

COLECCIÓN DE NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Protección radiológica ocupacional

PATROCINADA CONJUNTAMENTE POR EL
ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA Y LA
OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO



IAEA



GUÍA DE SEGURIDAD

Nº RS-G-1.1



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

PUBLICACIONES DEL OIEA RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

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

Las publicaciones de reglamentación conexas mediante las cuales el OIEA establece normas y medidas de seguridad figuran en la **Colección de Normas de Seguridad del OIEA**. Esta Colección abarca seguridad nuclear, seguridad radiológica, seguridad del transporte y seguridad de los desechos, así como seguridad en términos generales (es decir, pertinente a dos o más de las cuatro esferas). Dentro de esta Colección se incluyen las categorías de **Nociones fundamentales de seguridad**, **Requisitos de seguridad** y **Guías de seguridad**.

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

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

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

Aunque las normas de seguridad del OIEA no son jurídicamente vinculantes para los Estados Miembros, éstos pueden adoptarlas, a su discreción, para utilizarlas en sus reglamentos nacionales respecto de sus propias actividades. Las normas son de obligado cumplimiento para el OIEA en relación con sus propias operaciones, así como para los Estados en relación con las operaciones para las que éste preste asistencia.

Se puede obtener información sobre el programa de Normas de seguridad del OIEA (incluidas ediciones en otros idiomas además del inglés) en el sitio del OIEA en Internet:

www-ns.iaea.org/standards/

o solicitándola por escrito a la siguiente dirección: Sección de Coordinación de la Seguridad, OIEA, P.O. Box 100, A-1400 Viena (Austria).

OTRAS PUBLICACIONES DEL OIEA RELACIONADAS CON LA SEGURIDAD

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

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

Otras colecciones del OIEA que incluyen publicaciones relacionadas con la seguridad son la **Colección de Informes Técnicos**, la **Colección de Informes de Evaluaciones Radiológicas**, la **Colección INSAG**, la **Colección TECDOC**, la **Colección de Normas de Seguridad Provisionales**, la **Colección de Cursos de Capacitación**, la **Colección de Servicios del OIEA** y la **Colección de Manuales de Informática**, así como las que aparecen bajo los títulos de **Practical Radiation Safety Manuals** y **Practical Radiation Technical Manuals**. El OIEA también edita informes sobre accidentes radiológicos y otras publicaciones especiales.

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OCUPACIONAL

© OIEA, 2004

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

Impreso por el OIEA en Austria
Febrero de 2004
STI/PUB/1081

COLECCIÓN DE NORMAS DE SEGURIDAD N° RS-G-1.1

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OCUPACIONAL

GUÍA DE SEGURIDAD

PATROCINADA CONJUNTAMENTE POR EL
ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA Y LA
OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA, 2004

ESTA PUBLICACIÓN DE LA COLECCIÓN DE NORMAS DE SEGURIDAD SE
PUBLICA TAMBIEN EN FRANCÉS, INGLÉS Y RUSO

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OCUPACIONAL
OIEA, VIENA, 2004
STI/PUB/1081
ISBN 92-0-300604-4
ISSN 1020-5837

PRÓLOGO

por Mohamed ElBaradei
Director General

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

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

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

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

Si bien las mencionadas normas establecen las bases esenciales para la seguridad, puede ser también necesario incorporar requisitos más detallados, acordes

con la práctica nacional. Además, existirán por lo general aspectos especiales que hayan de ser dictaminados por expertos atendiendo a las circunstancias particulares de cada caso.

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

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

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

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

PREFACIO

La exposición ocupacional a la radiación ionizante puede ocurrir en una diversidad de industrias, instituciones médicas, establecimientos de enseñanza e investigación e instalaciones del ciclo del combustible nuclear. La protección radiológica adecuada de los trabajadores es esencial para el uso seguro y aceptable de la radiación, los materiales radiactivos y la energía nuclear.

En 1996 el Organismo publicó las Nociones fundamentales sobre protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación (OIEA, Colección Seguridad N° 120) y las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación (OIEA, Colección Seguridad N° 115), ambas auspiciadas en conjunto por la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE, el OIEA, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la Organización Internacional del Trabajo, la Organización Mundial de la Salud y la Organización Panamericana de la Salud. En estas publicaciones se presentan, respectivamente, los objetivos y los principios de seguridad radiológica y los requisitos que han de cumplirse para aplicar los principios y alcanzar los objetivos.

El establecimiento de requisitos y orientaciones de seguridad sobre la protección radiológica ocupacional es un importante componente del apoyo a la seguridad radiológica que brinda el OIEA a sus Estados Miembros. El objetivo del programa de protección ocupacional de OIEA es promover un criterio internacionalmente armonizado respecto de la optimización de la protección radiológica ocupacional mediante la elaboración y aplicación de directrices para la restricción de las exposiciones a la radiación y la aplicación de las técnicas actuales de protección radiológica en el lugar de trabajo.

Las orientaciones sobre el cumplimiento de los requisitos de las Normas básicas de seguridad para la protección ocupacional se presentan en tres Guías de seguridad interrelacionadas, una que ofrece una guía general para la elaboración de los programas de protección radiológica ocupacional y dos que brindan una orientación más detallada sobre la vigilancia y evaluación de la exposición de los trabajadores debida a fuentes externas de radiación y a incorporaciones de radionucleidos, respectivamente. Estas Guías de seguridad en su conjunto recogen los actuales principios internacionalmente aceptados y las prácticas recomendadas en protección radiológica ocupacional, teniendo en cuenta los principales cambios que han tenido lugar en la pasada década.

Las tres Guías de seguridad sobre protección radiológica ocupacional fueron auspiciadas por el OIEA y la Oficina Internacional del Trabajo conjuntamente.

La presente Guía de seguridad ofrece una orientación general sobre el establecimiento de un programa de protección radiológica eficaz relacionado con la exposición ocupacional, en consonancia con los requisitos de las Normas básicas de

seguridad y adecuado para las fuentes de radiación que puedan encontrarse en los lugares de trabajo en cuestión.

NOTA EDITORIAL

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

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

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

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
	Antecedentes (1.1–1.5)	1
	Objetivo (1.6)	2
	Alcance (1.7)	3
	Estructura (1.8)	3
2.	SISTEMA PARA LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OCUPACIONAL	3
	Prácticas e intervención (2.1–2.5)	3
	Exposición ocupacional (2.6–2.10)	5
	Niveles de referencia (2.11–2.15)	6
	Aplicación de las NBS a las fuentes naturales de radiación (2.16–2.30) ...	7
	Requisitos de protección radiológica (2.31–2.32)	12
	Responsabilidades (2.33–2.42)	15
	Magnitudes dosimétricas (2.43–2.46)	19
3.	LIMITACIÓN DE DOSIS	21
	Límites de dosis (3.1–3.9)	21
	Circunstancias especiales (3.10–3.12)	24
	Límites de exposición para los radionucleidos descendientes del radón y del torón (3.13)	25
4.	OPTIMIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA LAS PRÁCTICAS	26
	Consideraciones generales (4.1–4.7)	26
	Compromiso para optimizar la protección (4.8–4.12)	28
	Empleo de técnicas de ayuda a la toma de decisiones (4.13–4.16)	28
	Papel de las restricciones de dosis (4.17–4.21)	30
	Papel de los niveles de investigación (4.22–4.23)	31
5.	PROGRAMAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	32
	Objetivos (5.1–5.3)	32
	Evaluación radiológica previa y evaluación de la seguridad (5.4–5.9)	33

Alcance y estructura del programa de protección radiológica (5.10–5.11)	35
Asignación de responsabilidades (5.12–5.16)	35
Clasificación de zonas (5.17–5.31)	37
Reglas locales, supervisión y equipo de protección personal (5.32–5.35)	41
Planificación y permisos para el trabajo con radiación (5.36–5.38)	43
Vigilancia radiológica y evaluación de dosis (5.39–5.91)	44
Información y capacitación (5.92–5.100)	59
Garantía de calidad (5.101–5.109)	61
Auditorías y exámenes (5.110–5.111)	63
 6. INTERVENCIÓN EN EMERGENCIAS	 64
Consideraciones generales (6.1)	64
Planificación de emergencia y responsabilidades (6.2–6.5)	64
Consecuencias inmediatas de un accidente (6.6)	65
Acciones de emergencia (6.7–6.9)	66
Protección de los trabajadores que participan en una intervención (6.10–6.20)	66
 7. VIGILANCIA DE LA SALUD	 70
Objetivos de la vigilancia de la salud (7.1–7.2)	70
Responsabilidades en relación con la vigilancia de la salud (7.3–7.4) ...	70
Examen médico de los trabajadores (7.5–7.11)	70
Información y capacitación para los médicos (7.12–7.13)	72
Asesoramiento (7.14–7.15)	73
Atención a los trabajadores sobreexpuestos (7.16–7.20)	73
 REFERENCIAS	 75
 COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y EXAMEN	 78
 ÓRGANOS ASESORES PARA LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD	 79

1. INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

1.1. La exposición ocupacional a la radiación puede ocurrir como resultado de diversas actividades llevadas a cabo por el hombre, incluido el trabajo asociado a las diferentes etapas del ciclo de combustible nuclear, el uso de fuentes radiactivas y los equipos de rayos X en la medicina, la investigación científica, la agricultura y la industria, así como en ocupaciones que implican el manejo de materiales con concentraciones elevadas de radionucleidos de origen natural.

1.2. En la publicación del OIEA sobre Nociones fundamentales de seguridad: “Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación” [1], se presentan los objetivos, conceptos y principios de la protección radiológica y la seguridad. Los requisitos trazados para alcanzar los objetivos y aplicar los principios especificados en las Nociones fundamentales de seguridad, incluidos los requisitos para la protección de los trabajadores expuestos a las fuentes radiactivas, están establecidos en las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación (Normas básicas de seguridad o NBS), conjuntamente patrocinadas por el OIEA y otras cinco organizaciones internacionales [2].

1.3. El OIEA y la Oficina Internacional del Trabajo (OIT) prepararon conjuntamente tres Guías de seguridad. Estas guías brindan orientación y están relacionadas con el cumplimiento de los requisitos de las Normas básicas de seguridad en relación con la exposición ocupacional. En la presente Guía de seguridad se ofrecen recomendaciones en cuanto a las condiciones de exposición para las que deben prepararse programas de vigilancia, con el fin de evaluar las dosis de los trabajadores por irradiación externa y por la incorporación de radionucleidos. Las otras dos Guías de seguridad ofrecen una orientación más específica sobre la determinación de las dosis provenientes de fuentes externas de radiación [3] y por la incorporación de materiales radiactivos [4]. En la Fig. 1 se muestra el orden jerárquico de las Normas de seguridad del OIEA para la protección radiológica ocupacional.

1.4. La Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) también ha desarrollado recomendaciones acerca de la protección radiológica ocupacional [5]. En la preparación de esta Guía de seguridad se han tomado en cuenta éstas y otras recomendaciones actuales de la CIPR [7] y de la Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas (CIURM) [7–9].

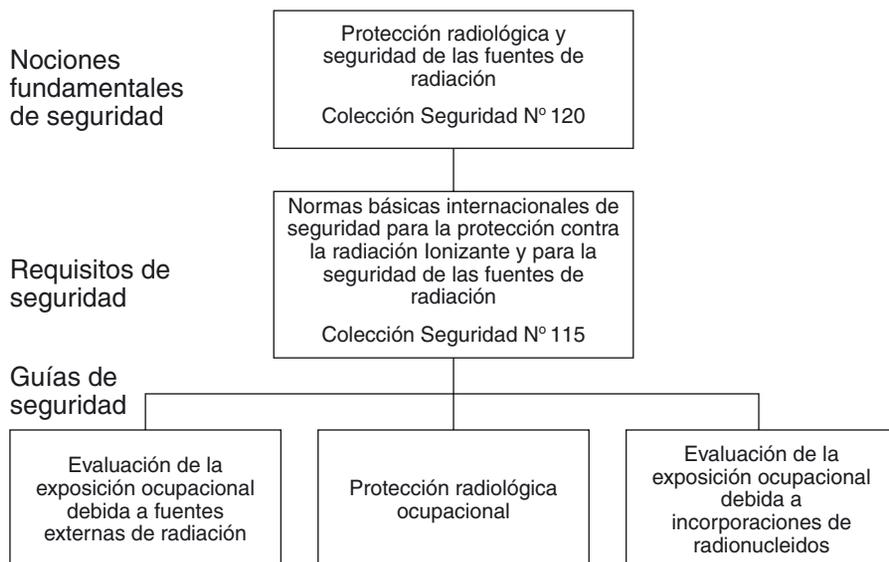


FIG. 1. Normas de seguridad del OIEA para la protección radiológica ocupacional.

1.5 Se reconoce que la protección radiológica es sólo uno de los componentes dirigidos a proteger la salud general y la seguridad del trabajador. El programa de protección radiológica debería establecerse y dirigirse conjuntamente con otras disciplinas relacionadas con la salud y la seguridad, tales como la higiene industrial, la seguridad industrial y la seguridad contra incendios.

OBJETIVO

1.6 El objetivo de esta Guía de seguridad es brindar orientación sobre el control de las exposiciones ocupacionales, como se define de forma más completa en la Sección 2. Las recomendaciones dadas están destinadas a las autoridades reguladoras, pero también serán útiles a empleadores, titulares licenciados y titulares registrados, órganos de dirección y sus asesores especializados, así como a los comités de salud y seguridad que tienen que ver con la protección radiológica de los trabajadores. Los trabajadores y sus representantes también pueden utilizar las recomendaciones para promover prácticas de trabajo seguras.

ALCANCE

1.7. Esta Guía de seguridad aborda los aspectos técnicos y organizativos del control de las exposiciones ocupacionales, tanto en situaciones de exposición normal como para las exposiciones potenciales. Se trata de proporcionar un enfoque integrado para el control de las exposiciones normales y potenciales debido a la irradiación externa e interna proveniente de fuentes artificiales o naturales de radiaciones.

ESTRUCTURA

1.8. La Sección 2 de esta Guía de seguridad presenta un sistema estructurado de recomendaciones destinado a satisfacer los requisitos para la protección radiológica ocupacional y desarrolla la definición de exposición ocupacional que aparece en las NBS. Una subsección importante se relaciona con la aplicación de las NBS a las exposiciones provenientes de fuentes naturales. Subsecciones ulteriores tienen que ver con cuestiones de protección y seguridad radiológicas, con las responsabilidades y con las magnitudes dosimétricas. La Sección 3 abarca la aplicación práctica de los límites de dosis para la exposición ocupacional, en particular el promedio de dosis en períodos de cinco años. La Sección 4 trata sobre la optimización de la protección y la seguridad. La Sección 5 está dirigida al desarrollo de un programa de protección y seguridad radiológicas, incluidas recomendaciones para el control de la exposición ocupacional, tales como la clasificación de áreas de trabajo, la evaluación de las dosis que reciben los trabajadores, la capacitación, la conservación de los registros y la garantía de calidad. La Sección 6 brinda orientación para trabajadores que intervienen en una emergencia. La Sección 7 abarca la vigilancia de la salud de los trabajadores sobre la base de los principios generales de la salud ocupacional y aborda el tema relacionado con la atención a los trabajadores que han recibido dosis por encima de los límites de dosis.

2. SISTEMA PARA LA LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OCUPACIONAL

PRÁCTICAS E INTERVENCIÓN

2.1. Para establecer los principios de protección radiológica se definen dos tipos de situaciones: prácticas e intervenciones. Las prácticas son aquellas actividades humanas que adicionan exposición a aquella que normalmente reciben las personas

debido a las fuentes existentes de radiación, o que aumentan la probabilidad de dichas exposiciones. Las intervenciones son actividades humanas que no forman parte de una práctica controlada y que tienen como objetivo reducir la exposición existente o la probabilidad de que ocurra una exposición. Antes del comienzo de una práctica se pueden adoptar medidas de protección y seguridad radiológicas, restringiendo las exposiciones o la probabilidad de que ocurran desde el inicio mismo de la práctica. En el caso de la intervención, las circunstancias que originan la exposición o la probabilidad de exposición existen de antemano y su reducción sólo puede ser posible mediante acciones protectoras o reparadoras.

2.2. Algunas exposiciones resultantes de la realización de prácticas ocurrirán casi con certeza y sus magnitudes serán previsibles, aunque con cierto grado de incertidumbre. En las NBS se hace referencia a tales exposiciones como “exposiciones normales”. Además, pueden preverse situaciones en las cuales exista una determinada posibilidad de exposición pero no la certeza de que realmente vaya a ocurrir. Estas exposiciones poco probables, pero a la vez posibles, se denominan “exposiciones potenciales”. El alcance de las NBS abarca tanto las exposiciones normales como las potenciales.

2.3. En las NBS (Ref. [2], párr. 3.1), se reconocen dos tipos de situaciones de intervención:

- “a) las situaciones de exposición de emergencia que requieren una acción protectora para reducir o evitar exposiciones temporales, entre ellas:
 - i) accidentes y emergencias en que se han activado un plan de emergencia o procedimientos de emergencia;
 - ii) toda otra situación de exposición temporal que, por determinación de la autoridad reguladora o de la entidad interviniente, aconseje una intervención; y
- b) las situaciones de exposición crónica que requieren una acción reparadora para reducir o evitar dicha exposición, entre ellas:
 - i) la exposición natural, tal como la exposición al radón en los edificios y lugares de trabajo;
 - ii) la exposición a residuos radiactivos originados por sucesos pasados, por ejemplo la contaminación radiactiva causada por accidentes, una vez finalizada la situación que ha requerido una acción protectora, así como originados por la realización de prácticas y el uso de fuentes no sometidas al sistema de notificación y autorización; y
 - iii) toda otra situación crónica que, por determinación de la autoridad reguladora o de la entidad interviniente, aconseje una intervención.”

2.4. Esta Guía de seguridad se centra fundamentalmente en la protección de los trabajadores que realizan prácticas controladas. Sin embargo, se ha considerado la

protección de los trabajadores que realizan intervenciones durante un caso de emergencia (véase la Sección 6). Las situaciones en las cuales pueda ser necesario intervenir para proteger a los propios trabajadores son las que, con mayor probabilidad, suponen una exposición crónica, particularmente a partir de fuentes naturales de radiación (véanse los párrs. 2.16–2.30).

2.5. En el párrafo 2.1 de las NBS se ofrecen ejemplos de las prácticas en las cuales se deben utilizar las NBS. Entre ellos se incluyen el uso de la radiación o sustancias radiactivas con fines médicos o industriales y para la educación, la capacitación o la investigación, la generación de energía nuclear y prácticas que implican la exposición a fuentes naturales que la autoridad reguladora ha ya especificado como sujetas a control. En el párr. 2.2 de las NBS se dan ejemplos de fuentes (dentro de las prácticas) a las cuales se aplican los requisitos de las NBS, entre ellas, sustancias radiactivas, fuentes selladas, generadores de radiación, instalaciones de irradiación, minas e instalaciones de tratamiento de minerales e instalaciones nucleares.

EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

2.6. El término “exposición ocupacional” ha sido utilizado por la OIT para referirse a la exposición de un trabajador, recibida o comprometida durante un período de trabajo [10]. Sin embargo, las NBS (párrs. 1.4 y 2.17) prevén la exclusión de aquellas exposiciones cuya magnitud o probabilidad no sea por esencia susceptible de control, y la exención de aquellas prácticas y fuentes dentro de una práctica que den origen a riesgos radiológicos tan bajos como para carecer de interés a efectos de reglamentación. Con el objetivo de que la acción protectora y preventiva pueda ser centrada y efectiva, en las NBS se da una definición más limitada del término exposición ocupacional, a saber: “Toda exposición de los trabajadores sufrida durante el trabajo, con la excepción de las exposiciones excluidas del ámbito de las Normas y de las exposiciones causadas por las prácticas o fuentes exentas con arreglo a las Normas” (Ref. [2], Glosario). Estas “exposiciones ocupacionales” deberían estar bajo la responsabilidad de la entidad explotadora.

