documentar el estado de la instalación ‘tal y como está construida’ y, además de proporcionar información para facilitar la explotación, debe consultarse cuando se consideren posibles modificaciones en el futuro y la clausura de la instalación de almacenamiento. Asimismo el informe debe documentar todos los ensayos, dar pruebas de la conclusión satisfactoria de los mismos y documentar todas las modificaciones introducidas en la instalación o en los procedimientos durante la puesta en servicio. Este informe ha de proporcionar garantías al explotador y al órgano regulador de que se han cumplido las condiciones de autorización.

EXPLOTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIATIVOS

Consideraciones operacionales generales

6.65. Las actividades operacionales típicas asociadas con el almacenamiento de desechos son las operaciones rutinarias de recepción, procesamiento, emplazamiento, almacenamiento y recuperación de los bultos de desechos y su preparación para la disposición final. Las actividades de apoyo son: protección contra la radiación; supervisión y vigilancia; comprobación y examen de los embalajes de los desechos; inspección de los componentes de la instalación de almacenamiento; mantenimiento y reparación; etiquetado de los bultos de desechos y mantenimiento de un registro.

6.66. Las instalaciones de almacenamiento deben explotarse de conformidad con procedimientos escritos. Dichos procedimientos deben asegurar el cumplimiento de los límites y las condiciones operacionales aprobados para la instalación de almacenamiento por el órgano regulador.

6.67. La modificación de las condiciones de almacenamiento ha de someterse a planes y procedimientos específicos y ha de ir acompañada de las autorizaciones pertinentes del órgano regulador. Los efectos de cualquier modificación en la seguridad de los desechos almacenados han de tenerse en cuenta en cada caso.

6.68. Se deben aplicar prácticas operacionales y controles administrativos que guarden proporción con el nivel de riesgo. Como ejemplos cabe citar:

- a) El empleo de evaluaciones previas y modelos de capacitación para reducir al mínimo la exposición durante las actividades de explotación y mantenimiento;
- b) La aplicación de tecnologías de manipulación a distancia para la explotación y el mantenimiento;
- c) El establecimiento de controles de la contaminación al trasladar los artículos o pasarlos de zonas con más contaminación a zonas con menos contaminación;
- d) Una planificación apropiada y una cuidadosa realización de las actividades de almacenamiento para reducir al mínimo la exposición durante las actividades de explotación y mantenimiento.

6.69. Hay que elaborar y mantener un sistema de rastreo de los embalajes de desechos. En las instalaciones grandes, se debe considerar un sistema informatizado de rastreo de los embalajes. Donde sea posible, se debe preparar y mantener un plan de almacenamiento detallado que muestre la configuración de los embalajes de desechos colocados, comprendida la distribución en zonas por nivel de riesgos.

Límites y condiciones operacionales

6.70. Las instalaciones de almacenamiento deben explotarse de acuerdo con una serie de límites y condiciones operacionales derivados de la evaluación de la seguridad de la instalación para identificar las fronteras seguras de la explotación. Los límites y condiciones operacionales establecen especificaciones relativas a los embalajes de los desechos, los sistemas y procedimientos de seguridad, los criterios radiológicos y los requisitos para el personal. El

explotador ha de formular los límites y las condiciones operacionales de las instalaciones de almacenamiento, que deben ser sometidos a la aprobación del órgano regulador. Los límites y las condiciones operacionales deben revisarse cuando sea necesario a la luz de la experiencia de la puesta en servicio y la explotación, las modificaciones introducidas en la instalación y las modificaciones de las normas de seguridad. La Referencia [31] proporciona directrices para la elaboración y la aplicación de los límites y las condiciones operacionales para las centrales nucleares; buena parte de esas directrices son aplicables a las instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos.

6.71. Los riesgos que plantean los desechos y las condiciones de su almacenamiento deben tomarse en consideración al determinar los límites y las condiciones operacionales. Los límites y las condiciones operacionales serán específicos de cada instalación de almacenamiento. El explotador puede fijar, si lo desea, márgenes administrativos por debajo de los límites especificados como objetivo operacional para permanecer dentro de los límites y las condiciones operacionales.

6.72. Los límites y las condiciones operacionales para el almacenamiento de desechos deben incluir, según corresponda:

- a) Especificaciones de los bultos de desechos (cuerpo de los desechos, contenido de radionucleidos y características del contenedor) que sean coherentes con los criterios de aceptación de desechos de la instalación de almacenamiento;
- b) Los límites de concentración de los desechos líquidos, por ejemplo, para impedir la precipitación de sólidos;
- c) Los requisitos de los sistemas de seguridad, por ejemplo, requisitos de ventilación, eliminación del calor, agitación de las cisternas y supervisión de la radiación, comprendidos los requisitos correspondientes a la existencia de esas características en condiciones normales y anormales;
- d) La verificación periódica del equipo, en especial los sistemas de apoyo que tienen que estar disponibles en condiciones de emergencia;
- e) Las tasas máximas de dosis de radiación, sobre todo en la superficie de los contenedores;
- f) Los niveles máximos de contaminación de la superficie de los contenedores;
- g) Los requisitos de capacitación y preparación del personal y los niveles mínimos de dotación de éste;
- h) Los límites del inventario acumulativo de radionucleidos.

6.73. Los límites y las condiciones operacionales iniciales deben formularse en cooperación con los diseñadores de la instalación mucho antes del comienzo de la explotación, para asegurarse de que queda tiempo suficiente para su evaluación por el órgano regulador.

