

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

COLECCIÓN DE NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Control reglamentario
de las descargas
radiactivas al
medio ambiente

GUÍA DE SEGURIDAD

Nº WS-G-2.3



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

CONTROL REGLAMENTARIO
DE LAS DESCARGAS
RADIATIVAS AL
MEDIO AMBIENTE

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

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

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

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”.

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

COLECCIÓN DE
NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA N° WS-G-2.3

CONTROL REGLAMENTARIO
DE LAS DESCARGAS
RADIATIVAS AL
MEDIO AMBIENTE
GUÍA DE SEGURIDAD

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA, 2007

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

DERECHOS DE AUTOR

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

Dependencia de Promoción y Venta de Publicaciones
Sección Editorial
Organismo Internacional de Energía Atómica
Wagramer Strasse 5
P.O. Box 100
1400 Viena (Austria)
fax: +43 1 2600 29302
tel.: +43 1 2600 22417
correo-e: sales.publications@iaea.org
<http://www.iaea.org/books>

© OIEA, 2007

Impreso por el OIEA en Austria
Julio de 2007

CONTROL REGLAMENTARIO DE LAS DESCARGAS
RADIATIVAS AL MEDIO AMBIENTE

OIEA, VIENA, 2007

STI/PUB 1088

ISBN 978-92-0-305707-3

ISSN 1020-5837

PREFACIO

por Mohamed ElBaradei
Director General

Una de las funciones estatutarias del OIEA es establecer o adoptar normas de seguridad para proteger la salud, la vida y la propiedad durante el desarrollo y la utilización de la energía nuclear con fines pacíficos, y facilitar 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 acuerdo bilateral o multilateral, o bien, a petición de un Estado, a cualquiera de las actividades de ese Estado en la esfera de la energía nuclear.

Los siguientes órganos asesores supervisan el desarrollo 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 esos comités.

A fin de asegurar el más amplio consenso internacional posible, las normas de seguridad se presentan también a todos los Estados Miembros para que formulen observaciones al respecto antes de ser aprobadas por la Junta de Gobernadores del OIEA (en el caso de las Nociones Fundamentales de seguridad y Requisitos de seguridad) o por 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 incorporarlas en sus reglamentos nacionales respecto de 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 efectuadas con la asistencia del Organismo. A todo Estado que desee concertar un acuerdo con el OIEA con objeto de recibir su asistencia para la selección del emplazamiento, el diseño, la construcción, la puesta en servicio, la explotación, o la clausura de una instalación nuclear, o cualquier otra actividad, se le pedirá que cumpla las partes de las normas de seguridad correspondientes a las actividades objeto del acuerdo. Sin embargo, cabe recordar que, en cualquier procedimiento de concesión de licencia, la decisión final y la responsabilidad jurídica incumben a los Estados.

Aunque las normas de seguridad establecen las bases esenciales para la seguridad, puede ser también necesario incorporar prescripciones más

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

detalladas, de conformidad con la práctica nacional. Además existirán por lo general aspectos especiales que los expertos deberán evaluar caso por 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 deberían abordarse sobre la base de los instrumentos y publicaciones pertinentes elaborados bajo los auspicios del OIEA. Tampoco se analizan explícitamente los aspectos no radiológicos de la seguridad industrial y la protección del medio ambiente; en relación con ellos se reconoce que los Estados deben cumplir sus compromisos y obligaciones internacionales.

Es posible que algunas instalaciones construidas conforme a normas anteriores no cumplan plenamente los requisitos y recomendaciones establecidos en las normas de seguridad del OIEA. La adopción de las decisiones sobre la forma en que se aplicarán las normas de seguridad a esas instalaciones incumbirá a los distintos Estados.

Se señala a la atención de los Estados el hecho de que las normas de seguridad del OIEA, aunque no son jurídicamente vinculantes, se establecen con miras a conseguir que las aplicaciones con fines pacíficos de la energía nuclear y de los materiales radiactivos se realicen de forma que los Estados puedan cumplir sus obligaciones dimanantes de los principios generalmente aceptados del derecho internacional y de normas 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 a otro Estado. Los Estados asumen así una obligación de diligencia y un criterio de prevención.

Las actividades nucleares civiles realizadas bajo la jurisdicción de los Estados están sujetas, como cualquier otra actividad, a las obligaciones que los Estados suscriban en virtud de convenios y convenciones internacionales, además de los principios del derecho internacional generalmente aceptados. Se espera que los Estados adopten en su ordenamiento jurídico nacional la legislación (con inclusión de los reglamentos) y las normas y medidas adicionales que sean necesarias para cumplir efectivamente todas sus obligaciones internacionales.

NOTA DE EDITORIAL

En caso de que el documento contenga apéndices éstos formarán parte integrante del documento y tendrán la misma importancia que el texto principal. En caso de que contenga anexos, notas de pie de página y bibliografías su finalidad es proporcionar información adicional o dar ejemplos prácticos que podrían ser de utilidad para el usuario.

En las normas de seguridad se emplea la forma verbal “deberá” (en inglés “shall”) cuando se enuncian requisitos, deberes y obligaciones. La forma “debería” o “debe” (en inglés “should”) se usa para indicar recomendaciones de una opción deseada.

La versión en inglés del texto es la versión autorizada.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
	Antecedentes (1.1–1.3)	1
	Objetivo (1.4)	2
	Alcance (1.5–1.7)	2
	Estructura (1.8).....	3
2.	RESPONSABILIDADES GENERALES.....	3
	El Órgano Regulador (2.2–2.6)	4
	Responsabilidades administrativas (2.7–2.15)	5
	Titulares registrados y de licencias (2.16–2.17)	8
3.	AUTORIZACIÓN DE DESCARGAS PARA UNA NUEVA PRÁCTICA O FUENTE	10
	Determinación de la necesidad de una autorización de descarga (3.3–3.6)	10
	Elaboración de una autorización de descarga (3.7–3.35)	11
	Establecimiento de una autorización de descarga (3.36–3.46)	21
4.	RESPONSABILIDADES EN LA EXPLOTACIÓN	28
	Garantía de calidad (4.5–4.6)	28
	Incumplimiento de los límites autorizados de descarga (4.7–4.9)	29
5.	PRÁCTICAS EXISTENTES (5.1–5.5)	30
	APÉNDICE: VALORES SUPERIORES GENÉRICOS DE RESTRICCIÓN DE DOSIS PARA MIEMBROS DEL PÚBLICO.....	33
	REFERENCIAS	38
	ANEXO: CONCEPTOS BÁSICOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PERTINENTES PARA ESTA GUÍA DE SEGURIDAD	41

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

REFERENCIAS DEL ANEXO.....	48
COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y REVISIÓN.....	49
ÓRGANOS ASESORES PARA LA ADOPCIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD.....	51

1. INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

1.1. En 1995, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), publicó las Nociones fundamentales de seguridad tituladas “Principios para la gestión de desechos radiactivos” [1] (Nociones fundamentales de seguridad de los desechos). La aplicación de estos principios requiere la puesta en práctica de medidas que protejan la salud humana y el medio ambiente, dado que una gestión inadecuada de los desechos radiactivos podría tener efectos adversos en la salud humana y en el medio ambiente, en la actualidad y en el futuro.

1.2. En 1996, el OIEA publicó, conjuntamente con otras cinco organizaciones internacionales patrocinadoras, las Nociones fundamentales de seguridad tituladas “Radiation Protection and the Safety of Radiation Sources” [2] (Nociones fundamentales de seguridad radiológica), las cuales definen los principios cuya aplicación efectiva asegurará a la población una protección adecuada en cualquier situación que implique o pueda implicar una exposición a la radiación ionizante. Los requisitos básicos para la protección frente a los riesgos asociados a la exposición a la radiación ionizante (en adelante denominada “radiación”) y para la seguridad de las fuentes de radiación se especifican, junto con orientaciones sobre cómo aplicarlos, en las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación (NBS) [3]. Estas normas, publicadas en 1996, se basan en las Nociones fundamentales de seguridad radiológica, en las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) [4] y, para los fines de esta guía de seguridad, en datos de interés contenidos en la Colección Seguridad del OIEA (refs. [5 a 7], entre otras).

1.3. La presente guía de seguridad se refiere al control reglamentario de las descargas radiactivas al medio ambiente durante la realización normal y controlada de prácticas que entrañen el uso de materiales radiactivos. Amplía e interpreta los principios establecidos en las Nociones fundamentales de seguridad de los desechos [1] y en las Nociones fundamentales de seguridad radiológica [2], y explica en detalle los requisitos especificados en las normas de seguridad del OIEA conexas [3, 8, 9] relativas al control de estas descargas al medio ambiente.

OBJETIVO

1.4. El propósito de esta guía de seguridad es describir cómo aplicar las Nociones fundamentales de seguridad de los desechos, las Nociones fundamentales de seguridad radiológica y las NBS al control de las descargas de radionucleidos en el medio ambiente procedentes de la realización normal de prácticas y del uso de fuentes adscritas a esas prácticas. En ella se facilita a los órganos reguladores (según se definen en el apartado 2.2) un enfoque estructurado respecto de la limitación de los riesgos para los miembros del público y a la optimización de la protección frente a este tipo de actividades, enfoque que puede adaptarse a la infraestructura jurídica y reglamentaria específica, en cuyo marco estos órganos reguladores actúen. También se proporciona asesoramiento sobre las responsabilidades de los titulares registrados y titulares de licencias en la ejecución de las operaciones de descarga radiactiva.

ALCANCE

1.5. El alcance de esta guía se limita a las descargas al medio ambiente de sustancias radiactivas en forma de efluentes transportados por el aire (gases, aerosoles) o efluentes líquidos provenientes de la realización normal de las prácticas o de fuentes adscritas a las prácticas. Las fuentes consideradas van desde los radionucleidos utilizados con fines médicos y de investigación hasta los reactores nucleares y las instalaciones de reprocesamiento. El término “descarga” se utiliza en esta guía de seguridad para referirse a las emisiones de radionucleidos en curso o previstas derivadas de la realización normal de prácticas o de fuentes adscritas a una práctica. Se tienen en cuenta las descargas a la atmósfera y las descargas directas a las aguas superficiales, pero no se incluyen las descargas de sustancias radiactivas líquidas inyectadas a gran profundidad bajo tierra ni las que se originen accidentalmente. Tampoco se toman en consideración las descargas procedentes de instalaciones de extracción y tratamiento del uranio, ni las procedentes de la disposición final de desechos radiactivos sólidos. En otras publicaciones (por ejemplo, en las refs. [6, 10]) se dan orientaciones específicas sobre estos temas.

1.6. Se proporciona asesoramiento para establecer los límites de descarga en relación con las fuentes nuevas así como con las ya existentes, a fin de que esos límites se ajusten a los requisitos de las Nociones fundamentales y de las NBS. La presente guía de seguridad hace referencia a los modelos y datos de evaluación descritos en una publicación suplementaria [11]. Se hace énfasis en

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

el uso óptimo de los recursos, incluidos los del órgano regulador. Los límites de descarga se incluirían en una autorización emitida por el órgano regulador que autoriza la operación, o la acompañarían. La autorización puede consistir en una inscripción en registro, una licencia o un documento similar; se da orientación sobre cuál de estas formas de autorización será más adecuada en cada caso.

1.7. Un principio adicional de las Nociones fundamentales de seguridad de los desechos es que los desechos radiactivos sean gestionados de modo que se proporcione un grado aceptable de protección del medio ambiente. Esto incluye la protección de los organismos vivos distintos de los seres humanos, así como la protección de los recursos naturales, incluidos los suelos, bosques, aguas y materias primas, junto con un examen de los impactos ambientales no radiológicos. Esta guía de seguridad se ocupa únicamente de las medidas de control destinadas a la protección de la salud humana. Otras organizaciones internacionales, incluido el OIEA, están elaborando orientaciones sobre la protección del medio ambiente contra la radiación ionizante.

ESTRUCTURA

1.8. En la sección 2 se describe el enfoque regulador general para la protección del público contra los radionucleidos descargados durante la realización de operaciones normales. En la sección 3 se presenta el método recomendado para el establecimiento de los límites de descarga para las fuentes nuevas, y en la sección 4 figuran los procedimientos adecuados para mantener el control durante las operaciones. En la sección 5 se recomienda un procedimiento para ajustar las prácticas ya existentes a los principios y requisitos de las Nociones fundamentales y las normas. En el apéndice se exponen consideraciones relativas al establecimiento de una restricción de dosis genérica para el público. El anexo contiene información básica en que se explican los conceptos subyacentes de protección radiológica de importancia para este documento.

2. RESPONSABILIDADES GENERALES

2.1. En la sección 2 se exponen las responsabilidades generales que corresponden al órgano regulador y al titular registrado y de la licencia (por ejemplo, la organización/compañía que explota la instalación), en el contexto

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

de las descargas de radionucleidos al medio ambiente. Los siguientes párrafos se basan principalmente en las NBS [3]; generalmente concuerdan con los requisitos de la ref. [8].

EL ÓRGANO REGULADOR

2.2. Las NBS “se basan (...) en el supuesto de que existe una infraestructura nacional que permite a las autoridades públicas cumplir sus responsabilidades en materia de protección y seguridad radiológicas” (ref. [3], preámbulo). Una parte esencial de una infraestructura nacional es un órgano regulador con poder para autorizar e inspeccionar actividades reguladas y para hacer cumplir la legislación y los reglamentos nacionales.

2.3. El órgano regulador puede constar de una o más entidades, designadas por el Gobierno o reconocidas por él de alguna otra forma para desempeñar funciones de regulación. El órgano regulador debería estar provisto de autoridad y recursos suficientes para realizar una regulación efectiva y ser independiente de cualquier departamento u organismo gubernamental encargado de la promoción y el desarrollo de las prácticas que estén siendo reguladas. También debería ser independiente de los titulares registrados y de los titulares de licencias, así como de los diseñadores y constructores de las fuentes de radiación utilizadas en las prácticas [3].