2.7. En las NBS se indica que “se considera excluida del ámbito de las Normas toda exposición cuya magnitud o probabilidad no sea, por esencia, susceptible de control aplicando los requisitos por ellas prescritos” (Ref. [2], párr. 1.4). Los ejemplos dados en las NBS de tales exposiciones incluyen las recibidas del potasio 40 en el cuerpo, de los rayos cósmicos en la superficie de la Tierra y de las concentraciones, no modificadas, de radionucleidos presentes en la mayor parte de las materias primas. Más adelante se brinda orientación sobre determinadas exposiciones a fuentes naturales de radiación que pueden necesitar estar sujetas a control, como exposición ocupacional.

2.8. En las NBS se establece que las prácticas y las fuentes adscritas a una práctica podrán declararse exentas de los requisitos prescritos por las Normas, siempre y cuando la autoridad reguladora acepte que tales prácticas y fuentes cumplen con los requisitos de exención o con los niveles de exención basados en dichos requisitos (Ref. [2], párr. 2.17). En la Adenda I de las NBS se especifican los requisitos y los niveles de exención.

2.9. En la Adenda I de las NBS se estipula la exención condicional, de los requisitos de las Normas, de los generadores de radiación y aparatos que contienen sustancias radiactivas en forma de fuentes selladas. En cada caso una de las condiciones es que los mismos deben ser de alguno de los tipos aprobados por la autoridad reguladora. Es probable que este uso de la exención sea útil con dispositivos tales como los detectores de humo y los encendedores radiactivos para las lámparas fluorescentes. Con estos dispositivos, las exposiciones se controlan eficazmente a través del diseño. No se requerirá un control adicional de la exposición de aquellos trabajadores que puedan estar trabajando cerca del lugar donde estén instalados dichos dispositivos. Este uso de la exención implica la necesidad de desarrollar normas apropiadas para determinar si un dispositivo es del tipo aprobado. Sin embargo, a pesar de tales exenciones, la exposición de trabajadores que intervienen en la fabricación de dispositivos exentos —o en su transporte o mantenimiento— debería todavía estar sujeta al control.

2.10. La exposición de trabajadores que participan en acciones protectoras o reparadoras en situaciones de intervención es, en principio, controlable y debería considerarse responsabilidad de la entidad explotadora y, por lo tanto, incluida como parte de la exposición ocupacional (véase la Sección 6).

NIVELES DE REFERENCIA

2.11. El “nivel de referencia” se define en las NBS como un término general que puede referirse a un nivel de actuación, un nivel de intervención, un nivel de investigación o un nivel de registro. Estos niveles son útiles en la gestión de las operaciones como “niveles de disparo” por encima de los cuales se deberá adoptar alguna acción o decisión específica. Estos pueden expresarse en función de magnitudes mensurables o en función de cualquier otra cantidad con las que puedan relacionarse las cantidades medidas.

2.12. El nivel de actuación es el “Nivel de la tasa de dosis o de la concentración de actividad por encima del cual deberían adoptarse acciones reparadoras o acciones protectoras en situaciones de exposición crónica o de exposición de emergencia” (Ref. [2], Glosario). Los niveles de actuación sirven a menudo para proteger a los

miembros del público, pero también son importantes en el contexto de la exposición ocupacional en situaciones de exposición crónica, particularmente la que implica exposición al radón en los puestos de trabajo. Esto se examina más adelante en los párrs. 2.16–2.30.

2.13. El nivel de intervención es el “Nivel de dosis evitable al alcanzarse el cual se realiza una acción protectora o una acción reparadora específica en una situación de exposición de emergencia o en una situación de exposición crónica” (Ref. [2], Glosario). El empleo de este término se limita normalmente a las intervenciones que tienen que ver con la protección de los miembros del público.

2.14. El nivel de investigación es el “Valor de una magnitud tal como la dosis efectiva, la incorporación o la contaminación por unidad de área o de volumen, al alcanzarse o rebasarse el cual debería realizarse una investigación” (Ref. [2], Glosario), es decir, si se rebasan los niveles de investigación debería iniciarse un estudio de las disposiciones de protección para llegar a la causa de dicha situación. El empleo de los niveles de investigación se analiza más ampliamente en las Secciones 4 y 5.

2.15. Un nivel de registro es un “Nivel de dosis, de exposición o de incorporación prescrito por la autoridad reguladora; cuando este nivel se alcance o se rebase, los valores de la dosis, exposición o incorporación recibida por los trabajadores han de anotarse en sus respectivos registros de exposición individual” (Ref. [2], Glosario). En la Sección 5 se analiza el uso de los niveles de registro.

APLICACIÓN DE LAS NBS A LAS FUENTES NATURALES DE RADIACIÓN

2.16. La situación con respecto a las exposiciones debidas a fuentes naturales, a excepción de las mencionadas en el párr. 2.7, requieren una consideración adicional. Debido a que las exposiciones a estas fuentes en muchos casos no han estado sujetas al mismo grado de control reglamentario que las exposiciones a las fuentes artificiales de radiación, puede ser necesario introducir controles donde anteriormente no se consideró necesario ejercer alguno. El texto siguiente tomado de las NBS (Ref. [2], párrs. 2.1, 2.2 y 2.5) proporciona la base para conformar una política de protección para las fuentes naturales de radiación:

“Las prácticas a las que deberán aplicarse las Normas son, en particular:

- a) la producción de fuentes y el uso de radiación o de sustancias radiactivas con fines médicos, industriales, veterinarios o agrícolas, o con fines de enseñanza,

capacitación o investigación, incluidas todas las actividades relacionadas con dicho uso y que conlleven o pudieran conllevar exposición a radiación o a sustancias radiactivas;

.....

- c) las prácticas que conlleven exposición a fuentes naturales que, según especifique la autoridad reguladora, requieran control;”

“Las fuentes adscritas a una práctica a las que deberán aplicarse los requisitos prescritos por las Normas para las prácticas son, en particular:

- a) las sustancias radiactivas y los dispositivos que contienen sustancias radiactivas o producen radiación, entre ellos los productos de consumo, las fuentes selladas, las fuentes no selladas y los generadores de radiación, incluidos los equipos móviles de radiografía;
- b) las instalaciones que contienen sustancias radiactivas o dispositivos radiactivos que producen radiación, entre ellas las instalaciones de irradiación, las minas e instalaciones de tratamiento de minerales radiactivos, las instalaciones de tratamiento de sustancias radiactivas, las instalaciones nucleares y las instalaciones de gestión de desechos; y
- c) cualquier otra fuente especificada por la autoridad reguladora.”

“La exposición a fuentes naturales deberá considerarse normalmente una situación de exposición crónica y, si es necesario, estar sujeta a los requisitos de intervención, con las siguientes salvedades:

- b) la exposición ocupacional de los trabajadores a las fuentes naturales deberá estar sujeta a los requisitos relativos a prácticas prescritos en esta sección, si estas fuentes originan:
 - i) exposición al radón exigida por el trabajo o directamente relacionada con él, independientemente de que la exposición sea mayor o menor que el nivel de actuación aplicable a una acción reparadora en relación con situaciones de exposición crónica que impliquen la presencia de radón en los puestos de trabajo, a no ser que la exposición sea excluida o la práctica o la fuente sea declarada exenta; o bien
 - ii) exposición al radón en el trabajo causada accesoriamente por el trabajo, pero tal exposición es mayor que el nivel de actuación aplicable a una acción reparadora en relación con situaciones de exposición crónica que impliquen la presencia de radón en los puestos de trabajo, a no ser que la exposición sea excluida o la práctica o la fuente sea declarada exenta; o bien

- iii) una exposición que, por especificación de la autoridad reguladora, haya de someterse a tales requisitos.”

2.17. El término “sustancia radiactiva” no está definido de forma precisa en las NBS; particularmente se debe resaltar que el término no está establecido sólo con relación a los radionucleidos artificiales. De este modo, las NBS están destinadas a ser aplicadas a radionucleidos naturales, que han sido extraídos de los minerales, independientemente del uso para el cual esos radionucleidos son asignados. Las fuentes selladas o no selladas que contienen radionucleidos naturales, como el radio 226, deben ser, por tanto, tratadas como pertenecientes a una práctica.

2.18. Del párr. 2.5 b)i) de las NBS se desprende que la minería y el tratamiento de minerales radiactivos deberían ser tratados como prácticas. Todas las exposiciones en esas situaciones, incluidas las del gas radón, deberían estar sujetas a los requisitos establecidos para las prácticas, independientemente de que las concentraciones del gas radón en el aire estén por encima del nivel de actuación especificado en las NBS.

2.19. El párr. 2.5 b)ii) de las NBS debe ser interpretado como que la exposición al gas radón en puestos de trabajo diferentes de los contemplados en el párr. 2.5 b)i) debe ajustarse a los requisitos establecidos para la exposición ocupacional si la concentración de ese gas supera el nivel de actuación. Sin embargo, esto no procede si la exposición ha sido excluida o la práctica o la fuente ha quedado exenta. Ejemplos de puestos de trabajo donde la exposición al radón es espontánea y los niveles de concentración pueden superar el nivel de actuación son las minas (aparte de las destinadas a la producción de minerales radiactivos), los balnearios y los lugares de trabajo sobre la superficie en zonas propensas al radón.

2.20. Los niveles de actuación se aplican a las situaciones de exposición crónica que se describen en el Apéndice VI de las NBS. El objetivo principal de un nivel de actuación es definir las circunstancias en las cuales debe emprenderse la acción reparadora o protectora. En el caso de la exposición espontánea al radón, el procedimiento que debe seguir la autoridad reguladora es identificar o determinar, por medio de una inspección o de otra forma, lugares de trabajo con concentraciones de radón por encima del nivel de actuación. En tal caso, se debe tener en cuenta la posibilidad de reducir razonablemente las concentraciones por debajo del nivel de actuación. Se deben aplicar los requisitos para las prácticas en aquellas situaciones en que razonablemente no sea posible alcanzar una reducción suficiente de las concentraciones. En este contexto, el valor numérico del nivel de actuación tiene una significación conceptualmente diferente de la que se le había dado inicialmente, o sea, el valor del nivel de actuación no se empleará como base para la decisión sobre una intervención, sino como base para considerar las exposiciones como parte de una práctica.

2.21. El nivel de actuación para el radón en el lugar de trabajo se da en la Normas como una concentración media anual de 1000 Bq/m^3 , la cual normalmente equivaldría a una dosis efectiva anual de alrededor de 6 mSv . Este valor es el punto medio del margen de $500\text{--}1500 \text{ Bq/m}^3$ recomendado por la CIPR [11], y por tanto, algunas autoridades reguladoras pueden desear emplear un nivel inferior al que se especifica en las NBS. Debe señalarse que el margen de valores dado por la CIPR está basado en un supuesto factor de equilibrio de alrededor de 0,4 entre el radón y sus descendientes. Hay una ventaja práctica en tomar un solo valor para el nivel de actuación aplicable a todas las situaciones independientemente del factor de equilibrio de que se trate. Sin embargo, aunque no se indican explícitamente en las NBS, pueden ser apropiados otros niveles de actuación si el factor de equilibrio se diferencia significativamente de éste, lo cual puede ser el caso en algunas minas.

2.22. En los lugares de trabajo, particularmente en minas subterráneas, puede haber grandes variaciones en espacio y tiempo, de las concentraciones del radón y sus descendientes. Esto debe tenerse en cuenta al decidir si el nivel de actuación es rebasado.

2.23. La dificultad para aplicar un nivel de actuación a nuevos lugares de trabajo radica en que las concentraciones de radón no pueden preverse con exactitud. Sólo pueden ser determinadas después de la construcción del lugar de trabajo. Ello da lugar a que la autoridad reguladora se vea en la necesidad de establecer las bases para precisar con antelación los lugares de trabajo en los cuales las concentraciones de radón tienen probabilidades de superar el nivel de actuación. El diseño y la construcción deben incluir, por tanto, elementos preventivos y el nivel de actuación aplicable después de la construcción del lugar de trabajo como medio para comprobar la efectividad de las medidas de prevención.

2.24. El párr. 2.5 b)iii) de las NBS prevé lo necesario para que la autoridad reguladora especifique otras situaciones que impliquen una exposición a fuentes naturales de radiación para que sean sometidas a los requisitos de las prácticas. Las otras situaciones en las cuales podría ser necesario tomar en cuenta las exposiciones a fuentes naturales de radiación en el trabajo incluyen:

- a) La minería, el tratamiento, la manipulación y el uso de materiales que contienen elevados niveles de radionucleidos naturales (además de otros minerales de los cuales se extraen uranio y torio);
- b) La presencia de materiales en que la concentración de la actividad de los radionucleidos naturales se ha incrementado durante el procesamiento, por ejemplo, en los depósitos o las incrustaciones a veces hallados en los lugares de trabajo con tuberías de torres de perforación;

- c) La exposición incrementada a la radiación cósmica como consecuencia de vuelos a gran altura;
- d) Los lugares en que existan elevadas tasas de dosis de radiación gamma debidas a la presencia de sustancias radiactivas naturales en el terreno y en los materiales de construcción que conforman los lugares de trabajo.

2.25. La autoridad reguladora debería, en primer lugar, llevar a cabo una investigación de estas situaciones para determinar la magnitud de las exposiciones. En los lugares donde las exposiciones sean consideradas de tal magnitud como para prestarles atención, la autoridad reguladora debería decidir si éstas deberían estar sujetas a los requisitos establecidos para las prácticas.

2.26. El enfoque aplicado al radón no sería apropiado para los casos a), b) y c) del párr. 2.24. Para esas situaciones sería pertinente especificar grupos particulares de trabajadores cuya exposición debería estar sujeta a los requisitos establecidos para las prácticas, por ejemplo, la tripulación de aviones de retropropulsión. Otro enfoque podría ser definir niveles de dosis anuales o de alguna otra magnitud por encima de la cual se aplicarían los requisitos. Entonces, esos niveles actuarían de forma efectiva como un medio para definir cuándo la exposición es excluida o la práctica o la fuente queda exenta. En los casos a) y b) del párrafo 2.24, la concentración de la actividad constituiría una magnitud apropiada aplicable a estos niveles. Por razones prácticas, la autoridad reguladora quizás desee utilizar los niveles como fundamento para la definición cuantitativa de sustancias radiactivas. Por ejemplo, podrían utilizarse con este fin los niveles de exención expresados en función de la concentración de actividad para los radionucleidos naturales dados en la Adenda 1 de las NBS, o los niveles de dispensa.

2.27. En las situaciones descritas en los incisos a) y b) del párr. 2.24, la manipulación y el uso de voluminosas cantidades de minerales y otros materiales que contienen sustancias radiactivas naturales con concentración de actividad en el margen de 1 a 10 Bq/g (del radionucleido padre) podría, en condiciones de polvo, dar por resultado una dosis efectiva anual de alrededor de 1 a 2 mSv [5]. Los datos experimentales sobre la exposición de los trabajadores a la radiación gamma y al polvo durante la minería en la superficie o el tratamiento de minerales de fosfato sedimentario que contienen alrededor de 1,5 Bq/g de U^{238} sustentan esta valoración [12]. El control, si se considerara necesario, incluiría el uso de métodos para suprimir o contener el polvo suspendido en el aire, así como la vigilancia radiológica general.

2.28. La tasa de dosis de rayos cósmicos varía con la altitud, la latitud y la fase del ciclo solar. Cuando se toma en cuenta la exposición a los rayos cósmicos en una nave de retropropulsión (véase el párr. 2.24 c)), un tiempo de vuelo de 200 horas en un año,

a una altura de 12 km, equivale aproximadamente a una dosis efectiva anual de alrededor de 1 mSv [12]. La decisión principal que podría tomarse sería evaluar y registrar las exposiciones ocupacionales de las tripulaciones aéreas y de otros trabajadores cuyas dosis excedan de los criterios especificados por la autoridad reguladora. También puede ser necesario reflexionar sobre cómo proceder en el caso del personal femenino de la tripulación aérea que ha declarado su embarazo (véase el párr. 2.39). El Grupo Europeo de Dosimetría EURADOS ha publicado información adicional relacionada con la exposición de las tripulaciones aéreas [13].

2.29. Cuando se considere que las tasas de dosis de radiación gamma son elevadas (párr. 2.24 d)), puede ser recomendable aplicar un enfoque similar al referente a las exposiciones al radón que no están directamente asociadas al trabajo (examinadas en el párr. 2.19). Una tasa de dosis gamma de 0,5 mSv/h para un año de trabajo (2000 horas) llevaría a una dosis efectiva anual de alrededor de 1 mSv, y esta tasa de dosis o algún múltiplo de ella podría ser adoptado como un nivel de actuación. En primer lugar, tales casos deberían ser tratados como situaciones de exposición crónica y estarían sujetos a requisitos relativos a la intervención. Si la tasa de dosis rebasara el nivel de actuación seleccionado por la autoridad reguladora, habría que reflexionar acerca de si la tasa de dosis podría reducirse hasta un nivel aceptable por debajo del nivel de actuación (por ejemplo, mediante blindajes). Si la tasa de dosis no se pudiera reducir razonablemente por debajo del nivel de actuación, entonces el valor numérico del nivel de actuación podría utilizarse para definir cuándo se deben aplicar los requisitos para las prácticas.

2.30. En la Fig. 2 se ofrece un resumen del enfoque para la definición y el uso del término “exposición ocupacional”. Debe tenerse en cuenta que puede tomar bastante tiempo identificar las situaciones de exposición con fuentes naturales de radiación que requieren atención. Por esa razón, es conveniente que la autoridad reguladora elabore una estrategia que permita el mejor manejo de la cuestión.

REQUISITOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

2.31. Los principios de protección radiológica y seguridad que se dan en las NBS (Ref. [2], párrs. 2.20, 2.23 y 2.24) son los siguientes:

a) Justificación de las prácticas:

“No debería ser autorizada ninguna práctica o fuente adscrita a una práctica a no ser que la práctica produzca a los individuos expuestos o a la sociedad un beneficio suficiente para compensar los daños por radiación que pudiera causar, es decir: a no ser

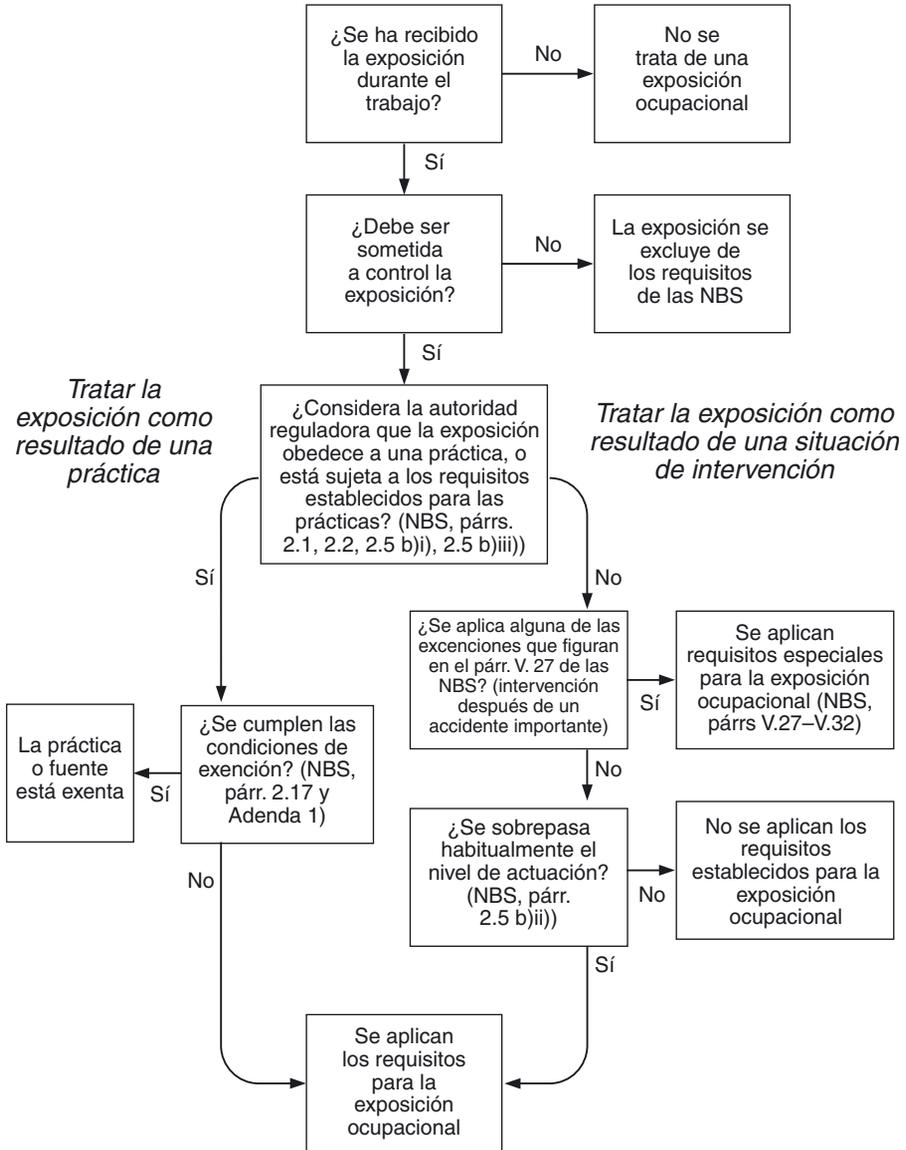


FIG. 2. Gráfico de decisiones respecto de la exposición ocupacional en que se indican las pruebas que pueden aplicarse para cada componente (p. ej. radón, radiación externa, incorporación de radionucleidos).

que la práctica esté justificada, teniendo en cuenta los factores sociales y económicos así como otros factores pertinentes.”

