

Normas de seguridad del OIEA

para la protección de las personas y el medio ambiente

Disposición final de desechos radiactivos

Requisitos de seguridad específicos
Nº SSR-5



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA Y PUBLICACIONES CONEXAS

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 figuran en la **Colección de Normas de Seguridad del OIEA**. Esta serie de publicaciones abarca la seguridad nuclear, radiológica, del transporte y de los desechos. Las categorías comprendidas en esta serie son las siguientes: **Nociones fundamentales de seguridad, Requisitos de seguridad y Guías de seguridad**.

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 utilización 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.

PUBLICACIONES CONEXAS

Con arreglo a las disposiciones del artículo III y del 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**.

La **Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA** comprende publicaciones de carácter informativo destinadas a fomentar y facilitar la investigación, el desarrollo y la aplicación práctica de la energía nuclear con fines pacíficos. Incluye informes y guías sobre la situación y los adelantos de las tecnologías, así como experiencias, buenas prácticas y ejemplos prácticos en relación con la energía nucleoelectrónica, el ciclo del combustible nuclear, la gestión de desechos radiactivos y la clausura.

DISPOSICIÓN FINAL
DE DESECHOS RADIACTIVOS

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

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

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° SSR-5

DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS RADIATIVOS

REQUISITOS DE SEGURIDAD ESPECÍFICOS

En la presente publicación se incluye un CD-ROM con el Glosario de seguridad tecnológica del OIEA: edición de 2007 (2007) y los Principios fundamentales de seguridad (2006), ambas publicaciones en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso.

El CD-ROM también se puede adquirir por separado.

Véase: <http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/publications.asp>

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA, 2012

DERECHOS DE AUTOR

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

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

© OIEA, 2012

Impreso por el OIEA en Austria
Enero de 2012

DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS RADIACTIVOS

OIEA, VIENA, 2012

STI/PUB/1449

ISBN 978-92-0-322010-1

ISSN 1020-5837

PRÓLOGO

de Yukiya Amano
Director General

El OIEA está autorizado por su Estatuto a “establecer o adoptar, 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 los Estados pueden aplicar mediante sus disposiciones de reglamentación de la seguridad nuclear y radiológica. A esos efectos, el OIEA consulta con los órganos competentes de las Naciones Unidas y con los organismos especializados pertinentes. Un amplio conjunto de normas de alta calidad revisadas periódicamente, es un elemento clave de un régimen de seguridad mundial estable y sostenible, como también lo es la asistencia del OIEA en la aplicación de esas normas.

El OIEA inició su programa de normas de seguridad en 1958. El énfasis puesto en su calidad, idoneidad y mejora continua ha redundado en el uso generalizado de las normas del OIEA en todo el mundo. La Colección de Normas de Seguridad incluye ahora Principios fundamentales de seguridad unificados, que representan un consenso internacional acerca de lo que debe constituir un alto grado de protección y seguridad. Con el firme apoyo de la Comisión sobre Normas de Seguridad, el OIEA se esfuerza por promover la aceptación y el uso a escala mundial de sus normas.

Las normas solo son eficaces si se aplican adecuadamente en la práctica. Los servicios de seguridad del OIEA abarcan el diseño, la selección de emplazamientos y la seguridad técnica, la seguridad operacional, la seguridad radiológica, la seguridad en el transporte de materiales radiactivos y la seguridad en la gestión de los desechos radiactivos, así como la organización a nivel gubernamental, las cuestiones relacionadas con reglamentación y la cultura de la seguridad en las organizaciones. Estos servicios de seguridad prestan asistencia a los Estados Miembros en la aplicación de las normas y posibilitan el intercambio de experiencias y conocimientos valiosos.

La reglamentación de la seguridad es una responsabilidad nacional, y muchos Estados han decidido adoptar las normas del OIEA para incorporarlas en sus reglamentos nacionales. Para las partes en las diversas convenciones internacionales sobre seguridad, las normas del OIEA son un medio coherente y fiable de asegurar el cumplimiento eficaz de las obligaciones emanadas de esas convenciones. Los órganos reguladores y los explotadores de todo el mundo también aplican las normas para mejorar la seguridad en la generación de energía nucleoelectrónica y en los usos de la energía nuclear en la medicina, la industria, la agricultura y la investigación.

La seguridad no es un fin en sí misma, sino un requisito indispensable para la protección de las personas en todos los Estados y del medio ambiente, en la actualidad y en el futuro. Los riesgos relacionados con la radiación ionizante deben evaluarse y controlarse sin restringir indebidamente la contribución de la energía nuclear al desarrollo equitativo y sostenible. Los Gobiernos, órganos reguladores y explotadores de todo el mundo deben velar por que los materiales nucleares y las fuentes de radiación se utilicen con fines benéficos y de manera segura y ética. Las normas de seguridad del OIEA están concebidas para facilitar esa tarea, y aliento a todos los Estados Miembros a hacer uso de ellas.

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

Las normas de seguridad del OIEA reflejan un consenso internacional con respecto a lo que constituye un alto grado de seguridad para proteger a la población y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la radiación ionizante. En el proceso de elaboración, examen y establecimiento de las normas del OIEA participan la Secretaría del OIEA y todos los Estados Miembros, muchos de los cuales están representados en los cuatro comités de normas de seguridad y la Comisión sobre Normas de Seguridad del OIEA.

Las normas del OIEA, que son un elemento clave del régimen de seguridad mundial, son revisadas periódicamente por la Secretaría, los comités de normas de seguridad y la Comisión sobre Normas de Seguridad. La Secretaría recopila información sobre la experiencia en la aplicación de las normas del OIEA e información adquirida del seguimiento de los sucesos con el objeto de asegurar que las normas sigan ajustándose a las necesidades de los usuarios. La presente publicación refleja la información y experiencia acumuladas hasta 2010 y ha sido sometida al riguroso procedimiento de examen establecido para las normas.

El accidente ocurrido en la central nuclear de Fukushima Daiichi, en el Japón, a raíz del terrible terremoto y tsunami del 11 de marzo de 2011 y las consecuencias de esta emergencia para la población y el medio ambiente deben investigarse a fondo, y ya se están estudiando en el Japón, el OIEA y otras partes. Las enseñanzas que se extraigan en relación con la seguridad nuclear y la protección radiológica, así como con la preparación y respuesta para casos de emergencia, se recogerán en las normas de seguridad del OIEA que se revisen y publiquen en el futuro.

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

ANTECEDENTES

La radiactividad es un fenómeno natural y las fuentes naturales de radiación son una característica del medio ambiente. Las radiaciones y las sustancias radiactivas tienen muchas aplicaciones beneficiosas, que van desde la generación de electricidad hasta los usos en la medicina, la industria y la agricultura. Los riesgos asociados a las radiaciones que estas aplicaciones pueden entrañar para los trabajadores y la población y para el medio ambiente deben evaluarse y, de ser necesario, controlarse.

Para ello es preciso que actividades tales como los usos de la radiación con fines médicos, la explotación de instalaciones nucleares, la producción, el transporte y la utilización de material radiactivo y la gestión de los desechos radiactivos estén sujetas a normas de seguridad.

La reglamentación relativa a la seguridad es una responsabilidad nacional. Sin embargo, los riesgos asociados a las radiaciones pueden trascender las fronteras nacionales, y la cooperación internacional ayuda a promover y aumentar la seguridad en todo el mundo mediante el intercambio de experiencias y el mejoramiento de la capacidad para controlar los peligros, prevenir los accidentes, responder a las emergencias y mitigar las consecuencias dañinas.

Los Estados tienen una obligación de diligencia, y deben cumplir sus compromisos y obligaciones nacionales e internacionales.

Las normas internacionales de seguridad ayudan a los Estados a cumplir sus obligaciones dimanantes de los principios generales del derecho internacional, como las que se relacionan con la protección del medio ambiente. Las normas internacionales de seguridad también promueven y afirman la confianza en la seguridad, y facilitan el comercio y los intercambios internacionales.

Existe un régimen mundial de seguridad nuclear que es objeto de mejora continua. Las normas de seguridad del OIEA, que apoyan la aplicación de instrumentos internacionales vinculantes y la creación de infraestructuras nacionales de seguridad, son una piedra angular de este régimen mundial. Las normas de seguridad del OIEA constituyen un instrumento útil para las partes contratantes en la evaluación de su desempeño en virtud de esas convenciones internacionales.

LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Las normas de seguridad del OIEA se basan en el Estatuto de éste, que autoriza al OIEA a establecer o adoptar, en consulta y, cuando proceda, en colaboración con los órganos competentes de las Naciones Unidas y con los organismos especializados interesados, normas de seguridad para proteger la salud

y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad, y proveer a la aplicación de estas normas.

Con miras a garantizar la protección de las personas y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la radiación ionizante, las normas de seguridad del OIEA establecen principios fundamentales de seguridad, requisitos y medidas para controlar la exposición de las personas a las radiaciones y la emisión de materiales radiactivos al medio ambiente, reducir la probabilidad de sucesos que puedan dar lugar a una pérdida de control sobre el núcleo de un reactor nuclear, una reacción nuclear en cadena, una fuente radiactiva o cualquier otra fuente de radiación, y mitigar las consecuencias de esos sucesos si se producen. Las normas se aplican a instalaciones y actividades que dan lugar a riesgos radiológicos, comprendidas las instalaciones nucleares, el uso de la radiación y de las fuentes radiactivas, el transporte de materiales radiactivos y la gestión de los desechos radiactivos.

Las medidas de seguridad tecnológica y las medidas de seguridad física¹ tienen en común la finalidad de proteger la vida y la salud humanas y el medio ambiente. Las medidas de seguridad tecnológica y de seguridad física deben diseñarse y aplicarse en forma integrada, de modo que las medidas de seguridad física no comprometan la seguridad tecnológica y las medidas de seguridad tecnológica no comprometan la seguridad física.

Las normas de seguridad del OIEA reflejan un consenso internacional con respecto a lo que constituye un alto grado de seguridad para proteger a la población y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la radiación ionizante. Las normas se publican en la Colección de Normas de Seguridad del OIEA, que comprende tres categorías (véase la Fig. 1).

Nociones Fundamentales de Seguridad

Las Nociones Fundamentales de Seguridad presentan los objetivos y principios fundamentales de protección y seguridad, y constituyen la base de los requisitos de seguridad.

Requisitos de Seguridad

Un conjunto integrado y coherente de requisitos de seguridad establece los requisitos que se han de cumplir para garantizar la protección de las personas y el medio ambiente, tanto en el presente como en el futuro. Los requisitos se rigen por los objetivos y principios de las Nociones Fundamentales de Seguridad. Si los requisitos no se cumplen, deben adoptarse medidas para alcanzar o restablecer el grado de seguridad requerido. El formato y el estilo de los requisitos facilitan su uso

¹ Véanse también las publicaciones de la Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA

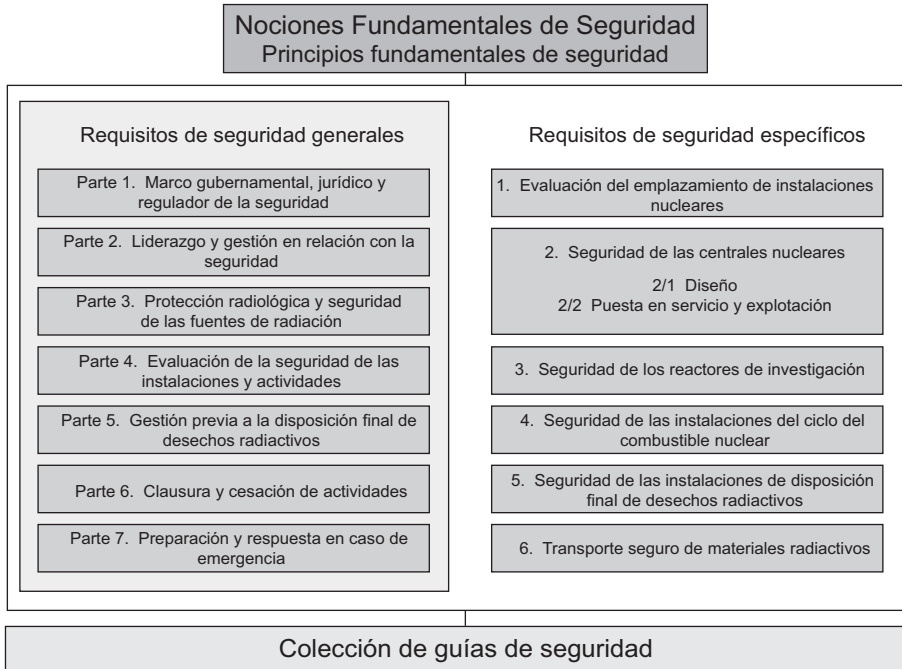


FIG. 1. Estructura a largo plazo de la Colección de Normas de Seguridad del OIEA.

para establecer, de forma armonizada, un marco nacional de reglamentación. En los requisitos de seguridad se emplean formas verbales imperativas, junto con las condiciones conexas que deben cumplirse. Muchos de los requisitos no se dirigen a una parte en particular, lo que significa que incumbe cumplirlos a las partes que corresponda.

Guías de seguridad

Las guías de seguridad ofrecen recomendaciones y orientación sobre cómo cumplir los requisitos de seguridad, lo que indica un consenso internacional en el sentido de que es necesario adoptar las medidas recomendadas (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 tratan de alcanzar altos grados de seguridad. En la formulación de las recomendaciones de las guías de seguridad se emplean formas verbales condicionales.

APLICACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Los principales usuarios de las normas de seguridad en los Estados Miembros del OIEA son órganos reguladores y otras autoridades nacionales competentes. También hacen uso de las normas de seguridad del OIEA organizaciones copatrocinadoras y muchas organizaciones que diseñan, construyen y explotan instalaciones nucleares, así como organizaciones en las que se usan radiaciones o fuentes radiactivas.

Las normas de seguridad del OIEA se aplican, según el caso, a lo largo de toda la vida útil de todas las instalaciones y actividades –existentes y nuevas– que tienen fines pacíficos, y a las medidas protectoras destinadas a reducir los riesgos existentes en relación con las radiaciones. Los Estados también pueden usarlas como referencia para sus reglamentos nacionales relativos a instalaciones y actividades.

De conformidad con el Estatuto del OIEA, las normas de seguridad tienen carácter vinculante para el OIEA en relación con sus propias operaciones, así como para los Estados en relación con las operaciones realizadas con asistencia del OIEA.

Las normas de seguridad del OIEA también constituyen la base de los servicios de examen de la seguridad que éste brinda; el OIEA recurre a esos servicios en apoyo de la creación de capacidad, incluida la elaboración de planes de enseñanza y la creación de cursos de capacitación.

Los convenios internacionales contienen requisitos similares a los que figuran en las normas de seguridad del OIEA, y tienen carácter vinculante para las partes contratantes. Las normas de seguridad del OIEA, complementadas por convenios internacionales, normas de la industria y requisitos nacionales detallados, forman una base coherente para la protección de las personas y el medio ambiente. Existen también algunos aspectos de la seguridad especiales que se deben evaluar a nivel nacional. Por ejemplo, muchas de las normas de seguridad del OIEA, en particular las que tratan aspectos relativos a la seguridad en la planificación o el diseño, se conciben con el fin de aplicarlas principalmente a nuevas instalaciones y actividades. Es posible que algunas instalaciones existentes construidas conforme a normas anteriores no cumplan plenamente los requisitos especificados en las normas de seguridad del OIEA. Corresponde a cada Estado decidir el modo en que deberán aplicarse las normas de seguridad del OIEA a esas instalaciones.

Las consideraciones científicas en las que descansan las normas de seguridad del OIEA proporcionan una base objetiva para la adopción de decisiones acerca de la seguridad; sin embargo, las instancias decisorias deben también formarse opiniones fundamentadas y determinar la mejor manera de equilibrar los beneficios de una medida o actividad con los riesgos asociados a las radiaciones y cualquier otro efecto perjudicial a que pueda dar lugar esa medida o actividad.

PROCESO DE ELABORACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

En la elaboración y el 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 la Comisión sobre Normas de Seguridad (CSS), que supervisa el programa de normas de seguridad del OIEA (véase la Fig. 2).

Todos los Estados Miembros del OIEA pueden designar expertos para que participen en los comités de normas de seguridad y formular observaciones sobre los proyectos de norma. Los miembros de la Comisión sobre Normas de Seguridad son designados por el Director General y figuran entre ellos altos funcionarios gubernamentales encargados del establecimiento de normas nacionales.

Se ha creado un sistema de gestión para los procesos de planificación, desarrollo, examen, revisión y establecimiento de normas de seguridad del OIEA. Ese sistema articula el mandato del OIEA, la visión relativa a la futura aplicación de

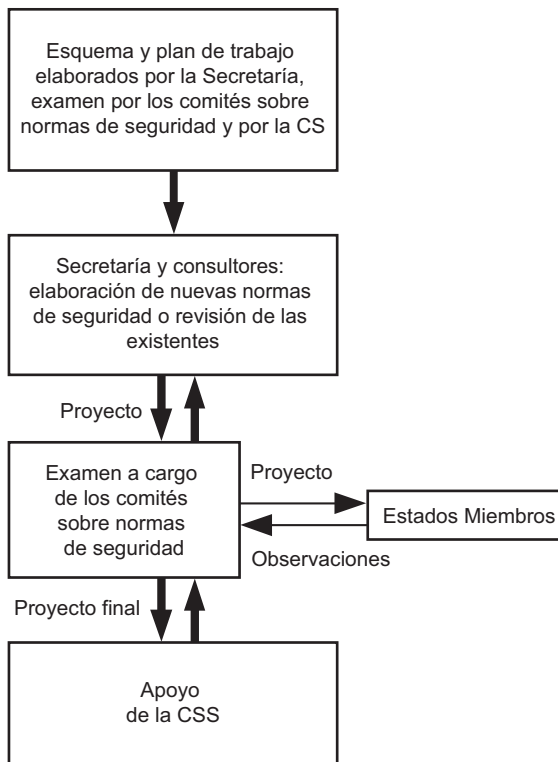


FIG. 2. Proceso de elaboración de una nueva norma de seguridad o de revisión de una norma existente

las normas de seguridad, las políticas y las estrategias, y las correspondientes funciones y responsabilidades.

INTERACCIÓN CON OTRAS ORGANIZACIONES INTERNACIONALES

En la elaboración de las normas de seguridad del OIEA 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 de seguridad 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, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la Organización Internacional del Trabajo, la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE, la Organización Panamericana de la Salud y la Organización Mundial de la Salud.

INTERPRETACIÓN DEL TEXTO

Los términos relacionados con la seguridad se interpretarán como se definen en el Glosario de seguridad tecnológica del OIEA (véase la dirección <http://www-ns.iaea.org/downloads/standards/glossary/safety-glossary-spanish.pdf>). En el caso de las Guías de Seguridad, el texto en inglés es la versión autorizada.

En Introducción que figura en la Sección 1 de cada publicación se presentan los antecedentes y el contexto de cada norma de la Colección de Normas de Seguridad del OIEA, así como sus objetivos, alcance y estructura.

Todo el material para el cual no existe un lugar adecuado en el cuerpo del texto (por ejemplo, información de carácter complementario o independiente del texto principal, que se incluye en apoyo de declaraciones que figuran en el texto principal, o que describe métodos de cálculo, procedimientos o límites y condiciones), puede presentarse en apéndices o anexos.

