

COLECCIÓN DE NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Disposición final
de desechos radiactivos
cerca de la superficie

REQUISITOS

Nº WS-R-1



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

PUBLICACIONES DEL OIEA RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Con arreglo al artículo III de su Estatuto, el OIEA está autorizado a establecer normas de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y proveer a la aplicación de esas normas en las actividades nucleares con fines pacíficos.

Las publicaciones relacionadas con las actividades de reglamentación mediante las cuales el OIEA establece medidas y normas de seguridad se presentan en la **Colección de Normas de Seguridad del OIEA**. Esta colección abarca la seguridad nuclear, la seguridad radiológica, la seguridad en el transporte y la seguridad de los desechos, así como también la seguridad en términos generales (es decir, cuando comprende dos o más de las cuatro esferas anteriores). Dentro de la Colección de Normas de Seguridad del OIEA hay tres categorías de documentos. **Nociones fundamentales de seguridad, Requisitos de seguridad y Guías de seguridad.**

Las **Nociones fundamentales de seguridad** (cubierta azul) presentan los objetivos, conceptos y principios básicos de seguridad y protección en el desarrollo y la aplicación de la energía nuclear con fines pacíficos.

Los **Requisitos de seguridad** (cubierta roja) señalan los requisitos que hay que cumplir para garantizar la seguridad. Estos requisitos, en cuya formulación se emplea generalmente la forma deberá(n) o expresiones como “habrá que”, “hay que”, “habrá de”, “se deberá” (en inglés “shall”), se rigen por los objetivos y principios enunciados en las Nociones fundamentales de seguridad.

Las **Guías de seguridad** (cubierta verde) recomiendan acciones, condiciones o procedimientos para cumplir con los requisitos de seguridad. En la formulación de las recomendaciones de las Guías de seguridad se emplea generalmente la forma debería(n) o expresiones como “conviene”, “se recomienda”, “es aconsejable” (en inglés “should”) para indicar que es necesario tomar las medidas recomendadas u otras medidas equivalentes para cumplir con los requisitos.

Las Normas de seguridad del OIEA no son jurídicamente vinculantes para los Estados Miembros, pero éstos pueden adoptarlas a discreción para utilizarlas en sus reglamentos nacionales relacionados con sus propias actividades. Las Normas son vinculantes para el OIEA en relación con sus propias operaciones y para los Estados en relación con las operaciones en las que el OIEA presta su ayuda.

La información sobre el programa de Normas de seguridad del OIEA (incluidas las ediciones en idiomas diferentes del inglés) está disponible en el sitio de Internet del OIEA

www.iaea.org/ns/coordinet

o puede obtenerse solicitándola a la Sección de Coordinación de la Seguridad, OIEA, P.O. Box 100, A-1400, Viena (Austria).

OTRAS PUBLICACIONES RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD

Con arreglo a las disposiciones del artículo III y del párrafo C del artículo VIII de su Estatuto, el OIEA pone a disposición y fomenta el intercambio de información relacionada con las actividades nucleares pacíficas y sirve de intermediario entre sus Estados Miembros.

Los informes sobre la seguridad y protección en las actividades nucleares se publican en otras colecciones, particularmente en la **Colección de Informes de Seguridad del OIEA** con carácter informativo. En los informes de seguridad se suelen describir prácticas correctas y ofrecer ejemplos prácticos y métodos detallados que pueden utilizarse para cumplir con los requisitos de seguridad. En estos informes no se establecen requisitos ni se formulan recomendaciones.

Otras colecciones del OIEA que están a la venta e incluyen publicaciones relacionadas con la seguridad son la **Colección de Informes Técnicos**, la **Colección de Informes de Evaluaciones Radiológicas** y la **Colección INSAG**. El OIEA también publica informes sobre accidentes radiológicos y otras publicaciones especiales de venta al público. Las publicaciones relacionadas con la Seguridad que se distribuyen en forma gratuita son las de la **Colección TECDOC**, la **Colección de Normas de Seguridad Provisionales**, la **Colección de Cursos de Capacitación**, la **Colección de Servicios del OIEA** y la **Colección de Manuales de Informática**, así como las que aparecen bajo los títulos de **Practical Radiation Safety Manuals** y **Practical Radiation Technical Manuals**.

DISPOSICIÓN FINAL
DE DESECHOS RADIACTIVOS
CERCA DE LA SUPERFICIE

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

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

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”.

© OIEA, 2004

Para copiar o traducir el material informativo de la presente publicación se deberá solicitar por escrito el correspondiente permiso al Organismo Internacional de Energía Atómica, Wagramer Strasse 5, Apartado de Correos 100, A-1400 Viena, Austria.

Impreso por el OIEA en Austria
Junio de 2004
STI/PUB/1073

COLECCIÓN DE NORMAS DE SEGURIDAD N° WS-R-1

DISPOSICIÓN FINAL
DE DESECHOS RADIACTIVOS
CERCA DE LA SUPERFICIE

REQUISITOS DE SEGURIDAD

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA, 2004

ESTOS REQUISITOS DE LA COLECCIÓN DE NORMAS DE SEGURIDAD
SE PUBLICAN TAMBIÉN EN FRANCÉS, INGLÉS Y RUSO

DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS RADIATIVOS
CERCA DE LA SUPERFICIE
OIEA, VIENA, 2004
STI/PUB/1073
ISBN 92-0-308004-X
ISSN 1020-5837

PRÓLOGO

por Mohamed ElBaradei
Director General

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

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

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

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

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

Se menciona cuando procede, pero sin tratarla en detalle, la protección física de los materiales fisionables y radiactivos y de las centrales nucleares en general; las obligaciones de los Estados a este respecto deben enfocarse partiendo de la base de los instrumentos y publicaciones aplicables elaborados bajo los auspicios del OIEA. Tampoco se consideran explícitamente los aspectos no radiológicos de la seguridad industrial y la protección del medio ambiente; se reconoce que, en relación con ellos, los Estados deben cumplir sus compromisos y obligaciones internacionales.

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

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

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

PREFACIO

Los desechos radiactivos se derivan de la producción de energía nucleoelectrónica y del uso de materiales radiactivos en la industria, la investigación y la medicina. Hace mucho tiempo que se reconoce la importancia de la gestión segura de los desechos radiactivos para la protección de la salud humana y del medio ambiente, esfera en que se ha acumulado considerable experiencia.

El programa de Normas de seguridad para la gestión de desechos radiactivos (RADWASS) del OIEA está destinado al establecimiento de un conjunto coherente y completo de principios, normas y recomendaciones para la gestión segura de los desechos radiactivos y la formulación de las orientaciones necesarias para su aplicación. Esa tarea se realiza en el marco de la Colección Seguridad del OIEA, mediante la publicación de un conjunto, intrínsecamente coherente, de documentos que reflejan un consenso internacional. Las publicaciones RADWASS ofrecerán a los Estados Miembros una serie completa de documentos internacionalmente acordados como ayuda para elaborar o para complementar los criterios, normas y prácticas nacionales.

En la presente publicación de Requisitos de seguridad se enuncian los requisitos básicos de seguridad relacionados con la disposición final de desechos radiactivos en repositorios cerca de la superficie. Incluye requisitos para la protección de la salud humana, para los procedimientos de evaluación necesarios para garantizar que existe esa seguridad, y requisitos técnicos para la aceptación de desechos y para el emplazamiento, diseño, construcción, funcionamiento y cierre del repositorio y para la fase posterior al cierre. Los requisitos se derivan de los principios básicos para la gestión de desechos radiactivos que se enuncian en la publicación sobre Normas fundamentales de seguridad titulada Principios para la gestión de desechos radiactivos (Vol. N° 111-F de la Colección Seguridad). Las orientaciones acerca de la aplicación de los requisitos figuran en diversas Guías de seguridad conexas.

La presente publicación sobre Requisitos de seguridad se ha elaborado en el marco de una serie de reuniones de consultores y de Comité Técnico, y ha sido revisada por el Comité Asesor sobre normas de seguridad de los desechos (WASSAC), la Comisión Asesora sobre Normas de Seguridad (ACSS) y Estados Miembros.

El OIEA desea expresar su gratitud a todas las personas que han colaborado en la elaboración y revisión de la presente publicación.

RECONOCIMIENTO

El OIEA desea hacer constar su reconocimiento por las aportaciones de las siguientes personas a la elaboración de la presente norma de seguridad: K. Bragg, Z. Dlouhy, P. Escalier des Orres, J.M. Ferat, J. Greeves, C. Isabel, G. Jack, L. Johnson, C.H. Kang, M. Knapp, Y. Marque, S. Mobbs, I. Porter y N. Rydell.

NOTA EDITORIAL

Cuando se incluye un apéndice debe considerarse que forma parte integrante del documento y tiene igual validez que el texto principal. En cambio, los anexos, las notas de pie de página y las bibliografías se incluyen para proporcionar información adicional o para dar ejemplos prácticos que podrían ser de utilidad para el usuario.

En las Normas de seguridad se emplea el término “deberá(n)” (en inglés “shall”) cuando se enuncian requisitos, deberes y obligaciones. Se utiliza la forma “debería(n)” o “debe(n)” (en inglés “should”) para indicar recomendaciones de una opción deseable.