El proceso para determinar si una práctica está justificada implica la consideración de todas las dosis de radiación recibidas por los trabajadores y los miembros del público. En esta Guía de seguridad se da por sentado que el proceso de justificación ya ha tenido lugar y que se ha tomado en cuenta la contribución de la exposición ocupacional al detrimento total. Por consiguiente, el tema de la justificación de las prácticas no se tendrá en cuenta en lo sucesivo en la presente Guía de seguridad.

b) Limitación de dosis

“La exposición normal de los individuos se deberá restringir de modo que ni el total de la dosis efectiva ni el total de la dosis equivalente a órganos o tejidos de interés, causadas por la posible combinación de exposiciones originadas por prácticas autorizadas, excedan de cualesquiera límites de dosis especificados al respecto en la Adenda II, salvo en circunstancias especiales, previstas en el Apéndice I.”

El límite de la dosis efectiva representa el nivel por encima del cual se considera inaceptable el riesgo de efectos estocásticos. Para exposiciones localizadas del cristalino del ojo, de las extremidades y de la piel, este límite en la dosis efectiva no es suficiente para garantizar que se evitan los efectos deterministas, y por esta razón para tales situaciones se especifican límites de dosis equivalente. La aplicación de los límites de dosis, dados en las NBS para la exposición ocupacional, se examina en la Sección 3 de esta Guía.

c) Optimización de la protección y la seguridad

“En relación con las exposiciones debidas a una fuente determinada adscrita a una práctica, salvo en el caso de las exposiciones médicas terapéuticas, la protección y seguridad deberán optimizarse de forma que la magnitud de las dosis individuales, el número de personas expuestas y la probabilidad de sufrir exposiciones, se reduzcan al valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales, con la condición de que las dosis causadas en los individuos por la fuente se sometan a restricciones de dosis relacionadas con esa fuente.”

Este principio, analizado detalladamente en la Sección 4 de la presente Guía, es de particular importancia para la implantación de las medidas de protección radiológica en el puesto de trabajo y por consiguiente sirve de base para las orientaciones que se ofrecen en esta Guía de seguridad.

2.32. Las obligaciones básicas para la intervención son (Ref. [2], párrs. 3.3 y 3.4):

- a) “Siempre que estén justificadas, se deberán llevar a cabo acciones protectoras o reparadoras para reducir o evitar exposiciones en las situaciones de intervención”; y
- b) “La forma, extensión y duración de toda acción protectora o reparadora de ese género deberá optimizarse de forma que produzca el máximo beneficio neto —entendido en sentido amplio— en las condiciones sociales y económicas reinantes.”

RESPONSABILIDADES

Responsabilidades de los titulares registrados, los titulares licenciados y los empleadores

2.33. En el párr. I.1 y I.2 (del Apéndice I), las NBS (Ref. [2]) establecen:

“Los titulares registrados y los titulares licenciados, así como los empleadores de los trabajadores dedicados a actividades que impliquen exposiciones normales o exposición potencial, deberán ser responsables de:

- a) la protección de los trabajadores contra la exposición ocupacional;
- b) el cumplimiento de todos los demás requisitos aplicables de las Normas.”

y “Los empleadores que sean a la vez titulares registrados o titulares licenciados deberán asumir las responsabilidades tanto de los empleadores como de los titulares registrados o los titulares licenciados.”

2.34. En el párr. I.4 de las NBS (Ref. [2]) se plantea que para cumplir con sus responsabilidades:

“Los empleadores, los titulares registrados y los titulares licenciados deberán cuidar, en el caso de todos los trabajadores dedicados a actividades que impliquen o pudieran implicar exposición ocupacional, de que:

- a) se limiten las exposiciones ocupacionales en conformidad con lo especificado en la Adenda II;
- b) la protección y la seguridad ocupacionales se optimicen conforme a los requisitos principales aplicables prescritos por las Normas;

- c) se registren las decisiones relativas a las medidas de protección y seguridad ocupacional y se pongan en conocimiento de las partes interesadas, por medio de sus representantes cuando así proceda, conforme a lo especificado por la autoridad reguladora;
- d) se establezcan principios rectores, procedimientos y disposiciones organizativas de protección y seguridad para dar cumplimiento a los requisitos aplicables prescritos por las Normas, concediendo prioridad a las medidas de diseño y de naturaleza técnica para controlar las exposiciones ocupacionales;
- e) se faciliten medios, equipo y servicios idóneos y suficientes de protección y seguridad, de tipo e importancia adecuados a la magnitud y probabilidad previstas de la exposición ocupacional;
- f) se presten los servicios necesarios de vigilancia de la salud y atención de salud;
- g) se faciliten dispositivos protectores y equipo de vigilancia radiológica adecuados y se adopten medidas para su uso correcto;
- h) se prevean recursos humanos idóneos y suficientes más una capacitación adecuada en materia de protección y seguridad, así como las actividades periódicas de readiestramiento y puesta al día que sean menester para asegurar el nivel de competencia necesario;
- i) se mantengan registros adecuados, conforme a lo prescrito por las Normas;
- j) se adopten disposiciones para facilitar la consulta y cooperación con los trabajadores en cuestiones de protección y seguridad, por medio de sus representantes, cuando proceda, acerca de todas las medidas necesarias para lograr la aplicación efectiva de las Normas;
- k) existan las condiciones necesarias para promover una cultura de la seguridad.”

2.35. En resumen, los titulares registrados, los titulares licenciados y los empleadores de los trabajadores son responsables de asegurar que se limiten las exposiciones (NBS párr. I.4 a)), se optimicen la protección y la seguridad (NBS, párr. I.4 b)) y se establezcan y apliquen programas adecuados de protección radiológica (NBS, párrs. I.4 c)–k)). Las consecuencias del cumplimiento de estas responsabilidades se abordan en diferentes partes de esta Guía de seguridad. Estas responsabilidades recaerán en la dirección dentro de las organizaciones de los titulares registrados, los titulares licenciados o los empleadores. Con el fin de simplificar, el término “dirección” se empleará para denotar “titulares registrados, titulares licenciados y empleadores” en las siguientes secciones de esta Guía, excepto donde sea necesario especificar a cuál entidad se refiere.

Responsabilidades de los trabajadores

2.36. Los trabajadores podrán, con sus propias acciones, contribuir individualmente a la protección y la seguridad de ellos mismos y de otros en el trabajo. Las NBS (Ref. [2], párr. I.10) especifican que:

“Los trabajadores deberán:

- a) observar todas las reglas y procedimientos aplicables de protección y seguridad especificados por el empleador, el titular registrado o el titular licenciado;
- b) usar correctamente los dispositivos de vigilancia radiológica así como el equipo y la ropa de protección que se les haya suministrado;
- c) cooperar con el empleador, el titular registrado o el titular licenciado en lo que atañe a la protección y seguridad, así como a la ejecución de los programas de vigilancia radiológica de la salud y de evaluación de dosis;
- d) facilitar al empleador, al titular registrado o al titular licenciado toda información sobre sus actividades laborales pasadas y presentes que sea de interés para garantizar la protección y seguridad efectivas y completas de ellos mismos y de terceros;
- e) abstenerse de todo acto deliberado que pudiera originar, para ellos mismos o para terceros, situaciones de infracción de los requisitos prescritos por las Normas; y
- f) aceptar toda la información, instrucción y capacitación en material de protección y seguridad que les permita realizar su trabajo de conformidad con los requisitos prescritos por las Normas.”

2.37. Los trabajadores también son responsables de transmitir la información que retroalimente a la dirección, especialmente cuando se presenten circunstancias adversas relacionadas con el programa de protección radiológica. Las NBS recomiendan que “Si por alguna razón un trabajador puede darse cuenta de que existen circunstancias que pudieran tener efectos negativos para el cumplimiento de las Normas, el trabajador deberá dar parte lo antes posible de tales circunstancias al empleador, titular registrado o titular licenciado” (Ref. [2], párr. I.11). En este caso, las NBS prescriben que la dirección deberá “registrar todo informe recibido de un trabajador en que se dé parte de circunstancias que pudieran afectar al cumplimiento de las Normas, y deberá adoptar las medidas adecuadas.” (Ref. [2], párr. I.12).

2.38. La dirección tiene la principal responsabilidad de la protección de los trabajadores y, por lo tanto, deberá “facilitar el cumplimiento de los requisitos prescritos en las Normas, por parte de los trabajadores” (Ref. [2], párr. I.9). Existen requisitos en las NBS para que la dirección proporcione los medios apropiados para la protección de los trabajadores y para adiestrarlos y consultarles (por conducto de sus representantes, cuando proceda) sobre el uso de estos medios. En el examen de los programas de protección radiológica, en la Sección 5, se ofrecen más orientaciones al respecto.

2.39. Tanto las trabajadoras como los empleadores tienen responsabilidades con respecto a la protección del embrión o feto. La propia trabajadora “tan pronto se dé

cuenta de que está embarazada debería notificarlo al empleador para que se modifiquen sus condiciones de trabajo si es necesario” (Ref. [2], párr. I.16). La notificación del embarazo “no se deberá considerar una razón para separar a la interesada del trabajo”, pero es responsabilidad del empleador “adaptar las condiciones de trabajo, en lo que atañe a la exposición ocupacional, de modo que se proporcione al embrión o feto el mismo nivel general de protección que se prescribe para los miembros del público” (Ref. [2], párr. I.17).

Cooperación entre los titulares registrados, los titulares licenciados y los empleadores

2.40. La gestión de la seguridad y la protección ocupacionales de los trabajadores transitorios, temporales o itinerantes y otros que están empleados por contrata con organizaciones diferentes de la del explotador, constituye una preocupación seria. Con el fin de que estos trabajadores estén adecuadamente protegidos y de no exceder de cualquier límite de dosis apropiado, deberá existir un grado adecuado de cooperación entre el empleador, los trabajadores (por conducto de sus representantes cuando proceda) y la dirección de las entidades para las cuales se contrataron, ya estén dichas entidades dentro del mismo país o en algún otro lugar. En las NBS (Ref. [2], párr. I.30) se indica:

“Si los trabajadores realizan una tarea que implique o pudiera implicar la presencia de una fuente no sometida al control de su empleador, el titular registrado o el titular licenciado responsable de la fuente y el empleador deberán cooperar intercambiando información y por otros medios que sean necesarios para facilitar las medidas protectoras y las disposiciones de seguridad correctas.”

(Se considera que una persona empleada por cuenta propia tiene a la vez los deberes de un empleador y un trabajador, como se especifica en la definición de “trabajador” de las NBS.) Las NBS amplían sobre este particular en otros párrafos relacionados con el tema. Las autoridades reguladoras deberán por consiguiente garantizar que existan reglamentos que exijan la protección y la evaluación adecuadas de las dosis para los trabajadores, compatibles con las normas aplicadas a los trabajadores en general. El diseño de los programas de vigilancia radiológica referidos en la Sección 5 quizás necesite enfocar esta situación de forma específica.

2.41. En las NBS se plantea (Ref. [2], párr. I.31) que:

“La cooperación entre el titular registrado o el titular licenciado y el empleador deberá incluir, cuando proceda:

- a) el establecimiento y aplicación de restricciones concretas de la exposición y otros medios a fin de garantizar que las medidas protectoras y las disposiciones de seguridad ofrecidas a esos trabajadores sean por lo menos tan satisfactorias como las brindadas a los empleados del titular registrado o del titular licenciado;
- b) evaluaciones específicas de la dosis recibida por esos trabajadores; y
- c) una atribución precisa, con la documentación correspondiente, de las responsabilidades respectivas de los empleadores y el titular registrado o el titular licenciado en materia de protección y seguridad ocupacionales.”

2.42. Las responsabilidades específicas asignadas al titular registrado y al titular licenciado en este caso incluyen aquellas que se señalan en el párr. I.7 del Apéndice I de las NBS (Ref. [2]):

“Si los trabajadores han de realizar trabajos que impliquen o pudieran implicar la presencia de una fuente no sometida al control de su empleador, el titular registrado o el titular licenciado responsable de la fuente deberá suministrar:

- a) información apropiada al empleador, al efecto de demostrar que los trabajadores reciben protección en conformidad con las Normas;
- b) toda información complementaria disponible que pida el empleador sobre el cumplimiento de las Normas antes, durante y tras el período de ocupación de esos trabajadores por el titular registrado o el titular licenciado.”

MAGNITUDES DOSIMÉTRICAS

2.43. Las magnitudes en las cuales se expresan los límites de dosis dados en las NBS, son la dosis efectiva E y la dosis equivalente H_T en un tejido u órgano T . Estas magnitudes aparecen formalmente definidas en el glosario de las NBS. Generalmente se considera que la magnitud “dosis efectiva” es un indicador adecuado del detrimento para la salud a partir de las exposiciones que se producen durante las operaciones normales. Se necesita un límite de dosis equivalente para la piel y el cristalino del ojo con el propósito de garantizar que se eviten los efectos deterministas en estos tejidos. Las magnitudes de protección E y H_T se refieren a la suma de las dosis efectivas o equivalentes recibidas de fuentes externas en un tiempo dado y las dosis efectivas comprometidas o las dosis equivalentes comprometidas debidas a las incorporaciones de radionucleidos que tuvieron lugar en ese tiempo.

2.44. Las magnitudes básicas para la medición física de la exposición externa a las radiaciones incluyen la kerma K y la dosis absorbida D , las cuales aparecen también formalmente definidas en el Glosario de las NBS. Estas magnitudes son empleadas

por laboratorios nacionales de normalización. La necesidad de magnitudes fácilmente mensurables que sirvan de estimadores de la dosis efectiva y de la dosis equivalente, ha conducido al desarrollo de magnitudes operacionales para la evaluación de la exposición externa. La Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas (CIUMR) [8, 9] ha definido esas magnitudes. Las cantidades operacionales ofrecen una estimación de la dosis efectiva o equivalente que evita una subestimación y una excesiva sobreestimación en la mayoría de los campos de radiación encontrados en la práctica [7]. Las cantidades operacionales para la vigilancia radiológica de zonas son la dosis equivalente ambiental $H^*(d)$ y la dosis equivalente direccional $H'(d, \Omega)$ donde d es la profundidad en la esfera de la CIUMR, en milímetros. La magnitud operacional a emplear en la vigilancia radiológica individual es la dosis equivalente personal $H_p(d)$ a la profundidad específica d en tejido blando. Mediante el empleo de las magnitudes operacionales $H^*(10)$ o $H_p(10)$, uno obtiene valores aproximados para la dosis efectiva. Mediante el uso de las magnitudes operacionales $H_p(0,07)$ o $H'(0,07)$, se obtienen valores aproximados para la dosis equivalente en la piel. De forma parecida, $H_p(3)$ o $H'(3)$ pueden utilizarse para una valoración aproximada de la dosis equivalente en el cristalino del ojo. Las definiciones formales de las magnitudes operacionales aparecen en el Glosario de las NBS, y puede hallarse un análisis más detallado en la Ref. [3].

2.45. El proceso de mayor importancia para la dosis interna es la incorporación. La incorporación se define en el Glosario de las NBS como el proceso de entrada de radionucleidos en el organismo humano por inhalación, ingestión o a través de la piel. En este caso, sin embargo, se usa para referirse a la actividad del radionucleido ya incorporado en el interior del organismo. La incorporación se determina normalmente a partir de mediciones individuales, por ejemplo mediciones in vitro de la actividad en muestras, mediciones in vivo (todo el cuerpo, tórax, recuento en tiroides, etc.) o mediciones usando muestras personales de aire. Sin embargo, en algunos casos quizás sea necesario determinar las mediciones de la “exposición” en función de la concentración en aire integrada en el tiempo mediante la vigilancia radiológica de zonas. La incorporación de cada radionucleido j se multiplica entonces por el coeficiente de dosis apropiado (dosis efectiva comprometida por unidad de incorporación) para la ingestión $e(g)_{j,ing}$ o para la inhalación $e(g)_{j,inh}$ [14] para determinar la dosis efectiva comprometida. La dosis efectiva comprometida, $E(\tau)$, está definida en el Glosario de las NBS; τ es el tiempo transcurrido a partir de la incorporación, para el cual se integra la dosis. En el caso de exposición ocupacional sólo los adultos están expuestos y, por consiguiente, se toma τ igual a 50 años, independientemente de la edad a la que se produce la incorporación.

2.46. La dosis efectiva total E_t recibida o comprometida durante cualquier período de tiempo t puede calcularse a partir de la siguiente expresión:

$$E_t = H_p(10) + \sum_j e(g)_{j,ing} I_{j,ing} + \sum_j e(g)_{j,inh} I_{j,inh}$$

donde $H_p(10)$ es la dosis equivalente personal a una profundidad de 10 mm en tejido blando durante un período t , $e(g)_{j,ing}$ y $e(g)_{j,inh}$ son los coeficientes de dosis para la ingestión e inhalación, respectivamente, del radionucleido j por el grupo de edad g , y $I_{j,ing}$ y $I_{j,inh}$ son las incorporaciones mediante la ingestión y la inhalación, respectivamente, del radionucleido j durante un período t . Para la exposición ocupacional, los valores apropiados para $e(g)_{j,ing}$ y $e(g)_{j,inh}$ son los de los trabajadores adultos que aparecen en el Cuadro II–III de las NBS (los coeficientes de conversión para los descendientes del radón aparecen en el Cuadro II–III de las NBS).

3. LIMITACIÓN DE DOSIS

LÍMITES DE DOSIS

3.1. En las NBS un límite de dosis se define como “El valor de la dosis efectiva o de la dosis equivalente causada a los individuos por prácticas controladas, que no se deberá rebasar.” Los límites de dosis efectiva para la exposición ocupacional se aplican a la suma de la dosis efectiva por fuentes externas y la dosis efectiva comprometida producto de las incorporaciones en el mismo período (Ref. [2], párr. II-5):

“La exposición ocupacional de todo trabajador deberá controlarse de forma que no se rebasen los siguientes límites:

- a) una dosis efectiva de 20 mSv por año como promedio en un período de cinco años consecutivos³⁸;
- b) una dosis efectiva de 50 mSv en cualquier año;
- c) una dosis equivalente al cristalino de 150 mSv en un año;
- d) una dosis equivalente a las extremidades (manos y pies) o a la piel³⁹ de 500 mSv en un año.