Cuando figuran en la publicación, los apéndices se consideran parte integrante de la norma de seguridad. El material 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 del texto principal, en su caso, se utilizan para proporcionar ejemplos prácticos o información o explicaciones adicionales. Los anexos y notas de pie de página no son parte integrante del texto principal. La información publicada por el OIEA en forma de anexos no es necesariamente de su autoría; la información que corresponda a otros autores podrá presentarse en forma de anexos. La información procedente de otras fuentes, que se presenta en los anexos, puede extraerse y adaptarse, según convenga, para que sea de utilidad general.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
	Antecedentes (1.1–1.26)	1
	Objetivo (1.27–1.28)	9
	Ambito de aplicación (1.29–1.32)	10
	Estructura (1.33)	11
2.	PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS Y EL MEDIO AMBIENTE	11
	Aplicación de los principios fundamentales de seguridad (2.1–2.6)	11
	La protección radiológica durante el período operacional (2.7–2.14)	12
	La protección radiológica en el período posterior al cierre (2.15–2.19)	14
	Preocupaciones ambientales y no radiológicas (2.20–2.24)	17
3.	REQUISITOS DE SEGURIDAD PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS RADIATIVOS (3.1–3.5)	18
	Marco gubernamental, jurídico y regulador	20
	Requisito 1: Responsabilidades gubernamentales (3.6–3.7)	20
	Requisito 2: Responsabilidades del órgano regulador (3.8–3.11)	21
	Requisito 3: Responsabilidades del explotador (3.12–3.16)	22
	Enfoque de seguridad	24
	Requisito 4: Importancia de la seguridad en el proceso de desarrollo y explotación de una instalación de disposición final (3.17–3.20)	24
	Requisito 5: Medios pasivos para la seguridad de la instalación de disposición final (3.21–3.25)	25
	Requisito 6: Conocimiento de las instalaciones de disposición final y confianza en la seguridad (3.26–3.31) ...	26
	Conceptos de diseño desde el punto de vista de la seguridad (3.32–3.34)	27

Requisito 7: Funciones múltiples de seguridad (3.35–3.38)	28
Requisito 8: Contención de los desechos radiactivos (3.39–3.42)	29
Requisito 9: Aislamiento de los desechos radiactivos (3.43–3.47)	31
Requisito 10: Vigilancia y control de los elementos de seguridad pasiva (3.48)	32
4. REQUISITOS RELATIVOS AL DESARROLLO, LA EXPLOTACIÓN Y EL CIERRE DE LAS INSTALACIONES DE DISPOSICIÓN FINAL (4.1)	33
Marco para la disposición final de desechos radiactivos	33
Requisito 11: Desarrollo escalonado y evaluación de las instalaciones de disposición final (4.2–4.5)	33
La justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad (4.6–4.11)	34
Requisito 12: Preparación, aprobación y uso de la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad de una instalación de disposición final (4.12–4.14)	36
Requisito 13: Alcance de la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad (4.15–4.22)	37
Requisito 14: Documentación de la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad (4.23–4.25)	39
Etapas en el desarrollo, la explotación y el cierre de instalaciones de disposición final	40
Requisito 15: Caracterización del emplazamiento de una instalación de disposición final (4.26–4.29)	40
Requisito 16: Diseño de una instalación de disposición final (4.30–4.32)	42
Requisito 17: Construcción de una instalación de disposición final (4.33–4.34)	43
Requisito 18: Explotación de una instalación de disposición final (4.35–4.37)	43
Requisito 19: Cierre de una instalación de disposición final (4.38–4.41)	44

5.	GARANTÍA DE LA SEGURIDAD	45
	Requisito 20: Aceptación de desechos en una instalación de disposición final (5.1–5.3)	45
	Requisito 21: Programas de monitorización en una instalación de disposición final (5.4–5.5)	46
	Requisito 22: Período posterior al cierre y controles institucionales (5.6–5.14)	47
	Requisito 23: Consideraciones sobre el sistema nacional de contabilidad y control de materiales nucleares (5.15–5.19)	50
	Requisito 24: Requisitos relativos a las medidas de seguridad física nuclear (5.20–5.21)	51
	Requisito 25: Sistemas de gestión (5.22–5.26)	52
6.	INSTALACIONES DE DISPOSICIÓN FINAL EXISTENTES (6.1)	53
	Requisito 26: Instalaciones de disposición final existentes (6.2–6.3)	53
	APÉNDICE: GARANTÍA DEL CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO Y LOS CRITERIOS DE SEGURIDAD	55
	REFERENCIAS	59
	ANEXO: CLASIFICACIÓN DE LOS DESECHOS RADIATIVOS ...	63
	COLABORADORES EN LA PREPARACIÓN Y EXAMEN	65
	ENTIDADES ENCARGADAS DE LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA	67

1. INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

Aspectos generales

1.1. Los desechos radiactivos se derivan de la producción de electricidad en las centrales nucleares, de las operaciones del ciclo del combustible nuclear y de las actividades en que se utilizan materiales radiactivos. También se derivan de las actividades y los procesos en cuyos desechos se concentran materiales radiactivos de origen natural y, por lo tanto, en la gestión de esos desechos se deben tener en cuenta los aspectos de seguridad. Los desechos radiactivos pueden ser generados por una amplia gama de actividades, como las realizadas en hospitales, centrales nucleares, minas o instalaciones de tratamiento de minerales.

1.2. Las propiedades de los desechos radiactivos también son variadas, no sólo en cuanto al contenido radiactivo y la concentración de la actividad, sino también en lo que respecta a las propiedades físicas y químicas. La tasa de generación de desechos también es variada. Una característica común de todos los desechos radiactivos es que pueden suponer un peligro para las personas y el medio ambiente y, por consiguiente, se deben gestionar con el fin de reducir los riesgos conexos a niveles aceptables. Los posibles peligros pueden ser desde grandes hasta insignificantes: esta variación se refleja en las opciones de gestión y disposición final necesarias para los diversos tipos de desechos.

1.3. Los principios de seguridad que se deben aplicar en todas las actividades de gestión de desechos radiactivos se exponen en las Nociones Fundamentales de Seguridad del OIEA [1]. Estos principios constituyen también la base ética y conceptual de la Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos [2]. Los requisitos de protección radiológica se presentan en las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación (las Normas básicas de seguridad) [3]. Muchos de los requisitos de seguridad y conceptos de protección adoptados en las normas y en la Convención conjunta [2] proceden de las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) [4 a 7].

1.4. En la presente publicación de Requisitos de Seguridad se establecen los requisitos de seguridad relacionados con la disposición final de desechos

radiactivos de todo tipo. En ella se expone el objetivo de seguridad y los criterios para la protección de las personas y el medio ambiente contra los riesgos radiológicos derivados de las instalaciones de disposición final de desechos radiactivos que están en explotación y tras su cierre. Para cumplir los criterios, quizá sea necesario adoptar medidas relacionadas con la selección y evaluación del emplazamiento, así como con el diseño, la construcción, la explotación y el cierre de la instalación de disposición final. Los requisitos son fundamentales desde el punto de vista de la seguridad y el incumplimiento de cualquiera de ellos exigiría la adopción de las medidas que corresponda.

1.5. En la presente publicación de Requisitos de Seguridad no se reiteran todos los requisitos de seguridad relacionados con el marco gubernamental, jurídico y regulador, la protección radiológica y la planificación para casos de emergencia establecidos en otras publicaciones de Requisitos de Seguridad. Esta publicación se basa en la premisa de que, en general, se deben adoptar disposiciones que garanticen el cumplimiento de estos requisitos conexos. Ahora bien, en ella se presentan algunos requisitos que están estrechamente relacionados con estas otras esferas temáticas y que revisten particular importancia para la seguridad de las instalaciones de disposición final de desechos radiactivos. Las orientaciones sobre el cumplimiento de los requisitos de seguridad expuestos en la presente publicación de Requisitos de Seguridad se facilitan en varias guías de seguridad específicas de los distintos tipos de instalaciones de disposición final de desechos radiactivos.

1.6. La estrategia preferible para la gestión de todo tipo de desechos radiactivos consiste en su contención (es decir, en confinar los radionucleidos en la matriz de desechos, los embalajes y la instalación de disposición final) y aislarlos de la biosfera accesible. Esta estrategia no excluye la descarga (esto es, la emisión controlada) de efluentes derivados de las actividades de gestión de desechos y que contienen cantidades residuales de radionucleidos, ni la dispensa de materiales que cumplan los criterios correspondientes. Se han establecido normas internacionales de seguridad que contemplan ambas circunstancias [8, 9].

1.7. Los desechos radiactivos pueden presentarse inicialmente en forma de gases, líquidos y sólidos. Por lo general, en las actividades de gestión de desechos, éstos se tratan para producir formas estables y sólidas, y se procede a la reducción de su volumen y a su inmovilización, en la medida de lo posible, para facilitar su almacenamiento, transporte y disposición final. La presente publicación de Requisitos de Seguridad trata sobre la fase de disposición final de materiales sólidos o solidificados, que es la última etapa del proceso de gestión de desechos radiactivos.

Conceptos relacionados con la disposición final (y el almacenamiento) de desechos radiactivos

1.8. Por “disposición final” se entiende la colocación de desechos radiactivos en una instalación o lugar sin intención de recuperarlos¹. Las opciones de disposición final están concebidas para contener los desechos mediante elementos artificiales y naturales de seguridad pasiva y aislarlos de la biosfera accesible en la medida en que el peligro conexo lo requiera. La expresión “disposición final” indica que no hay intención de recuperar los desechos, lo que no significa que la recuperación no sea posible.

1.9. En cambio, por “almacenamiento” se entiende la conservación de desechos radiactivos en una instalación o lugar con intención de recuperarlos. Tanto la opción de disposición final como la de almacenamiento están concebidas para contener los desechos y aislarlos de la biosfera accesible en la medida necesaria. La gran diferencia entre ambas opciones es que el almacenamiento es una medida provisional tras la cual se tiene previsto adoptar otras medidas, entre las que pueden figurar el ulterior acondicionamiento o embalaje de los desechos y, en última instancia, su disposición final. En la ref. [11] se proporcionan orientaciones sobre el almacenamiento de desechos radiactivos en condiciones de seguridad.

1.10. Se han elaborado varias opciones de diseño de instalaciones de disposición final y en muchos Estados se han construido diversos tipos de esas instalaciones que están en funcionamiento. Estas opciones de diseño presentan distintos grados de contención y aislamiento, que corresponden a las diferentes clases de desechos radiactivos que se recibirán en las instalaciones. Los objetivos específicos de la disposición final son:

- a) contener los desechos;
- b) aislar los desechos de la biosfera accesible y reducir notablemente la probabilidad de una intrusión humana² involuntaria en los desechos, así como todas las posibles consecuencias de este tipo de intrusión;

¹ La terminología utilizada en la presente publicación se define y explica en el Glosario de Seguridad Tecnológica del OIEA [10] (véase http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/IAEASafetyGlossary2007/Glossary/SafetyGlossary_2007s.pdf).

² Por “intrusión humana” se entiende cualquier actividad humana que afecta a la integridad de una instalación de disposición final y que podría tener consecuencias radiológicas. Solo se toman en consideración aquellas actividades humanas que causan una alteración directa de la instalación de disposición final (es decir, los desechos propiamente dichos, el campo próximo contaminado o los materiales de barreras artificiales).

- c) inhibir, reducir y demorar en cualquier momento la migración de radionucleidos de los desechos a la biosfera accesible;
- d) garantizar que las cantidades de radionucleidos que llegan a la biosfera accesible debido a cualquier migración de radionucleidos de una instalación de disposición final sean tales que las posibles consecuencias radiológicas sean aceptablemente bajas en todo momento.

1.11. El equilibrio entre la importancia de cada una de las metas mencionadas y la medida y forma en que se logran esas metas variará en función de las características de los desechos y el tipo de instalación de disposición final.

1.12. No se espera que las instalaciones de disposición final proporcionen un grado absoluto de contención y aislamiento de los desechos durante todo el tiempo; esto no es posible ni tampoco lo requiere el peligro asociado a los desechos, que disminuye con el tiempo.

Tipos de instalaciones de disposición final de desechos radiactivos

1.13. Como se indica en el párrafo 1.10, se han elaborado varias opciones de diseño de instalaciones de disposición final y se han construido en todo el mundo diversos tipos de esas instalaciones que están en funcionamiento.

1.14. En cualquier Estado o región pueden precisarse varias instalaciones de disposición final con distintos diseños para dar cabida a los diversos tipos de desechos radiactivos. En una guía de seguridad del OIEA [12] se analiza la clasificación de los desechos radiactivos y en el anexo se presentan las distintas clases de ese tipo de desechos. En uno o más Estados se han adoptado las siguientes opciones de disposición final, que corresponden a las clases reconocidas de desechos radiactivos:

- a) disposición final específica en vertederos: disposición final en una instalación similar a una instalación convencional de vertedero para residuos industriales que puede incorporar medidas para depositar desechos radiactivos. Una instalación de estas características puede ser designada como instalación de disposición final de desechos radiactivos de actividad muy baja (VLLW) con bajas concentraciones o cantidades de contenido radiactivo [12]. Entre los desechos que se suelen someter a disposición final en una instalación de este tipo puede haber tierra y escombros derivados de las actividades de clausura;

- b) disposición final cerca de la superficie: disposición final en una instalación compuesta de zanjas artificiales o cámaras construidas en la superficie del terreno o, como máximo, a algunas decenas de metros bajo tierra. Una instalación de este tipo puede ser designada como instalación de disposición final de desechos radiactivos de actividad baja (LLW) [12];
- c) disposición final de desechos de actividad intermedia: según sus características, los desechos radiactivos de actividad intermedia (ILW) se pueden someter a disposición final en distintos tipos de instalaciones [12]. La disposición final podría efectuarse mediante la colocación de esos desechos en instalaciones construidas en cavernas, cámaras o silos a algunas decenas de metros bajo tierra como mínimo y a algunos cientos de metros bajo tierra como máximo. Podría incluir instalaciones construidas para ese fin e instalaciones construidas en minas nuevas o a partir de minas ya existentes. También podría incluir instalaciones construidas mediante la explotación por socavones en laderas de montañas o colinas, en cuyo caso la distancia hasta la superficie podría ser superior a 100 m;
- d) disposición final geológica: disposición final en instalaciones construidas en túneles, cámaras o silos en una formación geológica determinada (por ejemplo, en función de su estabilidad a largo plazo y sus propiedades hidrogeológicas) a algunos cientos de metros bajo tierra como mínimo. Una instalación de este tipo podría estar diseñada para recibir desechos radiactivos de actividad alta (HLW) [12], comprendido el combustible gastado si éste debe tratarse como desecho. Sin embargo, en una instalación de disposición final geológica con el diseño adecuado se podrían recibir todo tipo de desechos radiactivos;
- e) disposición final en pozos barrenados: disposición final en una instalación compuesta de una serie de pozos barrenados, o de uno solo, que puede encontrarse a una profundidad de entre algunas decenas de metros y algunos cientos de metros como máximo. Este tipo de instalación de disposición final en pozos barrenados está diseñada para someter a disposición final sólo cantidades relativamente pequeñas de desechos, en particular fuentes radiactivas selladas en desuso. Se ha examinado una opción de diseño para pozos barrenados muy profundos, a varios kilómetros de profundidad, para la disposición final de combustible gastado y de desechos sólidos de actividad alta. Sin embargo, ningún Estado ha adoptado esta opción para una instalación de disposición final;
- f) disposición final de desechos derivados de la extracción y el tratamiento de minerales: disposición final normalmente en la superficie del terreno o cerca de ella, aunque la manera y las grandes cantidades en que se generan los desechos, su forma fisicoquímica y su contenido de radionucleidos naturales de período largo los distinguen de otros tipos de desechos

radiactivos. Los desechos se suelen estabilizar in situ y cubrir con diversas capas de roca y tierra.

1.15. La presente publicación de Requisitos de Seguridad se aplica a todos los tipos de disposición final y de instalaciones de disposición final antes mencionados. En las guías de seguridad del OIEA, en cada una de las cuales se examina uno de los tipos de disposición final descritos anteriormente, se proporcionan orientaciones amplias sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en la presente publicación de Requisitos de Seguridad.

1.16. De conformidad con el enfoque graduado requerido en las Normas básicas de seguridad y en otras normas [3, 13, 14], la capacidad del sistema de disposición final elegido para la contención de los desechos y su aislamiento de las personas y el medio ambiente guardará proporción con los posibles peligros asociados a los desechos. Los requisitos expuestos en esta publicación de Requisitos de Seguridad se aplican a todo tipo de instalaciones de disposición final. Sin embargo, el alcance de las disposiciones necesarias para cumplir los requisitos variará de conformidad con el enfoque graduado, lo que se refleja en las guías de seguridad sobre los distintos tipos de instalaciones mencionados en el párrafo 1.14.

Ciclo de vida de una instalación de disposición final

1.17. Es probable que el desarrollo (es decir, la selección y evaluación del emplazamiento y el diseño y la construcción de la instalación) de la mayoría de los tipos de instalaciones de disposición final se lleve a cabo durante períodos prolongados. En la mayoría de los casos, el período durante el cual se explotarán instalaciones de disposición final antes de su cierre también se prolongará durante decenios. En este período de desarrollo se realizarán distintas actividades, como la selección y evaluación del emplazamiento y el diseño y la construcción de la instalación, y se adoptarán decisiones que permitan pasar al siguiente conjunto de actividades o a la siguiente etapa de desarrollo de la instalación.

1.18. Este método escalonado permite: la acumulación y evaluación ordenadas de los datos científicos y técnicos necesarios; la evaluación de posibles emplazamientos; la elaboración de conceptos de disposición final; la realización de estudios iterativos para la elaboración del diseño y la evaluación de la seguridad con datos cada vez mejores; la realización de exámenes técnicos y de reglamentación; la celebración de consultas públicas; y la adopción de decisiones políticas. Con todo, el nivel de estudio y el proceso dependerán de la instalación y de las prácticas nacionales.

1.19. Se espera que el método escalonado, junto con el examen de una serie de opciones para el diseño y la gestión operacional de una instalación de disposición final, brinden flexibilidad para responder a la nueva información técnica y los adelantos en la gestión de desechos y en las tecnologías de materiales. Este método también permite abordar los aspectos sociales, económicos y políticos de la instalación de disposición final para garantizar que se han adoptado todas las medidas razonables destinadas a seguir evitando, inhibiendo o demorando las emisiones al medio ambiente.

1.20. Este método puede incluir opciones para revertir una etapa determinada o incluso, en la mayoría de los tipos de instalaciones, recuperar los desechos después de su colocación, si esto se considerara apropiado.

1.21. Los encargados de desarrollar instalaciones de disposición final pueden definir varias etapas relacionadas con las necesidades de su programa. No obstante, en la presente publicación de Requisitos de Seguridad el método escalonado se refiere a las etapas que imponen el órgano regulador y los procesos de adopción de decisiones políticas.

1.22. Es conveniente determinar tres períodos asociados al desarrollo, la explotación y el cierre de una instalación de disposición final: i) el período preoperacional, ii) el período operacional y iii) el período posterior al cierre. En estos períodos tendrán lugar diversas actividades y algunas quizás se realicen en distintos grados durante parte o toda la vida útil de la instalación:

- i) el período preoperacional incluye la definición del concepto, la evaluación del emplazamiento (selección, verificación y confirmación), la evaluación de la seguridad y los estudios del diseño. También incluye la formulación de los aspectos de la justificación de la seguridad operacional y posterior al cierre que se requieren para establecer las condiciones de autorización, obtener la autorización y proceder a la construcción de la instalación de disposición final y a la realización de las actividades operacionales iniciales. Se establecen los programas de monitorización y ensayo necesarios para fundamentar las decisiones relativas a la gestión durante el período operacional;
- ii) el período operacional comienza cuando los desechos se reciben por primera vez en la instalación. A partir de este momento se pueden producir exposiciones a la radiación como resultado de las actividades de gestión de desechos, que se someten a control de conformidad con los requisitos de protección y seguridad. Los programas de monitorización, vigilancia y ensayo siguen fundamentando las decisiones relativas a la

gestión durante el período operacional y sirviendo de base para las decisiones relacionadas con el cierre de la instalación o de partes de ella. Las evaluaciones de la seguridad durante el período de explotación y el período después del cierre y la justificación de la seguridad se actualizan, según sea necesario, para reflejar la experiencia real y el aumento de los conocimientos. Durante el período operacional, puede darse que las actividades de construcción tengan lugar al mismo tiempo que la colocación de los desechos en la instalación y el cierre de otras partes de ella. Este período podrá incluir las actividades de recuperación de los desechos previas al cierre, si se consideran necesarias, las actividades posteriores a la finalización de la colocación de los desechos, y el cierre final y precintado de la instalación;

- iii) el período posterior al cierre comienza en el momento en que todos los elementos artificiales de contención y aislamiento son operativos, se han clausurado los edificios operacionales y servicios de apoyo, y la instalación se encuentra en su fase de configuración final. Después del cierre, la seguridad de la instalación de disposición final se lleva a cabo mediante elementos de seguridad pasiva inherentes a las características del emplazamiento y la instalación y a las de los bultos de los desechos, junto con determinados controles institucionales, en particular para las instalaciones cerca de la superficie. Esos controles institucionales se aplican para evitar intrusiones en las instalaciones y confirmar que el sistema de disposición final está funcionando según lo previsto mediante la monitorización y la vigilancia. La monitorización también puede llevarse a cabo para dar garantías al público. La licencia vencerá tras el período de control institucional activo, una vez que se hayan cumplido todos los requisitos técnicos, jurídicos y financieros necesarios.

1.23. En la presente publicación de Requisitos de Seguridad se trata la protección de las personas y el medio ambiente contra los peligros asociados a las actividades de gestión de desechos relacionadas con la disposición final de desechos, comprendidos los peligros que podrían plantearse durante el período operacional y el período posterior al cierre. Esta protección se asegurará mediante la aplicación de los requisitos jurídicos y reglamentarios en los períodos preoperacional y operacional y, en algunos casos, en el período posterior al cierre.

1.24. El sistema de disposición final (es decir, la instalación de disposición final y el entorno en que se encuentra) se desarrolla en una serie de etapas en las que avanza progresivamente el conocimiento científico del sistema de disposición final y del diseño de la instalación de disposición final. La evaluación de la seguridad es un instrumento importante para orientar la selección y evaluación

del emplazamiento y prestar asistencia en el diseño de la instalación. También se utiliza para estudiar el nivel imperante de conocimiento del sistema de disposición final y evaluar las incertidumbres conexas en las diversas etapas de desarrollo de la instalación. El alcance y la complejidad de esta evaluación variarán en función del tipo de instalación y guardarán relación con los posibles peligros asociados a los desechos.