La versión inglesa es la versión autorizada del texto. El presente documento fue traducido por el Consejo de Seguridad Nuclear de España. El Organismo reconoce con agradecimiento el apoyo prestado.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
	Antecedentes (1.1–1.4)	1
	Objetivo (1.5)	2
	Ámbito de aplicación (1.6–1.7)	2
	Estructura (1.8)	2
2.	REQUISITOS PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE	3
	Consideraciones generales (2.1–2.3)	3
	Fase operacional (2.4–2.5)	4
	Fase posterior al cierre (2.6–2.11)	4
	Protección del medio ambiente (2.12)	6
3.	EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD Y CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE SEGURIDAD	6
	Consideraciones generales (3.1–3.7)	6
	Requisitos para las evaluaciones de seguridad (3.8–3.11)	8
4.	REQUISITOS DE SEGURIDAD TÉCNICOS Y NORMATIVOS	9
	Consideraciones generales (4.1–4.2)	9
	Requisitos específicos para la disposición final cerca de la superficie (4.3–4.13)	9
	Producción de desechos radiactivos e interdependencias de gestión (4.14–4.15)	11
5.	REQUISITOS PARA LA ACEPTACIÓN DE DESECHOS	12
	Consideraciones generales (5.1)	12
	Contenido de radionucleidos y requisitos conexos (5.2–5.5.)	12
	Propiedades físicas, químicas y biológicas (5.6–5.9)	13
	Resistencia al fuego (5.10)	13
	Configuración e identificación (5.11–5.12)	14

6.	CARACTERÍSTICAS DE UN EMPLAZAMIENTO ACEPTABLE	14
	Consideraciones generales (6.1–6.2)	14
	Geología (6.3)	15
	Hidrogeología (6.4–6.5)	15
	Geoquímica (6.6)	15
	Tectónica y sismicidad (6.7)	15
	Procesos en superficie (6.8–6.9)	15
	Meteorología y clima (6.10)	16
	Repercusiones de las actividades humanas (6.11–6.12)	16
7.	DISEÑO DE INSTALACIONES DE DISPOSICIÓN FINAL (7.1–7.5) ..	16
8.	CONSTRUCCIÓN (8.1–8.3)	17
9.	EXPLOTACIÓN	18
	Consideraciones generales (9.1–9.4)	18
	Control de la explotación (9.5–9.7)	19
	Puesta en servicio (9.8)	20
	Recepción de desechos (9.9–9.10)	20
	Colocación de los desechos (9.11)	20
	Control de emisiones (9.12)	20
	Preparación para emergencias (9.13)	21
	Contratación y capacitación del personal (9.14–9.15)	21
	Disposiciones de seguridad (9.16)	21
	Exámenes (9.17–9.18)	22
10.	CIERRE	22
	Consideraciones generales (10.1–10.3)	22
	Proceso de cierre (10.4–10.8)	23
11.	FASE POSTERIOR AL CIERRE	24
	Consideraciones generales (11.1–11.4)	24
	Controles activos (11.5–11.9)	25
	Controles pasivos (11.10–11.11)	26

12. GARANTÍA DE CALIDAD	26
Consideraciones generales (12.1–12.3)	26
Determinación del emplazamiento (12.4)	27
Diseño, construcción y explotación (12.5)	27
Aceptación de los desechos (12.6–12.8)	27
Cierre y fase posterior al cierre (12.9)	28
Función del órgano regulador en materia de garantía de calidad (12.10)	28
REFERENCIAS	29
ANEXO: CRITERIOS SOBRE DOSIS Y RIESGOS PARA LA FASE POSTERIOR AL CIERRE	31

1. INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

1.1. Los desechos radiactivos son una fuente de radiaciones ionizantes y, por lo tanto, representan un riesgo potencial para la salud humana, por lo cual tienen que ser objeto de una gestión cuidadosa para reducir a niveles aceptables los riesgos conexos. Los principios de seguridad que han de aplicarse se enuncian en la publicación de Nociones fundamentales de seguridad del RADWASS, titulada “Principios para la gestión de desechos radiactivos” [1].

1.2. La presente publicación sobre Requisitos de seguridad se ocupa de la disposición final de determinados tipos de desechos radiactivos sólidos o solidificados mediante su emplazamiento cerca de la superficie de la tierra. La expresión “disposición final cerca de la superficie” abarca una amplia gama de opciones, entre ellas la disposición final en estructuras construidas en el suelo, la disposición final en sencillas trincheras de tierra a pocos metros de profundidad, la disposición final en cúpulas construidas con hormigón y la disposición final en cavernas rocosas situadas a varias decenas de metros por debajo de la superficie de la tierra. En cambio, la expresión “disposición final geológica” se suele utilizar para describir la disposición final de los desechos a profundidades de varios centenares de metros. Por “disposición final” se entenderá el emplazamiento de los desechos en instalaciones especificadas y aprobadas, sin intención de recuperarlos más adelante.

1.3. En general, los desechos idóneos para la disposición final en repositorios situados cerca de la superficie son los que contienen radionucleidos de período corto y concentraciones bajas de radionucleidos de período largo [2]. En el caso de los desechos de este tipo hace varios decenios que algunos países vienen practicando la disposición final en instalaciones que se hallan cerca de la superficie. La experiencia ha demostrado que éste es un método realista y práctico para el aislamiento seguro de esos desechos y para preservar la protección de la salud humana y del medio ambiente, siempre que se respeten los reglamentos apropiados.

1.4. Por lo que se refiere a la vida útil de un repositorio situado cerca de la superficie pueden distinguirse tres fases: la fase preoperacional, la fase operacional y la fase posterior al cierre. La fase preoperacional incluye los estudios necesarios de emplazamiento y diseño y el período de construcción del repositorio. La fase operacional incluye el período de funcionamiento del repositorio y su cierre. La fase posterior al cierre incluye todas las actividades desarrolladas después del cierre del

repositorio (por ejemplo, los períodos de control activo o de control pasivo). Las actividades relacionadas con cada una de estas fases deben desarrollarse en consonancia con los requisitos de la presente publicación de Requisitos de seguridad y con la orientación que ofrecen las Guías de seguridad del programa RADWASS [3, 4].

OBJETIVO

1.5. El objetivo de la presente publicación sobre Requisitos de seguridad es enunciar los requisitos básicos que la experiencia internacional ha demostrado que son necesarios para la seguridad de los repositorios de desechos radiactivos cerca de la superficie.

ÁMBITO DE APLICACIÓN

1.6. La presente publicación sobre Requisitos de seguridad se aplica a la disposición final de desechos radiactivos en forma sólida o solidificada en repositorios situados cerca de la superficie. Los desechos que se depositan en esos repositorios son generalmente los desechos cuya actividad se debe principalmente a la presencia de radionucleidos de período corto y que tienen concentraciones bajas de radionucleidos de período largo. La presente publicación no trata de la disposición final geológica de desechos radiactivos, ni de la disposición final de desechos provenientes de las operaciones de explotación y tratamiento de minerales, ni de los desechos residuales derivados de las actividades de restauración que permanezcan en el emplazamiento.

1.7. En la presente publicación se enuncian los requisitos de seguridad que han de seguirse en la planificación de nuevos repositorios situados cerca de la superficie. Se reconoce que los antiguos o los actuales repositorios de este tipo quizá no cumplan todos los requisitos de seguridad que se enuncian en ella. Las autoridades nacionales deberían examinar la seguridad de los repositorios anteriores o en funcionamiento y decidir si es preciso introducir mejoras a la luz de los requisitos de seguridad que se exponen en la presente publicación.

ESTRUCTURA

1.8. La presente publicación sobre Requisitos de seguridad se divide en doce secciones que incluyen los requisitos para la protección de la salud humana y el medio ambiente (Sección 2); los medios de demostrar que se cumplen los requisitos de seguridad (Sección 3); un esbozo de la organización y las responsabilidades para

cada una de las partes involucradas (Sección 4); una descripción de los requisitos técnicos de seguridad para cada uno de los principales componentes y actividades, o sea, para los desechos (Sección 5), para el emplazamiento (Sección 6), para el diseño y las instalaciones de disposición final (Sección 7), para la construcción (Sección 8), para el funcionamiento (Sección 9), para el cierre (Sección 10) y para la fase posterior al cierre (Sección 11), así como los requisitos para la garantía de calidad durante todas las actividades de disposición final (Sección 12). El Anexo ofrece un breve examen de algunos factores correspondientes a los criterios de dosis y riesgo.

2. REQUISITOS PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE

CONSIDERACIONES GENERALES

2.1. Una gestión responsable de desechos radiactivos requiere la aplicación de medidas que permitan proteger la salud humana y el medio ambiente de conformidad con un sistema nacional de protección radiológica que plasme los principios de reconocimiento internacional más recientes y los requisitos de gestión de desechos radiactivos y protección radiológica [1, 5–8]. Esos principios y requisitos se aplican a todas las actividades relacionadas con la disposición final cerca de la superficie en las que haya o pueda haber exposición a radiaciones. Es preciso prestar particular atención a la evaluación de las diversas trayectorias a través de las cuales los seres humanos puedan quedar expuestos a radiaciones durante el funcionamiento de un repositorio y después de su cierre, así como a la necesidad de cerciorarse de que en la protección contra esa exposición se cumplen los requisitos establecidos.

2.2. La disposición final de desechos radiactivos en un repositorio situado cerca de la superficie forma parte de una práctica, según lo definen la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) y las Normas básicas de seguridad (NBS) [6], y por lo tanto, las consideraciones relativas a la protección radiológica se rigen por los conceptos de justificación, optimización y limitación de la dosis. La generación y la gestión de desechos radiactivos no tienen que justificarse por separado, ya que normalmente se han tenido en cuenta al justificar el conjunto de prácticas de las que se derivan los desechos. Los principios de optimización y de limitación de la dosis son aplicables [1].

2.3. En la fase operacional de un repositorio situado cerca de la superficie, los requisitos para la protección radiológica y la seguridad de los trabajadores en el

repositorio y del público son similares a los que se aplican a otras instalaciones en funcionamiento en las que se manipulan materiales radiactivos. Ahora bien, como los repositorios de desechos radiactivos seguirán constituyendo un riesgo potencial para la salud humana en el futuro, después de su cierre, es preciso observar requisitos de seguridad especiales para proteger a las generaciones futuras.