2.4. Las funciones del órgano regulador que guardan relación con la descarga de efluentes radiactivos incluyen: la preparación de los reglamentos; el examen de las solicitudes para llevar a cabo descargas de materiales radiactivos en el medio ambiente; la aprobación o el rechazo de estos métodos y la concesión de autorizaciones; la realización de inspecciones periódicas para confirmar el cumplimiento, y la aplicación de sanciones en el caso de cualquier violación de los reglamentos, normas y condiciones de las licencias. También se debería estimar la eficacia de las medidas de protección radiológica en relación con cada descarga autorizada, junto con su posible impacto para los seres humanos y el medio ambiente.

2.5. Las competencias de los inspectores del órgano regulador deberían estar bien definidas y se debería mantener la coherencia en la aplicación de los reglamentos, así como prever la posibilidad de apelación por parte de los responsables de las descargas de efluentes radiactivos. Las directrices deberían estar claras tanto para los inspectores como para las personas jurídicas sujetas a regulación.¹

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

2.6. El órgano regulador podría tener que dar orientaciones sobre cómo se deben cumplir determinados requisitos reguladores en relación con diversas prácticas, por ejemplo, en documentos sobre directrices reguladoras. Debería fomentarse una actitud abierta y cooperativa entre las personas jurídicas sujetas a regulación y los inspectores, lo que incluye, entre otras cosas, el hecho de facilitar el acceso de los inspectores a los locales y a la información.

RESPONSABILIDADES ADMINISTRATIVAS

2.7. Las prácticas se deberían introducir, realizar o suspender únicamente de conformidad con los requisitos nacionales aplicables. Cualquier persona jurídica que se proponga realizar alguna de estas acciones “deberá presentar a la autoridad reguladora una notificación sobre ese propósito” (ref. [3], párr. 2.10) y solicitar a la misma una autorización en forma de *inscripción en registro* o de *licencia* [3].

2.8. En determinadas circunstancias no se requiere la notificación (y por lo tanto tampoco la autorización): se pueden excluir las exposiciones y las prácticas o fuentes pueden declararse exentas de los requisitos reglamentarios [3].

2.9. La *exclusión* se refiere a “toda exposición cuya magnitud o probabilidad no sea, por esencia, susceptible de control aplicando los requisitos por ellas prescritos” (ref. [3], párr. 1.4). Un ejemplo específico relacionado con la presente guía de seguridad es la descarga gaseosa, a través de un sistema de ventilación de edificios, del radón y sus descendientes procedentes del suelo o de materiales de construcción.

2.10. La *exención* de la aplicación de los requisitos reglamentarios también es posible en el caso de determinadas prácticas o fuentes adscritas a una práctica. Se reconoce internacionalmente que es posible que los sistemas reguladores tengan que incluir disposiciones para la concesión de exenciones si está claro que la práctica está justificada pero las disposiciones reglamentarias son

¹ “Persona jurídica” se define en las NBS como “[t]oda organización, sociedad, compañía, empresa, asociación, consorcio, sucesión, institución pública o privada, grupo o entidad política o administrativa, u otras personas designadas en conformidad con la legislación nacional, revestidas de responsabilidad y autoridad para la adopción de cualquier medida con arreglo a las Normas”.

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

innecesarias o injustificadas. En resumen, los principios generales de exención son que los riesgos radiológicos para los individuos y las poblaciones debidos a una práctica o fuente declaradas exentas sean suficientemente bajos como para que carezca de objeto su reglamentación y que las prácticas y fuentes exentas sean intrínsecamente seguras. En particular, “[u]na práctica o una fuente adscrita a una práctica podrá declararse exenta, sin ulterior estudio, siempre que se satisfagan los siguientes criterios en todas las situaciones posibles:

- a) la dosis efectiva que se prevea sufrirá cualquier miembro del público a causa de la práctica o la fuente exentas sea del orden de $10 \mu\text{Sv}$ o menos en un año², y
- b) o bien la dosis efectiva colectiva comprometida resultante de un año de realización de la práctica no sea superior a 1 Sv-hombre , aproximadamente, o bien una evaluación de la optimización de la protección demuestre que la exención es la opción óptima” (ref. [3], Adenda I, párr. I-3).

Las prácticas y fuentes exentas deberían ser también intrínsecamente seguras, sin que exista ninguna probabilidad apreciable de que se den escenarios que puedan ser la causa de que no se satisfagan los criterios de los apartados a) y b).

La exención de una práctica o fuente incluye todas las descargas de radionucleidos procedentes de dicha práctica o fuente

2.11. Las fuentes, incluidas las sustancias, los materiales y los objetos, adscritas a prácticas notificadas o autorizadas podrán ser liberadas del cumplimiento de otros requisitos reglamentarios si satisfacen los *niveles de dispensa* aprobados por la autoridad reguladora [3]. El concepto de *dispensa* se basa también en el principio de que las fuentes pueden ser exoneradas de los requisitos reglamentarios siempre y cuando pueda demostrarse que suponen un riesgo irrelevante para las personas y las poblaciones. Sin embargo, la dispensa se aplica a fuentes que *ya están sujetas a control reglamentario* y, por lo tanto, puede ser de importancia en relación con la renuncia al control de descargas reguladas cuando, debido a un cambio de situación (por ejemplo, una reducción en la producción de desechos o la desintegración radiactiva tras el almacenamiento), se satisfagan los criterios de dispensa.

² Para los fines de las orientaciones prácticas específicas de esta guía, se utiliza un valor de $10 \mu\text{Sv}$ en un año.

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

2.12. La *notificación* al órgano regulador de la intención de realizar una práctica por parte de la persona jurídica es suficiente en los casos en que sea improbable que las exposiciones normales asociadas a esta práctica o fuente excedan de una pequeña fracción, especificada por el órgano regulador, de los límites correspondientes, y cuando sean insignificantes la probabilidad y el valor previsto de la exposición potencial, así como cualquier otra consecuencia perjudicial [3]. Normalmente, esto puede establecerse sobre la base de experiencias anteriores o de estimaciones cualitativas preliminares. En este caso, el órgano regulador sólo tiene que acusar recibo de la notificación.

2.13. En el caso de prácticas o fuentes que entrañen un riesgo más importante se requiere una *autorización* formal del órgano regulador. La autorización es un permiso que el órgano regulador concede en un documento a la persona jurídica que ha presentado una solicitud para llevar a cabo una práctica y, en particular, para descargar materiales radiactivos al medio ambiente. Cualquier persona jurídica que solicite una autorización, incluso para la descarga de efluentes radiactivos, debería presentar al órgano regulador la información necesaria en apoyo de la solicitud. Dicha solicitud debería incluir una evaluación de la naturaleza, magnitud y probabilidad de las exposiciones atribuidas a las descargas y, cuando se requiera, una evaluación adecuada de la seguridad en que se incluya una explicación sobre cómo se ha optimizado la protección radiológica. Esta información se debería presentar con anterioridad al comienzo de la práctica de sus descargas, y la persona jurídica que presenta la solicitud debería abstenerse de proceder con la operación hasta que le haya sido concedida la inscripción en el registro o la licencia, según corresponda [3].

2.14. La solicitud de autorización debería ser estudiada por el órgano regulador, que puede concederla o denegarla o puede imponer las condiciones o limitaciones que considere oportunas (véanse las secciones 3 y 4). Los límites autorizados de descarga se pueden incluir en la autorización expedida por un órgano regulador por la que se permite el comienzo de una práctica o la utilización de una fuente. Si no, se pueden expedir como documento independiente que se podría denominar “autorización de descarga”.

2.15. La autorización puede revestir la forma de inscripción en registro o de licencia. Un elemento que puede ayudar a decidir cuál de estas dos formas es la adecuada para una determinada práctica o fuente es la evaluación del riesgo para los miembros del público derivado de la descarga de efluentes radiactivos en la realización de operaciones normales (véase la sección 3). *Las inscripciones en registro* pueden ser concedidas en el caso de prácticas con riesgos asociados bajos a moderados³, y aunque suelen estar expresadas en

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

términos un tanto genéricos, pueden incluir condiciones o limitaciones específicas. Por ejemplo, una inscripción en registro puede considerarse adecuada para un departamento de medicina nuclear mediano que utilice radionucleidos con fines de diagnóstico. Una licencia va acompañada de requisitos y condiciones específicos que el titular de la licencia debería cumplir. En el caso de las descargas al medio ambiente, estas condiciones podrían adoptar la forma de límites anuales y a más corto plazo aplicables a las descargas de radionucleidos concretos o a una suma debidamente ponderada de los mismos. En general, los requisitos para la evaluación de la seguridad y las condiciones o limitaciones aplicadas a las descargas radiactivas ocasionadas por una práctica o fuente deberían ser más restrictivos para la concesión de una licencia que para una inscripción en registro. En el caso de cualquier establecimiento nuclear o instalación de gestión de desechos radiactivos, o cualquier otra práctica o fuente cuya inscripción en registro el órgano regulador no considere adecuada, las NBS especifican que la autorización deberá adoptar la forma de licencia.

TITULARES REGISTRADOS Y TITULARES DE LICENCIAS

2.16. Los titulares registrados y titulares de licencias (es decir, las personas jurídicas que han solicitado la autorización), son responsables de establecer y aplicar las medidas técnicas y organizativas necesarias para asegurar la protección del público en relación con las descargas radiactivas para las cuales están autorizados. En particular, son responsables de poner en práctica cualquier condición o limitación especificada en una autorización por el órgano regulador. Los titulares registrados y titulares de licencias pueden designar a otras personas para que lleven a cabo acciones y tareas relacionadas con estas responsabilidades, pero deberían seguir siendo ellos mismos los responsables de esas acciones y tareas.

³ “Casos típicos de prácticas susceptibles de inscripción en registro son aquellas en las que: a) la seguridad puede conseguirse en gran medida gracias al diseño de las instalaciones y el equipo; b) los procedimientos operacionales son de fácil aplicación; c) las necesidades de instrucción en materia de seguridad son mínimas; d) existe un historial con escasos problemas de seguridad en las operaciones. La inscripción en registro es el trámite más adecuado para las prácticas en que las operaciones no varían apreciablemente” (ref. [3], nota de pie de página del párr. 2.11).

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

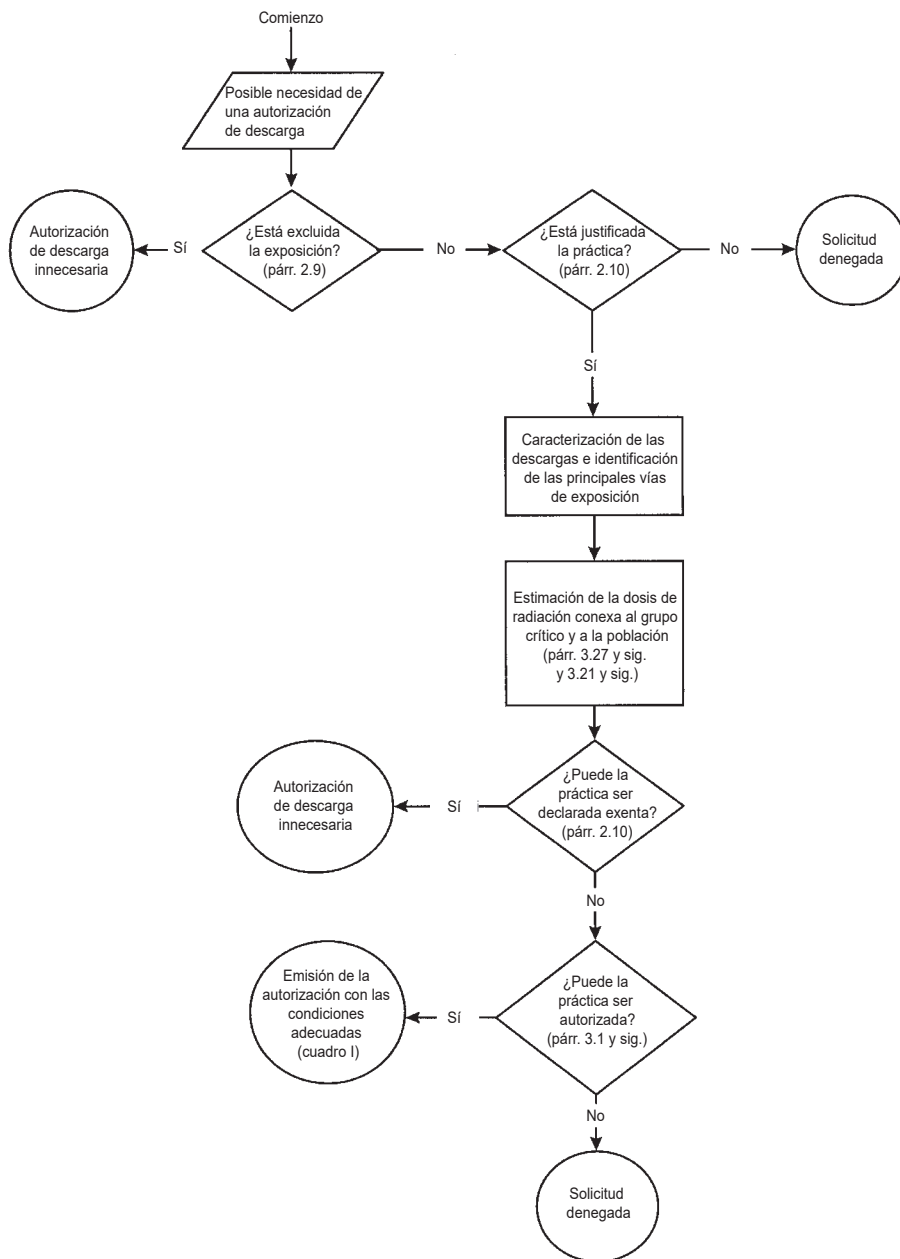


Fig. 1. Esquema ilustrativo de la elaboración de una autorización de descarga.

2.17. Las NBS establecen que “[l]os titulares registrados y titulares de licencias deberán notificar a la autoridad reguladora su intención de introducir modificaciones en cualquier práctica o fuente para las que hayan sido autorizados, siempre que las modificaciones pudieran tener repercusiones significativas en la protección o la seguridad, y no deberán realizar ninguna modificación de ese género a no ser que sean expresamente autorizados por la autoridad reguladora.” (ref. [3], párr. 2.16).