³⁸ El comienzo del período de cálculo del promedio deberá coincidir con el primer día del período anual que corresponda tras la entrada en vigor de las Normas, sin promedio retroactivo alguno.

³⁹ Los límites de dosis equivalente para la piel se refieren a la dosis media en 1 cm² del área cutánea más intensamente irradiada. La dosis a la piel contribuye a la dosis efectiva, siendo dicha contribución la dosis media a toda la piel multiplicada por el factor de ponderación para tejido correspondiente a la piel.”

3.2. Se especifican límites separados para el caso de los aprendices de 16 a 18 años que reciban formación para un empleo que implique exposición a la radiación, y para el de los estudiantes de 16 a 18 años que tengan que utilizar fuentes durante sus estudios (Ref. [2], párr. II-6, con el pie de página 39 anterior):

“La exposición ocupacional deberá controlarse de manera que no rebasen los siguientes límites:

- a) una dosis efectiva de 6 mSv en un año;
- b) una dosis equivalente al cristalino de 50 mSv en un año;
- c) una dosis equivalente a las extremidades o la piel³⁹ de 150 mSv en un año.”

3.3. Las autoridades reguladoras deberían definir claramente la convención aplicable en la determinación de los períodos a emplear para la limitación de la dosis. Los años del calendario o año fiscal nacional son simples ejemplos que pueden emplearse para períodos de un solo año. Los períodos de cinco años “deslizantes” pueden ser seleccionados para calcular el promedio, en los cuales el año en curso (civil, fiscal, etc.) se considera el año final en el período de cinco años. Pueden adoptarse, sin embargo, convenciones alternativas para satisfacer las necesidades de reglamentación nacionales.

3.4. Los casos en que pudiera ser necesaria la flexibilidad resultante de promediar las dosis en cinco años incluyen las operaciones de mantenimiento planificadas en las centrales nucleares. Sin embargo, en muchas situaciones, siempre que el principio de optimización de la protección haya sido aplicado correctamente, será muy poco común que los trabajadores superen una dosis efectiva anual de 20 mSv. Cuando no sea necesaria la flexibilidad resultante de promediar las dosis, la autoridad reguladora quizás prefiera continuar trabajando con el límite anual; el límite de dosis sería entonces 20 mSv en un año.

3.5. El enfoque general para la aplicación de los límites de dosis, en que se emplea la flexibilidad total (es decir, promediar la dosis durante cinco años) puede resumirse de la siguiente forma:

- a) En general, la dosis efectiva a un trabajador individual no deberá exceder de los 20 mSv en un año;
- b) En los casos en que la dosis a un trabajador individual exceda de los 20 mSv en un año, pero permanezca dentro del límite de dosis de 50 mSv, la dirección deberá realizar lo siguiente, según proceda:
 - i) Realizar un examen de la exposición para determinar si las dosis fueron las más bajas que razonablemente pudieron alcanzarse y en caso necesario tomar las medidas correctoras necesarias;

- ii) Considerar las vías para restringir nuevas dosis efectivas del trabajador individual, de manera que la dosis efectiva total a ese trabajador dentro del período de cinco años, seleccionado para el cálculo del promedio, sea menor que 100 mSv;
- iii) Notificar a la autoridad reguladora la magnitud de la dosis y las circunstancias que causen la exposición.

3.6. Las autoridades reguladoras están obligadas por las Normas a exigir a los empleadores que notifiquen rápidamente cuando algún límite de dosis es excedido. Los empleadores deberían por consiguiente disponer de medios para notificar, a la autoridad reguladora y al (los) trabajador(es) implicados en el caso, que se ha rebasado un límite de dosis (Ref. [2], párrs. 1.11, 1.12 y 1.14):

“En caso de quebrantamiento de cualquier requisito aplicable prescrito por las Normas, las partes principales deberán, según proceda:

.....

- c) comunicar a la autoridad reguladora y a las Organizaciones patrocinadoras competentes, cuando proceda, las causas del quebrantamiento y las medidas correctoras o preventivas adoptadas o que se hayan de adoptar.”

“La comunicación de un quebrantamiento de las Normas deberá ser rápida...”.

.....

“El quebrantamiento deliberado, la tentativa de quebrantamiento o la conspiración para el quebrantamiento de cualquier requisito prescrito por las Normas deberán estar sujetos a las disposiciones sobre tales infracciones prescritas por la legislación nacional pertinente del Estado, o por la autoridad reguladora....”

Por consiguiente, las autoridades reguladoras también están obligadas a establecer el alcance de las acciones y penalizaciones que pueden tomarse contra cualquier empleador que no tome en consideración los requisitos de las NBS en relación con el cumplimiento de los límites de dosis.

3.7. Deberían considerarse como excepcionales las situaciones en las cuales los trabajadores excedan del límite anual de 50 mSv. Esto puede ocurrir como consecuencia de una emergencia, accidente o intervención. En el caso en que un trabajador reciba una exposición que rebase los 50 mSv en el año, sería apropiado para él continuar trabajando con radiaciones siempre y cuando:

- a) La autoridad reguladora, tomando debidamente en cuenta la salud del trabajador, considere que no hay razón para impedir que continúe trabajando con radiaciones;
- b) La dirección y la autoridad reguladora en consulta con el trabajador (o por conducto de su representante, según proceda) acuerden una restricción de dosis temporal y el período en que se aplica.

Podría ser conveniente una restricción proporcional al período restante con el cual se relaciona el límite de dosis y quizás se necesite aplicar restricciones adicionales a fin de que se mantenga dentro del límite de dosis de 100 mSv en cinco años.

3.8. En general, los límites de dosis se aplican de igual forma para los trabajadores y las trabajadoras. Sin embargo, para las trabajadoras embarazadas pueden considerarse controles adicionales debido a la posibilidad de una mayor sensibilidad del feto a la radiación. Los párrs. 2.39, 5.33 y 5.98 tratan de requisitos especiales para la protección radiológica de las trabajadoras embarazadas.

3.9. Las autoridades reguladoras deberían garantizar que existan mecanismos que eviten que los trabajadores que hayan recibido una exposición próxima al límite de dosis correspondiente sean privados de su derecho al trabajo. Pueden presentarse situaciones en las cuales un trabajador haya recibido involuntariamente una dosis total próxima al límite de dosis de manera que las exposiciones adicionales planificadas puedan ocasionar que el límite se exceda. Esta situación debería tratarse de forma similar a aquella en la cual el trabajador supera un límite de dosis (véase el párr. 3.7).

CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES

3.10. A pesar de que una práctica se justifique, se diseñe y se ejecute conforme a lo establecido para una buena práctica y se haya optimizado en ella la protección radiológica, pueden darse circunstancias especiales en las cuales las exposiciones ocupacionales permanezcan aún por encima de los límites de dosis. Por ejemplo, puede presentarse una situación en que de momento exista alguna dificultad para cambiar el límite anterior de 50 mSv en un año y se necesite un período de transición.

3.11. Las NBS permiten una modificación temporal en las disposiciones para la limitación de las dosis; pero con sujeción a ciertas condiciones, entre las cuales se incluyen la aprobación de la autoridad reguladora. En los párrs. I.50–I.54 (Apéndice I) de las NBS se recomiendan los procedimientos para modificar los límites de dosis en circunstancias especiales, y en el párr. II–7 (Adenda II) de las NBS

se especifican dos alternativas para una modificación temporal de los requisitos de limitación de dosis.

3.12. Con el paso del tiempo habrá disminuido la necesidad de aplicar estas condiciones y procedimientos para las circunstancias especiales, por lo que no se incluyen aquí.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN PARA LOS RADIONUCLEIDOS DESCENDIENTES DEL RADÓN Y DEL TORÓN

3.13. En el Cuadro I se resumen los límites de incorporación y exposición para los descendientes de radón y del torón consiguados en la Adenda II de las NBS.

CUADRO I. LÍMITES DE INCORPORACIÓN Y EXPOSICIÓN PARA LOS RADIONUCLEIDOS DESCENDIENTES DEL RADÓN Y DEL TORÓN

Período de tiempo	Magnitud	Unidades	Descendientes del radón	Descendientes del torón
Promedio anual a lo largo de 5 años	Incorporación potencial de energía alfa	J	0,017	0,051
	Exposición potencial de energía alfa	J·h/m ³	0,014	0,042
		Bq·h/m ³	2,5 × 10 ⁶ ^a	—
		MNT	4,0	12
Máximo en un año	Incorporación potencial de energía alfa	J	0,042	0,127
	Exposición potencial de energía alfa	J·h/m ³	0,035	0,105
		Bq·h/m ³	6,3 × 10 ⁶ ^a	—
		MNT	10,0	30

^a Estas concentraciones de actividad integrada en el tiempo se relacionan con la concentración equivalente de equilibrio para el gas radón. La concentración integrada en el tiempo del gas radón se obtiene dividiendo por el factor de equilibrio apropiado.

4. OPTIMIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA PARA LAS PRÁCTICAS

CONSIDERACIONES GENERALES

4.1. Es necesario considerar la optimización de la protección en todas las etapas de la vida útil de los equipos e instalaciones, en relación con la exposición normal y la exposición potencial. Como consecuencia, todas las situaciones —desde el diseño, pasando por la operación, hasta la clausura y la gestión de los desechos— deben tenerse en cuenta en el procedimiento de optimización.

4.2. Desde el punto de vista práctico, el principio de optimización exige un enfoque que:

- a) considere todas las acciones posibles que impliquen el uso de fuente(s) y la forma en que los trabajadores operan con las fuentes o cerca de ellas;
- b) implique un proceso de “gestión por objetivo” con la siguiente secuencia: fijar los objetivos, medir la ejecución, evaluar y analizar los resultados para definir las acciones correctoras y fijar nuevos objetivos;
- c) pueda adaptarse para tener en cuenta cualquier modificación significativa en el estado de las técnicas, los medios de protección disponibles o el contexto social prevaiente;
- d) fomente la responsabilidad de forma tal que todas las partes adopten una actitud responsable con relación al proceso de eliminación de las exposiciones innecesarias.

4.3. En el proceso de optimización se deberían tener en cuenta:

- a) Los recursos disponibles para la protección;
- b) La distribución de la exposición individual y colectiva entre los diferentes grupos de trabajadores y entre los trabajadores y miembros del público;
- c) La probabilidad y la magnitud de exposiciones potenciales;
- d) El impacto potencial de las acciones protectoras sobre el nivel de otros riesgos (no radiológicos) para los trabajadores o miembros del público.

4.4. En general, los beneficios incrementales que pueden obtenerse en función de reducción de la dosis disminuyen progresivamente a medida que se incrementan los gastos asociados. Incluso el costo de considerar las vías por las cuales se pueden reducir las dosis puede volverse significativo si se compara con el beneficio que se

puede alcanzar. En cierta etapa, para dosis bajas, el esfuerzo puede no resultar provechoso. En este contexto, se aprecia que las NBS permiten la exención de las prácticas del control reglamentario, cuando una evaluación muestra que la exención es la opción óptima para la protección (NBS, Adenda 1). Esta disposición es simplemente un reconocimiento del concepto más general de rendimiento decreciente.

4.5. La optimización de la protección debería ser considerada en la etapa de diseño del equipo y las instalaciones, cuando aún existe cierto grado de flexibilidad. En la etapa de definición de las opciones de protección, deberían examinarse cuidadosamente la utilización de los controles diseñados. Aún en el caso de que la protección haya sido optimizada en la etapa de diseño, es necesario además, aplicar el principio de optimización durante la etapa operacional. En esta fase el contenido y la magnitud del programa de optimización dependerán de la situación de exposición. Por ejemplo, cuando se trata de equipos de rayos X, el programa de optimización puede ser bastante sencillo, y entrañar normas locales y un adiestramiento apropiado de los operadores. En la industria nuclear, las situaciones pueden ser más complicadas y se puede requerir un enfoque más estructurado, inclusive la elaboración de programas de protección radiológica detallados, el establecimiento de niveles de investigación y el empleo de técnicas de ayuda para la toma de decisiones (véanse los párrs. 4.13–4.16).

4.6. La optimización de la protección en la operación es un proceso que comienza en la fase de planificación y continúa a lo largo de las etapas de programación, preparación, aplicación y retroalimentación. Este proceso de optimización mediante la dirección del trabajo se aplica con el propósito de mantener bajo control los niveles de exposición para garantizar que sean lo más bajo que pueda razonablemente alcanzarse [15]. La elaboración de un programa de protección radiológica adaptado a las situaciones específicas de exposición constituye un elemento esencial de la dirección del trabajo. En la Sección 5 se describe el contenido de este tipo de programa.

4.7. La dirección debería registrar la información sobre la forma en que está cumpliendo la optimización de la protección radiológica. Esta información podría incluir lo siguiente:

- a) La fundamentación de los procedimientos de operación, mantenimiento y administración, junto con otras opciones que hayan sido consideradas y el motivo de su rechazo;
- b) La revisión periódica y el análisis de tendencias de las dosis ocupacionales en varios grupos de trabajo, y otros indicadores de funcionamiento;
- c) Auditorías internas e inspecciones, y las acciones correctoras resultantes;
- d) Informes de incidentes y lecciones aprendidas.

COMPROMISO PARA OPTIMIZAR LA PROTECCIÓN

4.8. La responsabilidad principal de la optimización recae en la dirección. El compromiso para una protección efectiva y una política de seguridad es esencial a todos los niveles de dirección, particularmente al nivel superior. El compromiso de la dirección debería demostrarse mediante normativas por escrito en que los criterios de protección radiológica se consideren parte integrante del proceso de decisión, y mediante el apoyo decidido de las personas directamente encargadas de la protección radiológica de los lugares de trabajo y del medio ambiente.

4.9. La dirección superior debería traducir sus compromisos de optimizar la protección radiológica en una acción efectiva mediante el establecimiento de programas adecuados de protección radiológica en correspondencia con el nivel y la naturaleza del riesgo radiológico de la práctica. En la Sección 5 se examina el contenido de estos programas.

4.10. Es esencial que los trabajadores también se sientan comprometidos con una protección radiológica eficaz. Así, la dirección debe asegurar la existencia de mecanismos que permitan que los trabajadores participen, tanto como sea posible, en el desarrollo de métodos para mantener las dosis tan bajas como sea razonablemente alcanzable y que tengan la oportunidad de proporcionar información en cuanto a la eficacia de las medidas de protección radiológica.

4.11. La optimización de la protección debería ser un requisito reglamentario. Las autoridades reguladoras deberían comprometerse a optimizar la protección radiológica y deberían fomentar su aplicación. Cuando fuese necesario deberían adoptar todas las medidas pertinentes para hacer cumplir los requisitos relativos a la gestión, con vistas a aplicar este principio.

4.12. La dirección debería garantizar programas de capacitación con contenido y duración adaptados a las funciones y responsabilidades del personal. Estos programas deberían impartirse a todos los niveles, incluida a la dirección. El personal de las autoridades reguladoras debería contar con la formación necesaria para garantizar que la optimización de la protección se aplique y se lleve a cabo correctamente.

EMPLEO DE TÉCNICAS DE AYUDA A LA TOMA DE DECISIONES

4.13. Como se estipula en las NBS (Ref. [2], párr. 2.25):

“El proceso de optimización de las medidas de protección y seguridad puede abarcar desde análisis cualitativos de naturaleza intuitiva hasta análisis cuantitativos

apoyados en técnicas de ayuda para la toma de decisiones, pero deberá permitir tener en cuenta de manera coherente todos los factores de interés a fin de contribuir al logro de los siguientes objetivos:

- a) determinar las medidas de protección y seguridad optimizadas para las circunstancias reinantes, cuenta habida de las opciones existentes en materia de protección y seguridad así como de la naturaleza, magnitud y probabilidad de las exposiciones; y
- b) establecer criterios, basados en los resultados de la optimización, para la restricción de la magnitud de las exposiciones y de su probabilidad mediante medidas de prevención de accidentes y de atenuación de sus consecuencias.”

4.14. En la mayoría de las situaciones, será suficiente un enfoque cualitativo basado en una opinión profesional para tomar decisiones sobre el nivel más favorable de protección que se pueda lograr. En situaciones más complejas, en particular aquellas que implican gastos significativos (por ejemplo, en la fase de diseño de las instalaciones) puede resultar conveniente emplear un enfoque más estructurado. Algunas de esas situaciones pueden ser cuantificables utilizando el análisis costo–beneficio u otras técnicas cuantitativas. En otros casos sin embargo, puede resultar imposible cuantificar todos los factores implícitos, o expresarlos en unidades conmensuradas. También puede resultar difícil establecer un equilibrio entre la dosis individual y la colectiva y entre la dosis del trabajador y la dosis del público, y tener en cuenta los factores sociales más generales. Para estas situaciones podría ser provechoso emplear técnicas cualitativas de ayuda a la toma de decisiones, tales como el análisis de criterios múltiples.

4.15. Un enfoque más estructurado para la selección de las medidas de protección apropiadas debería incluir los siguientes pasos, que tienen en cuenta tanto la exposición normal como la exposición potencial:

- a) identificar todas las opciones factibles de protección que potencialmente redujeran la exposición ocupacional;
- b) identificar todos los factores económicos, sociales y radiológicos de la situación particular bajo análisis que diferencian las opciones identificadas, por ejemplo, dosis colectiva, distribución de la dosis individual, impacto en la exposición del público, impacto en las futuras generaciones, costos de inversión;
- c) cuantificar, según proceda, los factores importantes para cada opción de protección;
- d) comparar todas las opciones y seleccionar la opción u opciones óptimas;
- e) según proceda, realizar un análisis de sensibilidad, es decir, evaluar la consistencia de las soluciones obtenidas probando diferentes valores para los parámetros clave en los cuales existen incertidumbres reconocidas.

4.16. Cualquiera que sea la situación, los encargados de tomar las decisiones deben recordar que las técnicas de ayuda a la toma de decisiones no ofrecen necesariamente una respuesta definitiva ni la única solución posible. Estas técnicas deben verse como instrumentos que ayudan a estructurar los problemas con el propósito de comparar la eficacia relativa de varias opciones de protección posibles, de facilitar la integración de todos los factores pertinentes y mejorar la coherencia de las decisiones adoptadas.

PAPEL DE LAS RESTRICCIONES DE DOSIS

4.17. En las NBS (Ref. [2], Glosario) se indica lo siguiente con respecto a la “restricción de dosis”: “En el caso de las exposiciones ocupacionales, la restricción de dosis relativa a la fuente es un valor de dosis individual para limitar la gama de opciones consideradas en el proceso de optimización.” Una restricción de dosis no debería considerarse un límite, sino un nivel mínimo de protección individual que debe ser alcanzado en una situación específica, con la debida consideración de todas las circunstancias. El examen de la naturaleza de las restricciones figura en un documento conjunto de la AEN/OCDE y la Comisión Europea [16].

4.18. El objetivo de la restricción de dosis es fijar un tope a los valores de la dosis individual —debida a una fuente, un conjunto de fuentes en una instalación, una práctica, una tarea o un grupo de operaciones en un tipo específico de industria— que pudiera considerarse aceptable en el proceso de optimización de la protección de esas fuentes, prácticas o tareas. Según la situación, la restricción puede expresarse como una dosis simple o una dosis durante un período determinado. Es necesario asegurar que se observen los límites si los trabajadores reciben exposiciones debidas a diferentes fuentes o tareas.