FASE OPERACIONAL

2.4. Los requisitos nacionales de protección radiológica deberán tener adecuadamente en cuenta las NBS [6] y se aplicarán a la fase operacional del repositorio.

2.5. En particular, la protección radiológica de personas que quedan expuestas como resultado de operaciones en el repositorio de desechos se optimizará y la exposición de los individuos se mantendrá dentro de los límites de dosis. Durante la fase operacional de un repositorio se aplicarán los límites de dosis correspondientes a la exposición ocupacional de trabajadores y del público prescritos en la reglamentación nacional. En la Adenda II de las NBS [6] se indican valores que han sido respaldados en el plano internacional por lo que se refiere a esos límites.

FASE POSTERIOR AL CIERRE

2.6. Se establecerán criterios de seguridad radiológica para la fase posterior al cierre, que revestirán la forma de criterios de dosis o de criterios de riesgo o ambos. Por riesgo se entiende el producto de la probabilidad de recibir una dosis y la probabilidad de que la dosis tenga efectos nocivos para la salud. El Anexo contiene un breve examen de criterios de dosis y de criterios de riesgo. Es posible que el órgano regulador nacional considere apropiada la utilización de indicadores de seguridad adicionales.

2.7. En cuanto a los posibles modos de evolución del repositorio durante la fase posterior al cierre que se estimen probables, el repositorio se diseñará de forma que las proyecciones de dosis¹ o de riesgos para el público no rebasen una fracción apropiada del límite de dosis, 1 mSv/a, o su equivalente de riesgo. La fracción apropiada, denominada restricción de dosis o de riesgo, será determinada por el

¹ El término “dosis” se refiere a la suma de la dosis efectiva derivada de la exposición externa en un período determinado y la dosis efectiva comprometida derivada de los radionucleidos que hayan ingresado en el cuerpo en el mismo período.

órgano regulador. Recientemente la CIPR recomendó que en este contexto convendría no rebasar un valor de aproximadamente 0,3 mSv por año [8].

2.8. También se tendrán en cuenta situaciones en las que pueda haber exposición como resultado de hechos improbables que afecten al repositorio, como por ejemplo, hechos con escasas probabilidades conexas. El órgano regulador decidirá si los resultados de hechos improbables deben compararse con una restricción de riesgos o si debe examinarse por separado la probabilidad de que se produzcan hechos improbables y la dosis resultante [9].

2.9. Se determinarán dosis o riesgos para su comparación con criterios de seguridad para la fase posterior al cierre, por referencia al grupo crítico, es decir, al grupo de personas que se suponga que recibirán la mayor dosis o que correrán el mayor riesgo, según proceda. Hay que tener en cuenta las exposiciones que puedan producirse en el futuro y, por lo tanto, el grupo o los grupos críticos se definirán sobre la base de un análisis de los hechos que puedan afectar al repositorio en cualquier momento (véase también el párr. 3.10).

2.10. La seguridad a largo plazo de los repositorios situados cerca de la superficie se conseguirá mediante una combinación de características favorables del emplazamiento, factores de diseño predeterminados, forma y contenido apropiados de los desechos, procedimientos de funcionamiento y controles institucionales. La finalidad del sistema de disposición final consiste, en primer lugar, en aislar los desechos del medio ambiente accesible; en segundo lugar, en controlar las emisiones de radionucleidos que llegan al medio ambiente accesible; y, por último, en mitigar las consecuencias de toda emisión inaceptable en el medio ambiente accesible. La disposición final cerca de la superficie suele incluir la vigilancia continua del emplazamiento durante un período después del cierre del repositorio, y durante este período dicha vigilancia representa un importante factor de seguridad. En el caso de los repositorios situados en cavernas rocosas que estén a varias decenas de metros por debajo de la superficie de la tierra, es posible que no sea preciso recurrir a controles institucionales para conseguir la debida seguridad en la fase posterior al cierre.

2.11. El aislamiento efectivo y seguro de los desechos depende de la eficacia del sistema global de disposición final. La participación de cada uno de los diferentes componentes del sistema en la seguridad del repositorio variará según el concepto de la disposición final, las condiciones del emplazamiento y el tiempo que transcurra después del cierre. Por este motivo, los requisitos para la aceptación de desechos y el diseño de las barreras tecnológicas se determinarán por lo general para cada emplazamiento y para cada sistema de disposición, y se establecerán

sobre la base de una evaluación específica de la seguridad en el emplazamiento. Otro método puede consistir en establecer requisitos para la aceptación de desechos y el diseño de barreras sobre una base genérica, y en establecer otros requisitos a medida que sean necesarios para los repositorios de que se trate.

PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

2.12. En las Nociones fundamentales de seguridad se señala lo siguiente: “La gestión de desechos radiactivos deberá efectuarse de tal manera que ofrezca un nivel aceptable de protección del medio ambiente” [1]. En condiciones normales cabe dar por sentado que la protección de los seres humanos contra los peligros radiológicos de los desechos, siempre que se defina de forma apropiada al grupo crítico, responderá a la necesidad de proteger el medio ambiente [1, 10]. También se tendrán en cuenta las repercusiones no radiológicas de las actividades de gestión de desechos radiactivos para el medio ambiente, como la contaminación química o la alteración de los hábitat naturales.

3. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD Y CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE SEGURIDAD

CONSIDERACIONES GENERALES

3.1. Antes de construir un repositorio, el explotador deberá efectuar una evaluación amplia y sistemática de la seguridad del repositorio proyectado durante toda su vida operacional y durante el período posterior al cierre. Esta evaluación de la seguridad será revisada por el órgano regulador. El órgano regulador no autorizará el funcionamiento de un repositorio situado cerca de la superficie mientras no haya comprobado, sobre la base de la evaluación de seguridad y otras informaciones, que el explotador ha demostrado con razonable seguridad que se cumplirán todos los criterios de seguridad.

3.2. La evaluación de la seguridad con miras a demostrar que se cumplen los requisitos de seguridad es un proceso interactivo y es probable que sean necesarias nuevas evaluaciones de la seguridad en otros momentos de las fases preoperacional, operacional y posterior al cierre del repositorio, en las que se tendrán en cuenta la experiencia y los resultados de la vigilancia obtenidos. En la Ref. [4] se proporciona orientación detallada acerca de la evaluación de seguridad.

3.3. La evaluación de seguridad es un procedimiento destinado a evaluar la eficacia de un sistema de disposición final y, en particular, sus efectos radiológicos potenciales para la salud humana y el medio ambiente. La evaluación de seguridad de repositorios situados cerca de la superficie incluye la consideración de los efectos que se registren durante su operación y en la fase posterior al cierre. Después del cierre del repositorio pueden registrarse repercusiones radiológicas derivadas de procesos graduales, como la degradación de las barreras, y de hechos discretos que pueden afectar al aislamiento de los desechos. Mientras pueda estimarse que los controles institucionales activos son totalmente eficaces, puede darse por supuesto que las posibilidades de intrusión humana involuntaria serán insignificantes, aunque dichas posibilidades pueden aumentar más tarde. La aceptabilidad de un repositorio dependerá, entre otros factores, de los resultados de las evaluaciones de seguridad, que deberían proporcionar una base para tener la seguridad razonable de que el repositorio responderá a los objetivos de diseño y a los criterios de seguridad.

3.4. Una evaluación de seguridad consiste en lo siguiente:

- a) una estimación del funcionamiento del sistema en todas las situaciones seleccionadas;
- b) una evaluación del grado de confianza en el funcionamiento previsto;
- c) una evaluación global del cumplimiento de los requisitos de seguridad.

3.5. En la fase operacional y en el período posterior al cierre del repositorio mientras se mantenga la vigilancia, el cumplimiento de los requisitos de seguridad es fácil de demostrar y, en caso necesario, se pueden adoptar medidas correctoras. Cuando se establezcan los planos y el diseño del repositorio, deben tenerse en cuenta también los aspectos de la seguridad durante el período en el que ya no se mantenga el control institucional activo o se dé por supuesto que no es totalmente eficaz. Durante ese período, la prueba de la conformidad con los requisitos de seguridad dependerá de las evaluaciones actuales de la fortaleza y el funcionamiento en el futuro del sistema de disposición final. Los medios principales para estimar el funcionamiento del sistema durante ese período son los siguientes:

- a) Una evaluación de las situaciones seleccionadas mediante un examen sistemático de las situaciones, los hechos y los procesos que pueden influir en la seguridad del repositorio. La evaluación se efectúa mediante la confección de modelos del comportamiento futuro del sistema del repositorio, su contenido y el medio ambiente que lo rodea.
- b) Un examen de la actuación prevista de las diversas barreras y otros componentes del sistema de disposición final en esas situaciones, habida cuenta de la calidad del diseño y la construcción del repositorio.

3.6. La confianza en que el sistema de disposición final cumpla los requisitos de seguridad tiene que basarse en la naturaleza y la calidad del diseño y la construcción del repositorio, así como en los resultados de la evaluación de seguridad. Hay que demostrar que el sistema tiene solidez y que puede resistir los efectos de diversos sucesos y fallos posibles. La solidez del sistema se puede conseguir mediante la aplicación de buenos principios técnicos y de gestión que tiendan a eliminar o moderar los efectos de las incertidumbres.

3.7. Como consecuencia de las incertidumbres inherentes a la previsión de hechos futuros, el recurso a lo prescrito en el párr. 3.5 no puede brindar la seguridad absoluta de que los criterios de seguridad se cumplirán. Lo más que puede conseguirse es una seguridad razonable de que el sistema funcionará como se suponía al diseñarlo y que, por lo tanto, se conseguirá que cumpla los criterios de seguridad. Una forma probable de conseguir la seguridad razonable de que se cumplen dichos criterios consiste en utilizar líneas de razonamiento múltiples, es decir, en suplementar las estimaciones cuantitativas del funcionamiento del repositorio con otras pruebas cualitativas de que el repositorio proporcionará el aislamiento previsto de los desechos. Como ejemplos de las pruebas que cabe considerar en este contexto figuran los resultados de estudios análogos naturales pertinentes, las pruebas de solidez de diseño y defensa en profundidad, la utilización de límites o análisis combinados, y los resultados de exámenes efectuados por homólogos independientes.