3. AUTORIZACIÓN DE DESCARGAS PARA PRÁCTICAS O FUENTES NUEVAS

3.1. La sección 3 trata sobre las cuestiones que se deberían tener en cuenta al autorizar las descargas y al establecimiento de las condiciones específicas apropiadas para una práctica o fuente nueva en relación con dichas descargas (incluido el establecimiento de los límites de descarga).

3.2. En los siguientes párrafos y en la fig. 1 se expone una propuesta estructurada para decidir sobre el grado del control reglamentario necesario en relación con las prácticas que impliquen la descarga de radionucleidos al medio ambiente. El procedimiento tiene por objeto ser una ayuda para la utilización óptima de los recursos de reglamentación. En el caso de pequeños usuarios (por ejemplo, pequeños laboratorios de investigación de radioisótopos), en los que la utilización de radionucleidos y las correspondientes descargas son muy bajas, y la fuente es intrínsecamente segura, por lo general será adecuada una simple autorización de descarga modelo. En el caso de otras fuentes (por ejemplo, un reactor nuclear), será necesaria una autorización de descarga con condiciones apropiadas (incluidos límites de descarga específicos) y que se adjuntará a la licencia.

DETERMINACIÓN DE LA NECESIDAD DE UNA AUTORIZACIÓN DE DESCARGA

3.3. En determinadas situaciones no será necesaria una autorización que especifique los límites de descarga. Se trata de situaciones en que las exposiciones pueden ser excluidas o la fuente se puede declarar exenta.

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

3.4. Una vez que una fuente o práctica propuesta ha sido identificada, el primer paso es establecer si las exposiciones asociadas a ella están excluidas del cumplimiento de los requisitos reglamentarios (véase el párr. 2.9). En caso afirmativo, no es necesario hacer nada más; concretamente, no se requiere la notificación al órgano regulador.

3.5. Si las exposiciones no están excluidas, el siguiente paso consiste en decidir si la práctica está justificada. Existen muchos factores que se deben tener en cuenta al tomar esa decisión, entre ellos la magnitud del detrimento asociado a cualquier descarga. Las prácticas que no se consideren justificadas no deberían ser permitidas. Sin embargo, las decisiones sobre la justificación no suelen ser responsabilidad única del órgano regulador de protección radiológica (véase el párr. A-13 del anexo).

3.6. Algunas prácticas o fuentes justificadas pueden declararse exentas de algunos o todos los requisitos reglamentarios, incluidos los de notificación, inscripción en registro o concesión de licencia [3]. En concreto, los órganos reguladores pueden eximir de la necesidad de autorización y de control reglamentario de descargas radiactivas a prácticas y fuentes si, tras seguir los procedimientos de evaluación de dosis presentados a continuación, queda probado que se cumplen los criterios básicos de protección radiológica para la exención (véase el párr. 2.10). Los órganos reguladores también podrían conceder la dispensa en relación con las descargas procedentes de fuentes adscritas a una práctica autorizadas o notificadas si los procedimientos de evaluación de dosis que aparecen a continuación confirman que se cumplen los criterios básicos de protección radiológica para la dispensa (véase el párr. 2.11). En cuanto a algunas otras prácticas o fuentes justificadas, la propia notificación a los órganos reguladores puede ser suficiente (véase el párr. 2.12). En el caso de prácticas o fuentes cuyas descargas no satisfagan los criterios para la notificación (véase el párr. 2.12), el órgano regulador puede expedir una autorización de descarga (véase el párr. 2.13) o puede rechazar la solicitud de descarga.

ELABORACIÓN DE UNA AUTORIZACIÓN DE DESCARGA

3.7. En los casos en que la exclusión, la exención o la dispensa no se aplican o cuando una notificación no basta, “[l]os titulares registrados y los titulares de licencias, antes de empezar a verter al medio ambiente..., deberán, según el caso:

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

- a) determinar las características y la actividad de la sustancia a verter, así como los puntos y métodos potenciales de vertido;
- b) determinar, por medio de un estudio preoperacional adecuado, todas las vías de exposición significativas por las que los radionucleidos vertidos puedan causar exposición del público;
- c) evaluar las dosis a los grupos críticos⁴ debidas a los vertidos planeados;
- d) presentar esta información a la autoridad reguladora como aporte para el establecimiento de límites de vertido autorizados y de condiciones para su aplicación”. (ref. [3], párr. III.10).

3.8. La propuesta debería también abordar las cuestiones de las interdependencias entre la generación de desechos⁵ y su gestión⁶, es decir, los principios 7 y 8 de las Nociones fundamentales de seguridad de los desechos [1], así como los requisitos similares del apéndice III, párr. III.8 de las NBS [3]. En este sentido, la propuesta debería demostrar que los titulares registrados y los titulares de licencias garantizarán el mantenimiento de la generación de desechos radiactivos al mínimo factible desde el punto de vista de la actividad y el volumen, y que se tienen en cuenta las opciones que existen para su disposición final con objeto de asegurar que la descarga al medio ambiente es una opción admisible. Por lo tanto, será necesario tener en cuenta en la propuesta posibles procedimientos operacionales diferentes, junto con sus niveles de descarga conexos y cualquier fluctuación prevista durante las operaciones normales.

3.9. En el resto de la sección 3 se expone detalladamente la información que debería figurar en la propuesta, cómo debería obtenerse y la forma en que debería ser utilizada a fin de llevar a cabo el proceso iterativo necesario para elaborar una autorización de descarga. El objetivo global del ejercicio no es únicamente asegurar la conformidad con los requisitos establecidos por el órgano regulador, sino también garantizar que las descargas al medio ambiente forman parte de una operación bien diseñada y gestionada.

3.10. La primera etapa de este proceso es caracterizar las descargas previstas, según convenga, en relación con:

⁴ El concepto de grupo crítico figura en el párr. A-15 del anexo y se explica en más detalle en los párrs. 3.33 y 3.34.

⁵ La generación de desechos radiactivos deberá mantenerse en el mínimo posible.

⁶ Las interdependencias entre todos los pasos de la gestión y generación de los desechos radiactivos se deberán tener en cuenta adecuadamente.

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

- la composición de los radionucleidos;
- la forma química y física de los radionucleidos, particularmente si ésta es relevante desde el punto de vista de su comportamiento ambiental o metabólico;
- los puntos y vías de descarga;
- la cantidad total de los distintos radionucleidos que se prevé sea descargada al año;
- los plazos de descarga previstos, incluida la necesidad y probabilidad de un aumento del número de descargas a intervalos más cortos.

3.11. La necesidad de una caracterización detallada de los radionucleidos específicos de las descargas depende en parte de la dosis prevista para el grupo crítico.

3.12. El término fuente puede ser caracterizado por distintos métodos. En establecimientos que utilicen fuentes no selladas, tales como hospitales y laboratorios de investigación, las descargas pueden calcularse sobre la base de la producción estimada, teniendo en cuenta la desintegración radiactiva. En el caso de los reactores de potencia y las instalaciones del ciclo del combustible nuclear, las estimaciones de las descargas se pueden realizar teniendo en cuenta el diseño y las características operativas propuestas. Las comparaciones con establecimientos similares ya en funcionamiento en otros lugares pueden constituir también una valiosa fuente de información sobre posibles descargas (véase, por ejemplo, la ref. [12]).

Optimización de la protección

3.13. El siguiente paso es determinar el método operacional y el nivel de descarga conexo óptimos desde el punto de vista de la protección radiológica. Esta es una etapa importante en el proceso de elaboración de una autorización de descarga. Se debería realizar una evaluación de los costos y la eficacia de las opciones de control disponibles y de la posibilidad de modificar el proceso o la actividad en consideración de forma que no se generen desechos radiactivos, o por lo menos que su producción se reduzca al mínimo factible.

3.14. En el caso de descargas rutinarias de materiales radiactivos al medio ambiente, los principales tipos de opciones de control consisten en facilitar instalaciones de almacenamiento de efluentes gaseosos y líquidos, de modo que los radionucleidos de período corto puedan desintegrarse antes de su emisión, o instalaciones de tratamiento que eliminen los radionucleidos del efluente para su disposición final por otros medios. Dentro de estas dos categorías

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

generales puede haber varias opciones disponibles distintas. Las diversas opciones deberían ser identificadas y se deberían examinar sus características en la mayor medida posible, incluido el capital, los costos de funcionamiento y mantenimiento, las consecuencias para la gestión de desechos y el efecto en las dosis individuales y colectivas para el público y los trabajadores. Es posible que se tenga que llegar a varios compromisos complejos entre estas distintas características, por ejemplo:

- el compromiso entre las dosis al público y las dosis a los trabajadores que participan en las operaciones de tratamiento de desechos y de disposición final;
- el compromiso entre las dosis actuales resultantes de descargas de efluentes y las dosis futuras asociadas con las descargas y la disposición final de desechos sólidos provenientes de la solidificación de esos efluentes;
- la elección entre opciones cuyas características se conocen con diferentes grados de certeza.

Probablemente el mejor modo de abordar estas cuestiones sea mediante técnicas de ayuda para la toma de decisiones que tengan en cuenta todos los criterios pertinentes.

Establecimiento de restricciones de dosis

3.15. El órgano regulador es responsable de especificar los valores de restricción de dosis, aunque los titulares registrados y los titulares de licencias pueden especificarlos adicionalmente en sus normas internas. En cualquier caso, quienes establezcan las restricciones deberían describir con claridad la fuente pertinente, y la magnitud de la restricción seleccionada debería ser adecuada al objetivo que se persiga.

3.16. La elección de un valor para una restricción de dosis debería reflejar la necesidad de garantizar que es improbable que la dosis a un grupo crítico, tanto en el presente como en el futuro, exceda del límite de dosis, teniendo en cuenta las contribuciones de dosis previstas procedentes de todas las demás prácticas o fuentes a las que el grupo crítico esté también expuesto. De modo más general, la elección de la restricción de dosis debería “[dar] la seguridad, para cualquier fuente (incluidas las instalaciones de gestión de desechos radiactivos) que pueda emitir sustancias radiactivas al medio ambiente, de que el efecto acumulativo de cada emisión anual de la fuente se restringe de forma que sea improbable que la dosis efectiva [y las dosis pertinentes a órganos y tejidos] en

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

un año cualquiera a un miembro del público, incluidas las personas distantes de la fuente y las personas de generaciones futuras, rebase cualquier límite de dosis aplicable, teniendo en cuenta las emisiones acumuladas y las exposiciones que se prevea causarán todas las demás fuentes y prácticas pertinentes sometidas a control” (ref. [3], párr.: 2.26 b))⁷.

Por consiguiente, la restricción de dosis se debería establecer por debajo del límite de dosis anual para los miembros del público.

3.17. Antes de especificar la restricción de dosis también debería tenerse en cuenta la experiencia acumulada en la realización de operaciones bien gestionadas en prácticas comparables. La elección final respetará la flexibilidad necesaria en el proceso de optimización de la protección en diferentes situaciones de exposición simultáneas, por ejemplo, los compromisos entre la exposición del público y la exposición ocupacional. La elección puede asimismo verse afectada por consideraciones políticas y sociales, y por otras razones para que no se rebase un nivel determinado de dosis individual [13].

3.18. Normalmente, el órgano regulador establecerá restricciones de dosis a niveles diferentes según cada práctica. Se preverán márgenes para prácticas futuras desconocidas, fuentes exentas y la posibilidad de cambios en las costumbres de los grupos críticos, y se tendrán en cuenta las experiencias de operaciones bien gestionadas. En el apéndice se indica una propuesta de valor superior genérico correspondiente a una restricción de dosis para la exposición del público.

Proceso de optimización de la protección

3.19. En la ref. [14] se proporciona orientación para optimizar la protección radiológica. El paso inicial en la optimización es asegurar que las dosis a los grupos críticos debidas a las descargas previstas, dentro de las opciones de

⁷ En el decenio de 1980 se propuso que la exposición de los individuos debida a fuentes determinadas debería estar limitada a una fracción del límite de dosis (llamada en el pasado “límite superior de dosis relacionada con la fuente”), de modo que la suma de las contribuciones de las exposiciones de aquellas personas a varias fuentes no pudiera exceder el límite de dosis. Si bien esta distribución del límite pertenece al principio de limitación de dosis individuales y es conceptualmente diferente del establecimiento de restricciones para la optimización de fuentes determinadas, los valores numéricos de las restricciones deberían ser menores que los del límite superior de la fuente o, como mucho, iguales a ellos [13].

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

control tomadas en consideración, cumplen con la restricción de dosis. Cualquier opción de control que no satisfaga esta condición sería normalmente excluida del proceso de optimización. En los párrafos 3.27 a 3.29 se dan orientaciones sobre como realizar las evaluaciones adecuadas de dosis al grupo crítico. En esta etapa se deberían considerar otros factores pertinentes; por ejemplo, la existencia de límites para los contaminantes no radiactivos. En ese caso, la protección se optimiza seleccionando, de entre las opciones de control que satisfagan la condición de restricción de dosis, aquélla para la cual las dosis de radiación sean tan bajas como sea razonablemente posible, teniendo en cuenta factores sociales y económicos.

3.20. En el proceso de optimización se pueden utilizar técnicas definidas de ayuda a la toma de decisiones, incluidos métodos de análisis costo-beneficio y multicriterio. En el caso de las instalaciones *registradas*, normalmente no es necesario efectuar análisis formales de la optimización de la protección contra descargas rutinarias ya que las dosis al público normalmente son bajas. Las fuentes que se considera que forman parte de esta categoría son aquellas que implican cantidades de radionucleidos utilizados en institutos de investigación o en departamentos de medicina nuclear con fines de diagnóstico. Sin embargo, en el caso de las instalaciones *titulares de licencias* (tales como los reactores nucleares, las instalaciones de reprocesamiento y las instalaciones de producción de radioisótopos), es preciso realizar un estudio completo de la optimización de la protección contra las descargas.