1.25. Por otra parte, en varios programas nacionales de gestión de desechos se examina el desarrollo de instalaciones de disposición final que incorporan disposiciones relacionadas con el diseño o la explotación para facilitar la reversibilidad y también la recuperabilidad. En algunos Estados, la recuperabilidad posterior al cierre es un requisito jurídico y constituye una condición límite para las opciones disponibles, que siempre deben satisfacer los requisitos de seguridad relativos a la disposición final. No se podría permitir el relajamiento de las normas o los requisitos de seguridad partiendo del criterio de que una disposición particular puede posibilitar o facilitar la recuperación de los desechos. Habría que garantizar que una disposición así no tuviera un efecto negativo inaceptable en la seguridad o el funcionamiento del sistema de disposición final. Este tema no se trata ampliamente en la presente publicación de Requisitos de Seguridad.

1.26. La justificación de la seguridad (es decir, la recopilación de argumentos y pruebas destinados a demostrar la seguridad de una instalación) respecto de una instalación de disposición final se elaborará al mismo tiempo que se desarrolla la instalación. Este enfoque sirve de base para las decisiones relacionadas con el desarrollo, la explotación y el cierre de la instalación. También permite determinar incertidumbres en las que se debe centrar la atención con objeto de perfeccionar el conocimiento de los aspectos que afectan a la seguridad del sistema de disposición final.

OBJETIVO

1.27. El objetivo de esta publicación de Requisitos de Seguridad es exponer el objetivo y los criterios de seguridad para la disposición final de todo tipo de desechos radiactivos y establecer, sobre la base de los principios fijados en la ref. [1], los requisitos que se deben satisfacer en la disposición final de desechos radiactivos.

1.28. La presente publicación de Requisitos de Seguridad está destinada a todas las personas que se encargan de la gestión de desechos radiactivos y de la

adopción de decisiones relacionadas con el desarrollo, la explotación y el cierre de instalaciones de disposición final, sobre todo las que se ocupan de los aspectos de reglamentación conexos. Las guías de seguridad proporcionan orientaciones amplias y las mejores prácticas internacionales sobre el cumplimiento de los requisitos relativos a los distintos tipos de instalaciones de disposición final.

AMBITO DE APLICACIÓN

1.29. Esta publicación de Requisitos de Seguridad se aplica a la disposición final de desechos radiactivos de todo tipo mediante la colocación de los desechos en instalaciones de disposición final específicamente diseñadas, con sujeción a las limitaciones y los controles necesarios que se impongan a la disposición final de los desechos y al desarrollo, la explotación y el cierre de instalaciones. En la ref. [12] se analiza la clasificación de los desechos radiactivos.

1.30. En la presente publicación de Requisitos de Seguridad se establecen requisitos destinados a proporcionar garantías respecto de la seguridad radiológica de la disposición final de desechos radiactivos durante la explotación de una instalación de disposición final y, en particular, después del cierre. El objetivo fundamental de la seguridad es proteger a las personas y el medio ambiente contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes. lo que se logra estableciendo requisitos sobre la selección y evaluación del emplazamiento y el diseño de una instalación de disposición final, y sobre su construcción, explotación y cierre, incluidos los requisitos relativos a la organización y a la reglamentación.

1.31. El cumplimiento de estos requisitos forma parte del proceso de mayor envergadura relacionado con la selección y evaluación de un emplazamiento y el desarrollo de una instalación de disposición final. En dicho proceso también se examinarán cuestiones más amplias de planificación, financieras, económicas y sociales, así como cuestiones relacionadas con la seguridad convencional y los impactos ambientales. La presente publicación de Requisitos de Seguridad no aborda estas cuestiones más amplias, ni el transporte de los desechos al emplazamiento ni tampoco los impactos ambientales distintos de las consecuencias radiológicas.

1.32. La experiencia adquirida hasta la fecha en la selección de emplazamientos para instalaciones de disposición final ha demostrado que la aceptación de una instalación de disposición final por una amplia diversidad de partes interesadas depende de varios factores. El proceso de dar participación a las partes

interesadas en los procesos de adopción de decisiones respecto de las instalaciones de disposición final se considera cada vez más de gran importancia. Sin embargo, el examen detallado de tales procesos rebasa el alcance de la presente publicación de Requisitos de Seguridad.

ESTRUCTURA

1.33. Los antecedentes, conceptos y el objetivo de seguridad de la disposición final se exponen en las secciones 1 y 2. Los requisitos de seguridad para las instalaciones de disposición final se presentan en las secciones 3 a 6. Estos 26 requisitos van numerados y en letra negrita, y están expresados mediante formas verbales futuras con valor imperativo.

2. PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS Y EL MEDIO AMBIENTE

APLICACIÓN DE LOS PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE SEGURIDAD

2.1. En la publicación titulada Principios fundamentales de seguridad [1] de la serie de Nociones Fundamentales de Seguridad del OIEA se exponen el objetivo y los principios fundamentales de seguridad que son aplicables a todas las instalaciones y actividades de gestión de desechos radiactivos, comprendida la disposición final de esos desechos. Como se indica en la ref. [1], el objetivo fundamental de seguridad es proteger a las personas y el medio ambiente contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes.

2.2. La estrategia adoptada en la actualidad para lograr este objetivo fundamental de seguridad con respecto a la disposición final de desechos radiactivos consiste en contener los desechos y aislarlos de la biosfera accesible en la medida en que sea necesario. La biosfera es la parte del medio ambiente que está habitada normalmente por organismos vivos. En esta publicación de Requisitos de Seguridad se considera en general que la “biosfera accesible” comprende los elementos del medio ambiente, incluidas las aguas subterráneas, las aguas superficiales y los recursos marinos utilizados por las personas o accesibles a éstas. Por consiguiente, la biosfera accesible es la parte del medio

ambiente que los objetivos, criterios y requisitos expuestos en esta publicación de Requisitos de Seguridad están destinados a proteger.

2.3. Al aplicar la estrategia de contención y aislamiento de los desechos, está implícito que si se produjera una alteración de los desechos tras su disposición final en una instalación, podrían recibirse dosis de radiación.

2.4. Según la ref. [1], las instalaciones de disposición final deben desarrollarse de forma que se proteja a las personas y el medio ambiente tanto en el presente como en el futuro (ref. [1], principio 7). A este respecto, la consideración primordial es el peligro radiológico que plantean los desechos radiactivos. La CIPR creó el sistema de protección radiológica aplicable a todas las instalaciones y actividades, sistema que fue adoptado en las Normas básicas de seguridad [3].

2.5. La CIPR ha explicado detalladamente la aplicación del sistema de protección radiológica a la disposición final de desechos radiactivos sólidos en sus publicaciones 77 y 81 [5, 6] y volvió a confirmarla en la publicación 103 [7]. Ello sirve de punto de partida para el examen en la presente publicación de los aspectos de seguridad relativos a las instalaciones de disposición final. Al final de la sección 2 se analizan las preocupaciones ambientales y otras preocupaciones no radiológicas.

2.6. El objetivo y los criterios de seguridad expuestos en esta sección son aplicables independientemente de las fronteras nacionales. Las cuestiones transfronterizas se tratan en el marco de las convenciones, los tratados y los acuerdos bilaterales vigentes. Las Partes Contratantes en la Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos [2] deben cumplir obligaciones específicas concretas.

LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DURANTE EL PERÍODO OPERACIONAL

2.7. Los requisitos de seguridad radiológica y los criterios de seguridad conexos para el período operacional de una instalación de disposición final son los mismos que para cualquier instalación o actividad nucleares relacionadas con materiales radiactivos, y se establecen en las Normas básicas de seguridad [3]. Las instalaciones de disposición final en las que se reciben desechos procedentes de instalaciones del ciclo del combustible nuclear serán por lo general instalaciones nucleares autorizadas y su funcionamiento debe ajustarse a lo

establecido en la licencia de la instalación. Si bien es posible que las instalaciones de disposición final de pequeñas cantidades de desechos (como los pozos barrenados) no se consideren instalaciones nucleares en algunos Estados, éstas deben estar sometidas a un proceso reglamentario adecuado y, por lo tanto, disponer de la autorización correspondiente.

2.8. Desde el punto de vista de la seguridad radiológica, la instalación de disposición final se considera una fuente de radiación sometida a control reglamentario en una situación de exposición planificada. En el período operacional, es posible verificar cualquier emisión radiactiva, controlar las exposiciones y adoptar medidas al respecto, de ser necesario. Los medios técnicos y prácticos para lograr la seguridad son bien conocidos, aunque su uso en una instalación de disposición final requiere el examen de aspectos específicos. El objetivo primordial es garantizar que las dosis de radiación sean tan bajas como pueda razonablemente alcanzarse y que queden dentro del sistema aplicable de limitación de dosis.

2.9. La optimización de la protección (es decir, el proceso de determinación de medidas de protección y seguridad para que las exposiciones, y la probabilidad y magnitud de las exposiciones potenciales, sean “tan bajas como sea razonablemente posible, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales”) se analiza en el diseño de la instalación de disposición final y en la planificación de todas las operaciones [3].

2.10. Entre las consideraciones relativas a la optimización de las medidas de protección y seguridad figuran las siguientes: la separación entre las actividades de extracción y construcción y las actividades de colocación de desechos; la utilización de equipo de manipulación a distancia y de equipo blindado para la colocación de desechos, en caso necesario; el control del entorno de trabajo para reducir las posibilidades de accidentes y sus posibles consecuencias; y la reducción al mínimo de la necesidad de actividades de mantenimiento en las zonas supervisadas y las zonas controladas. La contaminación se debe controlar y evitar en la medida de lo posible [3].

2.11. No cabe esperar que, durante la explotación normal de una instalación de disposición final de desechos radiactivos, se produzcan emisiones de radionucleidos, o sólo emisiones muy pequeñas (como pequeñas cantidades de radionucleidos gaseosos), por lo que los miembros de la población no recibirán dosis importantes. Incluso en el caso de accidentes relacionados con la rotura de un bulto de desechos en el emplazamiento de una instalación de disposición final,

es poco probable que las emisiones tengan consecuencias radiológicas fuera de la instalación.

2.12. La ausencia de consecuencias radiológicas importantes fuera de la instalación quedaría confirmada mediante una evaluación de la seguridad (véanse los requisitos relativos a la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad, requisitos 12 a 14). Entre las consideraciones pertinentes figuran la forma de los desechos (es decir, el embalaje y el contenido de radionucleidos de los desechos), el control de la contaminación en los bultos de desechos y el equipo, así como la vigilancia y el control del agua de drenaje de la instalación de disposición final, cuando proceda, y del aire de escape de la ventilación de las instalaciones de disposición final subterráneas.

2.13. En las instalaciones de disposición final, al igual que en cualquier otra instalación nuclear operacional o instalación en la que se manipulen, utilicen, almacenen o procesen materiales radiactivos, es preciso establecer un programa operacional de protección radiológica que guarde proporción con los peligros radiológicos para asegurar que las dosis que reciban los trabajadores durante las operaciones normales estén controladas y que se cumplan los requisitos relativos a la limitación de las dosis de radiación (véanse la ref.[3], párrs. 2.24 a 2.26, y la ref. [15]). Además, se requieren planes de emergencia para hacer frente a los accidentes y otros incidentes y para asegurar que las consiguientes dosis de radiación estén controladas en la medida de lo posible, teniendo debidamente en cuenta los niveles de actuación de emergencia correspondientes [16].

2.14. Las dosis y los riesgos asociados al transporte de desechos radiactivos por zonas públicas hasta una instalación de disposición final deben gestionarse de la misma forma que las dosis y los riesgos vinculados al transporte de otros materiales radiactivos. El transporte de desechos radiactivos está sujeto a los requisitos establecidos en el Reglamento del OIEA para el transporte seguro de materiales radiactivos [17].

LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN EL PERÍODO POSTERIOR AL CIERRE

2.15. El objetivo y los criterios de seguridad para la protección de las personas y el medio ambiente después del cierre de una instalación de disposición final son los siguientes:

Objetivo de seguridad

El objetivo de seguridad es emplazar, diseñar, construir, explotar y cerrar una instalación de disposición final para optimizar la protección después del cierre de esa instalación, teniendo en cuenta factores sociales y económicos. Además, se deben ofrecer garantías razonables de que las dosis y los riesgos a largo plazo para los miembros de la población no superarán las restricciones de dosis o de riesgo que se utilizaron como criterios de diseño.

Criterios

- a) El límite de dosis para los miembros de la población en relación con las dosis provenientes de todas las situaciones de exposición previstas es una dosis efectiva de 1 mSv en un año [3]. Éste y su riesgo equivalente se consideran criterios que no se deben sobrepasar en el futuro.
- b) Para respetar este límite de dosis, una instalación de disposición final (considerada una sola fuente) se diseña de modo que la dosis calculada o el riesgo calculado para la persona representativa que podría estar expuesta en el futuro como resultado de posibles procesos naturales³ que afectan a la instalación de disposición final no superen una restricción de dosis de 0,3 mSv en un año, o una restricción de riesgo del orden de 10^{-5} al año⁴.
- c) En relación con los efectos de la intrusión humana involuntaria después del cierre, si se prevé que esa intrusión podría dar lugar a una dosis anual inferior a 1 mSv para los habitantes de la región circundante al emplazamiento, no se justifica que se realicen esfuerzos por reducir la probabilidad de intrusión o limitar sus consecuencias.
- d) Si se previera que la intrusión humana produjera una posible dosis anual superior a 20 mSv (véase ref. [7], cuadro 8) para los habitantes de la región circundante al emplazamiento, se deben examinar opciones alternativas para la disposición final, como la disposición final de los desechos bajo la superficie, o la separación del contenido de radionucleidos que da lugar a la dosis más alta.

³ Entre los procesos naturales figura la serie de condiciones previstas durante la vida útil de la instalación y los sucesos que podrían ocurrir con menor probabilidad. Sin embargo, los sucesos de probabilidad extremadamente baja quedarían fuera del alcance de este estudio.

⁴ Por riesgo debido a la instalación de disposición final se entiende en este contexto la probabilidad de cáncer mortal o de efectos hereditarios graves.

- e) Si se indican dosis anuales con valores comprendidos entre 1 y 20 mSv (véase ref. [7], cuadro 8), se justifica que se realicen esfuerzos razonables en la etapa de desarrollo de la instalación para reducir la probabilidad de intrusión o limitar sus consecuencias mediante la optimización del diseño de la instalación.
- f) Son aplicables consideraciones similares cuando existe la posibilidad de sobrepasar los umbrales pertinentes fijados para los efectos deterministas en los órganos.

2.16. Se reconoce que las dosis de radiación que reciban las personas en el futuro sólo pueden estimarse y que las incertidumbres asociadas a estas estimaciones aumentarán en el caso de períodos más lejanos en el futuro. Hay que obrar con cautela al aplicar los criterios para períodos lejanos en el futuro. Más allá de esos períodos, las incertidumbres relacionadas con las estimaciones de dosis son tan grandes que es posible que los criterios dejen de ser una base razonable para adoptar decisiones.

2.17. El objetivo primordial de la disposición final de desechos radiactivos es la protección de las personas y el medio ambiente a largo plazo después del cierre de la instalación de disposición final. En este período pueden darse una migración de radionucleidos a la biosfera accesible, una dispersión de radionucleidos en la biosfera accesible y la consiguiente exposición de las personas. Esto es consecuencia de la degradación lenta de los componentes artificiales y del transporte lento de radionucleidos desde la instalación mediante procesos naturales. Los sucesos discretos pueden dar lugar a una emisión temprana o mayor, y podrían ser de origen natural o humano.

2.18. La optimización con restricciones es el enfoque fundamental adoptado para garantizar la seguridad de una instalación de disposición final de desechos [6]. En este contexto, la optimización de la protección es un proceso de análisis y juicios en que se tienen en cuenta factores sociales y económicos. La optimización se lleva a cabo de manera estructurada, pero esencialmente cualitativa, sobre la base de un análisis cuantitativo.

2.19. Se pueden utilizar métodos distintos para evaluar los impactos de la disposición final de desechos radiactivos tras el cierre de la instalación de disposición final, y para demostrar el cumplimiento de los reglamentos nacionales

expresados como restricciones en lo que respecta a los niveles de dosis o de riesgo. Esta cuestión se aborda en la guía de seguridad sobre la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad en relación con la disposición final⁵.

PREOCUPACIONES AMBIENTALES Y NO RADIOLÓGICAS

2.20. La evaluación de impactos ambientales convencionales como los que pueden ocurrir durante la construcción y los períodos operacionales de una instalación de disposición final, por ejemplo, en relación con el tráfico, el ruido, el efecto en el paisaje, la alteración de los hábitats naturales, las restricciones en el uso de la tierra y los factores sociales y económicos, está fuera del alcance de la presente publicación de Requisitos de Seguridad. Esta publicación de Requisitos de Seguridad abarca la protección del medio ambiente contra los peligros radiológicos asociados a los materiales radiactivos presentes en la instalación de disposición final. Como se analiza en los párrafos siguientes, también es preciso evaluar el peligro tóxico no radiológico cuando éste sea importante.

2.21. A los efectos de las actuales recomendaciones de la CIPR [4] y de los requisitos de las Normas básicas de seguridad [3], se supone que, con sujeción a la definición apropiada de los grupos expuestos, en la protección de las personas contra los peligros radiológicos asociados a una instalación de disposición final también se aplicará el principio de la protección del medio ambiente [4 a 7]. La cuestión de la protección del medio ambiente contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes y la elaboración de normas con este fin están siendo objeto de análisis en el plano internacional [7].

2.22. Las estimaciones de posibles dosis y/o peligros debidos a la futura migración de radionucleidos de una instalación de disposición final son indicadores de la protección de las personas. En función del supuesto mencionado en el párrafo 2.21, los cálculos para la estimación de dosis en que se tiene en cuenta una serie de posibles rutas de transferencia ambiental ya podrían ser considerados indicadores de la protección ambiental.

2.23. Otros indicadores y comparaciones, como las estimaciones de las concentraciones y los flujos de contaminantes y su comparación con las concentraciones y los flujos de radionucleidos naturales en la geosfera o la

⁵ Se está elaborando una guía de seguridad sobre la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad para la disposición final de desechos radiactivos.

biosfera, también pueden resultar valiosos para indicar un nivel de protección ambiental general que sea independiente de las hipótesis acerca de los hábitos⁶ de las personas. Otros factores que se han de considerar pueden ser la necesidad de proteger los recursos de aguas subterráneas y la sensibilidad ecológica del medio ambiente en que podrían darse las emisiones de los contaminantes.

2.24. Los efectos de los materiales no radiactivos presentes en una instalación de disposición final se deben evaluar de conformidad con los reglamentos nacionales u otros reglamentos específicos. Estos efectos pueden ser importantes en algunos casos, como en el de algunos desechos de extracción y mezclas de desechos radiactivos y tóxicos. Si existen materiales no radiactivos que pueden afectar a la emisión y migración de contaminantes radiactivos procedentes de los desechos radiactivos, esas interacciones se deben tener en cuenta en la evaluación de la seguridad.

3. REQUISITOS DE SEGURIDAD PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS RADIATIVOS

3.1. Los requisitos se establecen para garantizar el cumplimiento del objetivo y los criterios de seguridad relativos a las instalaciones de disposición final que figuran en la sección 2. La responsabilidad primordial respecto de la seguridad recae en el explotador [1], al que son aplicables la mayor parte de los requisitos. No obstante, la garantía de la seguridad y el fomento de una mayor confianza en la seguridad también requieren un proceso de reglamentación competente dentro de un marco jurídico y regulador específico, así como la asignación de responsabilidades en relación con las actividades previas a la explotación.

⁶ ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Safety Indicators in Different Time Frames for the Safety Assessment of Underground Radioactive Waste Repositories, IAEA-TECDOC-767, OIEA, Viena (1994).

3.2. El explotador⁷ puede ser una sola organización o una de varias organizaciones que participen en las actividades pertinentes, en función del enfoque que se adopte en el Estado. Los requisitos de seguridad para la planificación de una instalación de disposición final se aplican a los elementos que deben existir antes del desarrollo de la instalación de disposición final, con el fin de garantizar la seguridad durante el período operacional y el período posterior al cierre.

3.3. La seguridad en la explotación de instalaciones de disposición final de desechos radiactivos debe alcanzarse mediante diversos controles técnicos y operacionales similares a los empleados en otras instalaciones en que se manipulan, utilizan, almacenan o procesan materiales radiactivos. Forman parte de esos controles la contención y el blindaje de los desechos radiactivos y el control operacional respecto del tiempo de exposición y proximidad a los desechos. La protección del público se prevé mediante la prevención y el control de las emisiones de la instalación y el control de acceso al emplazamiento. Los programas de vigilancia operacional ofrecen garantías de esos diversos controles.