REQUISITOS PARA LAS EVALUACIONES DE SEGURIDAD

3.8. Los sucesos y procesos probables e improbables que han de tenerse en cuenta en las evaluaciones de seguridad serán determinados o aprobados por las autoridades reguladoras nacionales. Los resultados de la evaluación de seguridad se compararán con los requisitos de seguridad enunciados en la Sección 2.

3.9. En las evaluaciones de seguridad para la fase posterior al cierre pueden darse por buenos los controles que vayan a efectuarse durante el período de control institucional (véase la Sección 11). En tal caso, esos controles, y el período de tiempo respecto del cual se dará por sentado que son efectivos, se especificarán como condiciones en la licencia o autorización pertinente (véase la Sección 4).

3.10. Las evaluaciones de las repercusiones de un repositorio situado cerca de la superficie se basarán en el supuesto de que la biosfera local o regional existente recibirá el material radiactivo emitido. Como norma general esa evaluación debe basarse en la conducta y las costumbres humanas actuales.

3.11. Las evaluaciones de seguridad habrán de estar bien documentadas de conformidad con los requisitos nacionales y las recomendaciones internacionales [4]. El explotador actualizará la evaluación de seguridad sobre la base de la experiencia adquirida, cambios de diseño importantes o nuevas informaciones acerca de la seguridad que puedan influir en las condiciones de la licencia o autorización vigentes. La evaluación de seguridad actualizada será revisada por el órgano regulador.

4. REQUISITOS DE SEGURIDAD TÉCNICOS Y NORMATIVOS

CONSIDERACIONES GENERALES

4.1. El emplazamiento, diseño, construcción, funcionamiento y clausura de nuevos repositorios situados cerca de la superficie se llevarán a cabo de conformidad con los requisitos de seguridad enunciados en la presente publicación. Las autoridades nacionales decidirán hasta qué punto los requisitos de seguridad se aplicarán al funcionamiento y la clausura de los repositorios situados cerca de la superficie existentes.

4.2. Se adoptarán medidas apropiadas de seguridad técnicas y normativas para conseguir que el sistema de disposición final cumpla los requisitos de seguridad establecidos por las autoridades nacionales. En la Ref. [11] se enuncian las disposiciones para el establecimiento de un sistema nacional de gestión de desechos radiactivos. En los párrafos que figuran a continuación se exponen los requisitos específicos aplicables a la disposición final de desechos radiactivos cerca de la superficie.

REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LA DISPOSICIÓN FINAL CERCA DE LA SUPERFICIE

4.3. El gobierno nacional designará a las organizaciones que participen en cada fase de aplicación del sistema de disposición final cerca de la superficie y que sean responsables técnica, financiera y legalmente de dichas fases. En particular, el gobierno nacional designará a la organización u organizaciones que serán responsables del control posterior al cierre del repositorio, si se necesita dicho control.

4.4. Sobre la base de la política nacional y de las estrategias en materia de disposición final segura de desechos radiactivos, el órgano regulador publicará y actualizará las normas, cláusulas, directrices y criterios que se requieran en el proceso de concesión de licencias para la disposición final cerca de la superficie, así como los documentos de apoyo necesarios. Por lo que se refiere a la disposición final cerca de la superficie, el órgano regulador desempeñará todas las funciones pertinentes que se enuncian en la Ref. [11].

4.5. El explotador de un repositorio situado cerca de la superficie asumirá la responsabilidad general por su seguridad y llevará a cabo evaluaciones de seguridad y las actividades necesarias para el emplazamiento, diseño, construcción, funcionamiento y cierre, así como todas las medidas que se requieran en la fase posterior al cierre, en cumplimiento de los requisitos de seguridad y del marco jurídico nacional. El explotador impondrá los requisitos de aceptación necesarios para los desechos que hayan de recibirse de entidades que produzcan desechos (o de los propietarios de los desechos, si no son dichas entidades), incluidos los explotadores de las instalaciones asociadas encargadas de la gestión de desechos radiactivos previa a la disposición final. El explotador llevará a cabo, o encargará que se lleve a cabo, la labor de investigación y desarrollo que sea necesaria para garantizar la seguridad del repositorio.

4.6. Para comprobar que se cumplen los requisitos de garantía de calidad, en particular los referentes a los requisitos de aceptación de desechos, el explotador del repositorio de desechos efectuará siempre que sea posible un examen periódico de los procedimientos que apliquen las entidades que producen los desechos. El órgano regulador verificará si esos procedimientos son eficaces para asegurar el cumplimiento de los requisitos.

4.7. En caso de funcionamiento defectuoso del sistema de disposición final o de error de diseño que pueda poner en riesgo la seguridad del repositorio, el explotador informará de ello al órgano regulador en momento oportuno y, de ser necesario, iniciará la adopción de medidas correctoras.

4.8. Para comprobar que la gestión del repositorio es segura, el explotador, antes de iniciar la disposición final, verificará que son adecuadas las disposiciones financieras para todas las fases de las actividades de disposición final, incluido el control institucional posterior al cierre, si resultase necesario. Dichas disposiciones se comprobarán regularmente durante la vida operacional del repositorio y, de ser necesario, se ajustarán.

4.9. El explotador llevará los registros que especifique el órgano regulador. Si la responsabilidad de un repositorio se traslada a otra entidad, el explotador anterior

proporcionará al nuevo explotador toda la información pertinente que se necesite para seguir satisfactoriamente las operaciones y para finalizar las medidas posteriores al cierre que se hayan podido adoptar. El nuevo explotador examinará la información pertinente y obtendrá la aprobación apropiada del órgano regulador para asumir la responsabilidad del repositorio.

4.10. De conformidad con los requisitos aplicables del órgano regulador, el explotador presentará o facilitará documentos que describan los aspectos de seguridad del repositorio.

4.11. La entidad que produce los desechos velará por que los bultos de desechos estén identificados y cumplan los requisitos especificados por el órgano regulador y por el explotador del repositorio situado cerca de la superficie.

4.12. La entidad que produce los desechos asegurará y certificará que la entrega de los bultos de desechos al explotador se hace de manera y forma que se cumplan las especificaciones facilitadas por el explotador, los requisitos del órgano regulador, y los requisitos de transporte aplicables [12].

4.13. La entidad que produce los desechos proporcionará todas las informaciones que necesite el explotador, debidamente documentadas, sea entregándolas al mismo tiempo que los desechos, sea de cualquier otra forma apropiada que se pueda acordar.

PRODUCCIÓN DE DESECHOS RADIATIVOS E INTERDEPENDENCIAS DE GESTIÓN

4.14. Las medidas básicas para la gestión de desechos desde la generación de los desechos hasta su disposición final (como por ejemplo, el tratamiento previo, el tratamiento, el almacenamiento y el acondicionamiento) son interdependientes. Las decisiones relativas a cualquiera de las fases de la gestión de desechos radiactivos se adoptarán teniendo debidamente en cuenta las repercusiones y/o las necesidades de las demás medidas vinculadas con la disposición final segura.

4.15. Para aplicar los requisitos antes mencionados, la coordinación de actividades, incluido el intercambio de información, entre las entidades que producen los desechos, el explotador del repositorio y el órgano regulador se establecerán de conformidad con las normas nacionales. Esto se aplica en particular al intercambio y examen de documentos como, por ejemplo, los referentes a los criterios fijados por el órgano regulador y las especificaciones establecidas por el explotador, así como los documentos técnicos facilitados por la entidad que produce los desechos. La

experiencia anterior y la nueva situación en la esfera de la gestión y disposición final de desechos se tendrán en cuenta en reglamentos y prácticas continuas.

5. REQUISITOS PARA LA ACEPTACIÓN DE DESECHOS

CONSIDERACIONES GENERALES

5.1. Las condiciones para la aceptación de desechos para la disposición final en el repositorio se especificarán. Esos requisitos serán especificados a título genérico por el órgano regulador o elaborados por el explotador en función de estudios genéricos o de evaluaciones de la seguridad de emplazamientos concretos, teniendo debidamente en cuenta los criterios radiológicos apropiados, las condiciones de funcionamiento, la duración prevista de los controles institucionales activos y las características requeridas de los sistemas naturales y artificiales. Si los requisitos de aceptación de desechos los confecciona el explotador, dichos requisitos serán revisados y aprobados por el órgano regulador. Los requisitos establecidos deberán ser cumplidos por los que produzcan los desechos o los consignen al repositorio. A continuación se indican características importantes de los requisitos de aceptación de desechos.

CONTENIDO DE RADIONUCLEIDOS Y REQUISITOS CONEXOS

5.2. De ser necesario, se fijarán límites autorizados para los inventarios de radionucleidos y/o las concentraciones de cada uno de los bultos de desechos y del repositorio en su conjunto. Los límites autorizados serán determinados con métodos apropiados de evaluación de la seguridad [4, 13].

5.3. El tipo, las características y el contenido de radionucleidos de los bultos de desechos se determinarán con la precisión necesaria para obtener una seguridad razonable del cumplimiento de los límites autorizados y se documentarán en consecuencia. Los métodos para determinar la actividad de los radionucleidos presentes en las formas de desechos serán aprobados por las autoridades nacionales.