Procedimientos operacionales

6.74. Hay que elaborar procedimientos para gestionar y hacer funcionar la instalación de almacenamiento en condiciones normales, en incidentes y en condiciones de accidente postulado. Los procedimientos deben responder a problemas como los que se enumeran en el párr. 6.5 y deben prepararse de manera que la persona designada responsable pueda entender y llevar a cabo cada acción en la secuencia correcta. Las responsabilidades de aprobar toda desviación necesaria de los procedimientos por motivos operacionales han de estar claramente definidas. Cualquier desviación de los procedimientos operacionales aprobados ha de ser justificada, determinándose sus implicaciones en relación con la seguridad.

6.75. De conformidad con el sistema de gestión, hay que adoptar medidas para el examen y la aprobación de los procedimientos de funcionamiento y para comunicar todas las revisiones al personal de operación. Deben realizarse exámenes periódicos para tomar en cuenta la experiencia operacional. Las revisiones deben adoptarse únicamente cuando hayan sido examinadas para asegurarse de que se ajustan a los límites y las condiciones operacionales, aprobadas por las personas autorizadas y documentadas.

Protección radiológica

6.76. Los objetivos de los programas de protección radiológica consisten en garantizar que las dosis de radiación para los trabajadores y el público debidas a la explotación normal y a la posible explotación anormal de la instalación de almacenamiento no sobrepasan los límites reglamentarios y que la protección contra la radiación es óptima. También deben controlarse las salidas de material radiactivo al medio ambiente de conformidad con los requisitos del órgano regulador. Un asesoramiento más detallado sobre la protección contra la radiación se facilita en otras publicaciones del OIEA [28, 29].

6.77. Pueden ser necesarios procedimientos adicionales de protección radiológica para su aplicación a actividades no rutinarias del almacenamiento de desechos, como el desplazamiento de éstos por corredores y zonas habitualmente utilizados por el personal, la manipulación de bultos con

características no documentadas y el purgamiento de zonas en las que la ventilación es intermitente.

6.78. Se deben especificar las tasas de dosis de radiación para los embalajes de los desechos, las superficies del blindaje y otros lugares, y los niveles de radiación deben controlarse a intervalos suficientes para alertar al explotador de cualquier cambio imputable, por ejemplo, a la formación inesperada y no detectada de material radiactivo o el deterioro del blindaje.

Mantenimiento, comprobación e inspección

6.79. Antes de iniciar las operaciones, el explotador tiene que preparar un programa de mantenimiento, verificación e inspección periódicos de los sistemas que son esenciales para una explotación segura. Hay que ocuparse de la necesidad de mantenimiento, verificación e inspección ya desde la fase de diseño. Resultan preferibles una verificación y una inspección no intrusivas que incorporen la evaluación diagnóstica del comportamiento como parte de las actividades normales de funcionamiento. La verificación y la inspección deben establecer y comprobar un funcionamiento, un comportamiento y unas condiciones que sean correctos frente a los criterios de aceptación. El programa debe revisarse periódicamente para tomar en consideración la experiencia operacional. Los sistemas y componentes que hay que tener en cuenta para su mantenimiento, comprobación e inspección periódicos pueden ser:

- a) Los sistemas de contención de los desechos, comprendidos las cisternas y otros contenedores;
- b) Los sistemas de manipulación de los desechos, comprendidas las bombas y válvulas;
- c) Los sistemas de calefacción y/o refrigeración;
- d) Los sistemas de supervisión de la radiación;
- e) La calibración de los instrumentos;
- f) Los sistemas de ventilación;
- g) Los sistemas normales y de sustitución de suministro de energía eléctrica;
- h) Los servicios y sistemas auxiliares como los sistemas de agua, gas y aire comprimido;
- i) El sistema de protección física;
- j) Las estructuras de la construcción y el blindaje contra las radiaciones;
- k) Los sistemas de protección contra el fuego.

6.80. La frecuencia del mantenimiento, la verificación y la inspección ha de garantizar que la fiabilidad del equipo sigue siendo grande y que la eficacia de los sistemas se mantiene de acuerdo con el propósito del diseño de la instalación. La fiabilidad de los sistemas no debe resultar significativamente afectada por la frecuencia de las verificaciones.

6.81. Se debe emplear a personal adecuadamente preparado, capacitado y experimentado en la aprobación y ejecución del programa de mantenimiento, verificación e inspección, y en la aprobación de los procedimientos asociados. Los procedimientos de prueba deben incluir normalmente criterios de aceptación de la prueba.

6.82. Se deben llevar registros de las actividades de mantenimiento, verificación e inspección. Esos registros se deben someter a examen periódico para determinar tendencias en el comportamiento del sistema, la fiabilidad de sus componentes y la eficacia del programa de mantenimiento. Los exámenes deben incluir las correspondientes medidas correctivas.

Seguridad física y control de acceso

6.83. El acceso a las zonas en las que están almacenados los desechos debe estar controlado para garantizar la seguridad tecnológica y la protección física de los materiales. Para cumplir los requisitos operacionales del control de acceso, cabe aplicar un enfoque por zonas, que vaya hacia dentro en dirección a zonas con controles más estrictos. Debe haber medios para detectar toda intrusión no autorizada y adoptar contramedidas urgentemente.

CLAUSURA DE LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIATIVOS

6.84. Antes de la clausura, hay que preparar un plan correspondiente en el que se tengan en cuenta cualquier contaminación radiactiva que subsista, factores técnicos, costos, programas, factores institucionales y la gestión de los desechos ocasionados por las actividades de clausura [19].

6.85. Cuando los desechos estén almacenados en una instalación independiente, hay que preparar un plan de clausura específico para esa instalación [19]. Cuando la instalación de almacenamiento forme parte de una instalación nuclear más grande, el plan de clausura para la instalación de

almacenamiento formará parte por lo general del destinado a la instalación nuclear de mayores dimensiones.