3.21. Un aporte de información para los estudios formales de optimización de la protección es la dosis colectiva a la población expuesta. Sin embargo, algunos de los componentes de la dosis colectiva pueden estar caracterizados por una incertidumbre sustancial. En particular, cuando las exposiciones a la radiación de nucleidos de muy larga vida persisten a largo plazo, la estimación de la dosis colectiva es altamente especulativa y esto puede invalidar los resultados del análisis. En el contexto de la optimización, sin embargo, las diferencias entre las dosis colectivas para las distintas opciones de control son las que se deberían tomar en consideración. El período de interés para el análisis de optimización es, por consiguiente, solamente el período en el que las opciones de control alternativas influyen de forma distinta en el modo de exposición.

3.22. A fin de decidir mediante el proceso de optimización si puede estar indicada una reducción de las descargas propuestas, y de elegir la opción de control apropiada, se recomienda el siguiente procedimiento de selección. Los datos y modelos facilitados en la ref. [11] permiten estimar el compromiso de dosis colectiva en Sv hombre debido a las descargas en un año. Esto debería

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

añadirse a una estimación de la dosis colectiva pertinente por exposición ocupacional para obtener una estimación de la dosis colectiva total. Si este valor es menor que aproximadamente 1 Sv hombre, no es necesario efectuar un estudio formal exhaustivo de optimización, ya que es muy improbable que merezca la pena [7]. El objetivo general es evitar el desembolso de recursos para valorar opciones de reducción de las descargas que sean desproporcionados a la posible mejora de la protección radiológica.

3.23. Si el valor es mayor que aproximadamente 1 Sv hombre en un año, se requiere un estudio formal utilizando técnicas de ayuda a la toma de decisiones tales como los *análisis costo-beneficio* y los *métodos multicriterio*. El objetivo de usar el análisis costo-beneficio para optimizar la protección es identificar el nivel de protección que minimice la suma del costo de protección más el costo del detrimento por la radiación. Se supone que el costo del detrimento de la salud es proporcional a la dosis colectiva. Con el fin de aplicar el análisis costo-beneficio a la optimización de la protección, tanto el costo de protección como el costo del detrimento por radiación deberían expresarse en términos monetarios. La estimación de los costos de protección es, en principio, un procedimiento sencillo, aunque podrían surgir complejidades considerables si se deben tener en cuenta los costos detallados de la instalación, los materiales, la energía y la mano de obra. La asignación de un costo al detrimento de la salud por radiación requiere una opinión por parte del órgano regulador acerca de la cuantía que supone evitar los efectos nocivos de la exposición a la radiación. En la ref. [14] figuran valores monetarios apropiados para dosis colectivas unitarias. En algunos casos, el órgano regulador quizá tenga que emitir juicios sobre la posible necesidad de asignar costos diferentes a partes de las dosis colectivas que se den en momentos distintos, especialmente cuando una práctica sea causa de contaminación ambiental debida a radionucleidos de período largo y, en consecuencia, a exposición entre las generaciones futuras.

3.24. En algunos casos, las descargas radiactivas procedentes de una fuente en un país determinado pueden causar la exposición del público en otro país. En tales casos, el componente del costo de detrimento de la salud por radiación debido a la dosis colectiva incurrida fuera del país de la fuente debería ser evaluado utilizando un valor monetario de dosis colectiva unitaria que no sea inferior al valor aplicado en el país de la fuente.

3.25. La principal limitación del análisis costo-beneficio es que requiere una valoración explícita de todos los factores desde el punto de vista monetario. Ello tiende a restringir la variedad de factores que se pueden incluir en el proceso de optimización. Los métodos multicriterio no requieren

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

necesariamente esa valoración explícita y son potencialmente técnicas más flexibles de ayuda a la toma de decisiones porque permiten considerar otros factores. Por ejemplo, en relación con el impacto radiológico, la equidad en el tiempo y espacio, la percepción del riesgo por el público y las posibilidades de accidente son factores adicionales que se pueden tener en cuenta mediante métodos multicriterio. Las distribuciones en el tiempo de las inversiones y de los costos de explotación también se pueden tomar en consideración. Otras informaciones útiles pueden ser factores técnicos como la flexibilidad y redundancia de una instalación o un proceso propuestos, su estado de desarrollo y el alcance del apoyo técnico o de las actividades de investigación y desarrollo.

3.26. El proceso de optimización permite identificar la opción de control radiológico óptima y sus niveles de descarga asociados. Tras haber realizado estos estudios, los órganos reguladores quizás deseen tener en cuenta las descargas típicas de establecimientos similares bien gestionados de otros lugares. Esas consideraciones pueden constituir una verificación de los resultados del proceso de optimización.

Evaluación de las dosis al grupo crítico

3.27. Uno de los componentes fundamentales del análisis de optimización es la evaluación de la dosis a personas del grupo crítico para cada opción de descarga objeto de estudio y la verificación de que esta dosis no excede de la restricción de dosis apropiada. Para evaluar las dosis al grupo crítico debería emplearse un enfoque iterativo y estructurado de cribado. Ese enfoque comienza con una evaluación simple basada en hipótesis muy conservadoras y se refina en cada iteración usando modelos progresivamente más complejos con hipótesis más realistas, según sea necesario. Este enfoque es un modo eficaz de utilizar los recursos de evaluación. Además, normalmente permite que cada iteración posterior se dirija a los componentes de la evaluación que más contribuyen a las dosis evaluadas. En consecuencia, es necesario prestar atención prioritaria a la sustitución de hipótesis muy pesimistas por otras más realistas. Este enfoque se describe en detalle en la ref. [11], la cual proporciona métodos para el cribado de descargas rutinarias previstas de radionucleidos al ambiente a fin de cumplir con los criterios pertinentes de limitación de dosis especificados por el órgano regulador.

3.28. Si la dosis evaluada usando modelos simples excede de un nivel de referencia de alrededor del 10% del valor de la restricción de dosis, será necesario decidir si se perfecciona la evaluación con la expectativa de que la

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

dosis evaluada pueda reducirse a un nivel inferior al especificado, o si no se perfecciona la evaluación y, consiguientemente, se aceptan condiciones más estrictas en la autorización de la descarga⁸.

3.29. La dosis estimada al grupo crítico debería ser la dosis anual máxima, teniendo en cuenta cualquier acumulación de material radiactivo en el ambiente. A tal efecto, la dosis estimada debería ser normalmente la dosis anual del año final de realización de la práctica o funcionamiento de la fuente. Esto se puede calcular como el compromiso de dosis incompleta a partir de un año de operación y a lo largo de la duración de la práctica (véanse los párrs. A-7 y A-8 del anexo).

Modelo de evaluación de dosis “sin dilución”

3.30. Un modelo muy simple, que utiliza la hipótesis muy conservadora de que todas las vías de exposición se originan en el punto de descarga, se puede utilizar como primer paso de este proceso de cribado iterativo para hacer una estimación inicial superior de las dosis al grupo crítico. Como ejemplo, se podría estimar la dosis a una persona hipotética que respirase continuamente los efluentes gaseosos no diluidos de una chimenea o que obtuviera toda el agua potable directamente de los efluentes líquidos sin diluir en el punto de descarga en una masa de agua. En la ref. [11] se proporcionan ecuaciones y valores “por defecto” correspondientes a los parámetros necesarios para esta evaluación extremadamente conservadora a la vez que simple. Si la dosis anual máxima, evaluada de esta forma, es menor que el nivel de referencia, esta sencilla evaluación sería suficiente para los fines de la protección radiológica. A menudo éste será el caso de los pequeños usuarios (por ejemplo, pequeños laboratorios de investigación de radioisótopos, pequeños departamentos de medicina nuclear con fines de diagnóstico).

Modelo genérico de evaluación de dosis ambiental

3.31. Si la dosis anual máxima evaluada con el modelo del punto de descarga antes mencionado es mayor que el nivel de referencia, debería aplicarse el siguiente paso del enfoque iterativo de cribado descrito en la ref. [11]. Se trata de la adopción de un modelo menos conservador, aunque todavía prudente, que introduce en la evaluación el proceso de dispersión atmosférica o acuática

⁸ Se escoge un valor del 10% de la restricción para reflejar el orden de magnitud de la incertidumbre típicamente asociada con las predicciones de los modelos simples [11].

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

y las vías de exposición resultantes, y que utiliza valores genéricos y conservadores para los parámetros cuantitativos pertinentes. Por ejemplo, se utilizan modelos genéricos para el transporte de radionucleidos en la atmósfera y en las masas de agua, y se suponen valores por defecto de tendencia conservadora para el comportamiento humano y los hábitos alimentarios de los miembros del grupo crítico hipotético. También se supone, como primera aproximación, que la dosis al grupo crítico es la suma de las dosis a través de todas las vías y rutas de descarga. Se prevé que, en casi todas las circunstancias, esta evaluación genérica dé por resultado una sobreestimación de la dosis real al grupo crítico.

Modelo de evaluación de dosis específico del emplazamiento

3.32. Si la dosis anual máxima al grupo crítico evaluada con el modelo ambiental genérico mencionado es mayor que el nivel de referencia, se requiere una evaluación de dosis al grupo crítico específica del emplazamiento. En el contexto de un estudio sobre el emplazamiento específico, debería realizarse un estudio de la distribución y los hábitos reales de la población y de la utilización por el ser humano del medio ambiente que se verá afectado por las descargas radiactivas del establecimiento propuesto, a fin de determinar cuáles son las vías reales de exposición pertinentes. El estudio también debería tener en cuenta parámetros específicos del emplazamiento relativos a la dispersión atmosférica y acuática y a la transferencia de radionucleidos a través de las cadenas alimentarias. La información resultante servirá para identificar posibles grupos críticos.

3.33. El concepto de grupo crítico se describe de forma general en el párrafo A-15 del anexo. Más concretamente, en el caso que nos ocupa, el grupo crítico debería definirse con referencia a las tasas de consumo de alimentos y otros hábitos de estilo de vida, y a su localización respecto al punto de descarga o a la fuente de exposición directa. El grupo debería ser suficientemente reducido para ser relativamente homogéneo con respecto a la edad, la dieta, las condiciones de vida y ambientales y los aspectos de comportamiento que afectan a las dosis recibidas. En relación con un emplazamiento en particular, el tamaño del grupo crítico será por lo general de hasta unas pocas decenas de personas, aunque en algunos casos se han identificado grupos críticos mayores.

3.34. En situaciones en que no se puede identificar ningún grupo crítico como tal, por ejemplo en un entorno esencialmente sin población humana, sería importante, de todos modos, evaluar las dosis a un grupo crítico hipotético para demostrar la conformidad con el principio de protección del medio ambiente

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

(véase el párr. 1.7). Por ejemplo, en el caso de las descargas a la atmósfera, se podría suponer que el grupo crítico hipotético se encuentra en la frontera de la instalación, o a una distancia correspondiente al lugar de las concentraciones más altas previstas de radionucleidos en el aire. En el caso de las descargas acuáticas, se podría suponer que todo el uso del agua y/o la exposición ocurre en el punto de descarga. Sin embargo, las vías de exposición, las tasas de consumo de alimentos y otras características supuestas deberían ser las típicas del tipo de entorno en consideración.

3.35. Los resultados de esta evaluación deberían compararse con la restricción de dosis apropiada. Deberían rechazarse las opciones de gestión de desechos radiactivos que dieran lugar a dosis superiores a la restricción de dosis y deberían tomarse en consideración opciones alternativas.

ESTABLECIMIENTO DE UNA AUTORIZACIÓN DE DESCARGA

3.36. El órgano regulador establece los límites autorizados de descarga. Esos límites deberán satisfacer los requisitos para la optimización de la protección y la condición de que las dosis al grupo crítico no excederán de las restricciones de dosis apropiadas (ref. [3], párrs. 2.24 a 2.26). Asimismo, deberían reflejar los requisitos de una práctica bien diseñada y bien gestionada, y prever un margen de flexibilidad y variabilidad operacionales. A fin de satisfacer estos requisitos, los valores numéricos de los límites de descarga autorizados deberían ser próximos, y en general superiores, a las tasas y cantidades de descarga resultantes de los cálculos de optimización de la protección para dar un margen de flexibilidad operacional, aunque nunca deberían sobrepasar el nivel de descarga correspondiente a la restricción de dosis (véase también la fig. 3 del apéndice).

3.37. Los límites de descarga se adjuntarán por escrito o se incorporarán a la autorización y serán los límites legales que el explotador o el titular de la licencia debería cumplir. Los límites de descarga pueden presentarse de distintas maneras. Pueden referirse al espectro completo de radionucleidos que se debe descargar, o se pueden combinar los nucleidos en grupos adecuados como, por ejemplo, los gases nobles o los halógenos. Se podrían adoptar límites para nucleidos específicos si los radionucleidos son radiológicamente significativos, si son los que contribuyen en mayor medida a las descargas o si constituyen indicadores del comportamiento de la instalación. Se deberían seleccionar de tal forma que se permitiera un grado normal de flexibilidad para la explotación de la fuente o instalación, esto es, los valores escogidos como

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

límites serán mayores que los valores derivados de cualquier estudio de optimización de la protección. Sin embargo, los valores seleccionados no deberían ser superiores a los correspondientes a la restricción de dosis; es decir, deberían satisfacer la condición siguiente:

$$\sum_i \sum_k (f_{ik})_{\text{mod}} \cdot Q_{ik}^* \leq \frac{E_{\text{restricción}}}{\Gamma} \quad (1)$$

donde

$(f_{ik})_{\text{mod}}$ es la dosis anual máxima futura al grupo crítico, calculada con un modelo en particular y para la descarga de radionucleidos o grupo de radionucleidos i por la vía de descarga k por becquerel.

Q_{ik}^* es el límite de descarga, en becquerel, para la emisión anual de radionucleidos o grupo de radionucleidos i por la vía de descarga k .

$E_{\text{restricción}}$ es la restricción de dosis para la fuente bajo control.

Γ es un factor de seguridad para tener en cuenta las incertidumbres del modelo utilizado para el cálculo de dosis, de modo que proporcione confianza suficiente en que no será rebasada la restricción de dosis relativa a la fuente.