5.4. Las tasas de dosis externa y de contaminación en la superficie de los bultos de desechos (o en cualquier embalaje suplementario utilizado durante el transporte) cumplirán los requisitos de transporte [12] y todos los demás valores derivados en

relación con la protección radiológica de los trabajadores en el repositorio de desechos (véanse también los párrs. 4.12 y 5.11).

5.5. Los desechos de gran volumen o a granel, como, por ejemplo, el suelo contaminado o los cascotes de demolición, pueden ser objeto en ocasiones de disposición final sin necesidad de embalarlos. De seguirse esta práctica se respetarán los requisitos nacionales en materia de seguridad.

PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS

5.6. Los bultos de desechos se diseñarán y construirán de forma que tengan suficiente fortaleza mecánica para resistir las cargas previstas en el repositorio situado cerca de la superficie, y que puedan resistir también, sin daños inaceptables, cualquier accidente que pueda preverse razonablemente en el marco de la fase operacional.

5.7. Dentro de los desechos pueden desarrollarse procesos químicos, biológicos o radiolíticos que den lugar a la generación de gases y/o de calor, corrosión (con la acumulación de productos de degradación peligrosos) y el abombamiento de materiales, según el contenido de los desechos. Se fijarán requisitos para que dichos procesos y productos no perjudiquen de forma inaceptable la seguridad y las características de contención del bulto de desechos o de las barreras circundantes. Las características físicas y químicas de los materiales contenidos en los bultos de desechos se documentarán debidamente para que esos aspectos se tengan debidamente en cuenta en las evaluaciones de seguridad.

5.8. Se limitará la cantidad de líquidos libres contenidos en los bultos de desechos. Los desechos o formas de desechos no tienen que estar completamente secos, pero la humedad que puedan contener no rebasará niveles que puedan perjudicar el aislamiento de los desechos radiactivos del repositorio.

5.9. La disposición final de materiales que puedan plantear riesgos químicos o biológicos se hará respetando las normas aplicables, y sus propiedades se tendrán debidamente en cuenta en los análisis de seguridad.

RESISTENCIA AL FUEGO

5.10. Se establecerán requisitos de aceptación de desechos que tengan en cuenta la combustibilidad, las propiedades pirofóricas y otras propiedades de los bultos de

desechos que reduzcan las consecuencias potenciales del fuego y moderen las posibilidades de que el fuego se propague entre bultos de desechos.

CONFIGURACIÓN E IDENTIFICACIÓN

5.11. Los bultos de desechos serán compatibles con el equipo de manipulación, transporte y colocación y cumplirán los requisitos de transporte aplicables [12] (véanse también los párrs. 4.12 y 5.4).

5.12. La identificación de los bultos es necesaria para garantizar la seguridad en la manipulación, la colocación, la contabilidad, el control de la actividad y la certificación del cumplimiento de las especificaciones prescritas. Por esas razones, los bultos de desechos que van a depositarse en un repositorio situado cerca de la superficie irán marcados con una identificación adecuada que sea diferente en cada bulto.

6. CARACTERÍSTICAS DE UN EMPLAZAMIENTO ACEPTABLE

CONSIDERACIONES GENERALES

6.1. El sistema de disposición final de desechos deberá asegurar el aislamiento de los desechos y la limitación de las emisiones de radionucleidos que sean indispensables para conseguir que los efectos potenciales de la disposición final respecto de los seres humanos y del medio ambiente no rebasen límites aceptables y que el objetivo global de seguridad (Sección 2) se cumpla, teniendo en cuenta las características de los desechos, los controles institucionales, las barreras artificiales y las barreras naturales del emplazamiento.

6.2. Las características del emplazamiento se tendrán en cuenta en la evaluación de seguridad y en el diseño del repositorio. Al determinar las características del emplazamiento que son importantes para la evaluación del diseño y la seguridad, se tendrán en cuenta por lo menos los siguientes factores: geología, hidrogeología, geoquímica, tectónica y sismicidad, procesos superficiales, meteorología, clima y repercusiones de las actividades humanas [3].

GEOLOGÍA

6.3. El emplazamiento seleccionado deberá hallarse en una zona de características geológicas que permitan cumplir los requisitos de la Sección 2 y del párr. 6.1 y que contribuyan a la estabilidad del sistema de disposición final.

HIDROGEOLOGÍA

6.4. Entre los factores favorables para la selección de un emplazamiento figuran las características que restringen el paso de radionucleidos desde el emplazamiento hasta el medio ambiente accesible.

6.5. El repositorio estará situado de forma que se evite toda contaminación radiactiva inaceptable de los recursos hídricos subterráneos, teniendo en cuenta el diseño del repositorio y la utilización de los recursos que se haga actualmente y que posiblemente se haga en el futuro.

GEOQUÍMICA

6.6. Las características geoquímicas de los recursos hídricos subterráneos y de los medios geológicos del emplazamiento se tendrán en cuenta desde el punto de vista de su contribución potencial a la limitación de la migración de radionucleidos desde el repositorio. Asimismo, no deben perjudicar la longevidad de las barreras artificiales.

TECTÓNICA Y SISMICIDAD

6.7. Las características tectónicas y sísmicas del emplazamiento y, cuando corresponda, de la región, serán tales que situaciones y procesos tectónicos importantes como la formación de fallas y la actividad sísmica o volcánica sean factores que no se prevea que se produzcan con una intensidad que pueda perjudicar la indispensable capacidad de aislamiento del repositorio.

PROCESOS EN SUPERFICIE

6.8. La frecuencia e intensidad de los procesos que influyen en la estabilidad de la configuración del terreno, como las inundaciones, la erosión, los corrimientos de tierras o la acción de los agentes atmosféricos, no deberán alcanzar valores que

influyan de forma significativa en la capacidad de aislamiento de los desechos radiactivos del sistema de disposición final.

6.9. En el caso de las instalaciones de disposición final en la superficie terrestre o sobre ella, el emplazamiento deberá tener un buen drenaje y poseer características topográficas e hidrológicas que ofrezcan pocas posibilidades de inundación. Las consecuencias de depósitos de aguas superficiales existentes o proyectados y toda modificación prevista del drenaje de las aguas superficiales que pueda influir en las corrientes de aguas subterráneas de las proximidades del repositorio se evaluarán en relación con el período requerido que haya indicado o aprobado el órgano regulador.

METEOROLOGÍA Y CLIMA

6.10. Las características climáticas del emplazamiento, en particular las precipitaciones y la evaporación, así como los efectos potenciales de las condiciones meteorológicas extremas previstas, se evaluarán para determinar sus repercusiones en el diseño del repositorio y en la corriente de agua proveniente del entorno del repositorio. Se deberá tener en consideración cualquier efecto debido a posibles cambios climáticos durante la fase posterior al cierre.

REPERCUSIONES DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS

6.11. El emplazamiento de disposición final estará situado de forma que quepa esperar razonablemente que las actividades que vayan a tener lugar en el emplazamiento o cerca del emplazamiento no perjudiquen la capacidad de aislamiento del repositorio. En particular, se tendrá debidamente en cuenta el potencial de recursos y de desarrollo del emplazamiento y su entorno inmediato.

6.12. Se construirán y mantendrán buenas rutas de acceso que permitan el transporte de los desechos hasta el emplazamiento. La utilización y propiedad del terreno se examinarán en relación con el desarrollo previsible y la planificación regional de la zona de que se trate.

7. DISEÑO DE INSTALACIONES DE DISPOSICIÓN FINAL

7.1. Se diseñará el repositorio de forma que brinde un aislamiento adecuado de los desechos de disposición final durante el período requerido, teniendo en cuenta las

características de los desechos, las características del emplazamiento y los requisitos de seguridad aplicables al repositorio.

7.2. El diseño del repositorio deberá reducir al mínimo la necesidad de una labor activa de mantenimiento después de la clausura del emplazamiento, y complementará las características naturales del emplazamiento para reducir toda repercusión ambiental. En el diseño se tendrán en cuenta los requisitos operacionales, el plan de cierre (véase el párr. 10.2) y otros factores que contribuyan al aislamiento de los desechos y a la estabilidad del repositorio, como por ejemplo la protección de los desechos contra sucesos externos.

7.3. Las instalaciones de disposición final cerca de la superficie pueden incluir barreras artificiales que, junto con el entorno del emplazamiento y sus alrededores, aislen a los desechos de los seres humanos y del medio ambiente. Las barreras comprenden el embalaje de los desechos y otros elementos fabricados por el hombre como cúpulas, tapas, revestimientos, lechadas y rellenos, cuya finalidad es evitar o retrasar la migración de los radionucleidos desde el repositorio hasta el entorno.

7.4. Aunque la disposición final se define usualmente como la colocación de desechos en un lugar aprobado sin intención de volver a recuperarlos, hay jurisdicciones que pueden exigir que se puedan recuperar los desechos almacenados en un repositorio. Si la capacidad de recuperar desechos es un requisito del diseño, habrá que considerarlo en el proceso de diseño de forma que no comprometa la capacidad de explotación a largo plazo del repositorio.

7.5. El diseño de un repositorio cerca de la superficie deberá permitir la realización de un programa de vigilancia para comprobar la capacidad de contención del sistema de disposición final durante la explotación y, en caso necesario, después del cierre del repositorio. Las medidas de vigilancia no comprometerán el funcionamiento a largo plazo del sistema de disposición final.

8. CONSTRUCCIÓN

8.1. La construcción de un repositorio cerca de la superficie incluye las siguientes actividades: preparación del emplazamiento, levantamiento de edificios y estructuras, excavación inicial y construcción de trincheras o de módulos de disposición final de desechos y redes de drenaje, excavación de cavidades rocosas, construcciones subterráneas e instalación de sistemas de vigilancia.