ALMACENAMIENTO A LARGO PLAZO DE DESECHOS RADIATIVOS

6.86. El almacenamiento a largo plazo de desechos radiactivos hace referencia a situaciones en las que los desechos permanecen almacenados durante períodos que sobrepasan el período del diseño original de los contenedores y de las instalaciones de almacenamiento, debido, por ejemplo, a la demora o el aplazamiento de la disposición final de los desechos. El almacenamiento a largo plazo puede referirse también a situaciones en las que los embalajes de los desechos y la instalación de almacenamiento han sido diseñados para periodos de almacenamiento relativamente largos (por ejemplo, 100 años).

6.87. Las consideraciones técnicas adicionales para el almacenamiento de desechos a largo plazo son:

- a) Los sistemas técnicos, las instalaciones y los controles institucionales han de ser más sólidos o tener un mantenimiento más activo. Si es posible, deben usarse características de seguridad pasiva.
- b) La información debe conservarse en forma legible y comprensible para generaciones futuras. En períodos de tiempo prolongados, el deterioro de los documentos (ya sean materiales o electrónicos) será más importante.
- c) La intrusión por inadvertencia o deliberada en las instalaciones de almacenamiento de desechos puede ser más probable a lo largo de períodos de tiempo prolongados, y la intrusión debe tenerse en cuenta en la evaluación de la seguridad tecnológica.

6.88. En caso de almacenamiento prolongado más allá del periodo de almacenamiento originalmente previsto, pueden verse superados el periodo del diseño de la instalación de almacenamiento y el de los embalajes de los desechos. Esto debe dar lugar a una reevaluación de la estrategia de almacenamiento, que puede comprender una reevaluación del diseño, las operaciones, la evaluación de la seguridad iniciales y otros aspectos de la instalación de almacenamiento de desechos.

6.89. En caso de que el almacenamiento se prolongue más allá del período inicialmente previsto, puede ser necesario realizar una verificación, un examen o un evaluación para evaluar la integridad de los embalajes de los desechos.

Los posibles problemas con los embalajes de los desechos deben tenerse en cuenta antes de que se de la necesidad de adoptar medidas físicas (como el sobreembalaje o la colocación de los desechos en embalajes nuevos). En algunos casos puede estar justificado trasladar los embalajes de desechos a una instalación de almacenamiento más sólida en lugar de sobreembalarlos o sustituirlos.

6.90. En caso de almacenamiento a largo plazo no previsto, hay que prestar atención a mitigar las consecuencias de los cambios que pudieran producirse en los desechos radiactivos almacenados. Los cambios producidos en los desechos almacenados pueden ser:

- a) La producción de gases peligrosos provocada por efectos químicos y radiolíticos (por ejemplo, la producción de gas de hidrógeno por radiólisis) y la formación de un exceso de presión;
- b) La producción de sustancias combustibles o corrosivas;
- c) La corrosión de metales (v.gr., acero al carbono);
- d) degradación del cuerpo de los desechos.

Estas consideraciones son especialmente importantes para el almacenamiento a largo plazo en el que efectos pequeños pueden acumularse a lo largo de períodos de tiempo prolongados. Deben tenerse en cuenta las inseguridades de los parámetros y modelos en los enfoques analíticos aplicados para evaluar los procesos a lo largo de periodos de tiempo prolongados.

Apéndice

EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIACTIVOS

A.1. Con escasas excepciones, las instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos acogen fuentes de energía relativamente pequeñas, y por lo tanto existen relativamente pocos mecanismos creíbles de liberación repentina de material radiactivo. Además, las instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos están por lo general diseñadas en torno a sistemas de seguridad pasivos más que activos y no dependen, por consiguiente, de sistemas complejos para garantizar la seguridad tecnológica.

A.2. Una evaluación de la seguridad comprende la evaluación de aquellos aspectos del diseño y la explotación de una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos que garantice la protección de los trabajadores, el público y el medio ambiente en condiciones normales y en situaciones de accidente.

A.3. Típicamente la evaluación de la seguridad tecnológica es un proceso iterativo que se emplea para garantizar la explotación segura de una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos. Se debe recurrir pronto en el proceso de diseño a la evaluación de la seguridad para identificar riesgos y escenarios que puedan requerir modificaciones del diseño propuesto o de los procedimientos operacionales, con objeto de que la seguridad coincida con la especificada por el órgano regulador. En el control de los riesgos radiológicos, se debe confiar más por lo general en las características del diseño que en los procedimientos operacionales.

A.4. El enfoque diferenciado de la evaluación de la seguridad tecnológica implica que el alcance y detalle de la evaluación de la seguridad y su documentación de apoyo guardan proporción con la índole y el alcance de los riesgos potenciales. A efectos de diferenciación, un sistema genérico de categorización por nivel de riesgo radiológico puede proporcionar un indicador del nivel de análisis necesario para apoyar la evaluación de la seguridad tecnológica. En la descripción de las categorías de amenaza radiológica del Apéndice 4 de la Ref. [32] se propone un sistema de categorización. Categorías similares de riesgo suelen estar especificadas en las leyes y los reglamentos nacionales.

A.5. Hay que tener en cuenta que las condiciones, los procesos y los acontecimientos que pueden influir en la integridad y la seguridad de una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos pueden tener origen en el exterior o en el interior de la instalación. Esas condiciones, esos procesos y acontecimientos serán fundamentalmente de tres tipos: fenómenos naturales externos, fenómenos internos y fenómenos externos provocados por el hombre. Los Anexos III a V de la Ref. [5] brindan excelentes puntos de partida para tener en cuenta al preparar una evaluación de la seguridad tecnológica de una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos. No hay que confiar exclusivamente en las listas genéricas, ya que las condiciones y los fenómenos ambientales específicos del emplazamiento y el diseño y las operaciones de la instalación dictarán las condiciones, los procesos y acontecimientos que deben evaluarse en la evaluación de la seguridad.