3.4. La seguridad en el período posterior al cierre se consigue con la creación de un sistema de disposición final en el que los diversos componentes actúan conjuntamente para proporcionar y garantizar el grado de seguridad. Este enfoque ofrece flexibilidad al autor del diseño de una instalación de disposición final para adaptar la configuración de la instalación y las barreras artificiales de modo que se aprovechen las características naturales del emplazamiento y el potencial de las barreras de la geología hospedante, si procede. También es necesaria la garantía de la confianza en la seguridad, lo que puede requerir el examen de varias cuestiones complejas, entre ellas el posible impacto de las operaciones en el comportamiento de la instalación de disposición final después del cierre.

3.5. Los requisitos relativos a la planificación de las instalaciones de disposición final de desechos radiactivos se establecen bajo tres epígrafes, a saber, el marco gubernamental, jurídico y regulador, el enfoque de seguridad y los conceptos de diseño desde el punto de vista de la seguridad.

⁷ En las normas de seguridad del OIEA, por “explotador” se entiende cualquier organización o persona que solicita autorización, o que está autorizada y/o es responsable de la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos o del transporte cuando se llevan a cabo actividades o en relación con cualesquiera instalaciones nucleares o fuentes de radiación ionizante. Se incluyen, entre otros, personas privadas, órganos gubernamentales, remitentes o transportistas, titulares de licencia, hospitales, trabajadores por cuenta propia, etc.

Requisito 1: Responsabilidades gubernamentales

El gobierno debe establecer y mantener un marco gubernamental, jurídico y regulador para la seguridad apropiado en el que deberán asignarse claramente las responsabilidades respecto del emplazamiento, diseño, construcción, explotación y cierre de una instalación de disposición final de desechos radiactivos. Ello comprenderá: la confirmación a escala nacional de la necesidad de distintos tipos de instalaciones de disposición final; la especificación de las etapas de desarrollo y concesión de licencias de distintos tipos de instalaciones; y la clara asignación de responsabilidades, la obtención de recursos financieros y de otra índole, y el establecimiento de funciones de reglamentación independientes relativas a una instalación de disposición final planificada.

3.6. Este requisito se deriva de un principio establecido en los Principios fundamentales de seguridad (Ref. [1], principio 2). También está estipulado en la Convención conjunta [2]. Los requisitos para el establecimiento de un sistema nacional de gestión de desechos radiactivos se indican en la ref. [18]. Todo proyecto relativo a la disposición final de desechos radiactivos, especialmente al desarrollo de una instalación de disposición final de desechos radiactivos de actividad alta y período largo, se debe examinar especialmente en el marco de esta infraestructura debido al período relativamente prolongado que se precisa para desarrollar instalaciones de este tipo.

3.7. Entre los aspectos que se deben tener en cuenta figuran los siguientes:

- a) definición de la política nacional para la gestión a largo plazo de los desechos radiactivos de distintos tipos;
- b) establecimiento de responsabilidades jurídicas, técnicas y financieras claramente definidas para las organizaciones que participarán en el desarrollo de las instalaciones de gestión de desechos radiactivos, incluidos todos los tipos de instalaciones de disposición final;
- c) garantía de la idoneidad y seguridad de las disposiciones financieras para cada instalación de disposición final;
- d) definición de todo el proceso de desarrollo, explotación y cierre de las instalaciones de disposición final, incluidos los requisitos jurídicos y reglamentarios (por ejemplo, condiciones de la licencia) en cada etapa, y los procesos para la adopción de decisiones y la participación de las partes interesadas;

- e) garantía de que se sigue disponiendo de los conocimientos especializados científicos y técnicos necesarios tanto para el explotador como para apoyar los exámenes reglamentarios independientes y otras funciones de examen a nivel nacional;
- f) definición de las responsabilidades jurídicas, técnicas y financieras y, de ser necesario, establecimiento de las disposiciones institucionales previstas para el período posterior al cierre, incluida la vigilancia y la garantía de la seguridad física nuclear de los distintos tipos de desechos que han sido sometidos a disposición final.

Requisito 2: Responsabilidades del órgano regulador

El órgano regulador establecerá los requisitos reglamentarios necesarios para el desarrollo de distintos tipos de instalaciones de disposición final de desechos radiactivos y estipulará los procedimientos para atender a los requisitos relacionados con las diversas etapas del proceso de concesión de licencias. También determinará las condiciones para el desarrollo, explotación y cierre de cada instalación de disposición final y llevará a cabo las actividades que sean necesarias para garantizar que se cumplan las condiciones.

3.8. Las normas generales para la protección de las personas y el medio ambiente suelen establecerse en una política o en la legislación nacionales. El órgano regulador tiene que formular requisitos reglamentarios específicos para cada tipo de instalación de disposición final de desechos radiactivos, incluido cada uno de los tipos previstos, sobre la base de la política nacional y teniendo debidamente en cuenta el objetivo y los criterios de seguridad señalados en el párrafo 2.15. El órgano regulador tiene que proporcionar orientaciones acerca de la interpretación de la legislación nacional y los requisitos reglamentarios, según sea necesario, y acerca de lo que se espera del explotador respecto de cada instalación de disposición final.

3.9. El órgano regulador ha de entablar un diálogo con los productores de desechos, los explotadores de la instalación de disposición final y las partes interesadas con el fin de asegurar que los requisitos reglamentarios sean apropiados y factibles. También ha de mantener a personal competente, adquirir capacidad para realizar evaluaciones independientes y llevar a cabo actividades de cooperación internacional, según sea necesario, a fin de desempeñar sus funciones de reglamentación.

3.10. El órgano regulador tiene que documentar los procedimientos que utiliza para evaluar la seguridad de cada tipo de instalación de disposición final, los procedimientos que se espera que los explotadores sigan en el contexto de la concesión de licencias, las decisiones importantes previas a la concesión y las solicitudes de licencia. También tiene que documentar los procedimientos que sigue al examinar los documentos presentados por los explotadores para evaluar el cumplimiento de los requisitos reglamentarios.

3.11. Del mismo modo, con respecto a cada instalación de disposición final, el órgano regulador tiene que establecer los procedimientos que se espera que siga el explotador para demostrar el cumplimiento de las condiciones establecidas en relación con el desarrollo y la explotación de la instalación. El órgano regulador también tiene que establecer los procedimientos que aplica para evaluar el cumplimiento de las condiciones en todas las fases del desarrollo, la explotación y el cierre de la instalación.

Requisito 3: Responsabilidades del explotador

El explotador de una instalación de disposición final de desechos radiactivos será responsable de la seguridad de ésta. El explotador realizará evaluaciones de la seguridad y elaborará y mantendrá una justificación de la seguridad, y realizará todas las actividades necesarias para la selección y evaluación del emplazamiento, el diseño, la construcción, la explotación y el cierre y, si es necesario, la vigilancia tras el cierre, de conformidad con la estrategia nacional, en cumplimiento de los requisitos reglamentarios y en el marco de la infraestructura jurídica y de reglamentación.

3.12. El explotador tiene que ser responsable del desarrollo de una instalación de disposición final que sea factible y segura y de demostrar su seguridad, en consonancia con los requisitos del órgano regulador. Esta tarea debe realizarse teniendo en cuenta: las características y cantidades de los desechos radiactivos que se someterán a disposición final; el emplazamiento o los emplazamientos disponibles; las técnicas de extracción, excavación, construcción e ingeniería disponibles; y la infraestructura jurídica y de reglamentación y los requisitos reglamentarios. El explotador ha de encargarse también de elaborar una justificación de la seguridad sobre cuya base se deben tomar decisiones sobre el desarrollo, la explotación y el cierre de la instalación de disposición final (véanse los requisitos 17 a 19).

3.13. El explotador debe realizar o encargar la realización de las actividades de investigación y desarrollo necesarias para garantizar y demostrar que las operaciones técnicas previstas pueden llevarse a cabo de manera práctica y en condiciones de seguridad. Asimismo, el explotador debe realizar o encargar la realización de las actividades de investigación necesarias para estudiar, entender y apoyar el conocimiento de los procesos de los que depende la seguridad de la instalación de disposición final. También tiene que realizar todas las investigaciones necesarias sobre los emplazamientos y los materiales, así como evaluar su adecuación y obtener todos los datos necesarios para los fines de la evaluación de la seguridad.

3.14. El explotador debe establecer las especificaciones técnicas que estén justificadas por la evaluación de la seguridad con el fin de garantizar el desarrollo de la instalación de disposición final de conformidad con la justificación de la seguridad. Esto debe incluir los criterios de aceptación de los desechos (véase el requisito 20) y otros controles y límites que se deben aplicar durante la construcción, la explotación y el cierre.

3.15. El explotador debe conservar toda la información relacionada con la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad complementaria correspondiente a la instalación de disposición final, así como los registros de inspección que demuestren el cumplimiento de los requisitos reglamentarios y de las propias especificaciones del explotador. Esas informaciones y registros se deben conservar al menos hasta que se demuestre que la información ha sido sustituida o hasta que la responsabilidad de la instalación de disposición final se traspase a otra organización. Tal situación se da, por ejemplo, al cerrar la instalación, momento en que toda la información y los registros pertinentes deben transferirse a la entidad que asume la responsabilidad de la instalación y de su seguridad.

3.16. El explotador debe cooperar con el órgano regulador y facilitar toda la información que éste pueda solicitar. La necesidad de conservar los registros durante un tiempo prolongado se debe tener en cuenta al seleccionar el formato y los medios que se utilizarán para los registros.

ENFOQUE DE SEGURIDAD

Requisito 4: Importancia de la seguridad en el proceso de desarrollo y explotación de una instalación de disposición final

Durante el proceso de desarrollo y explotación de una instalación de disposición final de desechos radiactivos, el explotador deberá conocer la importancia y las repercusiones desde el punto de vista de la seguridad de las opciones disponibles en relación con la instalación, a fin de ofrecer un grado de seguridad optimizado en la fase operacional y después del cierre.

3.17. El desarrollo y la explotación de instalaciones de disposición final de desechos radiactivos pueden prolongarse durante un período de varios años o varios decenios. Se prevé que las decisiones clave, como las referentes a la selección y evaluación del emplazamiento, y al diseño, la construcción, la explotación y el cierre de la instalación de disposición final, se adopten a medida que avance el proyecto. En este proceso, las decisiones se toman en función de la información disponible en cada momento, que puede ser cuantitativa o cualitativa, y de la confianza que pueda depositarse en esa información.

3.18. Las decisiones sobre el desarrollo, la explotación y el cierre de la instalación se ven limitadas por factores externos, entre los que cabe citar los siguientes: políticas y preferencias nacionales, la capacidad de las instalaciones existentes de almacenamiento y disposición final para dar cabida a los desechos, y la disponibilidad de emplazamientos y formaciones geológicas adecuados para acoger nuevas instalaciones previstas de disposición final. Es preciso crear un grado suficiente de confianza en la seguridad de cada instalación de disposición final antes de adoptar decisiones.

3.19. En cada momento de decisión importante se deben estudiar y tomar en consideración las consecuencias desde el punto de vista de la seguridad de las opciones de diseño y operacionales existentes para la instalación de disposición final. La garantía de la seguridad tanto en la fase operacional como después del cierre es la cuestión más importante que se ha de tener en cuenta en cada momento de toma de decisiones. Si hay más de una opción que puede ofrecer el nivel de seguridad requerido, se deberán tener en cuenta también otros factores, como por ejemplo, la aceptabilidad del público, el costo, la propiedad del emplazamiento, la infraestructura y las rutas de transporte existentes.

3.20. Se debe tomar en consideración la ubicación de la instalación lejos de importantes recursos minerales conocidos, aguas geotérmicas y otros recursos

subsuperficiales valiosos a fin de reducir el riesgo de intrusión humana en el emplazamiento y las posibilidades de que el uso de la zona circundante sea incompatible con la instalación. La seguridad de la instalación se debe tener en cuenta en todas las etapas del proceso de adopción de decisiones para garantizar la optimización de la seguridad en el sentido en que se analiza en el apéndice.

Requisito 5: Medios pasivos para la seguridad de la instalación de disposición final

El explotador evaluará el emplazamiento y diseñará, construirá, explotará y cerrará la instalación de disposición final de modo que se garantice, en la mayor medida posible, la seguridad por medios pasivos y se reduzca al mínimo la necesidad de adoptar medidas tras el cierre de la instalación.

3.21. En la fase operativa de una instalación de disposición final de desechos radiactivos se deben aplicar ciertas medidas activas de control. No obstante, cuando elementos pasivos como el blindaje y la contención, que proporciona el embalaje, pueden ofrecer seguridad, ésta debe estar garantizada por esos medios pasivos.

3.22. En cierta medida, la seguridad de una instalación de disposición final puede depender de algunas medidas futuras como los trabajos de mantenimiento o la vigilancia. Sin embargo, es preciso reducir al mínimo posible esa dependencia debido a la posibilidad de que no se adopten o se dejen de aplicar las medidas de seguridad que dependen de medidas futuras, como los trabajos de mantenimiento o la vigilancia. La probabilidad acumulativa de que fallen esas medidas de seguridad aumentará de forma gradual. Además, y en consonancia con los Principios fundamentales de seguridad [1], el objetivo de la disposición final de desechos radiactivos es la descarga en la mayor medida posible de la responsabilidad por la seguridad que incumbe a los productores de desechos y al explotador, reduciendo así al mínimo las responsabilidades que deben asumir las entidades sucesoras o que se transfieren a éstas.

3.23. En el caso de una instalación de disposición final geológica, es posible adoptar medidas para la seguridad tras la clausura mediante elementos pasivos. Asimismo, se pueden adoptar medidas para la seguridad de una instalación de disposición final en pozos barrenados tras el cierre mediante elementos pasivos, gracias a la formación geológica hospedante. En el caso de una instalación de disposición final cerca de la superficie, quizá sea necesario aplicar medidas como el mantenimiento, la monitorización o la vigilancia durante un tiempo tras el cierre para garantizar la seguridad.

3.24. La aplicación de elementos pasivos para garantizar la seguridad de una instalación de disposición final tras el cierre supondrá el cierre adecuado de la instalación y el fin de la necesidad de su gestión activa. El cese de la gestión significa que la instalación de disposición final, con el peligro radiológico conexo, ha dejado de estar sometida a un control activo. El comportamiento de las barreras naturales y artificiales es el que ofrece seguridad tras la clausura, en el caso de una instalación de disposición final cerca de la superficie, junto con controles institucionales.

3.25. En la práctica, aun en los casos en que los elementos pasivos constituyan el medio principal para ofrecer una garantía de seguridad razonable, en el período posterior al cierre quizás sea necesario aplicar controles institucionales, incluidas restricciones al uso de las tierras, y un programa de monitorización. Los requisitos 21 y 22 tratan los controles institucionales y la monitorización.

Requisito 6: Conocimiento de las instalaciones de disposición final y confianza en la seguridad

El explotador de una instalación de disposición final deberá obtener un conocimiento adecuado de las características de la instalación y su entorno y de los factores que influyen en la seguridad tras el cierre durante períodos convenientemente prolongados, de modo que pueda lograrse suficiente confianza en la seguridad.

3.26. Se debe asegurar la confianza mediante los resultados de la evaluación de la seguridad de una instalación de disposición final. Es preciso determinar las características de la instalación y de su entorno que ofrecen seguridad, además de los factores que podrían ser perjudiciales. Tiene que demostrarse que la caracterización y comprensión de estos elementos y factores son suficientemente adecuadas. Todas las incertidumbres deben tomarse en consideración en la evaluación de la seguridad.

3.27. El objetivo de esta demostración es demostrar, con un alto grado de confianza, que la instalación de disposición final y su entorno pueden ofrecer la contención y el aislamiento que se precisan durante los períodos previstos. Ciertas características de la instalación de disposición final y su entorno pueden contribuir a la seguridad, aunque quizá sean menos cuantificables, como la lejanía del emplazamiento. El razonamiento con respecto a estos factores debe basarse en argumentos más cualitativos, y esos factores proporcionan un margen de seguridad.

3.28. Es preciso conocer las características de una instalación de disposición final y de cómo ésta funcionará a lo largo del tiempo a fin de poder demostrar la fiabilidad de ciertas características del diseño. Esta demostración se ve facilitada si esas características de diseño son sólidas (es decir, si su comportamiento es poco sensible a posibles eventos y procesos que causen alteraciones). Es preciso obtener suficientes pruebas de su viabilidad y eficacia antes del inicio de las actividades de construcción.

3.29. A este respecto, la gama de posibles eventos y procesos que causan alteraciones y que es razonable incluir en esas consideraciones debe ser objeto de acuerdo por el órgano regulador y de una aprobación posterior mediante su inclusión en la justificación de la seguridad. Estas consideraciones permiten llegar a saber si tales sucesos y procesos podrían o no provocar alteraciones que se tradujeran en la pérdida generalizada de las funciones de seguridad.

3.30. El conocimiento del comportamiento del sistema de disposición final y sus elementos y procesos de seguridad evoluciona a medida que se acumulan más datos y se desarrollan los conocimientos científicos. Cuando empieza a elaborarse el concepto, los datos que se obtengan y el grado de conocimiento adquirido deben asegurar suficiente confianza para poder comprometer recursos destinados a nuevas investigaciones. Antes del inicio de la construcción, durante la colocación de los desechos y al cerrar la instalación, el grado de conocimiento debe ser suficiente para dar apoyo a la justificación de la seguridad a fin de cumplir los requisitos reglamentarios aplicables a la fase del proyecto de que se trate.

3.31. Al establecer esos requisitos reglamentarios, es preciso reconocer la existencia de diversos tipos y componentes de incertidumbres inherentes a la modelización de sistemas ambientales complejos. También se debe reconocer que existen importantes incertidumbres inevitables asociadas a la proyección del comportamiento de un sistema de disposición final con el tiempo.

CONCEPTOS DE DISEÑO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD

3.32. Las instalaciones de disposición final están diseñadas para contener los radionucleidos asociados a los desechos radiactivos y aislarlos de la biosfera accesible. La instalación de disposición final también está diseñada para retardar la dispersión de radionucleidos en la geosfera y la biosfera y para aislar los desechos de fenómenos agresivos que podrían degradar la integridad de la

instalación. Los diversos elementos del sistema de disposición final, comprendidos los componentes físicos y los procedimientos de control, contribuyen a desempeñar las funciones de seguridad de formas diversas en períodos distintos.

3.33. En esta sección se establecen los requisitos destinados a garantizar una defensa en profundidad adecuada de manera que la seguridad no dependa indebidamente de un único elemento de la instalación de disposición final, como el bulto de desechos; o de una única medida de control, como la verificación del inventario de los bultos de desechos; o del cumplimiento de una única función de seguridad, como la contención de radionucleidos o el retraso de la migración; o de un único procedimiento administrativo, como el relativo al control del acceso al emplazamiento o al mantenimiento de la instalación.

3.34. Es preciso velar por una defensa en profundidad adecuada demostrando que existen múltiples funciones de seguridad, que el cumplimiento de distintas funciones de seguridad es sólido y que el comportamiento de los diversos componentes físicos del sistema de disposición final y las funciones de seguridad que desempeñan son fiables, tal como se supone en la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad complementaria. Incumbe al explotador la responsabilidad de demostrar el cumplimiento de los siguientes requisitos del diseño a satisfacción del órgano regulador.

Requisito 7: Funciones múltiples de seguridad

El entorno se seleccionará, las barreras artificiales de la instalación de disposición final se diseñarán y la instalación se explotará de tal manera que se garantice la aplicación de seguridad mediante funciones múltiples de seguridad. La contención y el aislamiento de los desechos se llevarán a cabo mediante varias barreras físicas del sistema de disposición final. El buen funcionamiento de esas barreras físicas se logrará por medio de varios procesos físicos y químicos junto con diversos controles operacionales. Se demostrará la capacidad de las distintas barreras y controles junto con la de todo el sistema de disposición final para funcionar tal como se prevé en la justificación de la seguridad. El funcionamiento general del sistema de disposición final no dependerá indebidamente de una única función de seguridad.

3.35. Las barreras artificiales y físicas que constituyen el sistema de disposición final son entidades físicas, como la forma del desecho, el embalaje, el relleno, y el entorno y la formación geológica hospedantes. Se puede desempeñar una función

de seguridad mediante una propiedad o proceso físico o químico que contribuya a la contención y el aislamiento, por ejemplo: la impermeabilidad al agua; la corrosión, disolución, tasa de lixiviación y solubilidad limitadas; la retención de radionucleidos y el retraso de la migración de radionucleidos.

3.36. Los controles activos también pueden desempeñar funciones de seguridad o contribuir a crear confianza en las barreras naturales y artificiales y las funciones de seguridad. La presencia de varios elementos físicos y de otra índole que desempeñan funciones de seguridad proporciona garantías de que aun cuando alguno de ellos no funcione plenamente como está previsto (por ejemplo, debido a un proceso imprevisto o un suceso improbable), quede suficiente margen de seguridad.