3.38. El valor utilizado para el factor de seguridad Γ dependerá del modelo y de los datos utilizados para evaluar las dosis, así como de los márgenes para tener en cuenta las incertidumbres que ya hayan sido incorporados en el propio establecimiento de la restricción de dosis. En el caso de estudios de emplazamientos específicos, los valores de Γ se pueden seleccionar considerando debidamente, según sea apropiado, las evaluaciones sobre la fiabilidad de las predicciones del modelo, para las cuales se dan orientaciones en la ref. [15].

3.39. Las características de los grupos críticos potenciales, correspondientes a distintas vías de descarga, pueden no ser las mismas. Si no lo son, es improbable que el grupo crítico auténtico o verdadero reciba dosis tan altas como las calculadas mediante la suma de las dosis a los grupos críticos potenciales procedentes de todas las vías de descarga. Sin embargo, a falta de toda información del emplazamiento específico sobre la ubicación y las características de los grupos críticos, un enfoque prudente, a efectos de establecer la autorización de descarga, sería la suma de las dosis a los grupos críticos potenciales correspondientes a todas las vías y radionucleidos emitidos.

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

3.40. Si bien se pueden asignar límites de descarga a radionucleidos significativos determinados, también puede ser conveniente en algunas circunstancias expresarlos como límites para grupos de radionucleidos, tales como los gases nobles, radioyodos, actividad alfa total de descarga y/o actividad beta total de descarga, etcétera. Las evaluaciones de dosis, esto es, los valores de f_{ik} en la ec. (1), se basarían entonces en el radionucleido más crítico de ese grupo en especial.

3.41. Algunos países han establecido restricciones de dosis para emisiones de efluentes aplicables a fuentes específicas (por ejemplo, para un emplazamiento o una instalación dados) y a modos específicos de descarga (por ejemplo, para descargas atmosféricas o líquidas), con el fin de facilitar su aplicación. La condición expresada en la ec.(1) puede ser modificada para adaptar este enfoque de modo que para cada fuente y modo de descarga se cumplan condiciones paralelas. Entonces se seleccionarán los límites autorizados específicos para los radionucleidos y los modos de descarga que cumplan estas condiciones.

3.42. Las autorizaciones de descarga normalmente se establecen con respecto a límites anuales. Aunque estos son los límites primarios, se pueden fijar niveles a más corto plazo a fin de: i) iniciar investigaciones; y ii) asegurar que los procedimientos utilizados y las condiciones conexas, así como los supuestos utilizados para estimar las dosis, continúan siendo válidos, por ejemplo para prevenir dosis significativamente más altas que se estén recibiendo debido a descargas superiores a las normales en condiciones de poca dispersión en el medio ambiente. A modo de ilustración, estos niveles podrían fijarse en el 50% del límite anual para un trimestre civil, en el 20 % del límite anual para un mes civil o en el 10% del límite anual para una semana, según se considere apropiado, teniendo en cuenta la naturaleza y operación de la fuente. Aunque esto no se debería considerar un incumplimiento de la autorización legal de descarga, el explotador debería estar obligado a notificar al órgano regulador si se sobrepasan los niveles a más corto plazo, declarar las razones por las cuales se han sobrepasado, y proponer medidas de mitigación. Esta información será también útil para determinar si el control de las descargas es óptimo.

3.43. El período de validez de los límites de descarga debería especificarse en la autorización de descarga o en otro lugar, y se debe prever su revisión a intervalos que el órgano regulador juzgue apropiados. Una nueva fuente respecto de la cual se tenga una experiencia limitada debería ser revisada por el órgano regulador al menos una vez en los primeros tres años. En el caso de las fuentes con licencia que siguen en uso, la revisión debería realizarse, por

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

ejemplo, al menos una vez cada cinco años. Las fuentes registradas con bajos niveles de descarga deberían ser revisadas regularmente pero a intervalos más largos. En cualquier caso, la revisión de la autorización debería efectuarse siempre que se prevea que las modificaciones en la instalación o en sus condiciones operacionales afecten considerablemente a las características o el régimen de descargas radiactivas.

3.44. Para demostrar que las descargas se ajustan a los límites puede ser necesaria la vigilancia de los efluentes. De igual manera, para comprobar los supuestos utilizados en la evaluación de las dosis al grupo crítico puede ser también necesaria la vigilancia ambiental, que constituye asimismo un medio adicional, además de la vigilancia de los efluentes, para controlar las emisiones no previstas. Los requisitos para la vigilancia se deberían especificar en la autorización de descarga.

3.45. La forma en que se expresan los límites de descarga y la necesidad de vigilancia dependen hasta cierto punto del nivel evaluado de dosis al grupo crítico. El enfoque recomendado se describe y resume a continuación en el cuadro I.

- a) Si la dosis anual máxima futura al grupo crítico sometida a evaluación es menor o igual a $10 \mu\text{Sv}$, el órgano regulador puede investigar si la fuente se puede declarar exenta de algunos requisitos reguladores o si es apropiada la notificación. En la sección 2 y en las NBS [3] se dan indicaciones a este respecto. Para ser declarada exenta, la fuente debería ser intrínsecamente segura y la práctica de la que forma parte debería estar justificada. Si la descarga está exenta del control reglamentario, no se requiere ni la vigilancia de los efluentes ni la vigilancia ambiental. Se pueden realizar simples verificaciones de los niveles de descarga, por ejemplo a partir de las estimaciones del balance de actividad. Estas condiciones pueden aplicarse a instalaciones como laboratorios de investigación que utilizan técnicas de radioinmunoanálisis y hospitales que emplean juegos de instrumentos de ensayo de xenón.

CUADRO I. ORIENTACIONES SOBRE LOS REQUISITOS REGLAMENTARIOS APLICABLES A LAS DOSIS PREVISTAS AL GRUPO CRÍTICO (véase el párr. 3.45)

Dosis anual máxima futura al grupo crítico sometida a evaluación			
A	B	C	
≤10μSv			
>10 μSv			
Requisitos reglamentarios aplicables a las descargas	EXENCIÓN O NOTIFICACIÓN	INSCRIPCIÓN EN REGISTRO	LICENCIA
Condiciones recomendadas	<ul style="list-style-type: none"> - Fuente intrínsecamente segura - Ningún requisito en relación con la vigilancia de los efluentes o del medio ambiente - Revisión periódica de la práctica 	<ul style="list-style-type: none"> - Fuente no intrínsecamente segura - Se requieren límites de descarga - Se requiere la vigilancia de los efluentes - Revisión periódica de la práctica - Se requiere el registro de las descargas 	<ul style="list-style-type: none"> - Autorizaciones formales con condiciones específicas adjuntas a la autorización respecto de alguno de los siguientes puntos o de todos ellos: <ul style="list-style-type: none"> - Límites de descarga - Vigilancia de los efluentes - Vigilancia ambiental - Registro de la vigilancia de los efluentes y ambiental - Notificación de la vigilancia al órgano regulador - Reactores nucleares - Instalaciones de reprocesamiento - Instalaciones de producción de radioisótopos
Ejemplos de instalación	<ul style="list-style-type: none"> - Laboratorios de investigación que utilizan técnicas de radioinmunoanálisis - Hospitales que utilizan juegos de instrumentos de ensayo de xenón 	<ul style="list-style-type: none"> - Pequeños hospitales y centros de investigación y desarrollo que utilizan cantidades limitadas de radioisótopos 	

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

- b) Si la dosis anual máxima futura al grupo crítico sometida a evaluación es menor o igual a $10 \mu\text{Sv}$, pero la fuente no se considera intrínsecamente segura, el órgano regulador debería, como mínimo, expedir una autorización de descarga que especifique los límites de descarga y el requisito de vigilancia de los efluentes. Se debería mantener un registro de las descargas. Ejemplos de instalaciones a las que se pueden aplicar estas condiciones son pequeños hospitales e instalaciones de investigación y desarrollo que utilizan cantidades limitadas de radionucleidos para pruebas de diagnóstico o estudios con trazadores, o instalaciones donde la contención es muy severa (descargas muy bajas), pero donde pueden darse descargas accidentales. En el caso de las fuentes de esta categoría, el registro podría ser más adecuado que la licencia.
- c) Si la dosis anual máxima futura al grupo crítico sometida a evaluación es mayor de $10 \mu\text{Sv}$, la autorización de descarga debería especificar límites de descarga e incluir requisitos para la vigilancia de las descargas y, según convenga, de los niveles de los radionucleidos en el medio ambiente. El objetivo del programa de vigilancia ambiental es garantizar que se cumplen los requisitos reglamentarios para las descargas de las sustancias radiactivas en el medio ambiente y que los supuestos acerca de las condiciones realizados al establecer los límites autorizados de descarga permanecen vigentes. El grado de vigilancia ambiental requerido va unido a la dosis al grupo crítico evaluada. En cuanto a las dosis anuales menores de alrededor de $100 \mu\text{Sv}$, quizá no sea necesario más que un simple control de vigilancia de las vías críticas⁹. En caso de que las dosis evaluadas sean mayores de $100 \mu\text{Sv}$ por año, será necesario aplicar un programa de vigilancia ambiental más exhaustivo. Este programa debería abarcar todas las vías de exposición pertinentes y estar diseñado de forma que permita una evaluación exhaustiva de las dosis al grupo crítico. La escala y/o el alcance del programa de vigilancia de efluentes y vigilancia ambiental y los métodos de mediación utilizados deberían estar aceptados por el órgano regulador. El titular registrado o el titular de la licencia debería mantener registros adecuados de los programas de vigilancia y enviar informes al órgano regulador a intervalos aprobados. Las autorizaciones de descarga para esta categoría de fuentes probablemente incluyan los límites para radionucleidos por separado.

⁹ En algunos países, la restricción de dosis anual para reactores nucleares de potencia es del mismo orden de magnitud. En estos casos, las condiciones establecidas por los órganos reguladores para la vigilancia del medio ambiente pueden ser más estrictas.

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

Además, como se indicó anteriormente, puede ser necesario establecer límites a corto plazo. Las instalaciones que forman parte de esta categoría incluyen todas las instalaciones nucleares a gran escala, como los reactores nucleares, las plantas de reprocesamiento y las plantas de producción de radioisótopos. En el caso de las fuentes que pertenecen a esta categoría, la licencia es probablemente más adecuada que la inscripción en registro.

3.46. Al establecer los límites de descarga autorizados, el órgano regulador debería tener en cuenta las Nociones fundamentales de seguridad de los desechos [1]. En el contexto de las descargas al medio ambiente son particularmente pertinentes los dos principios siguientes:

- en el principio 3, que trata sobre los efectos transfronterizos, se afirma que “[l]a gestión de desechos radiactivos deberá efectuarse de forma que dé la seguridad de que se tengan en cuenta los posibles efectos sobre la salud humana y el medio ambiente fuera de las fronteras nacionales”. Además, como principio básico, derivado de las Nociones fundamentales de seguridad y de las NBS, las políticas y los criterios relativos a la protección radiológica de las poblaciones fuera de las fronteras nacionales contra la descarga de sustancias radiactivas deberían ser, por lo menos, tan estrictos como los aplicables a la población del país que descarga (véase también el párr. 3.24). La aplicación de este principio se puede fomentar mediante el intercambio de información o la concertación de acuerdos apropiados con los países vecinos o afectados [16].
- en el principio 4 se dice que “[l]a 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”. Esto se podría tener en cuenta, como en la presente guía de seguridad, al establecer una restricción de dosis adecuada y garantizando que, en la evaluación de dosis, se presta la atención debida a la acumulación de radionucleidos de vida larga en el medio ambiente.

En los pocos casos de grandes instalaciones nucleares que descargan radionucleidos de período largo que pueden alcanzar una distribución mundial, se debería estudiar la posibilidad de establecer medidas adecuadas de control de los efluentes para limitar la contaminación del medio ambiente a escala mundial.

4. RESPONSABILIDADES EN LA EXPLOTACIÓN

4.1. Los titulares registrados y los titulares de licencias deberían, durante el período operacional de fuentes bajo su responsabilidad, mantener todas las descargas radiactivas tan por debajo de los límites autorizados como sea razonablemente posible alcanzar, e informar inmediatamente al órgano regulador de cualquier emisión que exceda del nivel de notificación o del límite autorizado de descarga, de conformidad con el criterio especificado en la autorización de descarga expedida por el órgano regulador [3].

4.2. Los titulares registrados y los titulares de licencias deberían revisar las descargas y sus medidas de control asociadas a intervalos regulares a la luz de su experiencia operativa. Además, las consecuencias de los cambios en las vías de exposición y en la composición del grupo crítico que pudieran afectar a las dosis calculadas deberían también mantenerse bajo examen y tenerse en cuenta siempre que se revise la autorización de descarga.

4.3. En general, las descargas de fuentes sujetas a inscripción en registro deberán ser menores que las de fuentes sujetas a licencia, y los requisitos para la vigilancia y la notificación de las descargas de radionucleidos pueden ser igualmente menos estrictos, como se indica en la sección 3.

4.4. Los titulares registrados y los titulares de licencias deberían, cuando sea apropiado, establecer y llevar a cabo programas de vigilancia de los efluentes y la radiación ambiental. El propósito de estos programas es garantizar que se satisfagan los requisitos establecidos por el órgano regulador en la concesión de la autorización de descarga, y en particular que sigan siendo válidos los supuestos sobre las condiciones para deducir los límites autorizados de descarga. El programa de vigilancia debería permitir evaluar las exposiciones de los grupos críticos con el debido grado de confianza. La magnitud y el alcance de estos programas de vigilancia deberían estar, como mínimo, en consonancia con las directrices expuestas en la sección 3.

GARANTÍA DE CALIDAD

4.5. Deberían establecerse programas de garantía de calidad adecuados siempre que se requieran programas de vigilancia de efluentes o del medio ambiente.