A.6. Los tipos, las cantidades y las características físicas y químicas de los desechos deben tenerse en cuenta en la evaluación de la seguridad de las instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos. Por ejemplo, es probable que los desechos radiactivos que hayan sido acondicionados (v.gr., solidificados en forma de harina gruesa) presenten una proporción menor de daños en múltiples condiciones de accidente que desechos similares que no hayan sido acondicionados. La proporción de daños es un parámetro que se emplea para tomar en consideración la disponibilidad del material en condiciones de accidente.

A.7. La evaluación de la seguridad tecnológica de una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos debe comprender la duración esperada de la explotación de la instalación. El almacenamiento de los desechos durante períodos de tiempo más prolongados obligaría a evaluar en la evaluación de la seguridad tecnológica acontecimientos con una probabilidad menor en caso de almacenamiento más breve. Además, procesos que pueden haber sido descuidados en un almacenamiento más corto pueden adquirir importancia al prolongarse la duración del almacenamiento (por ejemplo, producción radiolítica de gas, corrosión general de las cápsulas de desechos o ruptura de los contenedores de polietileno provocada por la radiación).

A.8. Las diferentes fases del periodo de la instalación han de tenerse en cuenta en la evaluación de la seguridad de una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos. La evaluación de la seguridad debe hacerse periódicamente y, si es necesario, revisarse para reflejar los cambios de las condiciones, las instalaciones o los procedimientos.

EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE INSTALACIONES PEQUEÑAS DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIACTIVOS

A.9. El enfoque de la evaluación de la seguridad de las instalaciones pequeñas de almacenamiento se basará por lo general en listas genéricas de verificación para la identificación de riesgos y procedimientos genéricos; no suele ser necesario un extenso análisis cuantitativo de la seguridad. Muchos procedimientos y rubros de las listas de verificación para la evaluación de la seguridad de instalaciones pequeñas, como laboratorios, son aplicables también a las instalaciones pequeñas de almacenamiento de desechos radiactivos.

A.10. En el caso de pequeñas instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos (por ejemplo, una sala segura de almacenamiento en una instalación médica), la seguridad tecnológica puede conseguirse mediante la aplicación de procedimientos y límites documentados. Los temas que deben abarcar esos procedimientos y límites se describen ampliamente en las Secciones 4 y 5, y podrían incluir, por ejemplo:

- a) Una descripción de la instalación de almacenamiento y de cómo se ha de llevar a cabo su explotación;
- b) Los límites de actividad del inventario acumulado de radionucleidos;
- c) Los límites de vertido de radionucleidos;
- d) Los nombres de las personas responsables de la instalación;
- e) El control de acceso;
- f) Las tasas de dosis superficiales;
- g) Los materiales cuyo almacenamiento se permite;
- h) Las reglas para la separación, el embalaje y el etiquetado de los desechos;
- i) El mantenimiento de un registro;
- j) Los planes de emergencia;
- k) Una declaración de las reglas y directrices aplicables.

A.11. Contar con los límites de la instalación para el inventario de radionucleidos es un medio de garantizar la seguridad tecnológica de las pequeñas instalaciones de almacenamiento, sobre todo en condiciones de funcionamiento anormales. El órgano regulador puede optar por fijar límites genéricos de inventario para las instalaciones de almacenamiento pequeñas. Los métodos para preparar las evaluaciones radiológicas de instalaciones como las instalaciones pequeñas de almacenamiento de desechos radiactivos (las de hospitales y universidades, por ejemplo) han sido publicados por entidades nacionales [33].

EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE INSTALACIONES GRANDES DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIATIVOS

A.12. Las grandes instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos, debido a su complejidad y a las considerables acumulaciones de material radiactivo, requerirán un análisis de la seguridad específico para el emplazamiento y un análisis específico para la instalación, con empleo de métodos tanto cualitativos como cuantitativos de evaluación de la seguridad tecnológica.

A.13. El OIEA tiene que elaborar todavía normas para el diseño y el análisis de la seguridad las instalaciones del ciclo del combustible, como las instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos, aunque en la actualidad se están elaborando los requisitos de seguridad de las instalaciones del ciclo del combustible [34]. Parte de la información sobre la evaluación de la seguridad disponible en los documentos técnicos del OIEA es aplicable a las instalaciones de almacenamiento [35–39]. Un análisis de la seguridad específico de una instalación comprendería, por ejemplo, los siguientes pasos:

- a) La descripción del sistema (comprendida una estimación del inventario máximo de material radiactivo) y una especificación de las reglas y directrices aplicables. Estas últimas, por ejemplo, indicarían si la instalación debe estar preparada contra sismos.
- b) La identificación sistemática de las condiciones, los procesos y acontecimientos asociados con las condiciones normales y anormales y hechos externos (por ejemplo, incendios o accidentes de manipulación que impliquen la rotura de los contenedores de los desechos).
- c) La evaluación del riesgo. Clasificación de las combinaciones de condiciones, procesos y acontecimientos que puedan dar lugar al escape de material radiactivo de la instalación de almacenamiento de desechos, con objeto de eliminar de toda consideración ulterior aquéllas que tengan pocas probabilidades o escasas consecuencias.
- d) El cálculo del riesgo. Las probabilidades y consecuencias del escape o escapes de material radiactivo identificadas en la evaluación del riesgo se evalúan mediante análisis cuantitativo y se comparan con los límites reglamentarios.
- e) La determinación de los límites, las condiciones y los controles sobre la base del análisis de la seguridad tecnológica. De ser necesario, se modifica el diseño de la instalación y se modifica el análisis de la seguridad.
- f) La documentación de la evaluación de la seguridad en apoyo de la concesión de licencia a la instalación.