3.37. Los elementos físicos y sus funciones de seguridad pueden ser complementarios y funcionar de forma combinada. El funcionamiento de un sistema de disposición final depende, por tanto, de diferentes elementos físicos y otros elementos que desempeñan funciones de seguridad, que actúan en distintos intervalos de tiempo. Por ejemplo, las funciones del bulto del desecho y de la formación geológica hospedante de una instalación de disposición final geológica pueden variar en distintos períodos.

3.38. En la justificación de la seguridad se deben explicar y justificar las funciones que desempeña cada elemento físico y otras características. También se deben determinar los períodos durante los cuales se prevé que los componentes físicos u otros elementos desempeñen sus distintas funciones, así como las funciones de seguridad alternativas o adicionales de que se dispone si un elemento físico no funciona plenamente u otra función de seguridad no se cumple.

Requisito 8: Contención de los desechos radiactivos

Las barreras artificiales, incluidos la forma del desecho y el embalaje, se diseñarán, y el entorno se seleccionará, de forma que se posibilite la contención de los radionucleidos asociados a los desechos. Se aplicarán medidas de contención hasta que la desintegración radiactiva haya reducido considerablemente el peligro que plantean los desechos. Además, en el caso de los desechos generadores de calor, se aplicarán medidas de contención mientras los desechos sigan produciendo energía térmica en cantidades que pudieran afectar negativamente al funcionamiento del sistema de disposición final.

3.39. La contención de los desechos radiactivos supone la elaboración de un diseño de una instalación de disposición final que impida o reduzca al mínimo la emisión de radionucleidos. Quizás sean inevitables las emisiones de pequeñas cantidades de radionucleidos gaseosos y de pequeñas fracciones de otras especies muy móviles de algunos tipos de desechos radiactivos. No obstante, en la evaluación de la seguridad debe demostrarse que esas emisiones son aceptables. Pueden proporcionar contención las características de la forma del desecho y el embalaje, así como las características de otros componentes artificiales del sistema de disposición final y el entorno y la formación geológica hospedantes.

3.40. La contención de los radionucleidos en la forma del desecho y el embalaje durante un período definido tiene que asegurar la desintegración in situ de la mayoría de los radionucleidos de período más corto. En el caso de los desechos de actividad baja, esos períodos serán del orden de varios cientos de años; en el de los desechos de actividad alta, el período sería de varios miles de años. Cuando se trate de desechos de actividad alta, también hay que asegurar que cualquier migración de radionucleidos fuera del sistema de disposición final sólo se produciría tras la reducción sustancial del calor producido por la desintegración radiactiva.

3.41. Los desechos radiactivos procedentes de la extracción y el tratamiento de minerales pueden incluir radionucleidos con períodos de semidesintegración muy largos. Se debe prestar particular atención al hecho de garantizar la integridad de las características de contención de las instalaciones de disposición final para esos desechos durante los períodos correspondientes. Si los niveles de actividad de los desechos pudiesen superar los criterios relativos a las dosis y/o los riesgos en lo que se refiere a la intrusión humana en esas instalaciones (véase el párr. 2.15), será preciso estudiar otras opciones de disposición final, por ejemplo, la disposición final de los desechos debajo de la superficie, o la separación del contenido de radionucleidos que sea causa de la dosis más alta, según se determine en la justificación de la seguridad correspondiente a la instalación de disposición final.

3.42. La contención es extremadamente importante en el caso de los desechos radiactivos muy concentrados como los desechos de actividad intermedia y los desechos vitrificados derivados del reprocesamiento de combustible, o en el del combustible nuclear gastado. También se debe prestar atención a la durabilidad de la forma de los desechos. Los desechos de la más alta concentración deben colocarse en una configuración de contención diseñada para conservar su integridad durante un período suficientemente largo para que la mayoría de radionucleidos de período más corto puedan desintegrarse y para que la

generación de calor conexas se reduzca considerablemente. Esa contención quizá no sea factible o necesaria en el caso de los desechos de actividad baja. Se debe demostrar, mediante la evaluación de la seguridad, que la capacidad de contención del bulto de desechos es apropiada para el tipo de desechos y el sistema general de disposición final.

Requisito 9: Aislamiento de los desechos radiactivos

La instalación de disposición final se emplazará, diseñará y explotará de forma que se ofrezcan elementos destinados a aislar los desechos radiactivos de las personas y de la biosfera accesible. Los elementos tendrán por objetivo proporcionar aislamiento durante varios cientos de años en el caso de los desechos de período corto y al menos varios miles de años en el de los desechos de actividad intermedia y alta. De este modo, se tomarán en consideración la evolución natural del sistema de disposición final y los eventos que perturben el funcionamiento de la instalación.

3.43. En el caso de las instalaciones cerca de la superficie, el aislamiento debe lograrse gracias a la ubicación y el diseño de la instalación de disposición final y a los controles operacionales e institucionales. En el caso de la disposición final geológica de desechos radiactivos, el aislamiento se logra principalmente gracias a la formación geológica hospedante como consecuencia de la profundidad de la disposición final.

3.44. Por aislamiento se entiende un diseño que permita mantener los desechos y los peligros asociados a ellos separados de la biosfera accesible. También se entienden los diseños destinados a reducir al mínimo la influencia de factores que pudieran reducir la integridad de la instalación de disposición final. Es preciso evitar los emplazamientos y lugares de elevada conductividad hidráulica. Se debe dificultar el acceso a los desechos sin, por ejemplo, infringir los controles institucionales aplicables a la disposición final cerca de la superficie. Por aislamiento también se entiende la adopción de medidas que prevean una movilidad muy lenta de radionucleidos para impedir su migración desde las instalaciones de disposición final.

3.45. La ubicación de una instalación de disposición final en una formación geológica estable brinda protección a la instalación contra los efectos de procesos geomorfológicos, como la erosión y la glaciación. La instalación de disposición final debe estar situada lejos de zonas sobre las que se sepa que contienen recursos minerales subterráneos importantes u otros recursos valiosos. De este

modo se reducirá la probabilidad de alteración involuntaria de la instalación y se evitará una situación en que los recursos no estén disponibles para su explotación.

3.46. En algunos casos quizás no sea posible ofrecer garantías suficientes de la separación de la biosfera accesible, debido a fenómenos como la subpresión, la erosión y la glaciación. En esos casos, y si la actividad restante de los desechos sigue siendo importante en el momento en que se den esos fenómenos, se debe evaluar la posibilidad de intrusión humana al determinar el grado de aislamiento facilitado.

3.47. Quizás sea inevitable que, a lo largo de períodos de varios miles de años o más, se dé la migración de una parte de los radionucleidos de período más largo y más móviles de los desechos depositados en una instalación de disposición final geológica (o en otras instalaciones que puedan contener radionucleidos de período más largo, como las instalaciones de pozos barrenados). Los criterios de seguridad que se deben aplicar al evaluar esas posibles emisiones se exponen en el párrafo. 2.15. Hay que obrar con cautela al aplicar los criterios para períodos lejanos en el futuro. Más allá de esos períodos, las incertidumbres relacionadas con las estimaciones de dosis son tan grandes que es posible que los criterios dejen de ser una base razonable para adoptar decisiones. En el caso de períodos tan prolongados después del cierre, tal vez convenga aplicar indicadores de seguridad distintos de las estimaciones de la dosis o el riesgo individual, por lo que se debe tomar en consideración su uso.

Requisito 10: Vigilancia y control de los elementos de seguridad pasiva

Se aplicará un grado adecuado de vigilancia y control para proteger y mantener los elementos de seguridad pasiva, en la medida en que sea necesario, de modo que puedan desempeñar las funciones que se les ha asignado en la justificación de la seguridad en relación con la seguridad tras el cierre.

3.48. En el caso de la disposición final geológica y de la disposición final de desechos radiactivos de actividad intermedia, los elementos de seguridad pasiva (barreras) deben ser suficientemente sólidos para que no sea necesaria su reparación ni mejora. La seguridad a largo plazo de una instalación de disposición final de desechos radiactivos no debe depender del control institucional activo (véase el requisito 22). En el caso de las instalaciones de disposición final cerca de la superficie, incluidas las destinadas a los desechos radiactivos derivados de la extracción y el tratamiento de minerales, se podrían establecer medidas de vigilancia y control de la instalación de disposición final. Esas medidas podrían

ser, entre otras, restricciones al acceso de personas y animales, la inspección de las condiciones físicas, la conservación de capacidades de mantenimiento adecuadas, y la vigilancia y la supervisión como método de comprobación de que el funcionamiento es el especificado (es decir, verificar las degradaciones). El objetivo de la vigilancia y la supervisión no es medir los parámetros radiológicos sino garantizar la aplicación ininterrumpida de las funciones de seguridad.

4. REQUISITOS RELATIVOS AL DESARROLLO, LA EXPLOTACIÓN Y EL CIERRE DE LAS INSTALACIONES DE DISPOSICIÓN FINAL

4.1. En la sección 4 se establecen los requisitos de seguridad relativos a la aplicación escalonada de las medidas de planificación antes mencionadas que son necesarias en relación con la seguridad y para ayudar a crear confianza en la seguridad de las instalaciones de disposición final. Los requisitos se establecen bajo tres epígrafes: i) marco para la disposición final de desechos radiactivos; ii) la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad; y iii) etapas en el desarrollo, la explotación y el cierre de instalaciones de disposición final.

MARCO PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS RADIATIVOS

Requisito 11: Desarrollo escalonado y evaluación de las instalaciones de disposición final

Las instalaciones de disposición final de desechos radiactivos se desarrollarán, explotarán y cerrarán siguiendo una serie de etapas. Cada una de ellas tendrá el apoyo, según sea necesario, de evaluaciones iterativas del emplazamiento, de las opciones para el diseño, la construcción, la explotación y la gestión, y del funcionamiento y la seguridad del sistema de disposición final.

4.2. El método escalonado con respecto al desarrollo de una instalación de disposición final de desechos radiactivos se refiere a las etapas que imponen el órgano regulador y los procesos de adopción de decisiones políticas (véase el párr. 1.18). Este método se adopta con el fin de brindar la oportunidad de garantizar la calidad del programa técnico y la adopción de decisiones conexas.

Para el explotador, proporciona un marco en que puede fomentarse suficiente confianza en la viabilidad y seguridad técnicas de la instalación de disposición final en cada etapa de su desarrollo.

4.3. Debe crearse y mejorarse la confianza mediante estudios iterativos de diseño y seguridad a medida que avanza el proyecto [19]. El proceso debe prever: la recopilación, el análisis y la interpretación de los datos científicos y técnicos pertinentes; la elaboración de diseños y planes operacionales; y la elaboración de la justificación de la seguridad para la fase operacional y posterior al cierre. El proceso escalonado da acceso a todas las partes interesadas a los principios básicos de seguridad de la instalación de disposición final. De este modo se facilitan los procesos pertinentes de toma de decisiones que permiten al explotador avanzar hasta la siguiente etapa importante del desarrollo de la instalación, hasta llegar a su explotación y, por último, a su cierre.

4.4. El método escalonado respecto del desarrollo de una instalación de disposición final también ofrece oportunidades para la realización de un examen técnico independiente y un examen reglamentario, así como para la participación política y pública en el proceso. La naturaleza de los exámenes y la participación dependerán de las prácticas nacionales y de la instalación en cuestión. Los exámenes técnicos realizados por el explotador y el órgano regulador, o en su nombre, podrán centrarse en la selección del emplazamiento y las opciones de evaluación y diseño, la idoneidad de la base y los análisis científicos, así como en la determinación de si se han cumplido las normas y los requisitos de seguridad.

4.5. En exámenes de mayor envergadura se podrán considerar, por ejemplo, otras opciones de gestión de desechos, el proceso de selección y evaluación del emplazamiento y aspectos relativos a la aceptabilidad por el público. Se deben realizar exámenes técnicos con anterioridad a la selección de la opción de disposición final, a la selección del emplazamiento, a la construcción y a la explotación. También se deben realizar exámenes periódicos durante la explotación de la instalación y tras el cierre, hasta que venza la licencia de la instalación.

LA JUSTIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD Y LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD

4.6. La elaboración de una justificación de la seguridad y de la evaluación de la seguridad complementaria para su examen por el órgano regulador y las partes interesadas resulta fundamental para el desarrollo, la explotación y el cierre de

una instalación de disposición final de desechos radiactivos. La justificación de la seguridad corrobora la seguridad de la instalación de disposición final y contribuye a crear confianza en su seguridad. La justificación de la seguridad es una aportación indispensable para todas las decisiones importantes relacionadas con la instalación de disposición final. Debe sentar la base para entender el sistema de disposición final y cuál será su comportamiento con el tiempo. Debe abordar aspectos relativos al emplazamiento y aspectos técnicos, presentar las razones y el fundamento del diseño, y debe estar corroborada por la evaluación de la seguridad. También debe tratar el sistema de gestión creado para garantizar la calidad de todos los aspectos importantes para la seguridad.

4.7. En todas las etapas del desarrollo de una instalación de disposición final, la justificación de la seguridad también debe describir y reconocer las incertidumbres sin resolver que existan en esa etapa y su importancia para la seguridad, así como métodos para su gestión.

4.8. La justificación de la seguridad ha de incluir los resultados de la evaluación de la seguridad (véanse párrs. 4.9 a 4.11), junto con información suplementaria, incluidas las pruebas justificativas y un razonamiento sobre la solidez y fiabilidad de la instalación, su diseño, la lógica del diseño, y la calidad de la evaluación de la seguridad y las hipótesis subyacentes.

4.9. La justificación de la seguridad también puede incluir argumentos más generales asociados a la disposición final de los desechos radiactivos, e información para ver objetivamente los resultados de las evaluaciones de la seguridad. En la justificación de la seguridad se tienen que reconocer las cuestiones pendientes en cualquier etapa del desarrollo, o en la explotación o el cierre de la instalación, y se deben facilitar orientaciones de trabajo para resolver estas cuestiones.

4.10. La evaluación de la seguridad es el proceso de analizar sistemáticamente los peligros vinculados a la instalación de disposición final y de evaluar la capacidad del emplazamiento y el diseño de la instalación para facilitar el cumplimiento de las funciones de seguridad y los requisitos técnicos. La evaluación de la seguridad debe comprender la cuantificación del nivel general de funcionamiento, el análisis de las incertidumbres conexas y la comparación con los requisitos de diseño y las normas de seguridad pertinentes. Las evaluaciones deben ser específicas para el emplazamiento ya que el entorno de un sistema de disposición final, a diferencia de los sistemas técnicos, no puede ser normalizado.

4.11. A medida que avancen las investigaciones del emplazamiento y los estudios del diseño, la evaluación de la seguridad estará cada vez más perfeccionada y será más específica para el emplazamiento. Al final de una investigación sobre el emplazamiento, se debe disponer de suficientes datos para realizar una evaluación completa. Toda deficiencia importante en el entendimiento, los datos o el análisis científicos que pudiera afectar a los resultados presentados también debe señalarse en la evaluación de la seguridad. Según la etapa de desarrollo de la instalación, la evaluación de la seguridad podrá utilizarse para centrar el interés de la investigación, y sus resultados podrán emplearse para evaluar el cumplimiento del objetivo y los criterios de seguridad.

Requisito 12: Preparación, aprobación y uso de la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad de una instalación de disposición final

El explotador preparará una justificación de la seguridad y una evaluación de la seguridad complementaria y las actualizará, según sea necesario, en cada etapa del desarrollo de una instalación de disposición final, durante la explotación y después del cierre. La justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad complementaria se presentarán al órgano regulador para su aprobación. La justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad complementaria serán suficientemente detalladas y amplias para proporcionar los datos técnicos necesarios a fin de informar al órgano regulador y fundamentar las decisiones que se requieran en cada etapa.

4.12. Se debe preparar una justificación de la seguridad específica para la instalación al inicio del desarrollo de una instalación de disposición final con objeto de que sirva de base para las decisiones relativas a la concesión de licencias, y de orientación en las actividades de investigación y desarrollo, selección del emplazamiento y evaluación y diseño. La justificación de la seguridad debe elaborarse progresivamente y perfeccionarse a medida que avanza el proyecto. Se debe presentar al órgano regulador en cada etapa del desarrollo de la instalación de disposición final. El órgano regulador podría exigir una actualización o revisión de la justificación de la seguridad antes de una etapa determinada, o quizás esa actualización o revisión sea necesaria para obtener apoyo político o público para comenzar la etapa siguiente del desarrollo de la instalación de disposición final o para su explotación o cierre. La formalidad y el grado de detalle técnico de la justificación de la seguridad dependerán de la etapa de desarrollo del proyecto, la decisión de que se trate, el público al que vaya dirigida y los requisitos nacionales concretos.

4.13. La evaluación de la seguridad en apoyo de la justificación de la seguridad debe realizarse y actualizarse durante todo el desarrollo y la explotación de la instalación de disposición final y a medida que se vaya disponiendo de datos más elaborados sobre el emplazamiento. La evaluación de la seguridad debe aportar información para que el explotador pueda tomar decisiones constantemente. Esa toma de decisiones puede guardar relación con temas relativos a la investigación, la creación de capacidad para realizar evaluaciones, la asignación de recursos y la elaboración de criterios de aceptación de desechos.

4.14. En la evaluación de la seguridad también se deben establecer los procesos fundamentales relativos a la seguridad y se debe contribuir a entender el funcionamiento de las instalaciones de disposición final. Debe apoyar las opiniones con respecto a otras opciones de gestión como elemento de optimización de la protección y la seguridad. Este conocimiento ha de servir de base para los argumentos de seguridad presentados en la justificación de la seguridad. El explotador debe decidir los plazos y el grado de detalle de la evaluación de la seguridad, en consulta con el órgano regulador y con sujeción a su aprobación.

Requisito 13: Alcance de la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad

En la justificación de la seguridad para una instalación de disposición final se describirán todos los aspectos del emplazamiento relacionados con la seguridad, el diseño de la instalación y las medidas de control administrativo y los controles reglamentarios. La justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad complementaria demostrarán el grado de protección de las personas y el medio ambiente y garantizarán al órgano regulador y a otras partes interesadas que se cumplirán los requisitos de seguridad.

4.15. La justificación de la seguridad de una instalación de disposición final debe abordar la seguridad tanto durante la explotación como después del cierre. También puede tratar la cuestión de la seguridad en el transporte, los requisitos de la cual figuran en la ref. [17]. Se tienen en cuenta todos los aspectos de la explotación relacionados con la seguridad, incluidas las excavaciones superficiales y subterráneas, las actividades de construcción y minería, la colocación de los desechos y las operaciones de terraplenado, precintado y cierre. Se deben tener en cuenta la exposición ocupacional y la exposición del público debidas a condiciones de funcionamiento normal y los incidentes operacionales previstos durante la vida útil de la instalación de disposición final.

4.16. Los accidentes de menor frecuencia pero con importantes consecuencias radiológicas, (es decir, los posibles accidentes que podrían originar dosis de radiación a corto plazo superiores a los límites de dosis anual (véase la sección 2)) se deben tener en cuenta en lo que respecta a la probabilidad de que se produzcan y a la magnitud de las posibles dosis de radiación. También se debe evaluar la idoneidad del diseño y de los elementos operacionales.

4.17. En lo que se refiere a la seguridad tras la clausura, en la justificación de la seguridad y en evaluación complementaria se deben examinar la diversidad prevista de posibles hechos que afectan al sistema de disposición final y los sucesos que podrían incidir en su funcionamiento, incluidos los poco probables, valiéndose de los siguientes medios:

- a) presentación de pruebas de que el sistema de disposición final, sus posibles evoluciones y los sucesos que podrían afectarlo se conocen con suficiente claridad;
- b) demostración de la viabilidad de la ejecución del diseño;
- c) aportación de estimaciones convincentes del funcionamiento del sistema de disposición final y grado razonable de garantía de que se cumplirán todos los requisitos de seguridad pertinentes y de que se ha optimizado la protección radiológica;
- d) determinación y presentación de un análisis de las incertidumbres conexas.

4.18. La justificación de la seguridad puede incluir la presentación de líneas múltiples de razonamiento basadas, por ejemplo, en estudios de análogos naturales y estudios paleohidrogeológicos, las características adecuadas del emplazamiento, las propiedades de la formación geológica hospedante, los aspectos técnicos, los procedimientos operacionales y las garantías institucionales.

4.19. En la evaluación de la seguridad es preciso analizar el funcionamiento del sistema de disposición final ante evoluciones y sucesos previstos y menos probables, que pueden rebasar los límites de funcionamiento previstos en el diseño de la instalación de disposición final. El órgano regulador y el explotador deben examinar conjuntamente el criterio de lo que se debe considerar como evolución prevista y evoluciones menos probables. De ser necesario, se efectuarían análisis de sensibilidad y de incertidumbre para conocer el funcionamiento del sistema de disposición final y sus componentes ante toda una serie de evoluciones y sucesos.