4.19. Para aplicar el principio de optimización, las dosis individuales deberían evaluarse en las etapas de diseño y planificación, y estas dosis individuales previstas para las diferentes opciones deberían compararse con la restricción de dosis adecuada. Las opciones previstas para establecer dosis inferiores a la restricción de dosis deberían considerarse más a fondo; las previstas para establecer dosis por encima de la restricción de dosis normalmente serían rechazadas. Las restricciones de dosis no deberían emplearse retrospectivamente para verificar el cumplimiento de los requisitos de protección.

4.20. Las restricciones de dosis deberían emplearse prospectivamente para optimizar la protección radiológica en diversas situaciones identificadas durante las tareas de planificación y ejecución, así como durante el diseño de las instalaciones o del equipo. Por consiguiente, deberían establecerse caso por caso, conforme a las características

específicas de la situación de exposición. Puesto que las restricciones de dosis se relacionan con las fuentes, debería especificarse la fuente con la que están relacionadas. La dirección puede establecer las restricciones de dosis, tras consultar con los implicados en la situación de exposición. Las autoridades reguladoras pueden emplear las restricciones de forma genérica —para categorías de fuentes, prácticas y tareas similares— o específicamente, en la concesión de licencias para fuentes, prácticas o tareas individuales. El establecimiento de restricciones puede ser el resultado de la interacción entre la autoridad reguladora, los explotadores afectados y, según corresponda, los representantes de los trabajadores. Por regla general, sería más apropiado que el regulador fomentara el establecimiento de restricciones de exposición ocupacional en determinadas industrias y agrupaciones organizativas, con sujeción a la supervisión reglamentaria, a que estipulara valores específicos de restricciones.

4.21. En el proceso de deducción de una restricción de dosis para un caso específico se debería examinar la experiencia operativa y la información obtenida de situaciones similares, así como los factores económicos, sociales y técnicos. En el caso de la exposición ocupacional, la experiencia con operaciones bien dirigidas reviste particular importancia para el establecimiento de las restricciones, como también para la aplicación del principio de optimización en general. Las encuestas nacionales y las bases de datos internacionales, que aportan un gran cúmulo de experiencias sobre las exposiciones relacionadas con operaciones específicas, pueden emplearse para establecer las restricciones.

PAPEL DE LOS NIVELES DE INVESTIGACIÓN

4.22. La experiencia con una situación particular a veces indica la necesidad de revisar los procedimientos y el desempeño. Esta experiencia puede ser cualitativa (por ejemplo, la observación de que la frecuencia de aparición de una contaminación menor puede haber aumentado) o cuantitativa (por ejemplo, una nueva tendencia en los resultados de los programas de vigilancia radiológica). La aplicación de niveles de investigación respecto de los resultados de la vigilancia radiológica de los individuos y lugares de trabajo puede apoyar el uso de la experiencia cuantitativa. Los niveles de investigación constituyen un tipo de nivel de referencia (véase la Sección 2). Se emplean en un sentido retrospectivo, y por lo tanto no deberían confundirse con las restricciones de dosis. Si se rebasa un nivel de investigación, entonces hay que examinar la situación rápidamente para determinar las causas. Este examen debería tener el propósito de extraer enseñanzas apropiadas para cualquier operación futura y determinar si se requieren nuevas medidas para mejorar las disposiciones de protección existentes.

4.23. Los niveles de investigación deben considerarse instrumentos importantes para la gestión y, por consiguiente, deberían ser definidos por la dirección en la fase de planeamiento de las operaciones; su revisión se efectuaría en función de la experiencia operacional. Las autoridades reguladoras pueden desear también establecer, con fines reglamentarios, niveles de investigación atendiendo a las dosis individuales. Su uso en los programas de protección radiológica se aborda más ampliamente en la Sección 5.

5. PROGRAMAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

OBJETIVOS

5.1. Un programa de protección radiológica (PPR) puede estar relacionado con todas las fases de una práctica, o con la vida útil de una instalación, es decir, desde el diseño, pasando por el control de los procesos hasta la clausura. En esta sección se hace énfasis en los aspectos operacionales del PPR. El objetivo general de los PPR es reconocer el cumplimiento de la responsabilidad de la dirección en la seguridad y protección radiológica mediante la adopción de estructuras de dirección, políticas, procedimientos y disposiciones organizativas, acordes con la naturaleza y el alcance de los riesgos.

5.2. Aunque el PPR puede incluir la protección tanto de los trabajadores como del público, esta parte se refiere solamente a los aspectos relacionados con la protección de los trabajadores. En la mayoría de las prácticas las dosis recibidas por los trabajadores están muy por debajo de los límites establecidos en las NBS, y sólo una pequeña porción de los trabajadores se verán afectados por el principio de limitación. La implantación del principio de optimización deberá ser la fuerza impulsora principal en el establecimiento e implantación de los PPR, incluidas en muchos casos las medidas para prevenir o reducir las exposiciones potenciales y mitigar las consecuencias de accidentes.

5.3. Las características de las situaciones de exposición pueden variar considerablemente según el tipo de instalación de que se trate (desde las “simples”, como el equipo para la inspección del equipaje en los aeropuertos, hasta otras mucho más complejas, como las plantas de reprocesamiento de combustible), y de la fase en que estén las actividades (construcción, operación, mantenimiento o clausura). Es importante garantizar que el PPR se adapte bien a la situación. Por consiguiente, el primer paso para la definición de un PPR es realizar una evaluación radiológica previa de la práctica o instalación. En estas evaluaciones es necesario considerar tanto las exposiciones normales como las potenciales.

EVALUACIÓN RADIOLÓGICA PREVIA Y EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD

5.4. El propósito de la evaluación radiológica previa es describir, como primer paso en el desarrollo de un PPR, de forma tan precisa como sea necesario, la situación que implica exposiciones ocupacionales. El nivel de esfuerzo, formalidad y detalle de la evaluación, y el escrutinio a que está sujeta, tiene que estar en relación con la magnitud de las exposiciones de rutina y potenciales así como las probabilidades de estas exposiciones potenciales.

5.5. En la evaluación radiológica previa se debería realizar, para todos los aspectos de las operaciones:

- a) una determinación de las fuentes de exposiciones de rutina y de las exposiciones potenciales razonablemente previsibles;
- b) un cálculo realista de las dosis y de las probabilidades correspondientes;
- c) una determinación de las medidas de protección radiológica necesarias para cumplir con el principio de optimización.

5.6. La evaluación previa ayudará a determinar lo que puede lograrse en la fase de diseño mediante el empleo de medios tecnológicos, para establecer condiciones de trabajo satisfactorias. Ejemplos serían la provisión de blindaje, contención, ventilación o sistemas de bloqueo. Estas consideraciones deberían estar dirigidas a “reducir al mínimo la necesidad de recurrir a controles administrativos y a equipo protector personal con fines de protección y seguridad en situaciones de funcionamiento normal” (Ref. [2], párr. I.29). A continuación se pueden considerar otras restricciones y procedimientos operacionales que pudieran aplicarse para mayor control de la exposición de los trabajadores. Sólo si estas medidas no son suficientes para restringir adecuadamente la dosis de los trabajadores, se avanzará la evaluación previa para considerar el uso de herramientas especiales, equipo protector personal y adiestramiento relacionado con tareas específicas.

5.7. Cuando se requiera autorización mediante registro u obtención de licencia, el párr. 2.13 de la Ref. [2] exige a la persona jurídica que solicite la autorización, la realización de una evaluación de la naturaleza, magnitud y probabilidad de las exposiciones y, si es necesario, una evaluación de la seguridad. Tal evaluación de la seguridad debería contribuir a diseñar el PPR. En los párrs. IV.4–IV.6 de las NBS (Ref. [2]) se establece que:

“La evaluación de la seguridad deberá incluir, según proceda, un examen crítico sistemático de:

- a) la naturaleza y magnitud de las exposiciones potenciales y su probabilidad;
- b) los límites y condiciones técnicas de funcionamiento de la fuente;

- c) las posibles modalidades de fallo de las estructuras, sistemas, componentes y procedimientos relacionados con la protección y la seguridad, aisladamente o en combinación, o de otras causas de exposiciones potenciales, y las consecuencias de tales fallos;
- d) las posibilidades de alteración de la protección o seguridad a causa de cambios en el medio ambiente;
- e) las posibilidades de error en los procedimientos operacionales relacionados con la protección y la seguridad, y las consecuencias de tales errores;
- (f) las consecuencias, en lo que atañe a la protección y seguridad, de toda modificación propuesta.”

5.8. “El titular registrado o el titular licenciado deberá tener en cuenta, según corresponda, en la evaluación de la seguridad:

- a) los factores que pudieran conducir a una emisión considerable de una sustancia radiactiva y las medidas aplicables para evitar o controlar esa emisión, así como la actividad máxima de cualquier sustancia radiactiva que pudiera ser emitida a la atmósfera en caso de un gran fallo de la contención;
- b) los factores que pudieran conducir a una emisión menor pero continua de una sustancia radiactiva y las medidas aplicables para evitar o controlar tal emisión;
- c) los factores que pudieran originar el funcionamiento fortuito de un haz de radiación, así como las medidas aplicables para prevenir, detectar y controlar tales sucesos;
- d) la medida en que los dispositivos de seguridad redundantes y diversos, independientes entre sí de modo que el fallo de uno no cause el fallo de ningún otro, son apropiados para restringir la probabilidad y magnitud de las exposiciones potenciales.”

5.9. “La evaluación de la seguridad deberá apoyarse con documentos y, si procede, ser objeto de examen independiente en el marco del programa pertinente de garantía de calidad. Deberán efectuarse los exámenes suplementarios que se precisen para cerciorarse de que continúan satisfaciéndose las especificaciones técnicas o las condiciones de uso siempre que:

- a) se contemplen modificaciones significativas de una fuente o su instalación conexas, o bien de los procedimientos para su explotación o mantenimiento;
- b) la experiencia de funcionamiento, u otra información sobre accidentes, fallos, errores u otros sucesos que pudieran conducir a exposiciones potenciales, indique la posibilidad de que la evaluación vigente no sea válida;
- c) se contemplen o se hayan introducido modificaciones significativas en las actividades, o modificaciones importantes de directrices o normas.”

ALCANCE Y ESTRUCTURA DEL PROGRAMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

5.10. El PPR abarca los principales elementos que contribuyen a la protección y la seguridad y es, por tanto, un factor clave para el desarrollo de la cultura de la seguridad, “para estimular, ante la protección y la seguridad, una actitud interrogante y deseosa de aprender y desincentivar la complacencia” (Ref. [2], párr. 2.28). El desarrollo de una cultura de seguridad depende del compromiso de la dirección.

5.11. Cualquiera que sea la situación, en la estructura básica del PPR se deberá documentar con un nivel adecuado de detalle:

- a) La asignación de responsabilidades para la seguridad y la protección radiológica ocupacional a los diferentes niveles de dirección, incluidas las correspondientes disposiciones de carácter organizativo, y si procede (por ejemplo en el caso de los trabajadores itinerantes), la distribución de las respectivas responsabilidades entre los empleadores y el titular registrado o el titular licenciado;
- b) La designación de zonas controladas o supervisadas;
- c) Las reglas locales que deben seguir los trabajadores y la supervisión del trabajo;
- d) Las disposiciones para la vigilancia radiológica de los trabajadores y de los puestos de trabajo, inclusive la adquisición y el mantenimiento de los instrumentos de protección radiológica;
- e) El sistema para registrar y notificar toda la información pertinente relacionada con el control de las exposiciones, las decisiones referentes a las medidas para la protección radiológica ocupacional y la seguridad, así como la vigilancia radiológica individual;
- f) El programa de enseñanza y capacitación sobre la naturaleza de los riesgos, la protección y la seguridad;
- g) Los métodos para auditar y revisar periódicamente la ejecución del PPR;
- h) Los planes a aplicar en caso de intervención (examinados en la Sección 6);
- i) El programa de vigilancia de la salud (examinado en la Sección 7);
- j) Los requisitos para garantizar la calidad y la mejora de los procesos, que se indican en los párrs. 5.101–5.111.

ASIGNACIÓN DE RESPONSABILIDADES

5.12. Para cumplir sus responsabilidades en cuanto al establecimiento y la implantación de las medidas técnicas y organizativas necesarias para garantizar la protección y la seguridad, los titulares licenciados y los titulares registrados “podrán nombrar a otras personas que ejecuten acciones y tareas relacionadas con esa responsabilidad,

pero deberán seguir siendo ellos mismos los responsables de esas acciones y tareas. Los titulares registrados y los titulares licenciados deberán indicar concretamente las personas encargadas de velar por el cumplimiento de las Normas” (Ref. [2], párr. 2.15). Así, la dirección deberá asignar al personal, según convenga, la responsabilidad de la implantación del PPR dentro de la organización. Las responsabilidades de cada nivel jerárquico, desde la dirección superior hasta los trabajadores, en cada aspecto del PPR, deberán estar claramente delineadas y documentadas en declaraciones normativas para asegurar que todos las conozcan. Cuando lo exija la autoridad reguladora, deberían ser designados oficiales de protección radiológica para supervisar la aplicación de los requisitos reglamentarios.

5.13. Las estructuras organizativas deberían comprender la asignación de responsabilidades y el compromiso de la organización con respecto a la protección y la seguridad. La estructura de la dirección debería facilitar la cooperación entre las diversas personas involucradas. El PPR debería diseñarse de forma tal que se brinde la información pertinente a las personas encargadas de los diversos aspectos del trabajo.

5.14. Con el fin de coordinar la toma de decisiones, acerca de la elección de medidas de protección, quizás sea conveniente, según el tamaño de la organización, crear un comité específico con representantes de los departamentos relacionados con la exposición ocupacional. La función principal de este comité sería asesorar a la dirección superior sobre el PPR. Entre sus miembros, por consiguiente, deberían estar los funcionarios directivos de los departamentos correspondientes y los trabajadores con experiencia en la materia. El comité debería delinear los principales objetivos del PPR, en general, y de la protección radiológica operacional, en particular; validar los objetivos de protección; formular propuestas en cuanto a la elección de las medidas de protección y dar recomendaciones a la dirección con relación a los recursos, métodos e instrumentos que se asignen para el cumplimiento del PPR.

5.15. En el párr. 2.31 de las NBS (Ref. [2]) se indica que “se deberá designar expertos cualificados y disponer de sus servicios para que presten asesoramiento sobre la observancia de las Normas.” En particular, se deberán seleccionar expertos calificados en protección radiológica que estén disponibles para brindar asesoramiento en una gama de temas, incluida la optimización de la protección y la seguridad.

Contabilidad de las fuentes radiactivas

5.16. En las NBS (Ref. [2], párr. IV.17) se señala:

“Los titulares registrados y los titulares licenciados deberán mantener un sistema de contabilidad en el que consten, en particular:

- a) la ubicación y descripción de cada fuente de la que sean responsables; y
- b) la actividad y forma de cada sustancia radiactiva de la que sean responsables.”

Además, debería considerarse la posibilidad de llevar registros de instrucciones especiales recibidas en relación con cada sustancia radiactiva y de detalles de la disposición final de cualquier fuente.

CLASIFICACIÓN DE ZONAS

5.17. La dirección debería tener en cuenta la clasificación de las zonas de trabajo donde haya exposición ocupacional a la radiación. Estas zonas deberían estar claramente definidas como parte del PPR y su clasificación debería derivarse de la evaluación radiológica previa a la que se hizo referencia anteriormente. Podrán definirse dos tipos de zonas: zonas controladas y zonas supervisadas.

Zonas controladas

5.18. En las NBS (Ref. [2], párr. I.21) se establece:

“Los titulares registrados y los titulares licenciados deberán definir como zona controlada toda zona en la que se prescriban o pudieran prescribirse medidas protectoras o disposiciones de seguridad específicas para:

- a) controlar las exposiciones normales o impedir la dispersión de la contaminación en condiciones normales de trabajo; y
- b) prevenir las exposiciones potenciales o limitar su magnitud.”

5.19. En las NBS (Ref. [2], párr. I.22) se expone:

“Al determinar los límites de toda zona controlada, los titulares registrados y los titulares licenciados deberán tener en cuenta la magnitud de las exposiciones normales previstas, la probabilidad y magnitud de las exposiciones potenciales, y la naturaleza y alcance de los procedimientos de protección y seguridad requeridos.”

5.20. En particular, una zona debería ser designada como zona controlada cuando la dirección considere que hay necesidad de adoptar controles de procedimiento para asegurar un nivel óptimo de protección y cumplimiento de los límites de dosis correspondientes. Las designaciones se basan mejor en el juicio y la experiencia operacional. En zonas donde no existan problemas de contaminación por materiales

radiactivos no sellados, las zonas designadas a veces pueden definirse en función de tasa de dosis en el límite. Los valores de la tasa de dosis, basados en una fracción del límite de dosis correspondiente, se han usado a menudo en el pasado para definir los límites de las zonas controladas. Tal enfoque todavía puede ser apropiado, pero no debería emplearse sin una evaluación cuidadosa. Por ejemplo, debería tenerse en cuenta el tiempo en el cual la tasa de dosis permanece en el nivel definido o por encima de él, así como el riesgo de exposiciones potenciales.

5.21. El trabajo con fuentes radiactivas no selladas puede traer como resultado la contaminación del aire y de las superficies, y ello a la vez puede producir incorporaciones de material radiactivo por parte de los trabajadores. Esta contaminación en general será de carácter intermitente, y normalmente no será posible controlar las incorporaciones confiando únicamente en los aspectos del diseño, particularmente en caso de un accidente o incidente. Por lo tanto, serán necesarios procedimientos operacionales para impedir o reducir la posibilidad de una incorporación, y en general habrá que establecer zonas controladas.

5.22. Sin embargo, tal vez no sea necesario establecer zonas controladas cuando se emplean solamente cantidades muy pequeñas de material radiactivo no sellado, por ejemplo para estudios con trazadores en un laboratorio de investigación. Tampoco quizás sea necesario establecerlas cuando se manejan únicamente materiales con bajas concentraciones de radionucleidos naturales (véase el párr. 2.27).

5.23. En las NBS (Ref. [2], párr. I.23) se indica:

“Los titulares registrados y los titulares licenciados deberán:

- a) delimitar por medios físicos las zonas controladas o, cuando esto no sea razonablemente factible, por otros medios adecuados;
- b) cuando una fuente se ponga en funcionamiento o sea energizada sólo intermitentemente, o se traslade de un lugar a otro, delimitar una zona controlada adecuada por medios idóneos en las circunstancias existentes y especificar los tiempos de exposición;
- c) colocar un símbolo de advertencia, tal como el recomendado por la Organización Internacional de Normalización (ISO)¹², y las instrucciones apropiadas en los puntos de acceso y otros lugares adecuados del interior de las zonas controladas;
- d) establecer medidas de protección y seguridad ocupacional inclusive reglas y procedimientos locales apropiados para las zonas controladas;
- e) restringir el acceso a las zonas controladas por medio de procedimientos administrativos, tales como el uso de permisos de trabajo, y mediante barreras

físicas, que podrían incluir dispositivos de cierre o enclavamiento, siendo el grado de restricción proporcionado a la magnitud y probabilidad de las exposiciones previstas;

- f) proporcionar, en los puntos de entrada en las zonas controladas, según proceda:
 - i) ropa y equipo de protección;
 - ii) equipo de vigilancia radiológica; y
 - iii) un lugar adecuado para guardar la ropa personal;
- g) proporcionar, en los puntos de salida de las zonas controladas, según proceda:
 - i) equipo de vigilancia radiológica de la contaminación de la piel y la ropa;
 - ii) equipo de vigilancia radiológica de la contaminación de todo objeto o substancia que se saque de la zona;
 - iii) instalaciones de lavado y ducha; y
 - iv) un lugar adecuado para guardar la ropa y el equipo de protección contaminados; y
- h) examinar periódicamente las condiciones para determinar la posible necesidad de revisar las medidas de protección o las disposiciones de seguridad, o bien los límites de las zonas controladas.

¹² ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACION, Basic Ionizing Radiation Symbol, ISO 361, ISO, Ginebra (1975).”