En la evaluación de la seguridad tecnológica se deben identificar los factores esenciales de riesgo, de modo que se identifiquen los sistemas de limitación de la seguridad y que pueda establecerse un nivel de confianza en los parámetros que apoyan el análisis de la seguridad que sea acorde con su importancia (por ejemplo, mediante análisis de sensibilidad).

A.14. La evaluación de la seguridad debe comprender una evaluación del riesgo durante la explotación normal y la explotación anormal y en condiciones asociadas con acontecimientos externos, y debe proporcionar una evaluación de las dosis en el límite del emplazamiento y las exposiciones potenciales en zonas en las que el acceso no está restringido. Según convenga, se deben establecer límites autorizados de descargas para la instalación, siguiendo las directrices que figuran en la Ref. [13].

A.15. Se pueden utilizar distintos métodos para la evaluación cuantitativa de la seguridad de una gran instalación de almacenamiento de desechos radiactivos (por ejemplo, análisis integrados de la seguridad tecnológica y evaluaciones probabilistas del riesgo). Así como para una instalación pequeña puede ser posible atenerse a datos genéricos (v.gr., datos meteorológicos, valores de parámetros ambientales, proporciones de daños o factores de la vía de fuga) en apoyo de la evaluación de la seguridad, en una instalación grande hay que recurrir a información específica del emplazamiento.

A.16. El proceso de evaluación de la seguridad tecnológica de una gran instalación de almacenamiento de desechos radiactivos debe ser por lo general iterativo. Una evaluación inicial de la seguridad que arroje resultados que se aproximen o sobrepasen los objetivos de limitación del comportamiento indicaría la necesidad de sistemas y controles adicionales de seguridad y/o una evaluación más rigurosa de la pertinencia de todas las fuentes genéricas de datos que se hayan utilizado.

A.17. Se puede efectuar una evaluación de la seguridad para cumplir con un requisito de examen periódico de la seguridad, que es un requisito reglamentario en numerosos Estados. El examen periódico de la seguridad es un instrumento regulador clave para mantener la seguridad de la explotación de la instalación a largo plazo y para atender las solicitudes de autorización de los titulares de licencia para proseguir la explotación de la instalación más allá del plazo establecido en la licencia o el período establecido por la evaluación de la seguridad. El examen periódico de la seguridad proporciona nuevas garantías de que sigue habiendo una base válida para otorgar la licencia, habiendo tomado en consideración el envejecimiento de la instalación, las

modificaciones introducidas en ésta y las normas internacionales vigentes de seguridad. Las directrices para la realización de un examen periódico de la seguridad tecnológica se facilitan en la Ref. [40].

REFERENCIAS

- [1] COMUNIDAD EUROPEA DE LA ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Principios fundamentales de seguridad: Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SF-1, OIEA, Viena (2007).
- [2] 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 del OIEA N° GS-R-1, OIEA, Viena (2004).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, incluida la clausura, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-R-2, OIEA, Viena (2004).
- [4] 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).
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Gestión previa a la disposición final de desechos de actividad baja e intermedia, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-2.5, OIEA, Viena (2009).
- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos de actividad alta, Colección de Normas de Seguridad N° WS-G-2.6, OIEA, Viena (2009).
- [7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Management of Waste from the Use of Radioactive Material in Medicine, Industry, Agriculture, Research and Education, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-2.7, OIEA, Viena (2005).
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Design of Spent Fuel Storage Facilities, Colección Seguridad N° 116, OIEA, Viena (1994).
- [9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Operation of Spent Fuel Storage Facilities, Colección Seguridad N° 117, OIEA, Viena (1994).
- [10] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Safety Assessment for Spent Fuel Storage Facilities, Colección Seguridad N° 118, OIEA, Viena (1994).

- [11] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Management System for Facilities and Activities, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GS-R-3, OIEA, Viena (2006).
- [12] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Application of the Management System for Facilities and Activities, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GS-G-3.1, OIEA, Viena (2006).
- [13] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Control reglamentario de las descargas radiactivas al medio ambiente, Colección Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-2.3, OIEA, Viena (2007).
- [14] GRUPO INTERNACIONAL ASESOR EN SEGURIDAD NUCLEAR, Cultura de la Seguridad, Colección Seguridad N° 75-INSAG-4, OIEA, Viena (1991).
- [15] Convención Conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos, INFCIRC/546, OIEA, Viena (1998).
- [16] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Review and Assessment of Nuclear Facilities by the Regulatory Body, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GS-G-1.2, OIEA, Viena (2002).
- [17] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Documentation for Use in Regulating Nuclear Facilities, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GS-G-1.4, OIEA, Viena (2002).
- [18] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Regulatory Control of Radiation Sources, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GS-G-1.5, OIEA, Viena (2004).
- [19] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Decommissioning of Nuclear Fuel Cycle Facilities, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-2.4, OIEA, Viena, (2001).
- [20] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-2.2, OIEA, Viena, (1999).
- [21] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Código de conducta sobre la seguridad tecnológica y física de las fuentes radiactivas, OIEA/ CODEOC/2004, OIEA, Viena (2004).
- [22] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Security of Radioactive Sources, IAEA-TECDOC-1355, OIEA, Viena (2003).
- [23] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Management for the Prevention of Accidents From Disused Sealed Radioactive Sources, IAEA-TECDOC-1205, OIEA, Viena (2001).
- [24] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Safe Management of Wastes from Health-Care Activities (PRÜSS, A., GIROULT, E., RUSHBROOK, P., Eds), OMS, Ginebra (1999).