8.2. Las obras de construcción sólo comenzarán cuando se cuente con la debida autorización del órgano regulador. Esto significa generalmente que no comenzarán hasta que no haya sido aprobado el diseño detallado, se hayan completado los procedimientos de licencia necesarios y se haya establecido un programa apropiado de garantía de calidad. La construcción puede continuar durante la fase operacional para facilitar espacio adicional de disposición final para los desechos que se reciban. Todas las modificaciones que sea necesario introducir en el diseño del repositorio durante la construcción requerirán la aprobación del órgano regulador.

8.3. Parte de los trabajos de construcción están relacionados con los factores de seguridad. Esto se indicará en el diseño detallado, que especificará debidamente los materiales, las tecnologías y los métodos de control. Si los trabajos de construcción prosiguen durante la fase operacional, deberán adoptarse medidas para preservar la integridad de la parte operacional del repositorio.

9. EXPLOTACIÓN

CONSIDERACIONES GENERALES

9.1. La explotación de un repositorio situado cerca de la superficie incluye la puesta en servicio, la recepción de los desechos, la colocación de los desechos, los aspectos técnicos, y todas las labores conexas, que pueden incluir el almacenamiento provisional o el acondicionamiento final de los desechos de conformidad con los factores de diseño y las condiciones fijadas en las licencias o autorizaciones concedidas por el órgano regulador. No comenzará la explotación mientras el órgano regulador no haya concedido la autorización necesaria.

9.2. Se aplicarán principios técnicos y de gestión reconocidos para conseguir que la explotación se haga en condiciones de seguridad. En particular, durante la puesta en servicio y durante la recepción y la colocación de los desechos se mantendrá un control adecuado. Se contratará a personal debidamente calificado y capacitado y se prescribirán medidas eficaces en materia de seguridad.

9.3. El órgano regulador facilitará la orientación necesaria para establecer un programa de vigilancia ambiental, que incluya la vigilancia de emisiones y de la exposición externa, y que evalúe las repercusiones ambientales de las operaciones. Se cerciorará por inspección del emplazamiento de que las operaciones se efectúan de conformidad con los procedimientos establecidos que se especifiquen o mencionen en la licencia o autorización pertinentes y en los reglamentos vigentes.

9.4. El explotador llevará registros de la información durante la fase operacional del repositorio para su uso en la explotación del repositorio o en cualquiera de las fases ulteriores. La información esencial se almacenará según exija el órgano regulador. Esa información abarcará, como mínimo, la identificación de los contenedores, el lugar en que se colocaron los bultos de desechos, el contenido de radionucleidos, las principales características de los desechos y la identidad del consignatario y del originador de los desechos. Se tendrá en cuenta la forma de registro necesaria para que en los casos en que sea preciso, se consiga la información apropiada sin pérdida ni interrupción.

CONTROL DE LA EXPLOTACIÓN

9.5. El explotador elaborará un conjunto de normas, que incorpore límites y condiciones, para asegurar que el repositorio funcione en condiciones de seguridad y en cumplimiento de la reglamentación nacional. En esas normas se consignará lo siguiente:

- a) Criterios de protección para los trabajadores expuestos ocupacionalmente y el público en condiciones de explotación normal y en caso de accidente;
- b) Supuestos limitantes utilizados en la evaluación de seguridad;
- c) Requisitos reglamentarios para la explotación.

9.6. Las operaciones se llevarán a cabo de conformidad con procedimientos escritos e instrucciones encaminadas a garantizar que se observen los límites y las condiciones de las operaciones. El explotador velará por que esos procedimientos y esas instrucciones sean aplicados cuidadosa y adecuadamente por los trabajadores. De esta forma se conseguirá que se preste la debida atención a la seguridad, especialmente durante las modificaciones del equipo o de los procedimientos de explotación.

9.7. El explotador establecerá procedimientos para cumplir las medidas prescritas en caso de:

- a) Situaciones de emergencia o no ordinarias;
- b) Recepción de desechos que se descubra que no responden a los requisitos establecidos para la aceptación de los desechos.

En los procedimientos se especificará en qué casos debe informarse al órgano regulador.

PUESTA EN SERVICIO

9.8. Antes de la operación de disposición final ordinaria, el explotador llevará a cabo un programa de comprobación de la puesta en servicio para cerciorarse de que el repositorio y el equipo instalado funcionan según lo especificado en el diseño aprobado.

RECEPCIÓN DE DESECHOS

9.9. El explotador comprobará que sólo se aceptan para su disposición final desechos que cumplan los requisitos para la aceptación de desechos que haya establecido el explotador y haya aprobado el órgano regulador.

9.10. Las entidades que produzcan los desechos pondrán a disposición del explotador del repositorio, por un medio que se convenga, información que demuestre que cada envío de desechos ha sido aceptado o puede ser aceptado por cumplir los requisitos estipulados para la aceptación de desechos. Se incluirán todas las informaciones necesarias para adoptar decisiones operacionales sobre los medios apropiados de manipulación de los desechos en el repositorio. La entidad que produzca los desechos proporcionará con cada envío de desechos la documentación que requieran el explotador o el órgano regulador.

COLOCACIÓN DE LOS DESECHOS

9.11. Los desechos se colocarán de conformidad con las condiciones y los límites establecidos, según las instrucciones y los procedimientos de explotación y en consonancia con el concepto de diseño del repositorio.

CONTROL DE EMISIONES

9.12. El explotador será responsable de aplicar y mantener la debida vigilancia para medir las emisiones radiactivas durante la explotación del repositorio, y adoptará las medidas que sean necesarias para lograr que se cumplan los requisitos fijados por las autoridades nacionales. Se tendrán debidamente en cuenta las orientaciones sobre el control de emisiones que figuran en la Ref. [6].

PREPARACIÓN PARA EMERGENCIAS

9.13. El explotador elaborará planes adecuados de emergencia para el repositorio y, de ser necesario, también para fuera del repositorio. Esos planes de emergencia se comprobarán a intervalos apropiados de conformidad con la reglamentación nacional.

CONTRATACIÓN Y CAPACITACIÓN DEL PERSONAL

9.14. El explotador definirá y analizará las actividades y tareas que han de efectuarse para la explotación segura del repositorio. El explotador establecerá una estructura normativa y delimitará claramente las responsabilidades y facultades del personal. Se determinará el número apropiado de empleados y su calificación y experiencia necesarias para todos los puestos de trabajo de la organización. El explotador velará por que el personal contratado tenga los conocimientos especializados adecuados y se ocupará también de que el nivel de esos conocimientos especializados sea coherente en toda la gama de disciplinas necesarias.

9.15. Se establecerá un programa de capacitación para que el personal que participe en todos los niveles de explotación del repositorio posea la competencia necesaria. En el programa de capacitación se determinarán las actividades de importancia para la seguridad, se dispondrá lo necesario para la adquisición de los conocimientos y la experiencia práctica que se requieran para realizar esas actividades, y se promoverá el desarrollo de una cultura de la seguridad (véase la Ref. [11]). El programa se actualizará a intervalos regulares para incorporar la experiencia adquirida en el análisis de la explotación del sistema, los incidentes con que se haya tropezado, las principales modificaciones efectuadas y la actuación del personal. La capacitación se reiterará continuamente durante la explotación del repositorio para reducir al mínimo las posibilidades de error humano. El programa de capacitación se concebirá de modo que el personal operacional esté muy al corriente de las características de diseño del repositorio que sean importantes para la seguridad.

DISPOSICIONES DE SEGURIDAD

9.16. Se adoptarán todas las precauciones razonables para evitar que alguien pueda realizar alguna acción no autorizada que ponga en riesgo la seguridad del repositorio. Se adoptarán disposiciones para que solamente las personas designadas puedan tener acceso al emplazamiento. Se adoptarán medidas para descubrir y prevenir cualquier entrada no autorizada en las zonas delicadas desde el punto de vista de la seguridad. El grado de rigor de las disposiciones de seguridad reflejará el potencial de daño para

el repositorio o los desechos. Se establecerán disposiciones y un enlace apropiado con las autoridades competentes para obtener oportunamente asistencia en caso de necesidad.

EXÁMENES

9.17. En cumplimiento de los requisitos reglamentarios, el explotador efectuará actualizaciones y exámenes periódicos y sistemáticos de todas las evaluaciones de seguridad del repositorio y del plan de cierre que haya que presentar al órgano regulador para su aprobación o a manera de información. Cuando sea necesario, se volverá a evaluar la seguridad del repositorio. También se harán exámenes periódicos y sistemáticos de todas las disposiciones y documentos relacionados con:

- a) la explotación del repositorio;
- b) la evaluación de las repercusiones ambientales;
- c) la limitación de la dosis de radiación para los trabajadores expuestos ocupacionalmente y para el público.

9.18. Además, de conformidad con los requisitos reglamentarios, el explotador llevará a cabo exámenes, que presentará al órgano regulador, de las responsabilidades; los resultados de las comprobaciones de la garantía de calidad; las condiciones de explotación, incluidos los ensayos experimentales; la frecuencia de los muestreos y análisis del medio ambiente; la seguridad y la salud ocupacionales; y el mantenimiento de registros. Se tendrá en cuenta la frecuencia necesaria de esos exámenes.

10. CIERRE

CONSIDERACIONES GENERALES

10.1. El cierre de un repositorio es una acción sistemática que se lleva a cabo después de que cese la recepción de desechos y que hayan finalizado las operaciones de colocación de los desechos, con miras a determinar la configuración final del sistema de disposición final.

10.2. A más tardar al principio de las operaciones de cierre, el explotador presentará al órgano regulador un plan detallado de cierre cuya aprobación deberá obtener antes

de ponerlo en práctica. El plan detallado de cierre incluirá una evaluación actualizada de la seguridad basada en los datos afines disponibles que indiquen la seguridad de la situación del repositorio después del cierre. En particular, el plan de cierre describirá todos los controles que se precisen para la fase posterior al cierre, con inclusión del plan de vigilancia radiológica, el programa de vigilancia y el sistema de mantenimiento de registros, e indicará la organización responsable de llevarlos a cabo (véase la Sección 11).