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

4.6. Deberían incorporarse en los programas de garantía de calidad medidas que satisfagan las siguientes condiciones específicas:

- Los requisitos relativos a la vigilancia de los efluentes y del medio ambiente y la representatividad del muestreo, deberían cumplirse debidamente,
- El sector del medio ambiente seleccionado y la frecuencia de muestreo conexas deberían ser apropiados,
- Los procedimientos de calibración y las pruebas de funcionamiento del equipo de medición deberían ser adecuados,
- Debería establecerse un programa de intercomparación de mediciones,
- Las mediciones deberían ajustarse a las normas internacionales,
- Los laboratorios analíticos deberían estar debidamente acreditados,
- El sistema de mantenimiento de registros debería ser adecuado,
- El procedimiento de notificación debería estar en conformidad con el acordado con el órgano regulador.

INCUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES AUTORIZADOS DE DESCARGA

4.7. En la presente guía de seguridad se formulan directrices para la fijación de límites de descarga aplicables a la utilización normal de las fuentes, incluidas fluctuaciones previstas como las examinadas en la sección 3. Sin embargo, pueden surgir situaciones imprevistas que exijan emitir efluentes por encima de los límites especificados en la autorización. En este caso, el titular de la licencia o el titular registrado debe hacer una solicitud especial en que pormenore las circunstancias que han originado la situación y también justificar la necesidad de la emisión excepcional de efluentes. Después de recibir tal solicitud, el órgano regulador puede conceder una autorización especial de descarga siempre que la dosis máxima futura resultante para el grupo crítico no exceda de 5 mSv en un año y la dosis media anual en un período de cinco años esté limitada a 1 mSv, incluidas las dosis de todas las demás fuentes controladas.

4.8. En otras situaciones en que se rebasen los límites de descarga autorizados el titular registrado o el titular de la licencia debería, según proceda:

- a) Investigar la infracción y sus causas, circunstancias y consecuencias;
- b) Adoptar medidas apropiadas para remediar las circunstancias que llevaron a dicha violación y prevenir la repetición de infracciones similares;

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

- c) Comunicar al órgano regulador las causas de la infracción y las medidas correctoras o preventivas que han sido o serán tomadas;
- d) Adoptar cualquier otra medida que exija el órgano regulador.

4.9. La comunicación de una infracción de los límites autorizados de descarga debería ser rápida, e inmediata cuando se haya producido o se esté produciendo una situación de emergencia por exposición. La no adopción de medidas correctoras o preventivas en un tiempo razonable con arreglo a los reglamentos nacionales debería ser motivo para modificar, suspender o retirar cualquier autorización que hubiese concedido el órgano regulador. El incumplimiento de los límites de descarga autorizados o de otros requisitos reglamentarios concernientes al control de las descargas radiactivas está sujeto a las disposiciones estipuladas en la legislación nacional pertinente o por el órgano regulador.

5. PRÁCTICAS EXISTENTES

5.1. Las secciones 3 y 4 tratan del establecimiento de una autorización de descarga para una instalación nueva o propuesta y de las operaciones previstas en esa autorización. Sin embargo, el órgano regulador puede especificar prácticas o fuentes existentes que ya están emitiendo radionucleidos y que no están funcionando dentro de los requisitos establecidos, es decir, cuando los límites de descarga autorizados y las condiciones conexas no han sido establecidos según lo especificado en las secciones 3 y 4, o no han sido fijados al menos con arreglo a requisitos equivalentes. El objetivo que se persigue no es necesariamente exigir el cese de la práctica, sino el cumplimiento de los requisitos para el control de las descargas de una forma estructurada. En la fig. 2 se muestra un método para la puesta en práctica.

5.2. El órgano regulador debería, en primer lugar, determinar si se exige la especificación de los límites de descarga autorizados como se indica en la sección 3; esto es, debería considerarse si las exposiciones están excluidas, si la práctica está justificada y si la práctica o fuente puede quedar exenta. Como se ha mencionado anteriormente, la justificación de una práctica en general no es responsabilidad únicamente del órgano de protección radiológica.

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

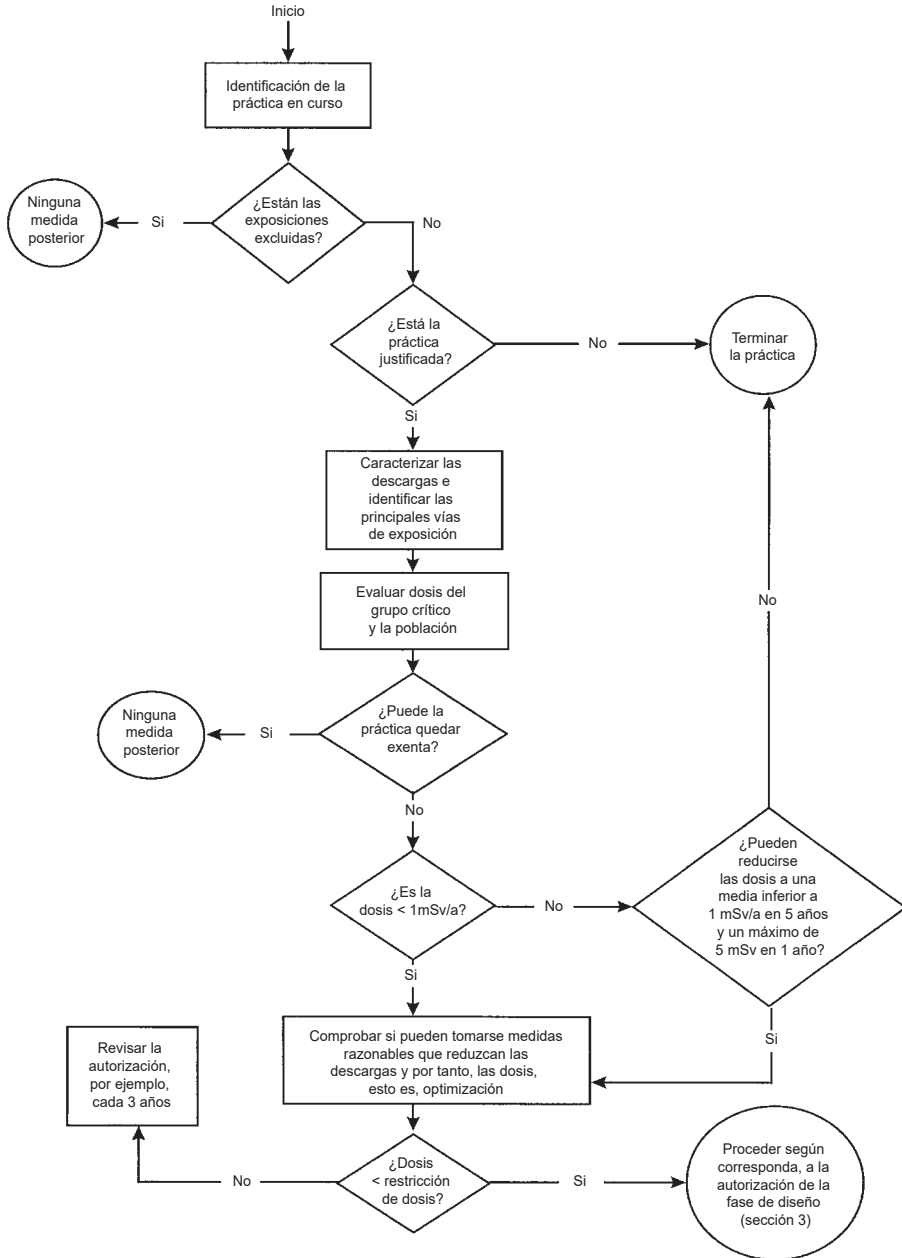


Fig. 2. Procedimiento para establecer autorizaciones de descarga relacionadas con fuentes existentes que no estén funcionando según las condiciones estipuladas en las secciones 3 y 4.

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

5.3. Si se exigen los límites autorizados de descarga, las descargas de la fuente deberían caracterizarse adecuadamente, y debería establecerse una restricción de dosis y un cálculo de dosis apropiado, como se describe en la sección 3. Si las dosis máximas anuales al grupo crítico evaluadas son inferiores a la restricción de dosis, la fuente puede continuar en funcionamiento y el órgano regulador debe establecer los límites de descarga autorizados que se señalan en la sección 3.

5.4. Si las dosis máximas anuales al grupo crítico evaluadas exceden de la restricción de dosis, estas dosis evaluadas deberían compararse con el límite de dosis anual de 1 mSv o con una fracción apropiada del límite de dosis anual, si hay otras fuentes que contribuyan a la dosis del grupo crítico. Si la dosis anual evaluada es mayor que la restricción de dosis pero inferior a 1 mSv, debería establecerse una autorización de descarga como se describe en la sección 3. En circunstancias en que las dosis anuales evaluadas son mayores que 1 mSv, el órgano regulador debería fijar límites autorizados para asegurar que la dosis media anual durante un período de cinco años no sea mayor que 1 mSv y que la máxima dosis anual sea menor que 5 mSv en un año. En las circunstancias en que esto no pueda conseguirse, debería considerarse el cierre de la práctica de descarga, teniendo en cuenta todos los factores pertinentes. En ambas situaciones las autorizaciones deberían revisarse a intervalos frecuentes, como por ejemplo, cada tres años, y deberían centrarse en formas rentables para reducir las descargas, teniendo en cuenta prácticas comparables en otros lugares. El objetivo final es reducir las dosis por debajo de la restricción de dosis que hubiese sido aplicable en el caso de una nueva fuente.

5.5. Puede haber situaciones en las cuales la dosis al grupo crítico supera los límites de dosis debido a una contaminación “preexistente” o a contribuciones actuales de más de una fuente. La contaminación preexistente puede deberse a accidentes o descargas anteriores de fuentes que fueron autorizadas sobre la base de normas previas. Estas contribuciones no deberían considerarse para deducir los límites de descarga actuales, pero sí tratarse en el contexto de una intervención. Si las contribuciones actuales derivadas de diferentes fuentes producen dosis superiores a los límites de dosis, el órgano regulador debería establecer acuerdos con las organizaciones/compañías operadoras de instalaciones para garantizar que se cumplen los límites de dosis. Si no se logra ese acuerdo, el órgano regulador debería establecer y hacer cumplir límites de descarga apropiados.

Apéndice

VALORES SUPERIORES GENÉRICOS DE RESTRICCIÓN DE DOSIS PARA MIEMBROS DEL PÚBLICO

A.1. Para el establecimiento de una restricción de dosis deberían de tenerse en cuenta los siguientes factores:

- a) Las contribuciones de dosis de otras fuentes y prácticas, incluso posibles fuentes y prácticas futuras evaluadas objetivamente a escala regional o mundial;
- b) Cambios razonablemente previsibles en alguna condición que pueda afectar a la exposición del público, como pueden ser los cambios de las características y operación de la fuente, los cambios en las vías de exposición, y en los hábitos o distribución de la población, la modificación de los grupos críticos o los cambios en las condiciones de dispersión en el medio ambiente; y
- c) Cualesquiera incertidumbres, incluso cálculos conservadores asociados con la evaluación de las exposiciones, especialmente de posibles contribuciones a las exposiciones si la fuente y el grupo crítico están separados en distancia o tiempo.

Igualmente debería considerarse lo siguiente:

- a) El resultado de cualquier optimización genérica de protección para la fuente, práctica o tarea; y/o
- b) La experiencia adquirida en la buena gestión de prácticas o fuentes de la misma clase.

A.2. Uno de los aspectos más importantes que hay que tomar en consideración es la posibilidad de que en el futuro se construyan instalaciones similares en el mismo emplazamiento; por ejemplo, una vez construido un reactor en un emplazamiento en particular pueden construirse otros para formar un parque de reactores. Similares consideraciones pueden aplicarse a otras instalaciones; por ejemplo, en un mismo lugar podrían ampliarse laboratorios de investigación u hospitales.

A.3. Muchos países han establecido niveles máximos de exposición individual que efectivamente restringen la optimización de la protección para varias fuentes. Aunque estos valores fueron promulgados sobre bases variables, han llegado a ser valores eficaces, que ahora se conocen como restricciones de

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

dosis. El cuadro II recoge los valores utilizados en algunos Estados Miembros. Hay un intervalo de dosis anuales relativamente estrecho de 100 a 300 μSv , sin embargo, estos valores son todos para instalaciones del ciclo del combustible nuclear (incluidos los reactores).

A.4. Porque no es fácil conseguir restricciones generalmente aplicables para fuentes o prácticas independientes, no es razonable establecer una restricción de dosis genérica única. Sin embargo, es posible calcular un valor superior genérico para una restricción de dosis mediante un procedimiento que tenga en cuenta las estimaciones máximas per cápita de las dosis anuales mundiales y regionales, la acumulación de radionucleidos en el medio ambiente durante un periodo especificado y las contribuciones a la dosis de posibles fuentes exentas. La sustracción de estas contribuciones del límite de dosis anual de 1 mSv arroja valores de dosis en una escala que permite elegir el valor superior genérico de restricción de dosis. Este procedimiento se explica en la fig. 3.