- [25] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Aplicación de los conceptos de exclusión, exención y dispensa, Colección de Normas de Seguridad N° RS-G-1.7, OIEA, Viena (2007).
- [26] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance, Colección de Informes de Seguridad N° 44, OIEA, Viena (2005).
- [27] 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, OFICINA DE COORDINACIÓN DE ASUNTOS HUMANITARIOS DE LAS NACIONES UNIDAS, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Preparación y respuesta a situaciones de emergencia nuclear o radiológica, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GS-R-2, OIEA, Viena (2004).
- [28] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Optimización de la protección radiológica en el control de la exposición ocupacional, Colección Informes de Seguridad N° 21, OIEA, Viena (2004).
- [29] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Protección radiológica ocupacional, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° RS-G-1.1, OIEA, Viena (2004).
- [30] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Site Evaluation for Nuclear Installations, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° NS-R-3, OIEA, Viena (2003).
- [31] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Límites y condiciones operacionales y procedimientos de operación en las centrales nucleares, Colección de Normas de Seguridad N° NS-G-2.2, OIEA, Viena (2009).
- [32] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Método para elaborar disposiciones de respuesta a emergencias nucleares o radiológicas, EPR-METHOD 2003, OIEA, Viena (2009).
- [33] JUNTA NACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Radiological Assessments for Small Users, Rep. NRPB-W63, NRPB, Chilton, Reino Unido (2004).
- [34] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Safety of Fuel Cycle Facilities, Colección de Normas de Seguridad del OIEA, OIEA, Viena (en preparación).
- [35] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Consideration of External Events in the Design of Nuclear Facilities Other Than Nuclear Power Plants, with Emphasis on Earthquakes, IAEA-TECDOC-1347, OIEA, Viena (2003).
- [36] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Procedures for Conducting Probabilistic Safety Assessment for Non-Reactor Nuclear Facilities, IAEA-TECDOC-1267, OIEA, Viena (2002).

- [37] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Seismic Design Considerations of Nuclear Fuel Cycle Facilities, IAEA-TECDOC-1250, OIEA, Viena (2001).
- [38] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Safety of and Regulations for Nuclear Fuel Cycle Facilities, IAEA-TECDOC-1221, OIEA, Viena (2001).
- [39] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Guidelines for Integrated Risk Assessment and Management in Large Industrial Areas, IAEA-TECDOC-994, OIEA, Viena (1998).
- [40] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Periodic Safety Review of Nuclear Power Plants, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° NS-G-2.10, OIEA, Viena (2003).

COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y REVISIÓN

| | |
|-------------------|--|
| Abramidze, S. | Instituto de Física (Georgia) |
| Bennett, D. | Agencia de Medio Ambiente (Reino Unido) |
| Campomanes, R. | Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection (Francia) |
| Conlon, P.J. | Organismo Internacional de Energía Atómica |
| Dyck, P. | Organismo Internacional de Energía Atómica |
| Éhn, L. | Slovenské Elektrárne-VYZ (Eslovaquia) |
| Eigenwillig, G.G. | Siemens AG (Alemania) |
| Esh, D.W. | Comisión Reguladora Nuclear (Estados Unidos de América) |
| Garamszeghy, M. | Ontario Power Generation (Canadá) |
| Guy, M.S.C. | Alara Consultants (Sudáfrica) |
| Hall, J.R. | Comisión Reguladora Nuclear (Estados Unidos de América) |
| Hamlat, M.S. | Centro de Radioprotección y Seguridad (Argelia) |
| Howard, D. | Comisión Canadiense de Seguridad Nuclear (Canadá) |
| Hutchison, S. | Dirección de Sanidad y Seguridad (Reino Unido) |
| Jauhri, G.S. | División de Sistemas de Seguridad Radiológica (India) |
| Knecht, B. | División Principal de Seguridad de las Instalaciones Nucleares (Suiza) |
| Konecný, L. | Autoridad Reguladora Nuclear (Eslovaquia) |
| Leeds, E. | Comisión Reguladora Nuclear (Estados Unidos de América) |

| | |
|---------------------------|---|
| Lexan, D. | Nuclear Engineering Seibersdorf (Austria) |
| Linsley, G. | Organismo Internacional de Energía Atómica |
| Lorenz, B. | Gesellschaft für Nuklear Service (Alemania) |
| Metcalf, P.E. | Organismo Internacional de Energía Atómica |
| Rowat, J.H. | Organismo Internacional de Energía Atómica |
| Schaller, A. | Agencia de Gestión de Desechos Peligrosos (Croacia) |
| Selling, H.A. | Ministerio de Vivienda, Planificación Espacial y Medio Ambiente (Países Bajos) |
| Sjoeblom, K.-L. | Organismo Internacional de Energía Atómica |
| Syed Abdul Malik, S.Z. | Instituto Malasio de Investigaciones en Tecnología Nuclear (Malasia) |
| Szitás, I. | Ministerio de Economía (Eslovaquia) |
| Tauber, J. | Departamento de Tecnología de los Desechos Nucleares (Austria) |
| Warnecke, E. | Organismo Internacional de Energía Atómica |

ENTIDADES ENCARGADAS DE LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

El asterisco indica que se trata de un miembro corresponsal. Estos miembros reciben borradores para formular comentarios, así como otra documentación, pero generalmente no participan en las reuniones.