4.20. Se pueden examinar las consecuencias de sucesos y procesos imprevistos para comprobar la solidez del sistema de disposición final. En particular, se debe evaluar su resistencia. Es preciso realizar análisis cuantitativos, por lo menos durante el período de aplicación de los requisitos reglamentarios. No obstante, es probable que los resultados de los modelos detallados a los fines de la evaluación de la seguridad sean más inciertos para períodos que abarcan el futuro lejano.

4.21. En el caso de períodos que abarcan el futuro lejano, quizá se requieran argumentos que demuestren la seguridad en función, por ejemplo, de indicadores de seguridad complementarios como las concentraciones y los flujos de radionucleidos naturales en la geosfera y la biosfera y los análisis de valores límite. Si bien esas evaluaciones no pueden indicar niveles precisos de dosis o riesgos posibles, los resultados pueden ser un instrumento para indicar el grado de seguridad y verificar que ningún otro diseño tendría ventajas obvias.

4.22. En la justificación de la seguridad se deben examinar los sistemas de gestión establecidos para garantizar la calidad en relación con estos elementos del diseño y operacionales.

Requisito 14: Documentación de la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad

La justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad complementaria para una instalación de disposición final estarán documentadas con un grado de detalle y una calidad suficientes para fundamentar y apoyar las decisiones que se deben tomar en cada etapa y permitir el examen independiente de la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad complementaria.

4.23. El alcance y la estructura necesarios de la documentación en la que se exponen la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad complementaria dependerán de la etapa que haya alcanzado el proyecto de la instalación de disposición final y de los requisitos nacionales. Ello incluye el examen de las necesidades de información de las distintas partes interesadas. La justificación, la rastreabilidad y la claridad son aspectos importantes que se deben tener en cuenta al documentar la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad complementaria.

4.24. La justificación se refiere a la explicación del fundamento de las decisiones adoptadas y los argumentos a favor y en contra de las decisiones, sobre todo las relativas a los principales argumentos de seguridad. La rastreabilidad tiene que ver con la capacidad de una persona independiente cualificada para dar seguimiento a lo que se ha hecho. La rastreabilidad debe posibilitar el examen técnico y reglamentario. La justificación y la rastreabilidad exigen ambas un registro bien documentado de las decisiones adoptadas y las hipótesis formuladas en el desarrollo y la explotación de una instalación de disposición final, y de los modelos y datos utilizados con objeto de obtener un conjunto de resultados determinado para su empleo en la evaluación de la seguridad.

4.25. La claridad exige una buena estructura y presentación con un grado de detalle apropiado que permita que se conozcan los argumentos de seguridad. Para ello, los resultados de las actividades se deben presentar en los documentos de tal modo que las partes interesadas a las que los materiales van dirigidos puedan entender bien los argumentos de seguridad y sus fundamentos. Podrían ser necesarios distintos tipos y estilos de documento para facilitar material que resulte útil a las distintas partes.

ETAPAS EN EL DESARROLLO, LA EXPLOTACIÓN Y EL CIERRE DE INSTALACIONES DE DISPOSICIÓN FINAL

Requisito 15: Caracterización del emplazamiento de una instalación de disposición final

El emplazamiento de una instalación de disposición final se caracterizará de forma suficientemente detallada para apoyar el conocimiento general tanto de las características del emplazamiento como del modo en que dicho emplazamiento evolucionará con el tiempo. Esto incluirá su condición actual, su evolución natural probable, y posibles eventos naturales, así como planes y actividades de origen humano en las cercanías que puedan afectar a la seguridad de la instalación durante el período objeto de interés. También incluirá una explicación específica de la incidencia en la seguridad de los elementos, los sucesos y los procesos asociados al emplazamiento y la instalación.

4.26. Es preciso adquirir un conocimiento general del emplazamiento de una instalación de disposición final para presentar una descripción científica convincente del sistema de disposición final en la que se puedan basar las descripciones más conceptuales que se utilizan en la evaluación de la seguridad.

La atención ha de centrarse en las características, los sucesos y los procesos relacionados con el emplazamiento que podrían repercutir en la seguridad y que se abordan en la justificación de la seguridad y en la evaluación de la seguridad complementaria. En particular, se debe demostrar que existe estabilidad geológica, geomorfológica o topográfica adecuada (según convenga para el tipo de instalación), así como elementos y procesos que contribuyen a la seguridad. También se ha de demostrar que otros elementos, sucesos y procesos no socavan la justificación de la seguridad.

4.27. La caracterización de los aspectos geológicos debe incluir actividades tales como la investigación de la estabilidad a largo plazo, la presencia de fallas y la magnitud de las fracturas en la formación geológica hospedante; la sismicidad; el volcanismo; el volumen de roca adecuado para la construcción de zonas de disposición final; los parámetros geotécnicos de interés para el diseño; los regímenes de flujo de aguas subterráneas; las condiciones geoquímicas, y la mineralogía. El grado de caracterización necesario dependerá de los tipos de instalación de disposición final y del emplazamiento en cuestión.

4.28. Se debe adoptar un enfoque graduado en función del potencial de peligro de los desechos y la complejidad del emplazamiento y del diseño de la instalación, de disposición final de conformidad con las orientaciones facilitadas en la nota 5. La caracterización del emplazamiento realizada de manera iterativa debe proporcionar información para la justificación de la seguridad y, a su vez, debe estar orientada por ella. Además, la investigación de, por ejemplo, la radiación de fondo natural y el contenido de radionucleidos en el suelo, las aguas subterráneas y otros medios pueden contribuir a conocer mejor las características del emplazamiento de la instalación de disposición final. También puede ser de ayuda en la evaluación de las repercusiones radiológicas para el medio ambiente al ofrecer una referencia para realizar comparaciones en el futuro.

4.29. La caracterización de los elementos ambientales en la superficie debe incluir aspectos naturales, por ejemplo hidrológicos y meteorológicos, la flora y la fauna. También debe abarcar las actividades humanas en las cercanías del emplazamiento en relación con pautas de asentamientos de residencia normales y actividades industriales y agrícolas. Se debe prestar la debida atención a la probable evolución natural del emplazamiento, incluidos los efectos de la erosión y el cambio climático.

Requisito 16: Diseño de una instalación de disposición final

La instalación de disposición final y sus barreras artificiales se diseñarán de modo que aseguren la contención de los desechos y de los peligros conexos, sean física y químicamente compatibles con la formación geológica hospedante y/o el entorno en la superficie, y proporcionen elementos de seguridad tras el cierre que complementen los que ofrece el entorno. La instalación y sus barreras artificiales se diseñarán de modo que ofrezcan seguridad durante el período operacional.

4.30. Los diseños de las instalaciones de disposición final de desechos radiactivos pueden ser muy distintos, dependiendo de los tipos de desechos que deban someterse a disposición final y de la formación geológica hospedante y/o el entorno en la superficie. En general, se debe hacer un uso óptimo de los elementos de seguridad que ofrece el entorno. Para ello, es preciso diseñar una instalación de disposición final que no cause alteraciones inaceptables a largo plazo en el emplazamiento, esté protegida por el emplazamiento y desempeñe funciones de seguridad que complementen a las barreras naturales.

4.31. La configuración debe diseñarse de modo que los desechos se coloquen en los lugares más adecuados. En el caso de que los desechos contengan materiales fisibles, el mantenimiento de una configuración subcrítica debe ser parte de las consideraciones del diseño. Es preciso localizar debidamente elementos clave, como los pozos y los precintos en las instalaciones de disposición final geológica. Los materiales utilizados en la instalación deben ser resistentes a la degradación en las condiciones que imperen en la instalación (por ejemplo las condiciones químicas y de temperatura) y se seleccionarán además de modo que se limite cualquier efecto no deseado en las funciones de seguridad de los elementos del sistema de disposición final.

4.32. Se prevé que las instalaciones de disposición final, en particular las de desechos de actividad alta e intermedia, funcionen durante períodos mucho más prolongados que los que se suelen tener en cuenta en las aplicaciones técnicas. La investigación sobre el comportamiento de materiales naturales análogos en formaciones geológicas en la naturaleza, o de artefactos y estructuras antiguas a lo largo del tiempo, puede contribuir a aumentar la confianza en la evaluación del comportamiento a largo plazo. La demostración de la viabilidad de la fabricación de contenedores de desechos y de la construcción de barreras artificiales con las características necesarias, por ejemplo en laboratorios subterráneos, es importante para los fines de las evaluaciones y para generar confianza en que es posible alcanzar un nivel de rendimiento adecuado.

Requisito 17: Construcción de una instalación de disposición final

La instalación de disposición final se construirá de conformidad con el diseño descrito en la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad complementaria que se hayan aprobado. La instalación se construirá de modo que se preserven las funciones de seguridad del entorno cuya importancia para la seguridad después del cierre se haya demostrado en la justificación de la seguridad. Las actividades de construcción de realizarán de manera que se garantice la seguridad durante el período operacional.

4.33. La construcción de una instalación de disposición final puede ser una tarea técnica compleja que podría verse limitada, particularmente si se realiza bajo tierra, por las condiciones y las propiedades de la formación geológica hospedante y las técnicas disponibles para la excavación y construcción subterráneas. Se debe haber alcanzado un grado suficiente de caracterización antes de iniciar la construcción. Las actividades de excavación y construcción se deben efectuar de forma que se evite toda alteración innecesaria del entorno. Es preciso adoptar técnicas de ingeniería suficientemente flexibles para tener en cuenta las variaciones que se darán, por ejemplo, en las condiciones de la roca y del agua subterránea en las instalaciones subterráneas.

4.34. La excavación y construcción de una instalación de disposición final puede continuar después del inicio de la explotación de una parte de la instalación y tras la colocación de bultos de desechos. Esa coincidencia parcial de las actividades de construcción y explotación debe estar planificada y llevarse a cabo de modo que se garantice la seguridad, tanto durante la explotación como después del cierre.

Requisito 18: Explotación de una instalación de disposición final

Se procederá a la explotación de la instalación de disposición final de conformidad con las condiciones de la licencia y los requisitos reglamentarios pertinentes a fin de mantener la seguridad durante el período operacional, y de modo tal que se preserven las funciones de seguridad previstas en la justificación de la seguridad que son importantes para la seguridad tras el cierre.

4.35. Todas las operaciones y actividades importantes para la seguridad de una instalación de disposición final deben estar sujetas a limitaciones y controles y deben existir planes de emergencia. Los diversos procedimientos y planes deben

documentarse, y la documentación ha de estar sometida a procedimientos de control apropiados [13]. En la justificación de la seguridad se deben examinar y justificar las disposiciones relativas al diseño y a la gestión operacional que se utilizan para garantizar el logro del objetivo y los criterios de seguridad expuestos en la sección 2. Además, el órgano regulador o el explotador pueden establecer criterios específicos para la instalación.

4.36. En la justificación de la seguridad también se debe demostrar que los peligros y otros riesgos radiológicos para los trabajadores y los miembros de la población en condiciones de funcionamiento normal y ante incidentes operacionales previstos se han reducido al valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse. Se debe mantener un control activo de la seguridad mientras la instalación de disposición final permanezca sin precintarse, lo que puede incluir un período prolongado después de la colocación de los desechos y antes del cierre final de la instalación.

4.37. El material fisiónable, de haberlo, debe estar gestionado y colocado en la instalación de disposición final con una configuración que permanezca en estado subcrítico. Esto puede lograrse de diferentes maneras, entre las que figuran la distribución apropiada del material fisiónable durante el acondicionamiento de los desechos y el diseño correcto de los bultos de desechos. Se deben realizar evaluaciones de la posible evolución del peligro de criticidad tras la colocación de los desechos, incluso después del cierre.

Requisito 19: Cierre de una instalación de disposición final

El cierre de una instalación de disposición final se efectuará de modo tal que se cumplan las funciones de seguridad cuya importancia después del cierre se haya demostrado en la justificación de la seguridad. Los planes para el cierre, incluida la transición una vez concluida la gestión activa de la instalación, deberán estar bien definidos y ser viables, a fin de que pueda procederse al cierre en condiciones de seguridad en el momento oportuno.

4.38. La seguridad de una instalación de disposición final después del cierre dependerá de una serie de actividades y elementos del diseño, que pueden incluir el terraplenado y el precintado o el taponado de la instalación de disposición final. El cierre se debe tener en cuenta en el diseño inicial de la instalación, y los planes correspondientes y los diseños de los precintos o taponos se deben actualizar a medida que se desarrolle el diseño de la instalación. Antes de iniciar las actividades de construcción, deben existir pruebas suficientes de que el

terraplenado, el precintado y el taponado funcionarán según lo previsto para cumplir los requisitos del diseño.

4.39. El cierre de la instalación de disposición final se deberá efectuar de conformidad con las condiciones establecidas al respecto por el órgano regulador en la autorización de la instalación, prestándose particular atención a cualquier cambio en la responsabilidad que pueda producirse en esta etapa. En la medida en que sea compatible con ello, la instalación de elementos relacionados con el cierre podrá realizarse en paralelo con las operaciones de colocación de desechos.

4.40. El terraplenado y la colocación de precintos o tapones podrán aplazarse por un tiempo después de terminada la colocación de los desechos, por ejemplo, para vigilar la situación con el fin de evaluar aspectos relacionados con la seguridad posterior al cierre o por motivos asociados a la aceptabilidad pública. Si la aplicación de esos elementos se va a efectuar un tiempo después de terminada la colocación de los desechos, se deben tener en cuenta las repercusiones para la seguridad durante la explotación y después del cierre en la justificación de la seguridad.

4.41. La disponibilidad de los recursos técnicos y financieros necesarios para lograr el cierre debe estar garantizada mediante los requisitos 1 a 3.

5. GARANTÍA DE LA SEGURIDAD

Requisito 20: Aceptación de desechos en una instalación de disposición final

Los bultos de desechos y los desechos sin embalar que se acepten para su colocación en una instalación de disposición final se ajustarán a criterios que sean plenamente conformes a lo indicado en la justificación de la seguridad de la instalación de disposición final en explotación y después del cierre, y que se deriven de dicha justificación.

5.1. Los requisitos y criterios de aceptación de desechos para una instalación de disposición final determinada deben garantizar la manipulación segura de los bultos de desechos y de los desechos sin embalar en condiciones de funcionamiento normal y ante incidentes operacionales previstos. También deben asegurar el cumplimiento de las funciones de seguridad para la forma de los

desechos y los embalajes de los desechos en relación con la seguridad a largo plazo. Son ejemplos de posibles parámetros para los criterios de aceptación de desechos las características y los requisitos de comportamiento de los bultos de desechos y de los desechos sin embalar destinados a la disposición final, como los límites de contenido o de actividad de los radionucleidos, la producción de calor y las propiedades de la forma de los desechos y el embalaje.

5.2. Es preciso elaborar modelos y/o someter a ensayo el comportamiento de las formas de los desechos para garantizar la estabilidad física y química de los diferentes bultos de desechos y los desechos sin embalar en las condiciones previstas en la instalación de disposición final, y para asegurarse de que se comporten adecuadamente en caso de incidentes operacionales previstos o accidentes.

5.3. Los desechos destinados a la disposición final se deben caracterizar a fin de facilitar suficiente información para asegurar el cumplimiento de los requisitos y criterios de aceptación de desechos. Se deberá disponer lo necesario para verificar que los desechos y los bultos de desechos que se reciban para la disposición final cumplan esos requisitos y criterios y, de no ser así, para confirmar que la entidad productora de los desechos o el explotador de la instalación de disposición final adopten medidas correctoras. El control de calidad de los bultos de desechos debe realizarse, empleando principalmente para ello registros, ensayos previos al acondicionamiento (por ejemplo de los contenedores) y controlando el proceso de acondicionamiento. Los ensayos posteriores al acondicionamiento y la necesidad de medidas correctoras deben limitarse en la mayor medida posible.

Requisito 21: Programas de monitorización en una instalación de disposición final

Se ejecutará un programa de monitorización antes de la construcción y explotación de la instalación de disposición final y durante ellas, así como tras su cierre, si así está previsto en la justificación de la seguridad. Este programa se diseñará para recopilar y actualizar la información necesaria para los fines de protección y seguridad. Se obtendrá información para confirmar que imperan las condiciones necesarias para la seguridad de los trabajadores y los miembros de la población y la protección del medio ambiente durante el período de explotación de la instalación. La monitorización también se realizará para confirmar la ausencia de toda condición que pudiera afectar a la seguridad de la instalación tras su cierre.

5.4. La monitorización debe realizarse en cada etapa del desarrollo y la explotación de la instalación de disposición final. Son objetivos del programa de monitorización:

- a) obtener información para evaluaciones posteriores;
- b) garantizar la seguridad operacional;
- c) garantizar que las condiciones en la instalación para su explotación son conformes a la evaluación de la seguridad;
- d) confirmar que las condiciones son conformes a la seguridad después del cierre.

En la ref. [20] figuran orientaciones al respecto. Los programas de monitorización deben diseñarse y ejecutarse de modo que no disminuya el nivel global de seguridad de la instalación después del cierre.

5.5. En un documento TECDOC⁸ del OIEA figura un examen de la monitorización en relación con la seguridad de las instalaciones de disposición final geológica después del cierre. Los planes de monitorización destinados a garantizar la seguridad después del cierre deben elaborarse antes de la construcción de la instalación de disposición final geológica para indicar las posibles estrategias de monitorización. No obstante, los planes deben ser flexibles y, si es necesario, deberán ser revisados y actualizados durante el desarrollo y la explotación de la instalación.

Requisito 22: Período posterior al cierre y controles institucionales

Se elaborarán planes para el período posterior al cierre con el fin de definir el control institucional y las disposiciones para mantener la disponibilidad de la información sobre la instalación de disposición final. Tales planes serán compatibles con los elementos de seguridad pasiva y formarán parte de la justificación de la seguridad que sirva de base para conceder la autorización de cerrar la instalación.

5.6. La seguridad a largo plazo de una instalación de disposición final de desechos radiactivos no debe depender del control institucional activo. Incluso la violación de los elementos de seguridad pasiva no puede justificar que se excedan

⁸ ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Monitoring of geological repositories for high level radioactive waste, IAEA-TECDOC-1208, OIEA, Viena (2001).

los criterios de intervención. Además, la seguridad de la instalación de disposición final no debe depender únicamente de los controles institucionales. Éstos no pueden ser el componente único o principal de la seguridad de una instalación de disposición final cerca de la superficie. La capacidad de los controles institucionales de hacer las aportaciones a la seguridad prevista en la justificación de la seguridad debe estar demostrada y justificada en ella.

5.7. El riesgo de intrusión en una instalación de disposición final de desechos radiactivos se puede reducir en escalas temporales más prolongadas que las previstas para los controles activos empleando controles pasivos, como la conservación de la información mediante marcadores y archivos, incluidos los archivos internacionales.

5.8. Los controles institucionales de una instalación de disposición final de desechos radiactivos deben ofrecer garantías adicionales sobre la seguridad y la seguridad física nuclear de la instalación. Por ejemplo, se pueden adoptar disposiciones para impedir el acceso de intrusos al emplazamiento y aplicar una monitorización en el período posterior a la explotación que permita la alerta temprana en caso de migración de radionucleidos desde la instalación de disposición final antes de que lleguen a los límites del emplazamiento.

5.9. Las instalaciones de disposición final cerca de la superficie suelen estar diseñadas partiendo del supuesto de que el control institucional se debe aplicar durante un período determinado. En el caso de los desechos de período corto, ese período deberá ser de varias decenas a cientos de años tras el cierre. Esos controles serán de carácter activo o pasivo. En el caso de la disposición final cerca de la superficie de desechos derivados de la extracción y el procesamiento de minerales que contengan radionucleidos de período muy largo y que por lo general abarcan grandes volúmenes, las concentraciones de la actividad deben limitarse de manera que no haya que depender del control institucional activo constante como medida de seguridad. Los desechos con concentraciones de actividad superiores a las limitaciones deben someterse a disposición final bajo la superficie del terreno.

5.10. La situación de una instalación de disposición final después del período de control institucional activo es distinta del levantamiento del control reglamentario del emplazamiento de una instalación nuclear tras la clausura en la medida en que la liberación del emplazamiento de una instalación de disposición final para su uso irrestricto no suele estar contemplada. El lugar donde se encuentra el emplazamiento y el diseño de la instalación deben reducir las probabilidades de intrusión.

5.11. En el caso de las instalaciones de disposición final cerca de la superficie, los criterios de aceptación de desechos limitarán las consecuencias de la intrusión humana a los criterios especificados (véase el párr. 2.15), aun cuando se pierda el control del emplazamiento. La restricción de dosis (véase el párr. 2.15) aprobada en relación con las dosis que reciben los miembros de la población se aplica a la evolución normal prevista del emplazamiento tras el período de control institucional.

5.12. Las instalaciones de disposición final geológica no deben depender del control institucional a largo plazo tras el cierre como medida de seguridad (véase el requisito 5). Sin embargo, los controles institucionales pueden contribuir a la seguridad al eliminar o reducir la probabilidad de acciones humanas que pudieran involuntariamente interferir con los desechos o degradar los elementos de seguridad del sistema de disposición final geológica. Los controles institucionales pueden también contribuir a aumentar la aceptación por el público de la disposición final geológica.