10.3. El método de cierre, incluidos los materiales y las técnicas que vayan a utilizarse, así como su comportamiento previsto, se indicarán en el plan de cierre. El método de cierre se optimizará a la luz de los materiales y las técnicas disponibles, a fin de promover la confianza en la evaluación de seguridad.

PROCESO DE CIERRE

10.4. El proceso de cierre incluirá la descontaminación y la retirada o el sellado de las estructuras, los sistemas o el equipo que ya no sean de utilidad, la disposición final de los desechos de la descontaminación, la actualización de los archivos relativos a dicha disposición final, y el desarrollo o la continuación de la vigilancia, según se precise.

10.5. Cuando la disposición final se haga en la superficie del terreno o cerca de ella, el cierre puede incluir la colocación de una cubierta permanente que tape la estructura o el sistema de disposición final, y si se trata de la disposición en un túnel o cavidad rocosa podrá incluir el sellado de los accesos construidos, como por ejemplo pozos o galerías.

10.6. El plan de cierre tendrá en cuenta la necesidad de mantener y reparar los elementos accesibles del repositorio durante el posible período de control institucional, de conformidad con el principio de la no imposición de cargas indebidas a las generaciones futuras [1].

10.7. El proceso de cierre incluirá la reunión de todas las informaciones registradas durante las fases anteriores que puedan ser necesarias para la adopción de posibles medidas correctoras en el futuro, o para volver a evaluar la seguridad del repositorio si así se justifica en el futuro. Algunas de las informaciones recogidas serán necesarias también para conseguir que las generaciones futuras sepan que el repositorio existe.

10.8. Una vez finalizadas las actividades de cierre, el órgano regulador, de conformidad con la reglamentación nacional, confirmará que se han realizado dichas actividades de forma aceptable y que el repositorio cerrado se halla en buenas condiciones, que se dispone de la documentación apropiada, y que se han tomado medidas para poder efectuar controles posteriores al cierre.

11. FASE POSTERIOR AL CIERRE

CONSIDERACIONES GENERALES

11.1. En la medida en que sea razonable, y de conformidad con el principio de la no imposición de cargas indebidas a las generaciones futuras [1], la seguridad de un repositorio cerrado no habrá de depender de controles institucionales que requieran medidas activas continuas y de envergadura. Sin embargo, los controles de que sea objeto un repositorio después de su cierre pueden reforzar su seguridad, en particular evitando las intrusiones. Los controles pueden ser activos, como por ejemplo la supervisión, la vigilancia radiológica (y, de ser necesario, las medidas correctoras); o pasivos, como por ejemplo el control de la utilización del terreno; o una combinación de unos y otros. Las disposiciones que se indican a continuación se aplicarán a cualquiera de esos controles que se hayan previsto.

11.2. La naturaleza y la duración máxima de los controles como medio de asegurar el cumplimiento de los criterios de seguridad serán especificadas por el órgano regulador o requerirán su acuerdo. Al fijar dicho período, se tendrá en cuenta la desintegración radiactiva de los desechos y sus riesgos potenciales, las actividades proyectadas y la experiencia histórica de la conservación de la información.

11.3. La duración y la eficacia de los controles activos y pasivos se tendrán en cuenta en la evaluación de la seguridad del repositorio. El explotador deberá dar pruebas de que, en el período que siga a cualquier caso de cese de controles sobre el repositorio, las consecuencias radiológicas de los hechos que podrían afectar a la capacidad de aislamiento y/o de contención del repositorio corresponderían a los requisitos de seguridad prescritos.

11.4. La organización u organizaciones encargadas de ejercer los controles activos o pasivos deberán identificarse claramente. Como se describe en los párrafos siguientes, la organización responsable deberá llevar a cabo los controles que se

definan en el plan de cierre de forma que se evite toda intrusión en el repositorio, para mantener el repositorio según sea necesario, para comprobar el estado del repositorio y del medio ambiente local, para mantener registros y para adoptar las medidas correctoras que sean necesarias.

CONTROLES ACTIVOS

11.5. Algunos países han adoptado controles activos cuyo período de aplicación va desde varios decenios hasta algunos siglos. El órgano regulador, a su discreción o cuando lo requiera la ley, podrá recabar la continuación de controles activos para reforzar la confianza en que el emplazamiento cumple lo dispuesto en las leyes y reglamentos nacionales.

11.6. La organización responsable adoptará medidas para reducir el acceso al emplazamiento de personas, animales y plantas que con su intrusión puedan comprometer el sistema de aislamiento.

11.7. La organización responsable desarrollará un programa apropiado de mantenimiento. El mantenimiento del sistema de disposición final puede requerir el desarrollo de actividades de tipo ordinario y de tipo no ordinario. El mantenimiento preventivo sobre una base prevista o de rutina puede incluir elementos como la inspección periódica de los sistemas de drenaje para cerciorarse de que siguen funcionando, el mantenimiento de la vegetación que cubre la superficie, la extirpación de plantas que tengan raíces profundas si dichas raíces pueden dañar la integridad de la cubierta, la inspección periódica y reparación de vallas de seguridad, y el mantenimiento (y la sustitución, de ser necesario) de instrumentos. Se pueden necesitar trabajos no rutinarios para reparar los daños provocados por la erosión en caso de condiciones climatológicas excesivamente graves, para reparar los daños causados por animales que excaven la tierra, o para reparar cualquier otra degradación de las barreras accesibles.

11.8. La organización responsable desarrollará un programa apropiado de vigilancia posterior al cierre, que requerirá la aprobación del órgano regulador. Ese programa se ocupará de lo siguiente:

- a) Vigilancia radiológica y de otro tipo del repositorio y de su zona circundante a fin de comprobar que no hay repercusiones radiológicas inaceptables (por ejemplo, respecto de los límites fijados en el caso de los productos de lixiviación, si procede), y para confirmar en lo posible los supuestos formulados en la evaluación de seguridad;

- b) Otras mediciones de los parámetros del sistema para confirmar que la actuación del sistema de aislamiento responde a lo previsto.

11.9. Si se descubre una emisión de materiales radiactivos en el medio ambiente que no estaba prevista, se adoptarán, de ser necesario, medidas de intervención para controlar la emisión y moderar sus efectos.

CONTROLES PASIVOS

11.10. La organización responsable ejercerá controles pasivos para ayudar a mantener el conocimiento de la existencia del repositorio mediante restricciones sobre la utilización del terreno para diversos tipos de actividad y durante diversos períodos, y para que se conserven los registros necesarios correspondientes a las restricciones sobre la utilización del terreno.

11.11. El órgano regulador estudiará la posibilidad de establecer un sistema de medidas de control pasivo como medio de mantener el conocimiento a largo plazo de la situación del repositorio cerrado situado cerca de la superficie y la naturaleza de su contenido. La conservación de registros puede contribuir a conseguirlo. También puede ser útil la cooperación internacional para el mantenimiento de registros por duplicado en diversos lugares.

12. GARANTÍA DE CALIDAD

CONSIDERACIONES GENERALES

12.1. Se aplicará un amplio programa de garantía de calidad a todas las actividades, estructuras, sistemas y componentes del sistema de disposición final relacionados con la seguridad, que incluirá todas las actividades conexas, desde la planificación, el diseño, la construcción, la explotación, las diversas fases del proceso de evaluación de la seguridad, el cierre, hasta el mantenimiento a largo plazo de registros y las actividades de control institucional relacionadas con el repositorio. Esto contribuirá a tener la seguridad de que se cumplen los criterios y requisitos pertinentes de seguridad.

12.2. Los elementos del programa de garantía de calidad tendrán en cuenta los efectos potenciales de actividades, estructuras, sistemas y componentes sobre la seguridad del repositorio, y se diseñarán consiguientemente. Las actividades, estructuras, sistemas y

componentes que sean importantes para el funcionamiento seguro y la disposición final se determinarán atendiendo a los resultados de una evaluación sistemática de la seguridad en las fases operacional y posterior al cierre del repositorio.

12.3. En todo momento, desde el principio de la construcción hasta el final de los controles institucionales activos, habrá un explotador designado en el que recaiga la responsabilidad general del repositorio (véase la Sección 4). El explotador será responsable del establecimiento y desarrollo del programa general de garantía de calidad, incluida la obtención de las aprobaciones necesarias del órgano regulador. El explotador podrá delegar en otras organizaciones la labor de establecer y desarrollar la totalidad o parte del programa, pero seguirá siendo responsable de su eficacia global, sin perjuicio de las obligaciones y responsabilidades legales de los contratistas.

DETERMINACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

12.4. En una fase temprana del proceso de determinación del emplazamiento se establecerá un programa de garantía de calidad para todas las actividades relacionadas con el emplazamiento. El programa dispondrá la producción y conservación de pruebas documentales que ilustren que se ha conseguido la calidad necesaria de los datos sobre el emplazamiento.

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN

12.5. Durante el diseño, la construcción y la explotación del repositorio, las actividades se atenderán a un proceso de control del diseño, en el que se prestará especial atención al control de las modificaciones del diseño de barreras, las características de los desechos y los procedimientos operacionales, para conseguir que no entrañen consecuencias inaceptables para la seguridad.

ACEPTACIÓN DE LOS DESECHOS

12.6. El programa de garantía de calidad reconocerá que la seguridad del repositorio por lo que se refiere a la aceptación de desechos depende de las actividades desarrolladas por el explotador y de las actividades desarrolladas por las entidades que produzcan los desechos (véanse las Secciones 4 y 5).