Comisión sobre Normas de Seguridad

Alemania: Majer, D.; *Argentina:* Oliveira, A.; *Australia:* Loy, J.; *Brasil:* Souza de Assis, A.; *Canadá:* Pereira, J.K.; *China:* Li, G.; *Corea, República de:* Eun, Y.-S.; *Dinamarca:* Ulbak, K.; *Egipto:* Abdel-Hamid, S.B.; *España:* Azuara, J.A.; *Estados Unidos de América:* Virgilio, M.; *Federación de Rusia:* Malyshev, A.B.; *Francia:* Lacoste, A.-C. (Presidente); *India:* Sharma, S.K.; *Israel:* Levanon, I.; *Japón:* Abe, K.; *Pakistán:* Hashmi, J.; *Reino Unido:* Weightman, M.; *República Checa:* Drábová, D.; *Sudáfrica:* Magugumela, M.T.; *Suecia:* Holm, L.-E.; *Suiza:* Schmocker, U.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE:* Tanaka, T.; *Comisión Europea:* Waeterloos, C.; *Comisión Internacional de Protección Radiológica:* Holm, L.-E.; *OIEA:* Karbassioun, A. (Coordinador).

Comité sobre Normas de Seguridad Nuclear

Alemania: Herttrich, M.; *Argentina:* Sajaroff, P.; *Australia:* MacNab, D.; *Austria:* Sholly, S.; *Bélgica:* Govaerts, P.; *Brasil:* de Queiroz Bogado Leite, S.; **Bulgaria:* Gladyshev, Y.; *Canadá:* Newland, D.; *China:* Wang, J.; *Corea, República de:* Kim, H.-K.; *Croacia:* Valčić, I.; **Chipre:* Demetriades, P.; *Egipto:* Aly, A.I.M.; *Eslovaquia:* Uhrik, P.; *Eslovenia:* Levstek, M.F.; *España:* Zarzuela, J.; *Federación de Rusia:* Shvetsov, Y.E.; *Finlandia:* Reiman, L. (Presidente); *Estados Unidos de América:* Mayfield, M.E.; *Francia:* Saint Raymond, P.; **Grecia:* Camarinopoulos, L.; *Hungría:* Vöröss, L.; *India:* Kushwaha, H.S.; *Irán, República Islámica del:* Alidousti, A.; **Iraq:* Khalil Al-Kamil, A.-M.; *Irlanda:* Hone, C.; *Israel:* Hirshfeld, H.; *Italia:* Bava, G.; *Japón:* Nakamura, K.; *Lituania:* Demčenko, M.; *México:* González Mercado, V.; *Países Bajos:* Jansen, R.; *Pakistán:* Habib, M.A.; *Paraguay:* Troche Figueredo, G.D.; **Perú:* Ramírez Quijada, R.; *Portugal:* Marques, J.J.G.; *Reino Unido:* Vaughan, G.J.; *República Checa:* Böhm, K.; *Rumania:* Biro, L.; *Sudáfrica:* Bester, P.J.; *Suecia:* Hallman, A.; *Suiza:* Aeberli, W.; **Tailandia:* Tanipanichskul, P.; *Turquía:* Bezdegumeli, U.; *Ucrania:* Bezsalıy, V.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE:* Reig, J.; **Asociación Nuclear Mundial:* Saint-Pierre, S.; *Comisión Europea:* Vigne, S.; *OIEA:* Feige, G. (Coordinador); *Organización Internacional de Normalización:* Nigon, J.L.

Comité sobre Normas de Seguridad Radiológica

Alemania: Landfermann, H.; *Argentina:* Rojkind, R.H.A.; *Australia:* Melbourne, A.; **Belarús:* Rydlevski, L.; *Bélgica:* Smeesters, P.; *Brasil:* Rodriguez Rochedo, E.R.; **Bulgaria:* Katzarska, L.; *Canadá:* Clement, C.; *China:* Yang, H.; *Corea, República de:* Lee, B.; *Costa Rica:* Pacheco Jiménez, R.; *Cuba:* Betancourt Hernández, L.; **Chipre:* Demetriades, P.; *Dinamarca:* Ohlenschlager, M.; **Egipto:* Hassib, G.M; *Eslovaquia:* Jurina, V.; *Eslovenia:* Sutej, T.; *España:* Amor, I.; *Estados Unidos de América:* Miller, C.; *Federación de Rusia:* Savkin, M.; *Filipinas:* Valdezco, E.; *Finlandia:* Markkanen, M.; *Francia:* Godet, J.; **Grecia:* Kamenopoulou, V.; *Hungría:* Koblinger, L.; *Islandia:* Magnusson, S. (Presidente); *India:* Sharma, D.N.; *Indonesia:* Akhadi, M.; *Irán, República Islámica del:* Rastkhah, N.; **Iraq:* Khalil Al-Kamil, A.-M.; *Irlanda:* Colgan, T.; *Israel:* Laichter, Y.; *Italia:* Bol ogna, L.; *Japón:* Yoda, N.; *Letonia:* Salmins, A.; *Malasia:* Rehir, D.; *México:* Maldonado Mercado, H.; *Marruecos:* Tazi, S.; *Países Bajos:* Zuur, C.; *Noruega:* Saxebol, G.; *Pakistán:* Mehboob, A.E.; *Paraguay:* Idoyago Navarro, M.; *Portugal:* Dias de Oliveira, A.; *Reino Unido:* Robinson, I.; *República Checa:* Petrova, K.; *Rumania:* Rodna, A.; *Sudáfrica:* Olivier, J.H.I.; *Suecia:* Hofvander, P.; *Suiza:* Pfeiffer, H.J.; **Tailandia:* Wanitsuksombut, W.; *Turquía:* Okyar, H.; *Ucrania:* Holubiev, V.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE:* Lazo, T.; *Asociación Nuclear Mundial:* Saint-Pierre, S.; *Comisión Europea:* Janssens, A.; *Comisión Internacional de Protección Radiológica:* Valentin, J.; *Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas:* Crick, M.; *Oficina Internacional del Trabajo:* Niu, S.; *OIEA:* Boal, T. (Coordinador); *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación:* Byron, D.; *Organización Internacional de Normalización:* Perrin, M.; *Organización Mundial de la Salud:* Carr, Z.; *Organización Panamericana de la Salud:* Jiménez, P.