5.24. Las señales en las entradas a las zonas controladas deberían usarse para indicar a los empleados, especialmente al personal de mantenimiento, que se aplican procedimientos especiales en la zona y que es probable que existan fuentes radiactivas.

5.25. Al establecer las zonas controladas, la dirección tal vez considere útil el empleo de los límites físicos existentes, como las paredes de las habitaciones o edificios. Esto puede significar que las zonas serán más grandes de lo que sería estrictamente necesario partiendo solamente de consideraciones de protección radiológica.

Zonas supervisadas

5.26. En las NBS (Ref. [2], párr. I.24) se señala:

“Los titulares registrados y los titulares licenciados deberán definir como zona supervisada toda zona que no haya sido ya definida como zona controlada, pero en la que sea preciso mantener bajo examen las condiciones de exposición ocupacional, aunque normalmente no sean necesarias medidas de protección ni disposiciones de seguridad específicas.”

5.27. En las NBS (Ref. [2], párr. I.25) se expone:

“Los titulares registrados y los titulares licenciados deberán, teniendo en cuenta la naturaleza y magnitud de los riesgos de radiación existentes en las zonas supervisadas:

- a) delimitar las zonas supervisadas por medios apropiados;
- b) colocar señales aprobadas en los puntos adecuados de acceso a las zonas supervisadas; y
- c) examinar periódicamente las condiciones para determinar toda necesidad de medidas protectoras y disposiciones de seguridad, o de modificación de los límites de las zonas supervisadas.”

5.28. Así, el propósito esencial de una zona supervisada es determinar las partes del lugar de trabajo que deban estar sujetas a una revisión regular de las condiciones radiológicas para determinar si debe cambiarse la condición de la zona —como resultado, por ejemplo, de circunstancias que no estaban previstas en la evaluación radiológica anterior— o si ha habido algún fallo de control, ya sea en los aspectos de diseño o en los procedimientos que existen en alguna zona controlada adyacente. Normalmente, la revisión de las condiciones radiológicas comprendería un programa de vigilancia radiológica regular de la zona y, en algunos casos, de los individuos que trabajan en ella. No debería ser necesario establecer automáticamente una zona supervisada alrededor de cada zona controlada, ya que pueden ser suficientes los requisitos que se aplican dentro de una zona designada como controlada.

5.29. Al igual que en el caso de las zonas controladas, las definiciones de zonas supervisadas se basan mejor en el juicio y la experiencia operacional pero, también puede emplearse una tasa de dosis para definir sus límites. Un objetivo razonable sería asegurar que los trabajadores expuestos fuera de las zonas designadas recibieran el mismo nivel de protección que recibirían si fueran miembros del público. Esto implicaría el uso de una tasa de dosis basada en una dosis efectiva de 1 mSv en un año como un medio posible para definir el límite exterior de una zona supervisada. Además, como en el caso de las zonas controladas, quizás sería apropiado utilizar los límites físicos existentes al definir las zonas supervisadas (véase el párr. 5.25).

5.30. Aunque en muchas ocasiones puede ser conveniente marcar con señales los límites de las zonas supervisadas, esto puede no ser siempre necesario o productivo. Por ejemplo, quizás sea necesario designar zonas supervisadas en algunas partes de hospitales a las que puedan tener acceso los miembros del público; las señales en las entradas de estas zonas pueden ocasionar una preocupación innecesaria.

5.31. Las condiciones en las zonas supervisadas deberían posibilitar el acceso de los empleados con un número mínimo de formalidades.

REGLAS LOCALES, SUPERVISIÓN Y EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

5.32. Las reglas locales que describen las estructuras organizativas y los procedimientos a seguir en las zonas controladas deberán ser elaboradas y redactadas por la dirección. Las reglas deberán mostrarse en un lugar visible, o estar disponibles en el puesto de trabajo. Específicamente (Ref. [2], párr. I.26 y I.27):

“Los empleadores, los titulares registrados y los titulares licenciados deberán, en consulta con los trabajadores, por medio de sus representantes si procede:

- a) establecer por escrito las reglas y procedimientos locales necesarios para garantizar niveles suficientes de protección y seguridad a los trabajadores y demás personas;
- b) indicar en las reglas y procedimientos locales los valores correspondientes a todo nivel de investigación o nivel autorizado aplicable, y el procedimiento a seguir en caso de que se rebase cualquiera de estos valores;
- c) poner las reglas y procedimientos locales así como las medidas protectoras y las disposiciones de seguridad en conocimiento de los trabajadores a los que sean aplicables y de las demás personas a las que puedan afectar;
- d) velar porque todo trabajo que implique exposición ocupacional sea supervisado adecuadamente y hacer todo lo que sea razonable para garantizar la observancia de las reglas, procedimientos, medidas protectoras y disposiciones de seguridad; y
- e) cuando lo prescriba la autoridad reguladora, designar un oficial de protección radiológica.”

5.33. “En cooperación con los titulares registrados y los titulares licenciados, los empleadores deberán:

- a) facilitar a todos los trabajadores información adecuada sobre los riesgos para la salud derivados de su exposición ocupacional, ya se trate de una exposición normal o una potencial, instrucción y capacitación adecuadas en materia de protección y seguridad, e información adecuada sobre la significación de sus actos desde el punto de vista de la protección y seguridad;
- b) facilitar a las trabajadoras que posiblemente tengan que entrar en zonas controladas o zonas supervisadas, información apropiada sobre:

- i) los riesgos que la exposición de una mujer embarazada supone para el embrión o el feto;
- ii) la importancia de que una trabajadora que sospeche que está embarazada lo notifique cuanto antes a su empleador; y
- iii) el riesgo que supone para un bebé ingerir sustancias radiactivas por conducto de la lactancia;
- c) facilitar información, instrucción y capacitación adecuadas a los trabajadores que pudieran ser afectados por un plan de emergencia; y
- d) mantener registros de la capacitación impartida a cada uno de los trabajadores.”

5.34. La dirección deberá asignar la responsabilidad de la supervisión de las tareas. Esta supervisión deberá ejercitarse para garantizar que se han seguido todas las medidas de seguridad y protección requeridas durante el trabajo.

5.35. Cuando los controles operacionales y tecnológicos no son suficientes para proporcionar un nivel óptimo de protección para las tareas a realizar, debería emplearse el equipo protector personal. Cuando se hayan considerado las medidas para reducir la exposición utilizando el equipo protector, debería tenerse en cuenta cualquier posible incremento de la exposición debido a demoras o inconvenientes ocasionados por el uso del equipo (Ref. [2], párr. I.28):

“Los empleadores, los titulares registrados y los titulares licenciados deberán velar por que:

- a) se proporcione a los trabajadores equipo protector personal adecuado y suficiente que satisfaga las normas o especificaciones aplicables, en particular, según proceda:
 - i) ropa protectora;
 - ii) equipo protector respiratorio de cuyas características de protección se informe a los usuarios; y
 - iii) delantales y guantes protectores y blindajes de protección de órganos;
- b) los trabajadores reciban, cuando corresponda, instrucción adecuada en el empleo correcto del equipo protector respiratorio, que incluya la manera de comprobar su buen ajuste;
- c) las tareas que exijan el uso de cierto equipo protector personal específico se confíen solamente a los trabajadores que, según el oportuno asesoramiento médico, sean capaces de aguantar sin riesgos el esfuerzo suplementario necesario;
- d) todo el equipo protector personal se mantenga en estado satisfactorio y, cuando proceda, se ensaye a intervalos regulares;

- e) se mantenga listo para su empleo, en caso de intervención, equipo protector personal adecuado; y
- f) si se piensa utilizar equipo protector personal para una tarea determinada, se tengan en cuenta la exposición adicional que pudiera producirse a causa del tiempo o de inconvenientes suplementarios, así como cualquier riesgo no radiológico adicional que pudiera suponer el hecho de realizar la tarea usando equipo protector.”

PLANIFICACIÓN Y PERMISOS PARA EL TRABAJO CON RADIACIÓN

5.36. Cuando se va a llevar a cabo una operación durante la cual pueden encontrarse niveles importantes de contaminación o radiación, o cuya realización puede ser compleja (involucrando varios grupos de trabajo y numerosas actividades), la planificación previa es uno de los medios más importantes para lograr la optimización de la protección. El oficial de protección radiológica debería tomar parte en la planificación de las actividades que impliquen exposiciones significativas, y debería asesorar sobre las condiciones en que puede emprenderse el trabajo en zonas controladas. Las situaciones que justifican el uso de planes de trabajo detallados y permisos de trabajo se encuentran generalmente en la industria nuclear, aunque también en industrias no nucleares (p. ej., en el mantenimiento o desmantelamiento de aceleradores). La AEN/OCDE [15] ha publicado nuevas orientaciones sobre el uso de la planificación del trabajo para la optimización.

5.37. Los procedimientos escritos deberían utilizarse como parte del proceso de planificación del trabajo, según convenga. Los elementos que deberían considerarse son, entre otros, los siguientes:

- a) Información de un trabajo similar realizado anteriormente;
- b) Tiempo para comenzar el trabajo, su duración estimada, y el personal involucrado;
- c) Mapas de las tasas de dosis estimadas;
- d) Estado operacional de la planta (p. ej., para una central nuclear, parada en frío o en caliente, funcionamiento a plena o reducida potencia);
- e) Otras actividades en la misma zona, que puedan interferir en el trabajo;
- f) Preparación y asistencia en las operaciones (aislamiento del proceso, andamiaje, trabajo de aislamiento, etc.);
- g) Ropa protectora y herramientas que se utilizarán;
- h) Comunicación necesaria para asegurar el control de supervisión y la coordinación;
- i) Manipulación de los desechos que se originen; y
- j) Seguridad convencional.

5.38. Para cada tarea que necesite la adopción de precauciones radiológicas, debería elaborarse normalmente un permiso de trabajo con radiaciones (PTR), que emitirían las personas a cargo de la planificación de las operaciones, en colaboración con el oficial de protección radiológica. Una copia del PTR se entregaría al supervisor del trabajo y se mantendría a disposición del grupo de trabajo en todo momento. Además de la descripción del trabajo que se va a realizar, el PTR puede incluir:

- a) Un mapa detallado de las tasas de dosis en la zona de trabajo y los posibles puntos calientes, elaborado a partir de un estudio realizado antes del trabajo o por otro tipo de estimaciones;
- b) Una evaluación de los niveles de contaminación y cómo éstos pueden cambiar en el transcurso del trabajo;
- c) Una estimación de la exposición individual y colectiva para cada etapa del trabajo;
- d) Especificación de los dosímetros adicionales que utilizarían los trabajadores;
- e) Especificación del equipo protector que se emplearía en diferentes fases del trabajo;
- f) Detalles de cualquier restricción de tiempo o de dosis;
- g) Instrucciones sobre cuándo se debe establecer contacto con el oficial de protección radiológica.

VIGILANCIA RADIOLÓGICA Y EVALUACIÓN DE DOSIS

5.39. El término general “vigilancia radiológica” describe las mediciones relacionadas con la evaluación o el control de la exposición a la radiación y a los materiales radiactivos. Aunque las mediciones desempeñen un papel importante en cualquier PPR, la vigilancia radiológica es más que una medición simple; requiere interpretación y evaluación. La justificación principal para realizar una medición debe, por lo tanto, encontrarse en la manera en que ayude a lograr y demostrar una protección adecuada, incluida la implantación de la optimización de la protección. En esta sección se examinan las funciones principales de las diversas formas de vigilancia radiológica. En las Guías de seguridad sobre la evaluación de la dosis [3, 4] se brinda orientación adicional.

5.40. La vigilancia radiológica puede ofrecer importantes beneficios suplementarios en los campos de relaciones públicas o la industria —como incentivar y motivar a la fuerza de trabajo— o de la investigación científica —como suministrar datos para los estudios epidemiológicos— o proveer información útil para determinar responsabilidades en caso de manifestarse efectos adversos sobre la salud de los trabajadores. Estas consideraciones podrían afectar a las decisiones sobre la índole y el alcance de

los programas de vigilancia radiológica, pero no son la justificación primaria para un programa de vigilancia dirigido a la protección radiológica. A pesar de su importancia, la vigilancia es una técnica para la protección radiológica; no es un fin en sí mismo.

5.41. Así, se puede utilizar un programa de vigilancia para varios propósitos específicos, según la índole y el alcance de la práctica. Estos propósitos pueden ser:

- a) La confirmación de buenas prácticas de trabajo (p. ej., la idoneidad de la supervisión y capacitación) y de las normas técnicas;
- b) El suministro de información sobre las condiciones en el lugar de trabajo y los medios para establecer si éstos están bajo un control satisfactorio y si los cambios operacionales han mejorado o empeorado las condiciones radiológicas de trabajo;
- c) La estimación de la exposición real de los trabajadores, para demostrar el cumplimiento de los requisitos reglamentarios;
- d) La evaluación y elaboración de procedimientos operacionales a partir de la revisión de los datos recogidos en la vigilancia radiológica individual y de grupos de trabajadores (estos datos pueden utilizarse para identificar los aspectos buenos y malos de los procedimientos operacionales y las características de diseño, y por ello contribuyen al desarrollo de prácticas más seguras para el trabajo con radiaciones);
- e) El suministro de información que permite que los trabajadores comprendan cómo, cuándo y dónde ellos pueden quedar expuestos y para motivarlos a reducir su exposición;
- f) El suministro de información para la evaluación de dosis en caso de exposiciones accidentales.

Además, los datos sobre vigilancia radiológica también pueden utilizarse:

- a) Para el análisis riesgos–beneficios;
- b) Para complementar los registros médicos;
- c) Para estudios epidemiológicos de la población expuesta.

5.42. La responsabilidad principal para establecer un programa de vigilancia radiológica recae en la dirección. Por consiguiente, la dirección debería diseñar el programa de vigilancia radiológica sobre la base de la evaluación radiológica previa examinada en los párrs. 5.4–5.6, teniendo debidamente en cuenta los requisitos reglamentarios.

5.43. Los programas de vigilancia radiológica pueden dividirse y subdividirse en diferentes tipos. La primera división tiene que ver con los objetivos de la vigilancia

radiológica. A este nivel, se llevan a cabo tres tipos de vigilancia radiológica con fines de protección radiológica:

- a) La vigilancia radiológica de rutina se asocia a las operaciones continuas y está destinada a satisfacer requisitos reglamentarios y a demostrar que las condiciones de trabajo, incluidos los niveles de dosis individual, son satisfactorias. Por tanto, aunque en su mayor parte es de índole confirmatoria, sustenta todo el programa de vigilancia radiológica operacional.
- b) La vigilancia radiológica relacionada con una tarea se aplica a una operación específica. La misma suministra datos para apoyar las decisiones inmediatas sobre la dirección de la operación. La misma también puede apoyar la optimización de la protección.
- c) La vigilancia radiológica especial es de carácter investigativo y típicamente abarca una situación en el lugar de trabajo para la cual no se dispone de suficiente información para demostrar un control adecuado. Tiene por objeto suministrar información detallada para dilucidar cualquier problema y para definir procedimientos futuros. Debería emprenderse normalmente en la etapa de puesta en marcha de nuevas instalaciones, después de modificaciones importantes tanto en las instalaciones como en los procedimientos, o cuando las operaciones se estén efectuando en circunstancias anormales, como un accidente.

5.44. Cada uno de estos tipos puede subdividirse en función de la ubicación de la vigilancia radiológica:

- a) la vigilancia radiológica del lugar de trabajo comprende las mediciones hechas en el medio de trabajo;
- b) se entiende por vigilancia radiológica individual la medición mediante un equipo portado por el propio trabajador, o la medición de las cantidades de material radiactivo incorporado por el trabajador o sobre la superficie de su cuerpo, así como la interpretación de dichas mediciones.

5.45. La vigilancia radiológica del lugar de trabajo puede subdividirse más adelante en vigilancia radiológica de la irradiación externa, de la contaminación del aire y de la contaminación superficial. La vigilancia radiológica individual puede subdividirse a su vez en vigilancia radiológica de la exposición externa, de la exposición interna y de la contaminación de la piel. Los detalles de los programas estarán influidos por el tipo y la energía de la radiación y por los radionucleidos de que se trate.

5.46. El diseño e implantación de un programa de vigilancia radiológica debería ajustarse a los requisitos de garantía de calidad, para asegurar que los procedimientos

se establezcan y se apliquen correctamente, y que los registros se confeccionen de forma inmediata y se mantengan como es debido. El equipo que se utilizará en el programa de vigilancia radiológica debería ser apropiado para el(los) tipo(s) de radiación(es) y la(s) forma(s) del material radiactivo existente en los lugares de trabajo. El equipo debería calibrarse para satisfacer las normas apropiadas. Pueden obtenerse orientaciones más detalladas en los documentos del OIEA/OIT [3, 4, 17].

5.47. Los objetivos de un programa de vigilancia radiológica deberían estar claramente definidos y registrados, y el diseño del programa debería reflejar estos objetivos. El diseño debería incluir la base para la interpretación de los resultados de la vigilancia radiológica y cómo esto se relaciona con los objetivos del programa, y por otra parte esta base debería documentarse. En el programa debería hacerse también una distinción entre la vigilancia radiológica para el control de las operaciones y la vigilancia radiológica para la evaluación formal de la dosis con el objetivo de satisfacer los requisitos reglamentarios.

5.48. En el diseño del programa de vigilancia radiológica se deberían indicar los registros que se necesita mantener y los procedimientos asociados al mantenimiento y eliminación de dichos registros. Todos estos aspectos deberían revisarse regularmente, a intervalos determinados por la dirección, o después de cualquier cambio importante en las operaciones de la instalación o en los requisitos reglamentarios. Tales revisiones deberían tener el propósito de garantizar que el esfuerzo de la vigilancia radiológica (tipo, frecuencia y alcance) sea el adecuado. La información también debería utilizarse para identificar los aspectos positivos y negativos de los procedimientos operacionales y las características de diseño.

Vigilancia radiológica individual

5.49. En las NBS (Ref. [2], párr. I.33) se señala:

“Cuando un trabajador realice normalmente sus actividades en una zona controlada, o trabaje ocasionalmente en una zona controlada y pueda sufrir una exposición ocupacional significativa, deberá ser objeto de vigilancia radiológica individual siempre que ello sea procedente, adecuado y factible. En los casos en que la vigilancia radiológica individual no sea procedente, adecuada ni factible, la exposición ocupacional del trabajador deberá evaluarse en base a los resultados de la vigilancia radiológica del puesto de trabajo y a la información sobre los lugares y la duración de la exposición del trabajador.”

En las Guías de seguridad acerca de la evaluación de la exposición, se muestran ejemplos de situaciones en que la vigilancia radiológica individual puede no ser procedente o factible [3, 4].

5.50. En las NBS (Ref. [2], párr. I.34) se estipula:

“Cuando un trabajador realice habitualmente su actividad profesional en una zona supervisada, o entre solo ocasionalmente en una zona controlada, no deberá ser necesaria su vigilancia radiológica individual, pero deberá evaluarse su exposición ocupacional. Esta evaluación deberá basarse en los resultados de la vigilancia radiológica del puesto de trabajo o bien en la vigilancia radiológica individual.”

5.51. En las NBS (Ref. [2], párr. I.35) se establece:

“La naturaleza, frecuencia y precisión de la vigilancia radiológica individual deberán determinarse atendiendo a la magnitud y las posibles fluctuaciones de los niveles de exposición, así como a la probabilidad y magnitud de las exposiciones potenciales.”