5.13. Es posible que las instalaciones de disposición final no se cierren hasta pasados varios decenios o más tras el inicio de las operaciones. Los planes sobre posibles controles futuros y el período durante el cual se aplicarían pueden al principio ser flexibles y de carácter conceptual, pero es preciso elaborarlos y perfeccionarlos a medida que la instalación se acerca al cierre. También se deben tener en cuenta: los controles del uso local de la tierra; las restricciones o la supervisión y monitorización del emplazamiento; los registros locales, nacionales e internacionales; y la utilización de marcadores superficiales y/o subsuperficiales duraderos. Se deben adoptar disposiciones para transmitir la información sobre la instalación de disposición final y su contenido a las generaciones futuras, a fin de que se puedan tomar decisiones futuras sobre la instalación de disposición final y su seguridad.

5.14. Mientras esté en vigor la licencia de la instalación, el explotador debe aplicar controles institucionales. Está previsto que la responsabilidad por toda medida de seguridad pasiva relacionada con el control institucional que sea necesaria tras la expiración de la licencia se deberá transferir al Gobierno al nivel que corresponda.

Requisito 23: Consideraciones sobre el sistema nacional de contabilidad y control de materiales nucleares⁹

En el diseño y la explotación de instalaciones de disposición final sometidas a acuerdos relativos a la contabilidad y el control de materiales nucleares, se tomará en consideración el hecho de garantizar que la seguridad no sea vea en peligro debido a la aplicación de medidas requeridas en virtud del sistema de contabilidad y control de materiales nucleares [21–23].

5.15. El sistema de contabilidad y control de materiales nucleares se aplica a los materiales que incluyen cantidades significativas de material fisible en forma potencialmente extraíble [21–23]. Es probable que esos materiales, si se declaran como desechos, requieran una disposición final en una instalación de disposición final geológica por razones de seguridad a largo plazo. La colocación en una instalación de disposición final geológica también proporcionaría seguridad física nuclear pasiva a largo plazo y sería coherente con el objetivo de las salvaguardias nucleares del OIEA. Por consiguiente, el requisito 23 se aplica en particular a las instalaciones de disposición final geológica¹⁰.

5.16. Los sistemas nacionales de contabilidad y control de materiales nucleares se crearon principalmente para contabilizar los materiales nucleares, a fin de detectar su posible desviación con fines no autorizados o desconocidos a corto y mediano plazo. Tal como están organizadas actualmente, las actividades de salvaguardias nucleares del OIEA dependen de una supervisión y controles activos.

5.17. Durante la explotación de una instalación de disposición final de desechos que contenga material fisible, la supervisión con fines de salvaguardias del OIEA tiene por objeto garantizar la continuidad de los conocimientos sobre los materiales fisibles y la ausencia de toda actividad no declarada en el emplazamiento en relación con esos materiales. En el caso de algunos desechos radiactivos, como el combustible nuclear gastado, ciertos requisitos de

⁹ Los acuerdos de salvaguardias nucleares del OIEA exigen la existencia de sistemas nacionales de contabilidad y control de materiales nucleares.

¹⁰ ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Issues in Radioactive Waste Disposal*, IAEA-TECDOC-909, OIEA, Viena (1996).

salvaguardias deben aplicarse incluso después del precintado de los desechos en una instalación de disposición final geológica¹¹.

5.18. En una instalación de disposición final geológica cerrada, las salvaguardias nucleares del OIEA podrían, en la práctica, aplicarse a distancia (por ejemplo, mediante vigilancia por satélite, fotografías aéreas, supervisión microsísmica y arreglos administrativos). Se deben evitar los métodos intrusivos, que podrían comprometer la seguridad posterior al cierre.

5.19. Puesto que las salvaguardias nucleares del OIEA están sometidas a supervisión internacional, su continuación podría aumentar la confianza en la longevidad de los controles administrativos, lo que también ayudaría a evitar la alteración involuntaria de la instalación de disposición final geológica. La continuación de las inspecciones de salvaguardias y de la monitorización después del cierre de una instalación de disposición final geológica puede, por lo tanto, contribuir a aumentar la confianza en la seguridad posterior al cierre. En el documento IAEA- TECDOC-909¹⁰, se presenta un examen de los aspectos relativos a la interconexión entre los sistemas de contabilidad y control de materiales nucleares (y las salvaguardias nucleares del OIEA) y la gestión de desechos radiactivos.

Requisito 24: Requisitos relativos a las medidas de seguridad física nuclear

Se aplicarán medidas que garanticen un enfoque integrado de las medidas de seguridad tecnológica y de seguridad física nuclear en la disposición final de desechos radiactivos.

5.20. Cuando se requieran medidas de seguridad física nuclear para prevenir el acceso no autorizado de personas y la retirada no autorizada de materiales radiactivos, se deben aplicar medidas de seguridad tecnológica y de seguridad física nuclear mediante un enfoque integrado [1, 13].

5.21. El grado de seguridad física debe estar en proporción al nivel de peligro radiológico y la naturaleza de los desechos [1, 13, 24, 25].

¹¹ ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Advisory Group Meeting on Safeguards Related to Final Disposal of Nuclear Material in Waste and Spent Fuel (AGM-660), Rep. STR-243 (Revisado.), OIEA, Viena (1988).

Requisito 25: Sistemas de gestión

Se aplicarán sistemas de gestión¹², para asegurar la garantía de calidad, a todas las actividades, sistemas y componentes relacionados con la seguridad a lo largo de todas las etapas del desarrollo y la explotación de una instalación de disposición final. Los niveles de garantía aplicables a cada elemento guardarán proporción con su importancia para la seguridad.

5.22. Un sistema de gestión apropiado que incluya programas de garantía de calidad contribuirá a aumentar la confianza en que se cumplen los requisitos y criterios pertinentes respecto de la selección y evaluación del emplazamiento, el diseño, la construcción, la explotación, el cierre y la seguridad posterior al cierre. Las actividades, los sistemas y los componentes pertinentes se han de determinar a partir de los resultados de evaluaciones sistemáticas de la seguridad. El grado de atención prestado a cada aspecto debe guardar proporción con su importancia para la seguridad. El sistema de gestión debe cumplir las normas de seguridad del OIEA pertinentes relativas a los sistemas de gestión [13, 14].

5.23. El sistema de gestión especifica el papel de la gestión y la estructura orgánica que debe emplearse al poner en práctica los procesos que afectan a todas las actividades relacionadas con la seguridad. También especifica las responsabilidades y facultades de los distintos miembros del personal y organizaciones que participan en la gestión y puesta en práctica de los procesos y en la evaluación de la calidad de toda la labor relativa a la seguridad.

5.24. Si bien el entorno de una instalación de disposición final es importante para la seguridad, no puede ser diseñado ni fabricado, sino sólo caracterizado, y solo de forma limitada. Los elementos del sistema de gestión que garantizan la calidad de los procesos pertinentes relacionados con la seguridad deben diseñarse teniendo en cuenta la naturaleza del entorno.

5.25. El diseño, la caracterización y la evaluación de una instalación de disposición final deben incluir varias etapas consecutivas y, en ocasiones, solapadas con un grado creciente de detalle y precisión. No obstante, probablemente exista siempre cierto grado de incertidumbre irreducible que es

¹² El término “sistema de gestión” incorpora todos los conceptos iniciales de “control de calidad” (control de la calidad de los productos) y su evolución hasta que se convierte en el concepto de “garantía de calidad” (sistema para garantizar la calidad de los productos) y de “gestión de calidad” (sistema para gestionar la calidad).

imposible eliminar. La importancia de esa incertidumbre se determina al analizar la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad complementaria.

5.26. El sistema de gestión de una instalación de disposición final debe prever la elaboración y conservación de pruebas documentales que demuestren que se ha logrado la calidad de los datos necesaria; que los componentes se han suministrado y utilizado de acuerdo con las especificaciones pertinentes; que los bultos de desechos y los desechos sin embalar cumplen los requisitos y criterios establecidos, y que se han colocado correctamente en la instalación de disposición final. El sistema de gestión también debe garantizar la recopilación de toda la información que es importante desde el punto de vista de la seguridad y que se registra en todas las etapas del desarrollo y la explotación de la instalación, y la conservación de dicha información. Esta información es importante para realizar toda nueva evaluación de la instalación en el futuro.

6. INSTALACIONES DE DISPOSICIÓN FINAL EXISTENTES

6.1. Es posible que algunas instalaciones de disposición final que se desarrollaron, construyeron y entraron en funcionamiento antes del establecimiento de los presentes requisitos no los cumplan en su totalidad. Esas instalaciones pueden o no estar en explotación. Algunas instalaciones de disposición final pueden haber sido abandonadas. En esos casos, se considerarían “situaciones existentes” respecto de las cuales el Gobierno tendría que asumir la responsabilidad de las instalaciones. Los requisitos establecidos en la presente publicación de Requisitos de Seguridad tendrían que ser tratados como directrices para elaborar objetivos de intervención y planificar actividades, de ser necesario, ante esas situaciones.

Requisito 26: Instalaciones de disposición final existentes

La seguridad de las instalaciones de disposición final existentes se evaluará periódicamente hasta la expiración de la licencia. Durante este período, también se evaluará la seguridad cuando se haya planificado una modificación importante para la seguridad o en el caso de que se produzcan cambios en las condiciones de la autorización. En el caso de que no se cumpla cualquiera de los requisitos expuestos en la presente publicación de Requisitos de Seguridad, se adoptarán medidas para mejorar la seguridad de la instalación, habida cuenta de los factores económicos y sociales.

6.2. La evaluación periódica de la seguridad de una instalación de disposición final debe tener por objetivo la evaluación general de la situación de la protección y la seguridad en la instalación. Debe incluir un análisis de la experiencia operacional adquirida y las posibles mejoras que se podrían introducir, teniendo en cuenta la situación imperante y cualquier novedad tecnológica o cambio que se pueda dar en el control regulador. Las evaluaciones periódicas de la seguridad no pueden sustituir las actividades de análisis, control y vigilancia que se realizan constantemente en las instalaciones de disposición final.

6.3. Es posible que las instalaciones de disposición final que no se construyeron aplicando las normas de seguridad actuales no cumplan todos los requisitos de seguridad establecidos en la presente publicación de Requisitos de Seguridad. Al evaluar la seguridad de esas instalaciones pueden hallarse indicios de que no se cumplirán los criterios de seguridad. En esos casos, se deben adoptar medidas razonables para mejorar la seguridad de la instalación de disposición final. Son opciones posibles la retirada parcial o íntegra de los desechos de la instalación, la realización de mejoras técnicas, o la instauración o la mejora de controles institucionales. La evaluación de esas opciones debe incluir aspectos técnicos, sociales y políticos más amplios.

Apéndice

GARANTÍA DEL CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO Y LOS CRITERIOS DE SEGURIDAD

A.1. Una instalación de disposición final de desechos radiactivos bien diseñada, bien situada y desarrollada de manera adecuada brindará un alto grado de garantía en que los efectos radiológicos en el período posterior al cierre serán escasos, tanto en términos absolutos como en comparación con los efectos que cabe prever de cualquier otra opción de gestión de desechos radiactivos disponible en la actualidad.

A.2. Se debe localizar una formación geológica hospedante y/o un entorno y un emplazamiento que ofrezcan condiciones favorables para el aislamiento de los desechos de la biosfera accesible y la preservación de las barreras artificiales (por ejemplo, bajas tasas de flujo de aguas subterráneas y un entorno geoquímico propicio a largo plazo). La instalación de disposición final se debe diseñar teniendo en cuenta las características que ofrezcan la formación geológica hospedante y/o el entorno y el emplazamiento, de modo que se optimicen la protección y la seguridad y no se superen las restricciones de dosis y/o de riesgos. A continuación, la instalación de disposición final se debe desarrollar de acuerdo con el diseño evaluado de manera que se cumplan las características de seguridad previstas tanto de las barreras artificiales como de las naturales.

A.3. La optimización de la protección y la seguridad de una instalación de disposición final de desechos radiactivos es un proceso de análisis y juicios que se aplica a las decisiones que se adoptan al elaborar el diseño de la instalación. Lo más importante es que se adopten elementos técnicos y de diseño de ingeniería acertados y que se apliquen principios correctos de gestión durante el desarrollo, la explotación y el cierre de la instalación de disposición final. Sobre la base de estas consideraciones, puede estimarse que se han optimizado la protección y la seguridad si:

- a) se ha prestado la debida atención a las repercusiones para la seguridad a largo plazo de diversas opciones de diseño en cada etapa del desarrollo y la explotación de la instalación de disposición final;
- b) existe una garantía razonable de que las dosis y/o los riesgos evaluados que se derivan de cualesquiera de las formas de evolución natural que podría en general experimentar el sistema de disposición final no superarán las restricciones pertinentes, durante períodos para los cuales las incertidumbres

no sean tan grandes como para impedir una interpretación válida de los resultados;

- c) se ha reducido en la mayor medida posible mediante la selección y evaluación del emplazamiento y/o el diseño la probabilidad de que ocurran sucesos que puedan afectar el comportamiento de la instalación de disposición final de modo tal que provoque un aumento de las dosis o mayores riesgos.

A.4. Se admite que las posibles dosis de radiación que se calcula que recibirán las personas en el futuro debido a una instalación de disposición final son sólo estimaciones, y que las incertidumbres asociadas a estas estimaciones aumentarán cuando se trate de períodos más alejados en el futuro. Sin embargo, se pueden hacer estimaciones de las dosis y los riesgos posibles para períodos prolongados que se pueden utilizar como indicadores a efectos de la comparación con los criterios de seguridad.

A.5. Al estimar las dosis que recibirán las personas en el futuro debido a una instalación de disposición final, se parte del supuesto de que habrá personas en el lugar y que éstas utilizarán de alguna forma recursos locales que podrían contener radionucleidos procedentes de los desechos presentes en la instalación de disposición final. No es posible predecir con certeza alguna el comportamiento de las personas en el futuro, y su representación en los modelos de evaluación es necesariamente una generalización¹³. Los fundamentos y los posibles enfoques de la modelación de la biosfera y la estimación de las dosis procedentes de las instalaciones de disposición final se han examinado en el proyecto BIOMASS del OIEA [26].

A.6. Existe la posibilidad de que en el futuro alguna o varias actividades realizadas por las personas pudiesen provocar algún tipo de intrusión en una instalación de disposición final de desechos radiactivos. No es posible afirmar categóricamente cómo será esa intrusión o qué probabilidades hay de que se produzca, debido a la impredecibilidad del comportamiento de las personas en el futuro. No obstante, se puede evaluar como escenario de referencia el efecto de determinados sucesos de intrusión genéricos tales como trabajos de construcción, extracción o perforación.

¹³ Se presupone una representación del comportamiento arbitraria, a menudo basada en los hábitos actuales de los seres humanos.

A.7. Aunque posiblemente podrían darse sucesos de intrusión genéricos, como los trabajos de construcción, extracción o perforación, no tiene porqué ser así necesariamente. Sobre esta base, la CIPR ha propuesto un método para evaluar las consecuencias de tales sucesos para la seguridad, el cual utiliza el tipo de criterios expuestos en el párr. 2.15. Habría que llegar a un acuerdo con el órgano regulador respecto de cuándo sería conveniente aplicar ese método y cómo se utilizarían los criterios exactamente. Quizás deban adoptarse decisiones arbitrarias sobre qué se consideraría una actividad normal que cabría esperar que ocurriese y qué se considerarían sucesos de intrusión.

A.8. En caso de intrusión humana involuntaria en una instalación de disposición final, un pequeño número de personas que realizaran, por ejemplo, actividades de perforación en la instalación o de extracción podría recibir dosis de radiación elevadas, y como resultado de la intrusión también podrían producirse casos de exposición de otras personas. No es necesario tomar en consideración en este contexto las dosis y los riesgos que podrían afectar a las personas autorizadas a participar en actividades que provocan deliberadamente alteraciones en la instalación de disposición final o sus desechos, porque tales actividades constituirían situaciones de exposición planificadas.

A.9. En general, la probabilidad de intrusión humana involuntaria en los desechos será baja, a causa de la profundidad a la que se encontraría la instalación de disposición final geológica. En el caso de una instalación de disposición final cerca de la superficie, la probabilidad será baja debido a los controles institucionales y a la decisión de emplazar la instalación lejos de importantes recursos minerales conocidos u otros recursos valiosos. Las posibles dosis que se recibirían como resultado de una intrusión involuntaria de esa índole podrían ser altas. No obstante, dado que la probabilidad de intrusión involuntaria es baja, es probable que el riesgo conexo quede compensado por el mayor nivel de protección y seguridad que ofrece la disposición final de desechos en comparación con otras estrategias.

A.10. Una instalación de disposición final puede verse afectada por una variedad de posibles acontecimientos y sucesos. Algunos de ellos tendrán una probabilidad relativamente alta de producirse durante el período abarcado por la evaluación, mientras que otros tendrán una probabilidad más bien baja o muy baja. Con vistas a optimizar la protección y la seguridad, el proceso de diseño se centrará en garantizar que el sistema de disposición final brinde seguridad (a saber, mediante el cumplimiento de las restricciones de dosis y/o del riesgo). Para ello se tendrá en cuenta la evolución prevista del sistema de disposición final. También se tomarán en consideración las incertidumbres relacionadas con la evolución y los

sucesos naturales que probablemente ocurran durante el período abarcado por la evaluación.

A.11. El logro de un grado de protección y seguridad tal que las dosis calculadas sean inferiores a la restricción de dosis no basta por sí solo para que se acepte la justificación de la seguridad respecto de una instalación de disposición final, ya que también es necesario optimizar la protección [3]. A la inversa, la indicación de que las dosis calculadas podrían exceder la restricción de dosis en algunas circunstancias poco probables no tiene que traducirse necesariamente en el rechazo de la justificación de la seguridad. En el curso de períodos muy largos, la desintegración radiactiva de los desechos reducirá el peligro asociado a la instalación de disposición final. No obstante, las incertidumbres pueden llegar a ser mucho mayores y las estimaciones calculadas de las dosis podrían superar la restricción de dosis.

A.12. La comparación de las dosis con las dosis debidas a radionucleidos naturales puede dar una indicación útil de la importancia de esos casos. Hay que obrar con cautela al aplicar los criterios para períodos lejanos en el futuro. Más allá de esos períodos, las incertidumbres relacionadas con las estimaciones de dosis son tan grandes que es posible que los criterios dejen de ser una base razonable para adoptar decisiones (véanse los criterios del párr. 2.15).

A.13. La evaluación de si el diseño de una instalación de disposición final ofrecerá o no un nivel optimizado de protección y seguridad podría requerir una opinión en la que se tendrían en cuenta varios factores. Esos factores podrían ser, por ejemplo, la calidad del diseño de la instalación y de la evaluación de la seguridad, y cualquier incertidumbre cualitativa o cuantitativa importante en el cálculo de las exposiciones a largo plazo.

A.14. En general, cuando los resultados de los cálculos a los fines de la evaluación de la seguridad se vuelven menos fiables debido a incertidumbres irreducibles, es preciso tratar con cautela las comparaciones con las restricciones de dosis o del riesgo. En el caso de una instalación de disposición final, las incertidumbres significan que se requiere cautela al considerar los posibles sucesos de intrusión humana y los sucesos naturales muy poco frecuentes. También se requiere cautela al considerar las dosis calculadas para períodos que abarcan el futuro lejano. La solidez del sistema de disposición final puede demostrarse, sin embargo, realizando una evaluación de los sucesos de referencia que son típicos de los sucesos naturales muy poco frecuentes.

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] Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos, INFCIRC/546, OIEA, Viena (1997).
- [3] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 15, OIEA, Viena (1997) (en revisión).
- [4] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Recomendaciones de 1990 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, Publicación ICRP 60, Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR) —EDICOMPLET, S.A.— Madrid (1995).
- [5] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Radiological Protection Policy for the Disposal of Radioactive Waste, ICRP Publication 77, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1997).
- [6] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long Lived Solid Radioactive Waste, ICRP Publication 81, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1998).
- [7] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, Publicación ICRP 103, Sociedad Española de Protección Radiológica, con la autorización de la CIPR, Senda Editorial S.A., Madrid, 2008).
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Control reglamentario de las descargas radiactivas al medio ambiente, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-2.3, OIEA, Viena (2007).
- [9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Aplicación de los conceptos de exclusión, exención y dispensa, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° RS-G-1.7, OIEA, Viena (2007).
- [10] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Glosario de Seguridad Tecnológica del OIEA: Terminología empleada en seguridad tecnológica nuclear y protección radiológica, Edición de 2007, OIEA, Viena (2008).