Comité sobre Normas de Seguridad en el Transporte

Alemania: Rein, H.; *Argentina:* López Vietri, J.; *Australia:* Sarkar, S.; *Austria:* Kirchnawy, F.; *Bélgica:* Cottens, E.; *Brasil:* Mezrahi, A.; *Bulgaria:* Bakalova, A.; *Canadá:* Faille, S.; *China:* Qu, Z.; *Corea, República de:* Kim, Y.-J.; *Croacia:* Kubelka, D.; *Cuba:* Quevedo García, J.R.; **Chipre:* Demetriades, P.; *Dinamarca:* Breddan, K.; **Egipto:* El-Shinawy, R.M.K.; *España:* Zamora Martín, F.; *Estados Unidos de América:* Brach, W.E.; Boyle, R.; *Federación de Rusia:* Ershov, V.N.; *Filipinas:* Kinilitan-Parami, V.; *Finlandia:* Tikkinen, J.; *Francia:* Aguilar, J.; **Grecia:* Vogiatzi, S.; *Hungría:* Sáfár, J.; *India:* Agarwal, S.P.; *Irán, República Islámica del:* Kardan, M.R.; **Iraq:* Khalil Al-Kamil, A.-M.;

Irlanda: Duffy, J. (Presidente); *Israel*: Koch, J.; *Italia*: Trivelloni, S.; *Japón*: Amano, M.; *Malasia*: Sobari, M.P.M.; *Nueva Zelandia*: Ardouin, C.; *Noruega*: Hornkjøl, S.; *Países Bajos*: Van Halem, H.; *Pakistán*: Rashid, M.; *Paraguay*: More Torres, L.E.; *Portugal*: Buxo da Trindade, R.; *Reino Unido*: Young, C.N.; *República Checa*: Ducháček, V.; *Rumania*: Vieru, G.; *Sudáfrica*: Jutle, K.; *Suecia*: Dahlin, G.; *Suiza*: Knecht, B.; **Tailandia*: Wanitsuksombut, W.; *Turquía*: Ertürk, K.; *Ucrania*: Sakalo, V.; *Asociación de Transporte Aéreo Internacional*: Abouchaar, J.; *Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa*: Kervella, O.; *Comisión Europea*: Venchiarutti, J.-C.; *Federación Internacional de Asociaciones de Pilotos de Líneas Aéreas*: Tisdall, A.; *Instituto Mundial de Transporte Nuclear*: Green, L.; *OIEA*: Wangler, M.E. (Coordinador); *Organización de Aviación Civil Internacional*: Rooney, K.; *Organización Internacional de Normalización*: Malesys, P.; *Organización Marítima Internacional*: Rahim, I.; *Unión Postal Universal*: Giroux, P.

Comité sobre Normas de Seguridad de los Desechos

Argentina: Siraky, G.; *Australia*: Williams, G.; *Austria*: Hohenberg, J.; *Bélgica*: Baekelandt, L.; *Brasil*: Heilbron, P.; **Bulgaria*: Simeonov, G.; *Canadá*: Lojk, R.; *China*: Fan, Z.; *Corea, República de*: Park, W.; *Croacia*: Subasic, D.; *Cuba*: Salgado Mojena, M.; **Chipre*: Demetriades, P.; **República Checa*: Lieteva, P.; *Dinamarca*: Nielsen, C.; **Egipto*: El-Adham, K.E.A.; *Eslovaquia*: Končeny, L.; *Eslovenia*: Mele, I.; *España*: Sanz, M.; *Estados Unidos de América*: Camper, L.; *Federación de Rusia*: Poluektov, P.P.; *Finlandia*: Ruokola, E.; *Francia*: Cailleton, R.; *Hungría*: Czoch, I.; *India*: Raj, K.; *Indonesia*: Yatim, S.; *Irán, República Islámica del*: Ettehadian, M.; **Iraq*: Abass, H.; *Israel*: Dody, A.; *Italia*: Dionisi, M.; *Japón*: Ito, Y.; **Letonia*: Salmins, A.; *Lituania*: Paulikas, V.; *México*: Aguirre Gómez, J.; *Marruecos*: Soufi, I.; **Noruega*: Sorlie, A.; *Países Bajos*: Selling, H.; *Pakistán*: Rehman, R.; *Paraguay*: Facetti Fernández, J.; *Portugal*: Flausino de Paiva, M.; *Reino Unido*: Wilson, C.; *Rumania*: Tuturici, I.; *Sudáfrica*: Pather, T. (Presidente); *Suecia*: Wingefors, S.; *Suiza*: Zurkinden, A.; *Turquía*: Özdemir, T.; *Ucrania*: Ievlev, S.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE*: Riotte, H.; *Asociación Nuclear Mundial*: Saint-Pierre, S.; *Comisión Europea*: Hilden, W.; *OIEA*: Hioki, K. (Coordinador); *Organización Internacional de Normalización*: Hutson, G.

Seguridad mediante las normas internacionales

“Las normas del OIEA se han convertido en un elemento clave del régimen mundial de seguridad destinado a facilitar los usos beneficiosos de las tecnologías nucleares o relacionadas con las radiaciones.

Las normas de seguridad del OIEA se están aplicando en la producción de energía nucleoelectrica, así como en la medicina, la industria, la agricultura, las investigaciones y la educación para asegurar la protección adecuada de las personas y el medio ambiente.”

Mohamed ElBaradei
Director General del OIEA

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA

ISBN 978-92-0-310209-4

ISSN 1020-5837