CUADRO II. RESTRICCIONES DE DOSIS Y FUENTES A LAS CUALES SE APLICAN EN DIVERSOS ESTADOS MIEMBROS

País	Restricción de dosis (mSv a^{-1})	Fuente
Argentina	0,3	Instalaciones del ciclo del combustible nuclear
Bélgica	0,25	Reactores nucleares
China	0,25	Centrales nucleares
Italia	0,1	Reactores de agua a presión
Luxemburgo	0,3	Instalaciones del ciclo del combustible nuclear
Holanda	0,3	Instalaciones del ciclo del combustible nuclear
España	0,3	Instalaciones del ciclo del combustible nuclear
Suecia	0,1	Reactores nucleares de potencia
Ucrania	0,08	Reactores nucleares de potencia
	0,2	Instalaciones del ciclo del combustible nuclear
Reino Unido	0,3	Instalaciones del ciclo del combustible nuclear
Estados Unidos de América	0,25	Instalaciones del ciclo del combustible nuclear

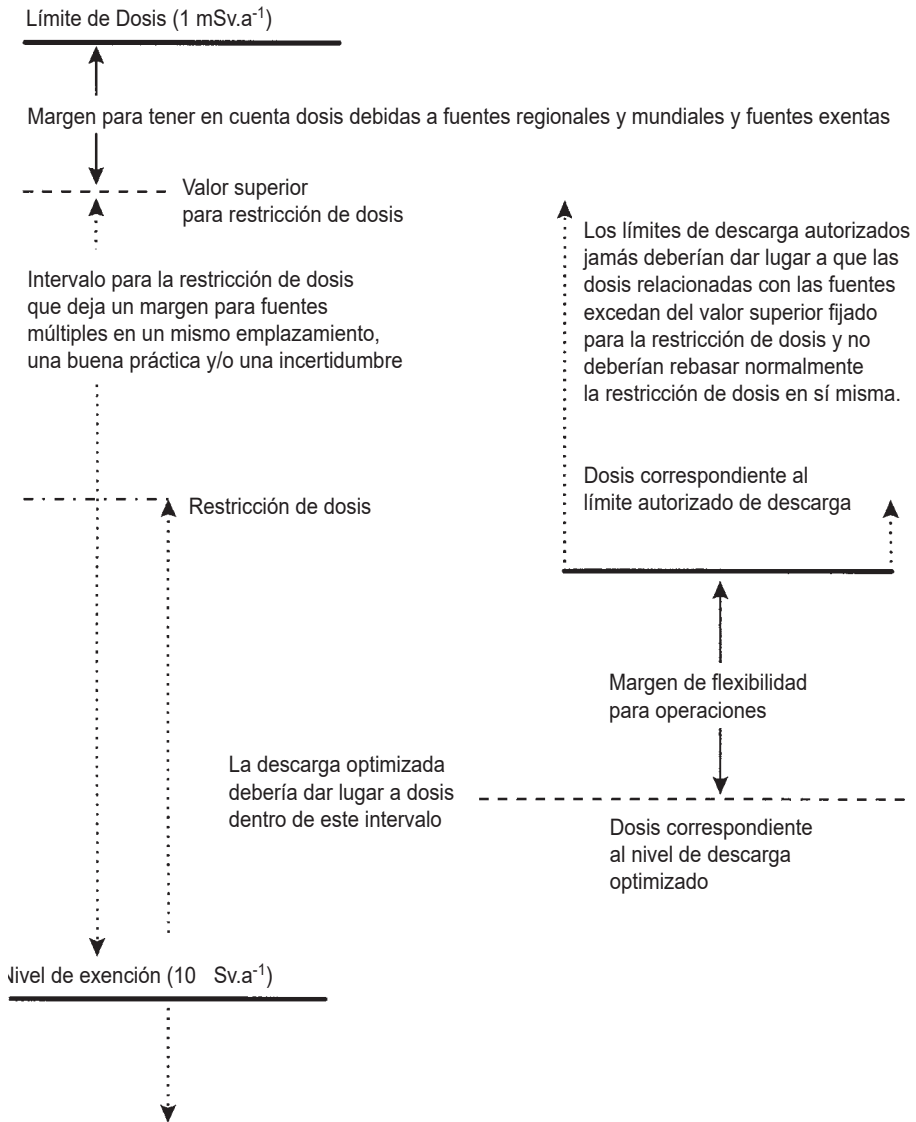


Fig. 3. Aspectos que deben tenerse en cuenta al establecer una restricción de dosis relacionada con fuentes y un límite de descarga autorizado.

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

A.5. El informe del UNSCEAR de 1993 [12] contiene datos de los que puede deducirse una estimación de la dosis de radiación de la población derivada de fuentes mundiales, regionales y de otra procedencia. Las contribuciones mundiales surgen fundamentalmente de emisiones de ^3H , ^{14}C , ^{85}Kr y ^{129}I a la atmósfera producidas por ensayos de armas nucleares anteriores y de la producción de energía nucleoelectrica y del ^{222}Rn emanado de residuos provenientes de la extracción y tratamiento del uranio. Parte de la radiactividad también proviene de la descarga de radionucleidos de período largo durante la producción y utilización de radiofármacos. Supongamos que la energía nucleoelectrica se utilice durante unos 500 años y que todo el combustible gastado durante estos 500 años sea reprocesado (en comparación con casi el 4% actual). La dosis máxima anual futura per cápita de los radionucleidos a nivel mundial puede obtenerse de las dosis efectivas colectivas truncadas a 500 años. Los únicos radionucleidos que contribuyen significativamente a la dosis efectiva colectiva son el ^{14}C y el ^{222}Rn .

A.6. La dosis efectiva colectiva truncada a 500 años para el ^{14}C y el ^{222}Rn en estas circunstancias, deducida a partir del informe del UNSCEAR de 1993 [12], es de 12 Sv hombre $(\text{GW a})^{-1}$. Esto puede equivaler a la dosis anual máxima colectiva futura derivada de 500 años de operaciones normalizadas de producción energética. El UNSCEAR supone un programa nucleoelectrico correspondiente a una potencia instalada de 1 kW per cápita, es decir, de 10^4 GW en 500 años, suponiendo una población mundial de 10^{10} y un nivel de tecnología constante. En consecuencia, la dosis comprometida anual máxima futura per cápita derivada de esos 500 años es de aproximadamente 12 μSv .

A.7. Las estimaciones de dosis regionales han sido también deducidas sobre la base del informe del UNSCEAR de 1993 [12], el cual da una dosis anual máxima colectiva futura de aproximadamente 10 Sv hombre $(\text{GW.a})^{-1}$ si todo el combustible es reprocesado y una población regional hipotética de unos 250 millones de personas. Con una potencia instalada de quizás unos 2 000 GW por año durante un período de 500 años en la industria nuclear de la región, la dosis comprometida máxima futura per cápita sería cerca de 80 μSv en un período de unos 500 años. La contribución dominante proviene de las emisiones acuáticas durante el reprocesamiento y, por lo tanto, el componente regional es susceptible a los supuestos acerca del porcentaje de combustible reprocesado.

A.8. Debería también incluirse la contribución de posibles fuentes exentas. La exención puede concederse sobre la base de una dosis individual anual de 10 μSv o menos para una fuente determinada [3]. En tales circunstancias, podría suponerse una contribución de varias fuentes exentas (del orden de 10).

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

A.9. Por consiguiente, aproximadamente 200 μSv en un año per cápita es el valor máximo futuro estimado para el total de las contribuciones de fuentes mundiales, y regionales y de fuentes exentas. El resto, unos 800 μSv comprometidos en un año, puede considerarse como el límite superior para la restricción de dosis. Sin embargo, atendiendo a un examen de las restricciones de dosis utilizadas en general actualmente en varios países (cuadro II), se sugiere 300 μSv comprometidos en un año como valor implícito para una restricción de dosis asociada a una fuente. Este valor implícito tiene en cuenta la posibilidad de que en un futuro se construyan en las cercanías otras instalaciones que descarguen radionucleidos, como por ejemplo, que se desarrolle un parque de reactores, y que otras fuentes locales puedan contribuir a la dosis comprometida de los miembros del público. Las indicaciones resultantes del procedimiento de evaluación anterior se confirman en la reciente publicación de la CIPR [17], en la que se declara que “para permitir la exposición a múltiples fuentes, el valor máximo de restricción utilizado en la optimización de la protección respecto de una sola fuente debería ser menor de 1 mSv en un año. Podría ser adecuado un valor de no más de aproximadamente 0,3 mSv en un año.” En algunas situaciones especiales, sin embargo, puede haber circunstancias (por ejemplo, para una práctica específica en la que no pueda haber múltiples fuentes que contribuyan a la dosis del público, o en lugares extremadamente alejados, o donde los componentes mundiales y regionales sean evaluados con más exactitud), en las que puedan permitirse restricciones superiores a una dosis anual de 300 μSv , pero menores de 1 mSv en un año.

REFERENCIAS

- [1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA. Principios para la gestión de desechos radiactivos, Colección Seguridad No. 111-F, OIEA, Viena (1996).
- [2] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA DE ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Radiation Protection and the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 120, OIEA, Viena (1996).
- [3] AGENCIA DE ENERGÍA NUCLEAR DE LA ORGANIZACIÓN DE COOPERACIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICO, 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 Y 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 No. 115, OIEA, Viena (1997).
- [4] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, 1990 Recommendations of the ICRP, Publication 60, Ann. ICRP 21 1-3, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1991).
- [5] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Radiological Protection Policy for the Disposal of Radioactive Waste, Publication No. 77, Elsevier, Oxford (1997).
- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Principios y Criterios Técnicos de Seguridad para la evacuación Subterránea de Desechos Radioactivos de Alta Actividad, Colección Seguridad No. 99, OIEA, Viena (1990).
- [7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, AGENCIA DE ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, Principios para la Exención del Control Reglamentario de Prácticas y Fuentes de Radiación, Colección Seguridad No. 89, OIEA, Viena (1989).
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Infraestructura legal y estatal para la Seguridad Nuclear, radiológica, de los Desechos Radiactivos y del Transporte, Colección Normas de Seguridad No. GS-R-1, OIEA, Viena (2004)
- [9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Gestión Previa a la Disposición Final de Desechos Radiactivos, Incluida la Clausura, Colección Normas de Seguridad No. WS-R-2, OIEA, Viena (2004).

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

- [10] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATÓMICA, Safety Management of Waste from the Mining and Milling of Uranium and Thorium Ores, Safety Series No. 85, OIEA, Viena (1987)
- [11] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATOMICA, Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to Environment, Safety Reports Series No. 19, OIEA, Viena (2000)
- [12] NACIONES UNIDAS, Sources and Effects of Ionizing Radiation (1993 Report to the General Assembly), Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), UN, Nueva York (1993)
- [13] AGENCIA DE ENERGÍA NUCLEAR DE LA ORGANIZACIÓN DE COOPERACIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICO, Considerations on the Concept of the Dose Constraint: Report by the Joint Group of Experts from the OECD Nuclear Energy Agency and the European Commission, OECD/NEA, Paris (1996).
- [14] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Operational Radiation Protection: A Guide to Optimization, Safety Series No. 101, OIEA, Viena (1990).
- [15] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Evaluating the Reliability of Predictions Made Using Environmental Transfer Models, Safety Series No. 100, OIEA, Viena (1989)
- [16] COMISIÓN ECONÓMICA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EUROPA, Convention Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context (adopted at Espoo, Finland, 25 February 1991). Naciones Unidas, Nueva York y Ginebra (1994).
- [17] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Radiological Protection Policy for the Disposal of Radioactive Waste, Publication No. 77, Ann. ICRP 27, Supplement 1997, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1997).

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

Anexo

CONCEPTOS BÁSICOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PERTINENTES PARA ESTA GUÍA DE SEGURIDAD

A-1. La exposición a altas dosis de radiación puede causar síndromes agudos que se manifiestan clínicamente en las personas expuestas en un corto plazo después de la exposición. Tales efectos se denominan efectos *deterministas* porque ocurren con certeza si la dosis excede del nivel umbral y su severidad aumenta con la dosis. A dosis más bajas, definidas por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) como dosis absorbidas menores de 0,2 Gy, la exposición a la radiación puede inducir malignidades en las personas expuestas y podría también producir efectos hereditarios nocivos en su prole. Estos efectos se denominan *estocásticos* debido a su naturaleza aleatoria. Se caracterizan por su probabilidad de aparición, que está en función de la dosis, dentro de una amplia gama de dosis, sin umbral, aunque su severidad es independiente de la dosis.

A-2. Para los fines de la protección radiológica, se supone que hay *proporcionalidad* entre la dosis y la probabilidad de un efecto estocástico dentro del intervalo de dosis considerado en protección radiológica. Esta suposición trae como consecuencia que las dosis sean aditivas en el sentido de que iguales incrementos de dosis dan lugar a iguales incrementos en la probabilidad de un efecto deletéreo, los cuales son independientes de la dosis previamente acumulada.

A-3. La CIPR (ref. [A-1]) y las NBS (ref. [A-2]) definen el riesgo como una magnitud de atributos múltiples que expresa una probabilidad de consecuencias nocivas asociada con una exposición a la radiación. Los parámetros que definen el riesgo incluyen magnitudes tales como la probabilidad de que puedan surgir consecuencias deletéreas específicas y la envergadura y el carácter de tales consecuencias. A los efectos de este documento, la palabra *riesgo* se entiende como la probabilidad de que una persona determinada manifieste un efecto estocástico severo como resultado de una dosis de radiación. Según la suposición de proporcionalidad mencionada anteriormente, el riesgo para una persona es proporcional a la dosis efectiva que esta ha recibido. La dosis efectiva se basa en el concepto de que, a un nivel determinado de protección, el riesgo debería ser igual si todo el cuerpo es irradiado uniformemente o si la irradiación no es uniforme o es parcial. La dosis efectiva, E , se define como:

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

$$E = \sum_T w_T H_T \quad (\text{A-1})$$

Donde H_T es la dosis media equivalente en cada tejido T , y w_T es el correspondiente factor de ponderación propuesto por la CIPR para el tejido T . La unidad de la dosis efectiva es el sievert (Sv).

A-4. La CIPR ha establecido el concepto de *dosis comprometida*, que se define como la suma de la dosis que podría recibir por una persona durante un período determinado con posterioridad a la incorporación de una sustancia radiactiva. Cuando este tiempo de integración no se especifica, se supone que sean 50 años para los adultos y hasta 70 años para los niños. Este concepto es necesario para aplicar el objetivo básico de la protección radiológica de limitar el riesgo de por vida comprometido en un año de realización de una práctica en lugar de limitar la dosis recibida en ese año.

A-5. La magnitud que refleja el riesgo comprometido en cualquier año es la suma de la dosis efectiva de irradiación externa en ese año y la dosis efectiva comprometida por la incorporación en ese mismo año. El término *dosis anual* utilizado en esta guía de seguridad incluye ambas magnitudes. En sentido más general, el término dosis, a no ser que se especifique de otro modo, se refiere a la suma de las dosis efectivas que recibe una persona, acumuladas en un periodo determinado por irradiación externa y las dosis efectivas comprometidas por incorporación en ese mismo período.