12.7. Las entidades que produzcan los desechos proporcionarán la documentación necesaria para cumplir los requisitos fijados por el explotador respecto de la

naturaleza y la debida realización de cualquier actividad de tratamiento, determinación del contenido de radionucleidos, preparación de documentación para los envíos u otras acciones que puedan influir en la seguridad de la disposición final.

12.8. El explotador examinará la calidad de la información proporcionada por la entidad que produzca los desechos y el programa de garantía de calidad de dicha entidad a fin de brindar un grado adecuado de seguridad de que las características de los desechos son aceptables. Esto puede incluir la realización de comprobaciones y verificaciones de las operaciones y los procesos en los que se producen o tratan desechos.

CIERRE Y FASE POSTERIOR AL CIERRE

12.9. Habrá un programa de garantía de calidad que se confeccionará para las estructuras, los sistemas, los componentes y las actividades relacionadas con el cierre y la fase posterior al cierre del repositorio, y que se aplicará a dichas estructuras, sistemas, componentes y actividades. En particular, este programa dispondrá la recogida y preservación de todas las informaciones registradas durante las fases anteriores que puedan ser importantes para la seguridad en el futuro.

FUNCIÓN DEL ÓRGANO REGULADOR EN MATERIA DE GARANTÍA DE CALIDAD

12.10. El órgano regulador elaborará o respaldará requisitos de garantía de calidad para la disposición final de desechos radiactivos cerca de la superficie. En principio, los requisitos de garantía de calidad del diseño, la construcción y la explotación de las instalaciones de disposición final cerca de la superficie serán similares a los que se aplican a otras instalaciones nucleares [14]. Ahora bien, algunas actividades que son específicas de la disposición final cerca de la superficie, como por ejemplo, la recepción de desechos, el cierre y las relacionadas con la fase posterior al cierre, quizá requieran que se les preste atención especial. El órgano regulador examinará el programa de garantía de calidad del explotador e inspeccionará sistemáticamente su ejecución y sus registros de control de la calidad.

REFERENCIAS

- [1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Principios para la gestión de desechos radiactivos, Colección Seguridad N° 111-F, OIEA, Viena (1995).
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Classification of Radioactive Waste, Colección Seguridad N° 111-G-1.1, OIEA, Viena (1994).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Siting of Near Surface Disposal Facilities, Colección Seguridad N° 111-G-3.1, OIEA, Viena (1994).
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Evaluación de la seguridad para la disposición final de desechos radiactivos cerca de la superficie, Colección de Normas de Seguridad N° WS-G-1.1, OIEA, Viena (2004).
- [5] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA ORGANIZACIÓN DE COOPERACIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICOS, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 120, OIEA, Viena (1996).
- [6] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA ORGANIZACIÓN DE COOPERACIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICOS, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1996).
- [7] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Radiation Protection Principles for the Disposal of Solid Radioactive Waste, Publicación N° 46, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1985).
- [8] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Radiological Protection Policy for the Disposal of Radioactive Waste, Publicación N° 77, Elsevier, Oxford (1997).
- [9] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Protection from Potential Exposure: A Conceptual Framework, Publicación N° 64, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1993).
- [10] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP), Publicación N° 60, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1991).
- [11] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Establishing a National System for Radioactive Waste Management, Colección Seguridad N° 111-S-1, OIEA, Viena (1995).
- [12] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos, edición de 1996, Colección de Normas de Seguridad N° ST-1, OIEA, Viena (1996).

- [13] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA ORGANIZACIÓN DE COOPERACIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICOS, Shallow Land Disposal of Radioactive Waste: Reference Levels for the Acceptance of Long-lived Radionuclides, OCDE, París (1987).
- [14] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants and Other Nuclear Installations: Code and Safety Guides Q1–Q14, Colección Seguridad N° 50-C/SG-Q, OIEA, Viena (1996).

Anexo

CRITERIOS SOBRE DOSIS Y RIESGOS PARA LA FASE POSTERIOR AL CIERRE

A-1. Se necesita que haya criterios de seguridad radiológica para la fase operacional y la fase posterior al cierre del repositorio. En este contexto, el Principio 4 de la Ref. [A-1] dice lo siguiente: “La gestión de desechos radiactivos deberá efectuarse de tal forma que las repercusiones previstas para la salud de las generaciones futuras no sean mayores que las que sean aceptables actualmente.” En consecuencia, los criterios de seguridad que se elaboren para la fase posterior al cierre tienen que tomar en cuenta estas consideraciones. El presente Anexo ofrece un breve examen de algunas características de los criterios sobre dosis y riesgos para la fase posterior al cierre.

A-2. Después del cierre de un repositorio puede haber emisiones de radionucleidos del repositorio al medio ambiente humano durante largos períodos. Esto introduce inevitablemente diversas incertidumbres porque la tasa de emisión dependerá de hechos y procesos que tienen probabilidades de ocurrir. Además, el estado futuro de la biosfera es incierto. Dicho con otras palabras, hay una serie de escenarios de exposición potenciales, lo que significa que será difícil aplicar normas que se basen únicamente en la limitación de la dosis. Por ejemplo, si se acepta que puede haber una intrusión humana en el repositorio, la dosis recibida podría rebasar la dosis límite. Sin embargo, las probabilidades de que haya una intrusión humana serán escasas si se selecciona un emplazamiento adecuado y se ejercen controles sobre el emplazamiento en la fase posterior al cierre. En consecuencia, los criterios de seguridad para algunos escenarios se deberán trazar de forma que tengan en cuenta la probabilidad de que se produzca esa intrusión o la incertidumbre sobre el particular.

A-3. El Principio 1 de la Ref. [A-1] dice lo siguiente: “La gestión de desechos radiactivos deberá efectuarse de tal forma que se garantice un nivel aceptable de protección de la salud humana.” Los niveles aceptables de protección se fijan por lo general teniendo en cuenta las recomendaciones pertinentes de órganos internacionales como el OIEA y la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) [A-2 a A-7].

A-4. Las Normas básicas de seguridad enuncian explícitamente que las instalaciones de gestión de desechos radiactivos están incluidas en su ámbito de aplicación y que, por lo tanto, sus requisitos se pueden utilizar para la fase operacional. Sin embargo,

los límites de dosis de las Normas básicas de seguridad no se aplican a las exposiciones potenciales.

A-5. El límite de dosis de 1 mSv/a que se da en las Normas básicas de seguridad para el público, proveniente de todas las fuentes controladas, se basa en el asesoramiento de la CIPR. La CIPR ha establecido coeficientes de riesgo para la exposición a bajos niveles de radiación ionizante. Esos coeficientes de riesgo representan la posibilidad de sufrir efectos nocivos para la salud inducidos por la radiación (por ejemplo, un cáncer mortal) por dosis unitaria. La CIPR ha deducido un valor de $5 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ para la posibilidad de contraer un cáncer mortal como consecuencia de la exposición a radiaciones de tasas de dosis y dosis bajas, para una población de todas las edades [A-7]. O sea que la exposición al límite de dosis de 1 mSv/a es equivalente a una posibilidad de $5 \times 10^{-5} \text{ a}^{-1}$ de contraer un cáncer mortal inducido por la radiación.

A-6. Un límite fijado a la posibilidad de sufrir un efecto para la salud inducido por la radiación podría tener, por lo tanto, el mismo propósito que un límite de dosis, pero podría aplicarse a una gama de situaciones mucho más amplia, pues podría tener en cuenta la probabilidad de recibir la dosis.

A-7. Esto lleva al concepto de riesgo, en el que el riesgo se define de la siguiente manera:

$$\text{Riesgo} = (\text{probabilidad de recibir la dosis}) \times (\text{probabilidad de que la dosis se traduzca en un efecto nocivo para la salud})$$

Por lo tanto, en un caso probable un riesgo de $5 \times 10^{-5} \text{ a}^{-1}$ ofrecería el mismo nivel de protección contra la probabilidad de contraer un cáncer mortal que un límite de dosis de 1 mSv/a.

A-8. Las ventajas principales de un enfoque basado en el riesgo incluyen las siguientes:

- a) Tiene en cuenta tanto las probabilidades como las consecuencias;
- b) Brinda una base para comparar los efectos de diferentes escenarios en función de su importancia;
- c) Integra los efectos de todos los tipos de escenarios.

A-9. Ahora bien, el concepto de riesgo no es fácil de comprender y adolece de una serie de deficiencias. En primer lugar, en el futuro las personas se hallarán en

situación de riesgo en el marco de uno o más escenarios diferentes pero, en cualquier punto determinado del tiempo, no estará ocurriendo más que un solo escenario. En segundo lugar, es difícil asignar valores a las probabilidades, y en tercer lugar, en caso de riesgos similares, las personas pueden conceder mayor importancia al hecho de que puedan recibirse dosis más elevadas aunque la probabilidad del riesgo sea pequeñísima. En esto se ha basado la propuesta de que se separen las probabilidades de que haya riesgo y las dosis resultantes (véase el párr. 2.8 del texto principal).

REFERENCIAS DEL ANEXO

- [A-1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Principios para la gestión de desechos radiactivos, Colección Seguridad N° 111-F, OIEA, Viena (1995).
- [A-2] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA ORGANIZACIÓN DE COOPERACIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICOS, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 120, OIEA, Viena (1996).
- [A-3] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA ORGANIZACIÓN DE COOPERACIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICOS, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1996).
- [A-4] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Radiation Protection Principles for the Disposal of Solid Radioactive Waste, Publicación N° 46, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1985).
- [A-5] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Radiological Protection Policy for the Disposal of Radioactive Waste, Publicación N° 77, Elsevier, Oxford (1997).
- [A-6] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Protection from Potential Exposure: A Conceptual Framework, Publicación N° 64, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1993).
- [A-7] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, 1990 Recommendations of the ICRP, Publicación N° 60, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1991).