5.52. La exposición externa a la radiación fotónica de alto poder de penetración puede ser fácilmente evaluada mediante la vigilancia radiológica individual. La evaluación de la exposición individual a otros tipos y calidades de radiación (p. ej., rayos X de baja energía, neutrones y partículas beta) es más difícil. Un dosímetro debería ser capaz de medir las magnitudes operacionales para el tipo particular de radiación presente. Cuando sea factible, los dosímetros que se utilizarán para la vigilancia radiológica de rutina deberían diseñarse para cuantificar la exposición potencial máxima que se pueda prever de forma razonable, según los resultados de las evaluaciones preliminares. Cuando esto no sea factible, deberán utilizarse otros medios apropiados, como monitores de zona o dosímetros adicionales. Para la exposición no uniforme, puede ser necesario, en ocasiones, portar dosímetros adicionales para partes del cuerpo (p. ej., manos o dedos) con probabilidad de recibir una fracción significativa del límite de dosis aplicable a esa parte del cuerpo.

5.53. Podría ser útil utilizar dosímetros suplementarios cuando sea probable que ocurran exposiciones importantes dentro del intervalo de evaluación rutinaria normal de un dosímetro, o cuando puede esperarse que las condiciones radiológicas cambien significativamente durante el trabajo. En estos casos, los dosímetros de lectura directa tienen ventajas particulares porque el usuario puede leerlos durante el proceso de trabajo y los registros de exposición pueden hacerse al terminar las fases o períodos de trabajo.

5.54. En las NBS (Ref. [2], párr. I.36) se establece:

“Los empleadores deberán velar por que sean identificados los trabajadores que puedan estar expuestos a contaminación radiactiva, incluidos los trabajadores que usen equipo protector respiratorio, y deberán organizar la adecuada vigilancia radiológica en la medida necesaria para demostrar la eficacia de la protección brindada y evaluar la incorporación de sustancias radiactivas o las dosis comprometidas, según proceda.”

5.55. La vigilancia radiológica individual para la evaluación de la dosis interna debería llevarse a cabo cuando la dosis interna pueda ser importante. Cuando sea posible, la incorporación de material radiactivo debería evaluarse utilizando mediciones in vivo o in vitro, o mediante muestras individuales de aire. Los principales factores técnicos que deberían influir en la decisión de llevar a cabo la vigilancia radiológica individual de rutina para la radiación interna son los niveles esperados, las variaciones probables de las incorporaciones, y la complejidad de las mediciones y procedimientos de interpretación que comprenden el programa de vigilancia radiológica. En la Guía de seguridad conexas [4] se ofrecen instrucciones más detalladas sobre la evaluación de la dosis interna.

5.56. Para asegurar la precisión y exactitud necesaria, la dosimetría individual debería realizarse, siempre que sea posible, por un servicio de dosimetría aprobado. La autoridad reguladora debería considerar el establecimiento de un procedimiento de acreditación nacional como base para la aprobación de los servicios de dosimetría.

Vigilancia radiológica del lugar de trabajo

5.57. En las NBS (Ref. [2], párr. I.37) se indica:

“Los titulares registrados y los titulares licenciados, en cooperación con los empleadores si procede, deberán establecer, conservar y mantener bajo revisión un programa de vigilancia radiológica de los puestos de trabajo, con la supervisión de un experto calificado y de un oficial de protección radiológica si así lo prescribe la autoridad reguladora.”

5.58 En las NBS (Ref. [2], párr. I.38) se establece:

“La naturaleza y frecuencia de la vigilancia radiológica de los puestos de trabajo deberá:

- a) ser suficiente para permitir:

- i) la evaluación de las condiciones radiológicas existentes en todos los puestos de trabajo;
 - ii) la evaluación de la exposición en las zonas controladas y en las zonas supervisadas; y
 - iii) el examen de la clasificación de las zonas en controladas y supervisadas; y
- b) depender de los niveles de dosis equivalente ambiental y de concentración de la actividad, cuenta habida de las fluctuaciones previstas y la probabilidad y magnitud de las exposiciones potenciales.”

5.59. En las NBS (Ref. [2], párr. I.39) se establece:

“Los programas de vigilancia radiológica de los puestos de trabajo deberán especificar:

- a) las magnitudes que han de medirse;
- b) dónde y cuándo han de efectuarse las mediciones y con qué frecuencia;
- c) los métodos y procedimientos de medición más apropiados; y
- d) los niveles de referencia y las medidas a adoptar, si son rebasados.”

5.60. Los resultados y los hallazgos de la vigilancia radiológica del lugar de trabajo deberían registrarse (véase el párr. 5.86), y ponerse a disposición de la dirección y los empleados (por medio de sus representantes si es apropiado). Esta información debería utilizarse en apoyo a las evaluaciones previas y posteriores a la tarea, la planificación de trabajo, el control de la contaminación y la dirección de las operaciones de control radiológico. Deberían identificarse los cambios importantes en los resultados de la vigilancia radiológica, y las tendencias deberían analizarse periódicamente. Según sea necesario deberían adoptarse acciones correctoras.

5.61. Se debería prestar particular atención a la selección y uso de instrumentos para garantizar que sus características de funcionamiento sean apropiadas para la situación específica de la vigilancia radiológica del puesto de trabajo en cuestión. En las Guías de seguridad conexas [3, 4] se podrán encontrar consideraciones referentes a la adquisición, uso, mantenimiento y prueba de los instrumentos de protección radiológica, y en un Informe de seguridad [17] se trata sobre la calibración de los instrumentos y dosímetros.

Evaluación de la dosis individual

5.62. En las NBS (Ref. [2], párr. I.32) se establece:

“El empleador de todo trabajador, así como los empleados por cuenta propia, los titulares registrados y los titulares licenciados deberán ser los responsables de

organizar la evaluación de la exposición ocupacional de los trabajadores, basada en la vigilancia radiológica individual, cuando proceda, y deberán cuidar de que se concierten las disposiciones adecuadas con servicios dosimétricos apropiados, con sujeción a un programa adecuado de garantía de calidad.”

Los requisitos de garantía de la calidad que se deberán aplicar a los servicios de dosimetría se examinan en las Guías de seguridad relacionadas con la evaluación de la exposición ocupacional [3, 4].

5.63. La decisión de emplear la vigilancia radiológica individual puede verse influida por los niveles esperados y las variaciones probables en las dosis o incorporaciones, y por la complejidad de los procedimientos de medición y de interpretación. En la evaluación de la dosis individual se emplean los resultados de las mediciones tanto del individuo como del puesto de trabajo para asignar un valor de exposición externa o interna a un individuo o a un grupo de individuos.

5.64. Por evaluación formal de la dosis se entiende la determinación de la dosis individual —llevada a cabo dentro de un marco bien definido de garantía de la calidad— con sujeción a la orientación y a la aprobación de la autoridad reguladora. La evaluación formal de la dosis deberá requerirse para todo trabajador que esté normalmente empleado en una zona controlada. Para cualquier componente individual de exposición ocupacional (p. ej., la radiación fotónica altamente penetrante, la irradiación de neutrones, la exposición interna, etc.), estas evaluaciones deberían considerarse si la vigilancia radiológica indica que la dosis efectiva anual correspondiente excede de 1 mSv, y deberían ciertamente ser realizadas para las dosis efectivas anuales totales que se estime que sobrepasen los 5 mSv. También debería considerarse la probabilidad y posible magnitud de las exposiciones potenciales.

5.65. La vigilancia radiológica de la exposición, sin la necesidad obligada de una evaluación formal de las dosis, debería adoptarse para todo trabajador regularmente empleado en un área supervisada, o para quien entre ocasionalmente en un área controlada, pero cuyas dosis no se espera que sean significativas. Esta vigilancia radiológica podrá estar basada en los resultados de los programas ordinarios de vigilancia radiológica de los lugares de trabajo.

5.66. En general, la exposición radiológica individual de un trabajador debería evaluarse a partir de los resultados de la vigilancia radiológica individual. Hay ocasiones, particularmente en la evaluación de las dosis internas, cuando esto no puede ser factible y hay que confiar en la vigilancia radiológica del lugar de trabajo. En este caso, el programa de vigilancia radiológica debería suministrar información

detallada sobre los movimientos del trabajador, y las variaciones temporales y espaciales de las concentraciones en el ambiente inmediato del trabajador.

5.67. Para evaluar la exposición individual a la radiación interna quizás sea necesario establecer un nivel de incorporación o de concentración en aire como indicación del potencial de una dosis individual significativa. Al deducir tal nivel, de ser posible, deberían tomarse en cuenta las sustancias radiactivas y las vías de exposición particulares del lugar de trabajo pertinente. Si se rebasa el nivel, pueden ser necesarias mediciones directas adicionales de la exposición interna del individuo. Esto también puede ser deseable si existe alguna duda sobre la exactitud de la dosis evaluada para las condiciones específicas del lugar de trabajo.

5.68. Para las evaluaciones de dosis, es importante valorar la exactitud de los procedimientos particulares o los dispositivos de vigilancia radiológica utilizados para determinar la exposición externa e interna. El objetivo deberá ser establecer un registro, tan extenso como sea razonable, con valores fiables de dosis formalmente evaluadas. La dirección deberá tener en cuenta los factores que afectan a la exactitud de la evaluación de la dosis, definir los criterios de exactitud para los procedimientos formales de evaluación de dosis y dosimetría, así como tomar medidas razonables y apropiadas para cuantificar y minimizar las incertidumbres.

5.69. Para los visitantes que realizan visitas cortas y poco frecuentes a zonas controladas, de tal forma que no hay probabilidad de exposiciones importantes, no son necesarios la vigilancia radiológica individual y el mantenimiento del registro. Sin embargo, es necesario y debería registrarse el conocimiento de las condiciones radiológicas en las áreas visitadas —por ejemplo, datos de la vigilancia radiológica de zona o de la vigilancia radiológica individual de los acompañantes de los visitantes.

Uso de los niveles de investigación

5.70. Los niveles de investigación (véase el párr. 2.14) desempeñan un papel importante en los programas de vigilancia radiológica. Las autoridades reguladoras también pueden desear, con fines reglamentarios, establecer un nivel de investigación genérico en función de la exposición individual. Los niveles de investigación pueden fijarse virtualmente en función de cualquier magnitud mensurable en relación con el ambiente de trabajo o el individuo. Estos niveles, que deberían ser definidos por la dirección en sus PPR, tienen el objetivo de facilitar el control de las operaciones y exposiciones. Si se rebasan, debería iniciarse una revisión de las disposiciones de seguridad y protección, así como de las razones por las cuales el valor está siendo rebasado. Estas revisiones pueden conducir a la introducción de medidas de seguridad y protección adicionales.

5.71. La dirección debería fijar los niveles de investigación para la incorporación y la dosis individual sobre la base de los niveles esperados de dosis individual. Los valores basados en una fracción seleccionada del límite de dosis, y que corresponden al período al que se refiere el resultado individual, pueden ser de utilidad para la autoridad reguladora. En el pasado, los niveles de investigación se basaban frecuentemente en las tres décimas partes del límite de dosis. Esto puede aceptarse todavía en algunas situaciones.

5.72. La vigilancia radiológica del lugar de trabajo puede incluir la medición de las tasas de dosis, de los niveles de contaminación y de los niveles de actividad en aire, o una combinación de dichas mediciones. Los niveles de investigación para la vigilancia radiológica del lugar de trabajo deberían ser establecidos por la dirección sobre la base de los niveles esperados y la experiencia operacional. Frecuentemente se usa una fracción de la concentración derivada en aire (CDA) como medio para indicar la importancia de una medición en particular de la concentración en aire. Los valores de contaminación superficial (actividad por unidad de área) derivados de una fracción del límite de dosis pertinente también han sido útiles para indicar la importancia de mediciones en particular. Estos valores frecuentemente desempeñan la función de niveles de investigación, y pueden ser útiles para indicar un deterioro de las condiciones radiológicas de trabajo.

5.73. Los niveles de investigación deberían definirse en la etapa de planificación de las actividades, y pueden revisarse cuando sea necesario sobre la base de la experiencia operacional. Puede establecerse un nivel para los individuos que participen en una operación en particular, o derivarse específicamente para individuos dentro de un puesto de trabajo sin referencia a una operación en especial. Los últimos son particularmente pertinentes cuando los individuos están expuestos a varias fuentes diferentes en un lugar de trabajo o intervienen en varias tareas diferentes durante el trabajo.

5.74. La dirección debería determinar a los responsables para iniciar las investigaciones cuando éstas se requieran. El propósito de cada nivel de investigación, y las acciones asociadas con él, deberían definirse previamente con claridad. La investigación debería abarcar lo siguiente:

- a) Las circunstancias conducentes a la exposición sospechada;
- b) La verificación de los resultados dosimétricos;
- c) La probabilidad de que sean rebasados los niveles o límites de dosis en las actuales condiciones de trabajo;
- d) Las medidas correctoras que han de adoptarse.

Registros

Registros de la evaluación de la exposición ocupacional

5.75. Las NBS indican que “Los empleadores, los titulares registrados y los titulares licenciados deberán mantener registros de la exposición de cada trabajador cuya exposición ocupacional haya de evaluarse.” (Ref. [2], párr. I.44). En consecuencia, cada instalación debería establecer un procedimiento que indique cómo han de ser presentados los resultados y los datos de la vigilancia radiológica, qué niveles de dosis serán registrados y qué documentos y registros de exposición radiológica deberán conservarse. En general, el servicio de dosimetría tiene un contacto directo limitado con los trabajadores y con la dirección de la instalación. Los resultados de la vigilancia radiológica son, sin embargo, frecuentemente usados por la dirección para alertar al personal encargado de la protección radiológica operacional cuando la intervención del trabajador es necesaria, como el muestreo de seguimiento o una restricción de trabajo. Por consiguiente, se necesita una estrecha cooperación entre los que intervienen en las diferentes partes de los programas de protección y vigilancia radiológica.

5.76. El mantenimiento de los registros de dosis consiste en la confección y el mantenimiento de los registros de dosis individuales para los trabajadores expuestos a radiaciones. Mantener el registro es una parte esencial del proceso de vigilancia radiológica individual.

5.77. En el programa de vigilancia radiológica se deberían haber definido períodos apropiados para las evaluaciones radiológicas o la vigilancia radiológica, relacionados con el procesamiento del dosímetro o un programa de muestreo. Los registros de las dosis individuales deberían elaborarse de tal forma que las dosis evaluadas para estos períodos se puedan identificar por separado.

5.78. Los registros de dosis deberían mantenerse actualizados, y deberían establecerse procedimientos para garantizar que las evaluaciones de dosis, para cualquier período de vigilancia radiológica, se incorporen rápidamente en el registro de las dosis individuales.

5.79. El registro individual de la exposición ocupacional debería vincularse inequívocamente al trabajador y debería posibilitar la suma de las dosis externas e internas. Para cada año, el registro debería incluir:

- a) Identificación única del individuo;
- b) La exposición para el año hasta la fecha y, cuando sea necesario, para el período apropiado de cinco años;

- c) Mediciones de dosis externa, y método de evaluación:
 - i) Dosis equivalente personal, $H_p(10)$;
 - ii) Si es apropiado (p. ej., en el caso de exposición importante a la radiación beta o fotónica de energía baja), dosis equivalente personal, $H_p(0,07)$;
- d) Mediciones de dosis interna:
 - i) Dosis efectiva comprometida, $E(50)$;
 - ii) Si es apropiado (p. ej., en el caso de una sobreexposición), dosis equivalente comprometida, $H(50)$;
- e) Evaluaciones de resultados anómalos de dosis, tales como dosis inesperadamente altas o bajas;
- f) La dosis asignada a las muestras o dosímetros perdidos o dañados;
- g) Otra información sobre la exposición previa según se necesite para demostrar que se cumplen los requisitos establecidos por la autoridad reguladora correspondiente;
- h) Información sobre el material y los radionucleidos presentes en toda incorporación importante conocida o sospechada;
- i) Todo límite de dosis especial impuesto al trabajador;
- j) Registros de las declaraciones formales sobre un embarazo, revocaciones de tales declaraciones, y notificaciones de la conclusión de un embarazo;
- k) Dosis para toda la vida hasta la fecha.

5.80. Los registros de dosis individuales deberían incluir las incorporaciones o las dosis equivalentes evaluadas. Deberían incluirse los detalles de cualquier participación en sucesos anormales, aún cuando no puedan hacerse estimaciones de la exposición. También es importante retener los registros que se refieren a los objetivos, los métodos de vigilancia radiológica y los modelos utilizados para la interpretación y el análisis de datos, porque estos pueden ser necesarios para una futura interpretación de los registros de dosis; es esencial poder recuperar las mediciones y las evaluaciones de dosis.

5.81. Al confeccionar los registros de las evaluaciones de dosis es importante establecer los niveles de registro de los programas de vigilancia radiológica. Gran parte de los datos acumulados en los programas de vigilancia radiológica son de un valor únicamente transitorio; los resultados de la vigilancia radiológica son fáciles de obtener, pero el procedimiento de evaluación es complejo y muy frecuentemente las dosis inherentes son pequeñas. El nivel de registro, en el contexto de la vigilancia radiológica individual, debería ser un nivel formalmente definido de dosis efectiva (o equivalente) o de incorporación por encima del cual un resultado del programa de vigilancia radiológica tiene importancia suficiente para que el valor medido o calculado sea incluido en un registro de dosis. Otros resultados se pueden abarcar por una declaración general en el registro acerca de que ninguno de ellos rebasó el nivel

de registro. Sin embargo, es esencial que el hecho de que haya sido realizada una medición se registre incluso en estos casos. La mejor manera de hacer esto puede ser colocando un cero en los registros en el campo correspondiente a la medición en cuestión. Sin embargo, si esto se ha hecho, debería aclararse que la dosis estaba por debajo del nivel de registro. Si se considera aceptable en el nivel de registro una incertidumbre de $\pm 100\%$, esto puede emplearse para definir las especificaciones necesarias para el desempeño de los dosímetros personales a dosis bajas (véase la Guía de seguridad conexas [3]).

5.82. El nivel de registro para la vigilancia radiológica individual deberá deducirse de la duración del período de vigilancia radiológica y una dosis efectiva anual no menor de 1 mSv o una dosis equivalente anual de aproximadamente el 10% del límite de dosis correspondiente. Sin embargo, en situaciones en que varios componentes de la exposición (tal como la exposición externa e interna de órganos específicos) contribuyen significativamente a la dosis total, puede resultar apropiado deducir niveles de registro más bajos para cada componente. La política de registro para cada componente debería entonces ser formalmente definida y registrada.

5.83. En la práctica, para la vigilancia radiológica individual de la exposición externa, las dosis medidas generalmente entran directamente en los registros. El nivel mínimo de detección debería entonces emplearse como el nivel de registro, es decir, los resultados por debajo de ese nivel deberían ser registrados como cero. Esto es satisfactorio con tal que el nivel mínimo de detección sea menor que la fracción del nivel de registro de 1 mSv apropiada (prorrateada) para el período analizado. Para la vigilancia radiológica de la exposición interna, un nivel de registro aplicado a los resultados medidos evita el esfuerzo innecesario de una evaluación difícil y la pérdida de tiempo en el caso de incorporaciones triviales.

5.84. La difusión de la información es un aspecto importante en el proceso de mantenimiento de los registros. En las NBS (Ref. [2], párr. I.47) se hace constar:

“Los empleadores, los titulares registrados y los titulares licenciados deberán:

- a) facilitar a los trabajadores el acceso a la información contenida en los registros de exposición de estos últimos;
- b) facilitar al supervisor del programa de vigilancia de la salud, a la autoridad reguladora y al empleador correspondiente, el acceso a los registros de exposición;
- c) facilitar el suministro de copias de los registros de exposición de los trabajadores a los nuevos empleadores cuando los trabajadores cambien de empleo;

- d) cuando un trabajador cese en el trabajo, adoptar las disposiciones necesarias para que los registros de exposición del trabajador sean guardados por la autoridad reguladora, o en un archivo nacional, o por el titular registrado o el titular licenciado, según proceda;
- e) al cumplir lo prescrito en los apartados a)–d), prestar el cuidado y la atención debidos a la preservación de la adecuada confidencialidad de los registros.”