A-6. Las magnitudes dosimétricas antes mencionadas se relacionan todas con la exposición de una persona. El impacto total de la exposición a la radiación debido a una práctica o fuente determinada depende del número de personas expuestas y de las dosis que reciban. *La dosis colectiva*, definida como la suma

$$S = \sum_i E_i N_i$$

de los productos de las dosis medias E_i en los diversos grupos de personas expuestas y del número de personas N_i en cada grupo i , puede utilizarse para caracterizar el impacto total de radiación de la práctica o fuente. La unidad de dosis colectiva es el sievert hombre (Sv hombre).

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

A-7. Un concepto importante que ha de utilizarse en la limitación de las descargas radiactivas es el concepto de *dosis comprometida*. Si la práctica continúa durante un lapso prolongado, los radionucleidos de período largo emitidos al medio ambiente causarán exposiciones, que al inicio se incrementan con el tiempo y generalmente alcanzan un máximo después varios años. La dosis comprometida es la integral para un tiempo infinito de la tasa de dosis media (per cápita) (t) causada por la práctica:

$$E_c = \int_0^{\infty} \dot{E}_i N_i \quad (\text{A-2})$$

Análogamente, la *dosis colectiva comprometida* puede definirse como una medida de la exposición total de un grupo de población derivada de una unidad de ejecución de la práctica. Esta es la integral para un tiempo infinito de la tasa de dosis colectiva S causada por esa práctica:

$$S_c = \int_0^{\infty} \dot{S}(t) \cdot dt \quad (\text{A-3})$$

A-8. Puede demostrarse (ref. [A-3]) que, si el período de integración se elige para que sea igual que la duración prevista T de la práctica y si puede suponerse que la práctica continúa a tasa constante, entonces la dosis comprometida *incompleta* (o *truncada*) por unidad de práctica (por ejemplo, un año de ejecución de la práctica) es igual al máximo per cápita de la dosis anual en el futuro:

$$E_{max} = \int_0^T \dot{E}(t) \cdot d(t) \quad (\text{A-4})$$

De manera análoga, el compromiso de dosis colectiva *incompleto* (o *truncado*) por unidad de práctica (por ejemplo un año de ejecución de la práctica), integrado durante el periodo previsto de duración de T de la práctica es igual a la dosis colectiva máxima anual futura de la práctica:

$$S_{max} = \int_0^T \dot{S}(t) \cdot d(t) \quad (\text{A-5})$$

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

A-9. Estos conceptos de dosis comprometida y dosis comprometida incompleta son particularmente importantes para la limitación de las descargas radiactivas de prácticas o fuentes que se mantienen durante períodos prolongados y que emiten radionucleidos de período largo que permanecen en el medio ambiente durante mucho tiempo. En estos casos, los límites de descarga deberían estar dirigidos a limitar la dosis anual comprometida en un año de ejecución de la práctica – la cual coincide con el valor de la dosis máxima anual futura – y no de la dosis causada en un año en particular.

A-10. Las sustancias radiactivas emitidas al medio ambiente son fuentes de exposición a la radiación para los seres humanos. Tales emisiones pueden producirse por la ejecución, de varias prácticas, que se definen como aquellas actividades humanas que incrementan la dosis de radiación que las personas normalmente reciben debido a la radiación de fondo, o que incrementan la probabilidad de que ellas sufran una exposición.

A-11. Las NBS (ref. [A-2]) establecen los requisitos para la protección contra los riesgos asociados con la exposición a la radiación y para la seguridad de las fuentes de radiación que pueden originar tales exposiciones. En particular, definen los requisitos que debería imponer el órgano regulador *antes* de que se inicien las descargas al medio ambiente y durante las posteriores operaciones de descarga.

A-12. “Los principios de protección y seguridad radiológicas en los cuales se basan las Normas (básicas de seguridad), son los establecidos por la CIPR.” (Véase ref. [A-4] y ref. [A-5], preámbulo). En resumen, los principios indican que la práctica que entraña o puede entrañar exposición a la radiación sólo se adopte si produce suficientes beneficios a las personas expuestas o a la sociedad para compensar el detrimento radiológico que causa o puede causar (principio de justificación de una práctica); que las dosis individuales debidas a la combinación de las exposiciones producidas por todas las prácticas de interés no excedan de los límites de dosis especificados (principio de limitación de dosis individuales); que las fuentes de radiación y las instalaciones tengan los mejores medios de protección disponibles en las circunstancias imperantes, para que las magnitudes de las exposiciones y el número de personas expuestas se mantengan al nivel más bajo que pueda razonablemente alcanzarse, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales, y que se restrinjan las dosis que produzcan esas fuentes e instalaciones (principio de optimización de la protección).

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

A-13. El principio de justificación se aplica a la práctica en su totalidad y no solamente a determinadas partes de la práctica, como las descargas de radionucleidos derivadas de ella, aunque algunas de las exposiciones ulteriores se tendrían en cuenta en el proceso de justificación. Las decisiones sobre la justificación de una práctica sobrepasan la protección radiológica y entrañan el estudio de los beneficios de la práctica. De ahí que por lo general esas decisiones no sean sólo responsabilidad del órgano regulador.

A-14. Los *límites de dosis* (cuadro A-I) son aplicables a la totalidad de *las exposiciones atribuibles a las prácticas*. En consecuencia, la dosis anual recibida de una fuente dentro de una práctica debería ser tal que, tomada junto con las contribuciones a la dosis anual de otras fuentes sujetas a control, no se rebase el límite de dosis anual pertinente, tanto en el presente como en el futuro.

A-15. En el caso de una práctica o fuente determinada que descarga efluentes radiactivos al medio ambiente, la condición anterior se aplica a la dosis individual media anual de los miembros del *grupo crítico* relacionada con esa práctica o fuente. El grupo crítico es un grupo representativo de las personas se prevé que reciban las dosis más altas de la fuente sujeta a control y que se define como razonablemente homogéneo con respecto a los factores que afectan a la dosis recibida. Se adopta el concepto de grupo crítico porque el comportamiento medio de un grupo de personas, más que el de una persona, es el que con mayor probabilidad refleje un comportamiento continuo en el futuro. El órgano regulador debería observar que las personas más expuestas pueden encontrarse allende las fronteras nacionales y esto debería tenerse en cuenta al fijar los límites de descarga. En la estimación de las dosis al grupo crítico deberían tenerse en cuenta posibles acumulaciones de material radiactivo en el medio ambiente debido a descargas presentes y futuras.

A-16. Las personas quedan expuestas a través de las *vías de exposición*, que son rutas por las que el material radiactivo puede alcanzar o irradiar a los seres humanos. Ejemplos de vías de exposición son el consumo de peces que contienen radionucleidos descargados en ríos o mares y la irradiación externa de radionucleidos emisores gamma descargados a la atmósfera. La importancia de una vía de exposición en particular depende de las propiedades físicas y químicas de los radionucleidos correspondientes, así como de las características específicas del medio y de los hábitos de la población expuesta. (véase la ref. [A-6]).

A-17. Los límites de dosis están relacionados con las personas independientemente de las fuentes de exposición, y son aplicables, como se ha

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

mencionado, a la dosis total derivada de todas las fuentes pertinentes que afectan a un grupo determinado de la población. Por lo tanto, no pueden, en principio, aplicarse directamente para limitar la contribución a la dosis de una fuente o práctica en particular si el grupo crítico para esa práctica o fuente es susceptible de estar expuesto a otras fuentes. Por consiguiente, la limitación de las descargas radiactivas de una práctica o fuente debería dar lugar a una limitación de la dosis específica de cada fuente, para las personas del grupo crítico.

A-18. Según las recomendaciones de la CIPR (ref.[A-1]) y de las NBS (ref. [A-2]), la optimización de la protección radiológica debería estar acotada por la restricción de las dosis recibidas por las personas de la práctica o fuente en consideración. Para este fin, *la restricción de dosis* debe fijarse antes de la optimización de la protección en el diseño y la aplicación de los sistemas de descarga radiactiva. Su función es poner un tope a los valores de las dosis individuales que pueden derivarse de la ejecución de las prácticas o la utilización de las fuentes en particular, y sobre todo, de sus descargas radiactivas. En otras palabras, la opción de tratamiento y descarga de efluentes elegida como resultado del proceso de optimización debería satisfacer el requisito de que las dosis correspondientes a las personas del grupo crítico no rebasen la restricción de dosis.

CUADRO A-I. LÍMITES DE DOSIS PARA MIEMBROS DEL PÚBLICO (ref. [A-2])

Dosis	Nivel
Dosis efectiva	1 mSv en un año; en circunstancias especiales hasta 5 mSv en un solo año siempre que la dosis media en cinco años consecutivos no exceda de 1 mSv por año
Dosis equivalente al cristalino	15 mSv en un año
Dosis equivalente a la piel	50 mSv en un año, promediado sobre 1 cm ² de la zona de la piel más irradiada

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

A-19. El empleo de la restricción de dosis es *prospectivo* porque sólo se aplica a la planificación de la protección planeada en el diseño y la aplicación del sistema de descargas radiactivas. *Las restricciones de dosis no deben ser consideradas como límites para fines operacionales.* Por el contrario, cuando la optimización de la protección bajo restricción concluye, las restricciones dejan de ser operacionalmente pertinentes y como resultado de esa optimización deben seleccionarse límites de descarga autorizados (en función de la actividad por tiempo unitaria), correspondientes a dosis individuales que no excedan de las restricciones, los que se utilizarán como límites reales para las operaciones. (ref. [A-7])

A-20. Aunque se expresa en función de la dosis individual, la restricción de dosis es una magnitud asociada a la fuente que tiene que ver con el sistema de descarga al que se aplica el proceso de optimización. La exposición a la que se aplica la restricción de dosis se expresa normalmente en función de la dosis anual prospectiva a cualquier grupo crítico, para todas las vías de exposición, derivada de las operaciones previstas del sistema de descarga radiactiva.

REFERENCIAS DEL ANEXO

- [A-1] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, 1990 Recommendations of the ICRP, Publication 60, Ann. ICRP 21 1-3, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1991).
- [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 Y 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 No. 115, OIEA, Viena (1997).
- [A-3] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Radiological Protection Policy for the Disposal of Radioactive Waste, Publication No. 77, Elsevier, Oxford (1997).
- [A-4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA. Principios para la gestión de desechos radiactivos, Colección Seguridad No. 111-F, OIEA, Viena (1996).
- [A-5] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Radiation Protection and the Safety of Radiation Sources, Colección Seguridad No. 120, OIEA, Viena (1996).
- [A-6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to Environment, Colección de Informes de Seguridad No. 19, OIEA, Viena (2000)
- [A-7] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA ORGANIZACIÓN DE COOPERACIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICOS, Considerations on the Concept of the Dose Constraint: Report by the Joint Group of Experts from the OECD Nuclear Energy Agency and the European Commission, AEN/OCDE, París (1996).

COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y REVISIÓN

Ancius, D.	Lithuanian Nuclear Power Inspectorate (Lituania)
Brenot, J.	Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (Francia)
Bunina, I.	National Radiation Protection Institute (República Checa)
Cooper, J.	National Radiological Protection Board (Reino Unido)
Crick, M.J.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Duncan, A.	The Environment Agency (Reino Unido)
Holland, B.	Australian Nuclear Science and Technology Organisation (Australia)
Ilari, O.	Consultor (Italia)
Jones, C.G.	Nuclear Regulatory Commission (Estados Unidos de América)
Keenan, N.H.	Council for Nuclear Safety (Sudáfrica)
Krishnamony, S.	Bhabha Atomic Research Centre (India)
Larson, C.M.	Swedish Radiation Protection Institute (Suecia)
Legin, V.K.	Scientific Industrial Association “Radium Institute” (Federación de Rusia)
Lindell, B.	Swedish Radiation Protection Institute (Suecia)
Linsley, G	Organismo Internacional de Energía Atómica
Malátová, I.	National Radiation Protection Institute (República Checa)
Park, Chong Mook	Korea Atomic Energy Research Institute (República de Corea)
Telleria, D.M.	Autoridad Regulatoria Nuclear (Argentina)
Tostowaryk, T.	Atomic Energy Control Board of Canada (Canadá)
Weedon, C.	The Environment Agency (Reino Unido)
Wirth, E.	Bundesamt für Strahlenschutz (Alemania)

La publicación GSG-9 sustituye a la presente publicación.

ÓRGANOS ASESORES PARA LA ADOPCIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD

Comisión Asesora sobre Normas de Seguridad de las Radiaciones

Canadá: Measures, M.; *China:* Ziqiang, P.; *Francia:* Pieckowski, J.; *Ghana:* Fletcher, J.J.; *Alemania:*, Landfermann, H.-H.; *Irlanda:* Turvey, F.J.; *Japón:* Matsumoto, Y.; *Federación Rusa:* Kutkov, V.A.; *Sudáfrica:* Olivier, J.H.I.; *España:* Butragueño, J.L.; *Suiza:* Jeschki, W.; *Ucrania:* Rudy, C.G.; *Reino Unido:* Creswell, L. (Presidente); *Estados Unidos de América:* Cool, D. A.; *Comisión Europea:* Fraser, G.; *OIEA:* Mason, C. (coordinador); *Comisión Internacional de Protección Radiológica:* Valentin, J.; *Organización Internacional del Trabajo:* Niu, S.; *OCDE/NEA:* Lazo, E; *Organización Panamericana de la Salud:* Borrás, C.; *Organización Mundial de la Salud:* Souchkevitch, G.

Comité Asesor sobre Normas de Seguridad de los Desechos

Argentina: Siraky, G; *Canadá:* Ferch, R; *China:* Luo, S; *Francia:* Brigaud, O; *Alemania:* Von Dobschütz, P; *Japón:* Kuwabara, Y; *México:* Ortiz Magaña, R; *República de Corea:* Park, S; *Federación rusa:* Poliakov, A; *Sudáfrica:* Metcalf, P (Presidente); *España:* Gil López, E; *Suecia:* Norrby, S; *Reino Unido:* Brown, S; *Estados Unidos de América:* Huizenga, D; *OIEA:* Delattre, D (Coordinador); *OCDE/AEN:* Riote, H

Comisión Asesora sobre Normas de Seguridad

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