- [11] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Almacenamiento de desechos radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-6.1, OIEA, Viena (2009).
- [12] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Classification of Radioactive Waste, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSG-1, OIEA, Viena (2009).
- [13] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Sistema de gestión de instalaciones y actividades, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GS-R-3, OIEA, Viena (2011).
- [14] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Management System for the Disposal of Radioactive Waste, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GS-G-3.4, OIEA, Viena (2008).
- [15] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Protección radiológica ocupacional, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° RS-G-1.1, OIEA, Viena (2004).
- [16] 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).
- [17] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos, Edición de 2009, Colección de Normas de Seguridad N° TS-R-1, OIEA, Viena (2009).
- [18] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Marco gubernamental, jurídico y regulador para la seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 1, OIEA, Viena (2010).
- [19] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR, Confidence in the Long Term Safety of Deep Geological Repositories: Its Communication and Development, AEN/OCDE, París (1999).
- [20] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Monitorización del medio ambiente y de las fuentes de radiación con fines de protección radiológica, Colección Normas de Seguridad del OIEA N° RS-G-1.8, OIEA, Viena (2010).
- [21] Sistema de salvaguardias del Organismo, INFCIRC/66/Rev.2, OIEA, Viena (1968).
- [22] Modelo de Protocolo adicional al (a los) acuerdo(s) de salvaguardias entre el (los) Estado(s) y el Organismo Internacional de Energía Atómica para la aplicación de salvaguardias, INFCIRC/540 (corregido) OIEA, Viena (1998).
- [23] Estructura y contenido de los acuerdos entre los Estados y el Organismo requeridos en relación con el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares, INFCIRC/153, OIEA, Viena (1971).
- [24] Código de Conducta sobre seguridad tecnológica y física de las fuentes radiactivas, OIEA, Viena (2004).

- [25] Protección física de los materiales y las instalaciones nucleares, INFCIRC/225/Rev.4, OIEA, Viena (1999).
- [26] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA,, “Reference Biospheres” for Solid Radioactive Waste Disposal, IAEA-BIOMASS-6, OIEA, Viena (2003).

Anexo

CLASIFICACIÓN DE LOS DESECHOS RADIACTIVOS

A-1. De conformidad con el enfoque sucintamente expuesto en el apéndice de la ref. [A-1], se establecen y utilizan como base del plan de clasificación seis clases de desechos:

- 1) desechos exentos¹ (EW): Desechos que cumplen los criterios necesarios para la dispensa, exención o exclusión del control reglamentario con fines de protección radiológica según se describe en la ref. [A-2];
- 2) desechos de período muy corto (VSLW): Desechos que se pueden almacenar para su desintegración durante un período limitado de algunos años como máximo y posteriormente dispensados del control reglamentario de conformidad con las disposiciones aprobadas por el órgano regulador, para su disposición final no controlada, utilización o descarga. Los VSLW incluyen los desechos que contienen principalmente radionucleidos con períodos de semidesintegración muy cortos utilizados frecuentemente con fines de investigación y médicos;
- 3) desechos de actividad muy baja (VLLW): Desechos que no cumplen necesariamente los criterios de los EW, pero que no precisan un alto grado de contención y aislamiento y, por consiguiente, se pueden someter a disposición final en instalaciones de terraplenado cerca de la superficie con control reglamentario limitado. Este tipo de instalaciones también pueden contener otros desechos peligrosos. Suelen formar parte de esta clase de desechos la tierra y los escombros de baja concentración de actividad. Las concentraciones de radionucleidos de período más largo presentes en los VLLW son, por lo general, muy limitadas;
- 4) desechos de actividad baja (LLW): Desechos que se encuentran por encima de los niveles de dispensa, pero que contienen cantidades limitadas de radionucleidos de período largo. Estos desechos requieren un aislamiento y contención sólidos por períodos de hasta varios cientos de años y se pueden someter a disposición final en instalaciones cerca de la superficie. Esta clase abarca una gama muy amplia de desechos. Los LLW pueden incluir

¹ En aras de la coherencia, se ha conservado la expresión “desechos exentos” del plan de clasificación anterior contenido en la publicación del ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Classification of Radioactive Waste, Colección Seguridad N° 111-G-1.1, OIEA, Viena (1994). No obstante, una vez que se ha dejado de aplicar el control reglamentario a esos desechos, éstos ya no se consideran desechos radiactivos.

radionucleidos de período corto con un nivel más elevado de concentración de la actividad y radionucleidos de período largo, pero sólo con niveles relativamente bajos de concentración de la actividad;

- 5) desechos de actividad intermedia (ILW): Desechos que, debido a su contenido, particularmente de radionucleidos de período largo, precisan un grado mayor de contención y aislamiento que el que ofrece la disposición cerca de la superficie. No obstante, en el caso de los ILW no hace falta adoptar disposiciones, o sólo de forma limitada, en relación con la disipación del calor durante su almacenamiento y disposición final. Los ILW pueden contener radionucleidos de período largo, en particular radionucleidos emisores de radiación alfa, que no se desintegrarán hasta un nivel aceptable de concentración de la actividad para proceder a la disposición final cerca de la superficie durante el tiempo en que se puede depender de los controles institucionales. Por lo tanto, los desechos de esta clase requieren una disposición final a mayor profundidad, del orden de decenas de metros hasta algunos cientos de metros;
- 6) desechos de actividad alta (HLW): Desechos con niveles de concentración de la actividad suficientemente elevados para generar cantidades importantes de calor mediante el proceso de desintegración radiactiva o desechos con grandes cantidades de radionucleidos de período largo que se deben tener en cuenta en el diseño de una instalación de disposición final de este tipo de desechos. La disposición final en formaciones geológicas profundas y estables, normalmente a varios cientos de metros o más por debajo de la superficie, es en general la opción aceptada para la disposición final de los HLW.

REFERENCIAS DEL ANEXO

- [A-1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Classification of Radioactive Waste, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSG-1, OIEA, Viena (2009).
- [A-1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Aplicación de los conceptos de exclusión, exención y dispensa, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° RS-G-1.7, OIEA, Viena (2007).

COLABORADORES EN LA PREPARACIÓN Y EXAMEN

Abu-Eid, R.	Comisión Reguladora Nuclear (Estados Unidos de América)
Avila, R.	Facilia AB (Suecia)
Bennett, D.	TerraSalus Limited (Reino Unido)
Bernier, F.	Agencia Federal de Control Nuclear (Bélgica)
Besnus, F.	Instituto de Radioprotección y Seguridad Nuclear (Francia)
Blommaert, W.	Agencia Federal de Control Nuclear (Bélgica)
Bruno, G.	Comisión Europea
Cooper, J.	Agencia de Protección de la Salud (Reino Unido)
Goldammer, W.	Consultoría Estratégica (Alemania)
Jensen, M.	Autoridad Sueca de Protección Radiológica (Suecia)
Kawakami, H.	Organización de Seguridad de la Energía Nuclear del Japón (Japón)
Louvat, D.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Metcalf, P.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Moeller, K.	Oficina Federal de Protección Radiológica (Alemania)
Paltemaa, R.	Organismo de Seguridad Radiológica y Nuclear (Finlandia)
Pather, T.	Organismo Nacional de Reglamentación Nuclear (Sudáfrica)
Rana, D.	Centro Bhabha de Investigaciones Atómicas (India)
Röhlig, K.	Universidad Tecnológica de Clausthal (Alemania)
Rowat, J.	Organismo Internacional de Energía Atómica

Serres, C.	Instituto de Radioprotección y Seguridad Nuclear (Francia)
Siraky, G.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Sugier, A.	Instituto de Radioprotección y Seguridad Nuclear (Francia)
Summerling, T.	Safety Assessment Management Limited (Reino Unido)
Weiss, W.	Oficina Federal de Protección Radiológica (Alemania)

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. Dos asteriscos indican un suplente.

Comisión sobre Normas de Seguridad

Alemania: Majer, D.; Argentina: González, A.J.; Australia: Loy, J.; Bélgica: Samain, J.-P.; Brasil: Vinhas, L.A.; Canadá: Jammal, R.; China: Liu Hua; Corea, República de: Choul-Ho Yun; Egipto: Barakat, M.; España: Barceló Vernet, J.; Estados Unidos de América: Virgilio, M.; Federación de Rusia: Adamchik, S.; Finlandia: Laaksonen, J.; Francia: Lacoste, A.-C. (Presidencia); India: Sharma, S.K.; Israel: Levanon, I.; Japón: Fukushima, A.; Lituania: Maksimovas, G.; Pakistán: Rahman, M.S.; Reino Unido: Weightman, M.; Sudáfrica: Magugumela, M.T.; Suecia: Larsson, C.M.; Ucrania: Mykolaichuk, O.; Viet Nam: Le-chi Dung.; Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE: Yoshimura, U.; Comisión Europea: Faross, P.; Comisión Internacional de Protección Radiológica: Holm, L.-E.; Grupo Asesor sobre seguridad física nuclear: Hashmi, J.A.; Grupo Internacional de Seguridad Nuclear: Meserve, R.; OIEA: Delattre, D. (Coordinación); Presidentes de los Comités sobre Normas de Seguridad: Brach, E.W. (TRANSSC); Magnusson, S. (RASSC); Pather, T. (WASSC); Vaughan, G.J. (NUSSC).

Comité sobre Normas de Seguridad Nuclear

*Alemania: Wassilew, C.; Argelia: Merrouche, D.; Argentina: Waldman, R.; Australia: Le Cann, G.; Austria: Sholly, S.; Bélgica: De Boeck, B.; Brasil: Gromann, A.; *Bulgaria: Gledachev, Y.; Canadá: Rzentkowski, G.; China: Jingxi Li; *Chipre: Demetriades, P.; Corea, República de: Hyun-Koon Kim; Croacia: Valčić, I.; Egipto: Ibrahim, M.; Eslovaquia: Uhrík, P.; Eslovenia: Vojnovič, D.; España: Zarzuela, J.; Estados Unidos de América: Mayfield, M.; Federación de Rusia: Baranaev, Y.; Finlandia: Järvinen, M.-L.; Francia: Feron, F.; Ghana: Emi-Reynolds, G.; *Grecia: Camarinopoulos, L.; Hungría: Adorján, F.; India: Vaze, K.; Indonesia: Antariksawan, A.; Irán, República Islámica del: Asgharizadeh, F.; Israel: Hirshfeld, H.; Italia: Bava, G.; Jamahiriya Árabe Libia: Abuzid, O.; Japón: Kanda, T.; Lituania: Demčenko, M.; Malasia: Azlina Mohammed Jais; Marruecos: Soufi, I.; México: Carrera, A.; Países Bajos:*

van der Wiel, L.; *Pakistán*: Habib, M.A.; *Polonia*: Jurkowski, M.; *Reino Unido*: Vaughan, G.J. (Presidencia); *República Checa*: Šváb, M.; *Rumania*: Biro, L.; *Sudáfrica*: Leotwane, W.; *Suecia*: Hallman, A.; *Suiza*: Flury, P.; *Túnez*: Baccouche, S.; *Turquía*: Bezdegumeli, U.; *Ucrania*: Shumkova, N.; *Uruguay*: Nader, A.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE*: Reig, J.; **Asociación Nuclear Mundial*: Borysova, I.; *Comisión Electrotécnica Internacional*: Bouard, J.-P.; *Comisión Europea*: Vigne, S.; *FORATOM*: Fourest, B.; *OIEA*: Feige, G. (Coordinación); *Organización Internacional de Normalización*: Sevestre, B.

Comité sobre Normas de Seguridad Radiológica

Alemania: Helming, M.; **Argelia*: Chelbani, S.; *Argentina*: Massera, G.; *Australia*: Melbourne, A.; **Austria*: Karg, V.; *Bélgica*: van Bladel, L.; *Brasil*: Rodriguez Rochedo, E.R.; **Bulgaria*: Kartzarska, L.; *Canadá*: Clement, C.; *China*: Huating Yang; **Chipre*: Demetriades, P.; *Corea, República de*: Byung-Soo Lee; *Croacia*: Kralik, I.; **Cuba*: Betancourt Hernández, L.; *Dinamarca*: Øhlenschläger, M.; *Egipto*: Hassib, G.M.; *Eslovaquia*: Jurina, V.; *Eslovenia*: Sutej, T.; *España*: Amor Calvo, I.; *Estados Unidos de América*: Lewis, R.; *Estonia*: Lust, M.; *Federación de Rusia*: Savkin, M.; *Filipinas*: Valdezco, E.; *Finlandia*: Markkanen, M.; *Francia*: Godet, J.-L.; *Ghana*: Amoako, J.; **Grecia*: Kamenopoulou, V.; *Hungría*: Koblinger, L.; *India*: Sharma, D.N.; *Indonesia*: Widodo, S.; *Irán, República Islámica del*: Kardan, M.R.; *Irlanda*: Colgan, T.; *Islandia*: Magnusson, S. (Presidencia); *Israel*: Koch, J.; *Italia*: Bologna, L.; *Jamahiriya Árabe Libia*: Busitta, M.; *Japón*: Kiryu, Y.; **Letonia*: Salmins, A.; *Lituania*: Mastauskas, A.; *Malasia*: Hamrah, M.A.; *Marruecos*: Tazi, S.; *México*: Delgado Guardado, J.; *Noruega*: Saxebol, G.; *Países Bajos*: Zuur, C.; *Pakistán*: Ali, M.; *Paraguay*: Romero de González, V.; *Polonia*: Merta, A.; *Portugal*: Dias de Oliveira, A.M.; *Reino Unido*: Robinson, I.; *República Checa*: Petrova, K.; *Rumania*: Rodna, A.; *Sudáfrica*: Olivier, J.H.I.; *Suecia*: Almen, A.; *Suiza*: Piller, G.; **Tailandia*: Sutarapai, P.; *Túnez*: Chékir, Z.; *Turquía*: Okyar, H.B.; *Ucrania*: Pavlenko, T.; **Uruguay*: Nader, A.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE*: Lazo, T.E.; *Asociación internacional de suministradores y productores de fuentes*: Fasten, W.; *Asociación Nuclear Mundial*: Saint-Pierre, S.; *Comisión Electrotécnica Internacional*: Thompson, I.; *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. (Coordinación); *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*: Byron, D.; *Organización Internacional de Normalización*: Rannou, A.; *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.; *Nitsche, F.; **Alter, U.; *Argentina*: López Vietri, J.; **Capadona, N.M.; *Australia*: Sarkar, S.; *Austria*: Kirchnawy, F.; *Bélgica*: Cottens, E.; *Brasil*: Xavier, A.M.; *Bulgaria*: Bakalova, A.; *Canadá*: Régimbald, A.; *China*: Xiaoqing Li; **Chipre*: Demetriades, P.; *Corea, República de*: Dae-Hyung Cho; *Croacia*: Belamarić, N.; **Cuba*: Quevedo García J.R.; *Dinamarca*: Breddam, K.; *Egipto*: El-Shinawy, R.M.K.; *España*: Zamora Martí, F.; *Estados Unidos de América*: Boyle, R.W.; Brach, E.W. (Presidencia); *Federación de Rusia*: Buchelnikov, A.E.; *Finlandia*: Lahkola, A.; *Francia*: Landier, D.; *Ghana*: Emi-Reynolds, G.; **Grecia*: Vogiatzi, S.; *Hungría*: Sáfár, J.; *India*: Agarwal, S.P.; *Indonesia*: Wisnubroto, D.; *Irán, República Islámica del*: Eshraghi, A.; **Emamjomeh*, A.; *Irlanda*: Duffy, J.; *Israel*: Koch, J.; *Italia*: Trivelloni, S.; **Orsini, A.; *Jamahiriyá Árabe Libia*: Kekli, A.T.; *Japón*: Hanaki, I.; *Lituania*: Statkus, V.; *Malasia*: Sobari, M.P.M.; **Husain, Z.A.; **Marruecos*: Allach, A.; *México*: Bautista Arteaga, D.M.; **Delgado Guardado, J.L.; *Noruega*: Hornkjøl, S.; **Nueva Zelandia*: Ardouin, C.; *Países Bajos*: Ter Morshuizen, M.; *Pakistán*: Rashid, M.; **Paraguay*: More Torres, L.E.; *Polonia*: Dziubiak, T.; *Portugal*: Buxo da Trindade, R.; *Reino Unido*: Sallit, G.; *República Checa*: Ducháček, V.; *Sudáfrica*: Hinrichsen, P.; *Suecia*: Häggblom, E.; **Svahn, B.; *Suiza*: Krietsch, T.; *Tailandia*: Jerachanchai, S.; *Turquía*: Ertürk, K.; *Ucrania*: Lopatin, S.; *Uruguay*: Nader, A.; *Cabral, W.; *Asociación de Transporte Aéreo Internacional*: Brennan, D.; *Asociación internacional de suministradores y productores de fuentes*: Miller, J.J.; **Roughan, K.; *Asociación Nuclear Mundial*: Gorlin, S.; *Comisión Europea*: Binet, J.; *Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa*: Kervella, O.; *Instituto Mundial de Transporte Nuclear*: Green, L.; *International Federation of Air Line Pilots' Associations*: Tisdall, A.; **Gessl, M.; *OIEA*: Stewart, J.T. (Coordinación); *Organización de Aviación Civil Internacional*: Rooney, K.; *Organización Internacional de Normalización*: Malesys, P.; *Organización Marítima Internacional*: Rahim, I.; *Unión Postal Universal*: Bowers, D.G.

Comité sobre Normas de Seguridad de los Desechos

Alemania: Götz, C.; *Argelia*: Abdenacer, G.; *Argentina*: Biaggio, A.; *Australia*: Williams, G.; **Austria*: Fischer, H.; *Bélgica*: Blommaert, W.; *Brasil*: Tostes, M.; **Bulgaria*: Simeonov, G.; *Canadá*: Howard, D.; *China*: Zhimin Qu; *Chipre*: Demetriades, P.; *Corea, República de*: Won-Jae Park; *Croacia*: Trifunovic, D.; *Cuba*: Fernández, A.; *Dinamarca*: Nielsen, C.; *Egipto*: Mohamed, Y.; *Eslovaquia*: Homola, J.; *Eslovenia*: Mele, I.; *España*: Sanz Aludan, M.; *Estados Unidos de América*: Camper, L.; *Estonia*: Lust, M.; *Finlandia*: Hutri, K.;

Francia: Rieu, J.; *Ghana*: Faanu, A.; *Grecia*: Tzika, F.; *Hungría*: Czoch, I.; *India*: Rana, D.; *Indonesia*: Wisnubroto, D.; *Irán, República Islámica del*: Assadi, M.; *Zarghami, R.; *Iraq*: Abbas, H.; *Israel*: Dody, A.; *Italia*: Dionisi, M.; *Jamahiriyá Árabe Libia*: Elfawares, A.; *Japón*: Matsuo, H.; **Letonia*: Salmins, A.; *Lituania*: Paulikas, V.; *Malasia*: Sudin, M.; **Marruecos*: Barkouch, R.; *México*: Aguirre Gómez, J.; *Países Bajos*: van der Shaaf, M.; *Pakistán*: Mannan, A.; **Paraguay*: Idoyaga Navarro, M.; *Polonia*: Wlodarski, J.; *Portugal*: Flausino de Paiva, M.; *Reino Unido*: Chandler, S.; *República Checa*: Lietava, P.; *Sudáfrica*: Pather, T. (Presidencia); *Suecia*: Frise, L.; *Suiza*: Wanner, H.; **Tailandia*: Supaokit, P.; *Túnez*: Bousselmi, M.; *Turquía*: Özdemir, T.; *Ucrania*: Makarovska, O.; **Uruguay*: Nader, A.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE*: Riotte, H.; *Asociación internacional de suministradores y productores de fuentes*: Fasten, W.; *Asociación Nuclear Mundial*: Saint-Pierre, S; *Comisión Europea*: Necheva, C.; *European Nuclear Installations Safety Standards*: Lorenz, B.; **Zaiss*, W.; *OIEA*: Siraky, G. (Coordinación); *Organización Internacional de Normalización*: Hutson, G.



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

Nº 22

Lugares donde se pueden encargar publicaciones del OIEA

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

ALEMANIA

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

AUSTRALIA

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

BÉLGICA

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

CANADÁ

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

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

CHINA

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

ESLOVENIA

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

ESPAÑA

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

ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

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

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

FINLANDIA

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

FRANCIA

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

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

HUNGRÍA

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

INDIA

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

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

ITALIA

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

JAPÓN

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

NACIONES UNIDAS

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

NUEVA ZELANDIA

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

PAÍSES BAJOS

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

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

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

REINO UNIDO

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

Pedidos en línea

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

Libros relacionados con el medio ambiente

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

REPÚBLICA CHECA

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

REPÚBLICA DE COREA

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

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

Dependencia de Mercadotecnia y Venta, Organismo Internacional de Energía Atómica

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

Seguridad mediante las normas internacionales

“Los Gobiernos, órganos reguladores y explotadores de todo el mundo deben velar por que los materiales nucleares y las fuentes de radiación se utilicen con fines benéficos y de manera segura y ética. Las normas de seguridad del OIEA están concebidas para facilitar esa tarea, y aliento a todos los Estados Miembros a hacer uso de ellas.”

Yukiya Amano
Director General

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA
ISBN 978-92-0-322010-1
ISSN 1020-5837