5.85. Los sistemas de registro deben ser capaces de producir la información de evaluación de la dosis para cualquier período de información definido en el PPR o exigido por las autoridades reguladoras. Si un trabajador cambia de empleo, los registros de dosis deberían actualizarse y completarse oportunamente.

Registros de vigilancia radiológica del lugar de trabajo

5.86. La dirección debería determinar los aspectos particulares de la vigilancia radiológica del lugar de trabajo que han de registrarse, haciendo referencia a los requisitos de las NBS: “Deberán mantenerse registros que den constancia de los resultados de la vigilancia radiológica y de la verificación del cumplimiento.” (Ref. [2], párr. 2.40). La dirección “deberá mantener registros apropiados de las conclusiones del programa de vigilancia radiológica del puesto de trabajo, conclusiones que se pondrán en conocimiento de los trabajadores, por medio de sus representantes cuando así proceda.” (Ref. [2], párr. I.40). Es importante registrar datos que:

- a) Demuestren el cumplimiento de los reglamentos;
- b) Determinen cambios importantes con relación al ambiente de trabajo;
- c) Den detalles de las mediciones radiológicas, p. ej., fecha, tiempo, ubicación, niveles de radiación, instrumentos empleados, otros comentarios;
- d) Registren informes recibidos sobre el lugar de trabajo, donde el cumplimiento de las normas podría verse afectado negativamente;
- e) Detallen las medidas apropiadas que hayan adoptado.

Períodos de conservación de los registros

5.87. Muchos de estos registros, p. ej., aquellos que contienen todos los detalles de un estudio radiológico específico, son transitorios en su naturaleza y sólo son importantes durante un período de revisión establecido, y quizás no sea necesario conservarlos por períodos prolongados. Otros registros pueden relacionarse con las decisiones sobre la definición del lugar de trabajo, y estos registros pueden ser importantes mientras se utilice el lugar de trabajo. Es probable, por ejemplo, que los registros que documentan la creación de zonas designadas tengan que ser conservados mientras existan estas zonas. En el caso de que el período de conservación no

esté especificado por la autoridad reguladora, la dirección debería establecer un período apropiado para cada tipo de registro.

5.88. Se recomienda que las autoridades reguladoras decidan qué partes de los registros de dosis debe conservar la dirección para fines reglamentarios, y también deberían especificar los períodos de conservación de cada uno de estos. Las NBS exigen que la dirección “deberá mantener registros de la exposición de cada trabajador cuya exposición ocupacional haya de evaluarse conforme a los párrs. I.32–I.36” (Ref. [2], párr. I.44) y que:

“Los registros de exposición de cada trabajador se deberán conservar durante la vida laboral del mismo y posteriormente, como mínimo hasta que el trabajador alcance o hubiera alcanzado la edad de 75 años, y durante 30 años, por lo menos, después de terminado el trabajo que implicaba la exposición ocupacional” (Ref. [2], párr. I.49).

5.89. La conservación del registro es importante para demostrar el cumplimiento de los límites de dosis, al igual que por otras cuatro razones: para suministrar datos con vistas al análisis de las distribuciones de dosis; evaluar las tendencias de exposición que tengan en cuenta la dosis colectiva; optimizar la eficacia de los programas y procedimientos de vigilancia radiológica; y suministrar datos para los estudios epidemiológicos. Los registros con frecuencia también son necesarios para casos de litigio o de indemnización de trabajadores, que puedan surgir años después de la exposición real o alegada. Deberán prepararse y conservarse por escrito los procedimientos para la conservación y la eliminación de cada tipo de registro. Las copias de los registros también deberían estar a disposición de los trabajadores, supervisores, empleadores y la autoridad reguladora. Los trabajadores deberían contar con los resúmenes de sus exposiciones individuales anuales y acumulativas si éstos son solicitados por ellos o si así lo dispone la reglamentación.

5.90. En general, los períodos de conservación deberían ser especificados por la autoridad reguladora. A falta de tales especificaciones, se sugieren las siguientes:

<i>Tipo de registro</i>	<i>Período de conservación sugerido</i>
Vigilancia radiológica del lugar de trabajo, calibración del instrumento de medición	5 años
Exposición ocupacional del trabajador, calibración del equipo de vigilancia radiológica individual	Hasta que el trabajador alcance o hubiera alcanzado los 75 años de edad y 30 años después de terminado el trabajo

5.91. Las recomendaciones anteriores conciernen a los requisitos mínimos que deben ser prescritos por la autoridad reguladora para la conservación del registro. Además, la dirección puede decidir conservar registros más detallados relacionados con las operaciones específicas, que pueden, por ejemplo, ser utilizados en una futura optimización de la protección. Estas operaciones podrían incluir el mantenimiento o actividades de reforma.

INFORMACIÓN Y CAPACITACIÓN

5.92. Es responsabilidad de la dirección garantizar que los trabajadores que puedan estar ocupacionalmente expuestos a la radiación y las personas con responsabilidades asignadas en el PPR reciban capacitación e información general sobre protección radiológica.

5.93. La dirección superior debería estar adiestrada en los riesgos asociados con la radiación ionizante, los principios básicos de la protección radiológica, sus responsabilidades principales con respecto a la gestión del riesgo radiológico y los elementos principales del PPR.

5.94. Los trabajadores que tal vez no estén ocupacionalmente expuestos, pero cuyo trabajo pueda repercutir en el nivel de exposición de otros trabajadores o miembros del público (p. ej. diseñadores, ingenieros, proyectistas) deben contar con la información básica sobre los principios de protección radiológica. Ellos también deberían recibir capacitación para saber cómo tener en cuenta los requisitos de protección radiológica en sus actividades y optimizar así la protección de otras personas.

5.95. La capacitación para los trabajadores directamente implicados en el trabajo con las fuentes de radiación debería incluir la información pertinente, presentada en forma de documentos, conferencias y enseñanza aplicada, y debería hacer hincapié en los procedimientos específicos de la tarea asignada al trabajador. Se debería prestar una atención particular a los contratistas, para asegurar que ellos cuenten con la capacitación y la información necesaria. La capacitación para los trabajadores que se consideran ocupacionalmente expuestos debería incluir temas con un nivel de detalle acorde con las labores asignadas y el peligro potencial. La capacitación debería abarcar cuestiones como las siguientes:

- a) Riesgos principales asociados con la radiación ionizante;
- b) Magnitudes básicas y unidades empleadas en la protección radiológica;
- c) Principios de la protección radiológica (optimización de la protección, límites de dosis, etc.);

- d) Fundamentos de la protección radiológica práctica, p. ej., el uso del equipo protector, blindajes, comportamiento en zonas designadas;
- e) Cuestiones relacionadas con las tareas específicas;
- f) Responsabilidad de avisar de inmediato a una persona designada si se presenta algún incidente imprevisto que implique el aumento del riesgo radiológico;
- g) Cuando proceda, medidas que pudieran ser adoptadas en caso de un accidente.

5.96. Cuando haya de realizarse un trabajo que implique una exposición significativa a la radiación, debería considerarse el uso de la capacitación en simuladores o modelos a escala para garantizar que el trabajo se realice de la mejor manera posible, que se eviten todos los peligros innecesarios y que el tiempo de exposición sea minimizado.

5.97. Los individuos que por el trabajo que realizan estén expuestos incidentalmente a la radiación, como custodios, porteros o personal de seguridad, y otros que puedan pasar períodos breves en zonas donde es posible la exposición, deberían conocer la información básica sobre los peligros y las medidas preventivas a adoptar. Para estos individuos, sólo se necesita incluir un breve examen de temas como el uso del tiempo y la distancia para limitar la exposición, un examen cualitativo del riesgo trivial a partir de la exposición mínima que ellos puedan recibir y directivas específicas con respecto a acciones prohibidas, requeridas o recomendadas.

5.98. Los requisitos específicos de las NBS que se relacionan con las trabajadoras que tienen acceso a las zonas controladas o supervisadas aparecen en el párr. 5.33. Además, la dirección debería considerar la necesidad de proveer información y capacitación suplementarias respecto de cualquier cambio de condiciones de trabajo con el fin de restringir la exposición del feto luego de una declaración de embarazo.

5.99. Antes de cualquier tarea no supervisada, debería evaluarse y determinarse si es adecuado el conocimiento de los trabajadores sobre las nociones fundamentales de seguridad y protección radiológica, así como su nivel de capacitación y competencia para desempeñar sin riesgo las tareas especificadas. Debería establecerse un proceso para evaluar el conocimiento de los trabajadores, su nivel de capacitación y su competencia.

5.100. La información sobre protección radiológica y los programas de capacitación deberían documentarse y aprobarse a un nivel apropiado dentro de la organización. Tales programas deberían revisarse periódicamente para garantizar que estén actualizados. Los registros formales de capacitación y las pruebas de cada trabajador deberían mantenerse, y conservarse por tres de años después del cese del empleo. Debería ofrecerse el readiestramiento periódico para garantizar que los trabajadores

tengan el conocimiento pertinente más actualizado con relación a su trabajo, y que no sean indiferentes a los peligros que acarrea. El readiestramiento también debería emprenderse cuando ocurran cambios importantes en la planificación o los procedimientos. La capacitación debería actualizarse a intervalos regulares.

GARANTÍA DE CALIDAD

5.101. Las NBS (Ref. [2], párrs. IV.24–IV.25) exigen que el programa de garantía de calidad (GC) se establezca como parte del PPR:

“Los titulares registrados y los titulares licenciados deberán ser los responsables de establecer el programa de garantía de calidad prescrito por los “Requisitos principales” de estas Normas, y la naturaleza y amplitud del programa de garantía de calidad deberán ser proporcionadas a la magnitud y probabilidad de las exposiciones potenciales resultantes de las fuentes que tengan bajo su responsabilidad dichos titulares.”

“El programa de garantía de calidad deberá prever:

- a) medidas planificadas y sistemáticas para verificar con confianza suficiente que se satisfacen los requisitos de diseño y funcionamiento prescritos en cuanto a protección y seguridad, con inclusión de disposiciones para la retroinformación relativa a la experiencia del funcionamiento;
- b) pautas para el análisis de las tareas, la elaboración de métodos, el establecimiento de normas y la definición de las competencias técnicas necesarias para el diseño y la explotación de la fuente;
- c) la verificación de los diseños y el suministro y utilización de materiales, de los métodos de fabricación, inspección y ensayo, y de los procedimientos operacionales y de otra naturaleza.”

5.102. En los informes de la colección ISO 9000 [18], las guías publicadas por la ISO y la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), y otros informes, se brindan amplias orientaciones sobre el desarrollo de sistemas de calidad; el OIEA ha publicado un informe similar para las centrales nucleares y para otras instalaciones nucleares [19]. Estas orientaciones pueden aplicarse tanto a los productos como a los servicios. Los detalles específicos de los requisitos, la estructura y la implantación de los programas de GC dependen de la estructura de reglamentación nacional y las condiciones locales, incluidos los recursos disponibles, y con frecuencia del personal.

5.103. El mantenimiento de la eficacia de cualquier PPR depende de la capacidad que tengan quienes se encargan de aplicar sus diversos componentes para adoptar un

programa de GC y para prestar toda la atención posible a las lecciones aprendidas a partir de la experiencia. La evaluación, mediante auditorías y revisiones adecuadas, de la manera en que se ejecuta el PPR y de la calidad del propio PPR constituye un elemento clave de un programa eficaz.

5.104. La dirección debería comprometerse con la GC y suministrar los recursos financieros y humanos necesarios para alcanzar un nivel de calidad y mantenerlo de forma continua.

5.105. El objetivo principal de la incorporación de los principios de GC en el PPR es mejorar la seguridad proporcionando confianza en los resultados del PPR. Los beneficios adicionales son el fortalecimiento de la eficiencia y la eficacia, mediante el establecimiento de un sistema para mejorar el PPR sobre la base del uso de la experiencia pertinente (lecciones aprendidas), la determinación y corrección puntual de las deficiencias y la vigilancia de la ejecución.

5.106. En particular, los programas de GC se deberían establecer para los servicios de dosimetría (véase el párr. 5.62). La naturaleza y el alcance del programa de GC debería estar en conformidad con el número de trabajadores controlados, la magnitud esperada y la probabilidad de exposiciones en los lugares de trabajo abarcados por el programa de vigilancia radiológica [3, 4]. Resulta de particular importancia la Guía 25 de la ISO/CEI [20], utilizada por muchas autoridades reguladoras para acreditar programas de calibración y ensayo. La calidad de un servicio de dosimetría depende en gran medida de la participación y el compromiso del personal del servicio mismo.

5.107. El programa de GC puede dividirse funcionalmente en actividades de dirección, ejecución y evaluación. Dentro de cualquier organización que desarrolle un PPR, se deberían establecer y documentar claramente la propiedad, las facultades y las responsabilidades. La dirección debería tener la responsabilidad y autoridad total en cuanto al PPR, incluidos los aspectos asociados a la garantía de la calidad.

5.108. La dirección debería encargarse de:

- a) Establecer, aplicar y mantener el programa de GC;
- b) Asegurar que el personal encargado del PPR sea competente para desempeñar el trabajo;
- c) Asegurar que los elementos, servicios y procesos que no satisfagan los criterios sean identificados y oportunamente corregidos;
- d) Asegurar que los documentos que establecen el PPR se elaboren, examinen, aprueben, emitan, distribuyan, autoricen, y revisen según corresponda;

- e) Establecer un sistema de gestión de registros que prevea la identificación, archivo, almacenaje seguro, mantenimiento, recuperación y eliminación de los registros;
- f) Establecer un sistema de adquisición que asegure que los artículos comprados satisfagan los criterios establecidos y funcionen según lo previsto;
- g) Determinar qué trabajo necesita ser sometido a prueba para su aceptación.

5.109. El personal operacional debería encargarse de:

- a) Planificar y desempeñar el trabajo según las normas apropiadas, procedimientos aprobados, instrucciones de trabajo y cualquier otro requisito establecido;
- b) Aplicar principios tecnológicos y científicos sólidos y datos verificados en el proceso de diseño;
- c) Conseguir artículos, equipo y materiales de vendedores calificados en condiciones controladas;
- d) Garantizar que los artículos, equipos y servicios sean inspeccionados o probados para demostrar que funcionarán según lo especificado. La calibración de los dispositivos de medición es un ejemplo de este tipo de pruebas.

AUDITORÍAS Y EXÁMENES

5.110. El PPR debería evaluarse periódicamente. Las auditorías y/o exámenes de actividades dentro del PPR deberían programarse teniendo en cuenta el estado y la importancia de la actividad. La dirección debería establecer un proceso para esta evaluación a fin de precisar y corregir los problemas administrativos y de dirección que puedan impedir el logro de los objetivos del programa. Las auditorías y exámenes deberían correr a cargo de personas técnicamente competentes para evaluar los procesos y los procedimientos que estén siendo analizados, pero que no tengan ninguna responsabilidad directa en esas actividades. Éstas pueden proceder de otras esferas de trabajo de la misma organización, o quizás sea conveniente que otras organizaciones realicen una evaluación independiente. El objetivo de tales evaluaciones es aumentar la efectividad y la eficiencia del PPR.

5.111. Las auditorías y los exámenes deberían llevarse a cabo con arreglo a los procedimientos escritos y listas de control. Deberían realizarse cuando predominen una o más de las condiciones siguientes:

- a) Cuando la autoridad reguladora lo exija;
- b) Cuando la dirección considere necesaria una evaluación independiente sistemática del programa;

- c) Con posterioridad a la implantación de un nuevo PPR o elemento sustantivo del programa;
- d) Cuando se hayan realizado cambios importantes en esferas funcionales del PPR, como una reorganización importante o enmiendas en los procedimientos;
- e) Cuando sea necesario verificar la implantación de acciones correctoras previamente identificadas.

6. INTERVENCIÓN EN EMERGENCIAS

CONSIDERACIONES GENERALES

6.1. En la Sección 3 de las NBS (Ref. [2]), se consideran las situaciones de exposición de emergencia que requieren acciones protectoras destinadas a reducir o evitar las exposiciones. Las obligaciones básicas consisten en emprender acciones protectoras cuando éstas se justifiquen, y optimizarlas de manera tal que se produzca el beneficio neto máximo. En el párr. 3.5 de las NBS se establece: “En caso de situaciones de exposición de emergencia, normalmente no suelen ser necesarias acciones protectoras a no ser que se rebasen o puedan ser rebasados niveles de intervención o de actuación.” En los Apéndices IV y V de las NBS puede encontrarse más información sobre la seguridad de las fuentes y las situaciones de exposición de emergencia.

PLANIFICACIÓN DE EMERGENCIA Y RESPONSABILIDADES

6.2. Las situaciones de exposición de emergencia pueden ocurrir como consecuencia de un accidente. En la mayoría de los accidentes, es probable que predominen las consecuencias en el emplazamiento. Más adelante se examina la protección de los trabajadores que participan en las acciones protectoras para situaciones de exposición de emergencia.

6.3. En las NBS (Ref. [2], párr. 3.9) se estipula que:

“Todo titular registrado o titular licenciado que sea responsable de fuentes que puedan hacer necesaria una intervención rápida deberá cuidar de que haya un plan de emergencia que defina las responsabilidades existentes en el emplazamiento, tenga en cuenta las responsabilidades existentes fuera de él, adecuadas a la fuente en cuestión, y provea a la ejecución de cada forma de acción protectora...”

La decisión de si son o no necesarios los planes de emergencia debería ser el resultado de la evaluación radiológica previa a la que se hace referencia en la Sección 5. Además, esta evaluación radiológica previa debería indicar los aspectos esenciales que se deben incorporar al plan. El grado de planificación debería corresponderse con la naturaleza y magnitud del riesgo y la posibilidad de mitigar las consecuencias en caso de ocurrencia de un accidente o una emergencia.

6.4. En las NBS se indica que en los planes de emergencia se debería especificar “cómo se cumplirán las responsabilidades para la gestión de las intervenciones en el emplazamiento, fuera del emplazamiento y más allá de las fronteras nacionales” (Ref. [2], párr. V.2). En el párr. 3.7 de las NBS se señala específicamente que “en caso de exposiciones ocupacionales sufridas por trabajadores en el curso de una intervención, las responsabilidades...deberán incumbir al titular registrado o al titular licenciado, al empleador y a las entidades intervinientes, según lo prescrito por la autoridad reguladora.” Más adelante se plantea en el párr. V.29 de las NBS que “deberá especificarse en los planes de emergencia la persona jurídica responsable de asegurar el cumplimiento de los requisitos que anteceden.”

6.5. Si hay que considerar sólo accidentes menores, el titular registrado o el titular licenciado debería preparar un plan de contingencia, sobre la base de una evaluación de las consecuencias de cualquier incidente o accidente razonablemente previsible, a fin de restringir tanto como sea razonablemente posible cualquier exposición de los trabajadores en el emplazamiento. En muchos casos estos planes de contingencia pueden ser muy simples.

CONSECUENCIAS INMEDIATAS DE UN ACCIDENTE

6.6. Los planes de contingencia y de emergencia deberían incluir un sistema para clasificar a los trabajadores implicados en las consecuencias inmediatas del accidente —p. ej., una lista de personas implicadas y su ubicación— y un sistema para dar una evaluación inicial rápida de la dosis (véase la Ref. [2], párrs. V.24–V.25). Además, deberían preverse instalaciones apropiadas para la descontaminación y para la recepción y el tratamiento en un hospital local de los trabajadores posiblemente contaminados, o con heridas contaminadas, o que hayan estado expuestos a una dosis cercana o superior a los umbrales establecidos para efectos deterministas. Si no hay un hospital local, debería contarse con un transporte especial de emergencia para el traslado a un hospital, por aire si es necesario.

ACCIONES DE EMERGENCIA

6.7. En el caso de grandes fuentes, y de instalaciones nucleares de potencia en particular, puede necesitarse la ayuda de los trabajadores en la adopción de medidas para proteger al público. En estos casos, la prevención de la dosis al público (dosis evitada) debería sopesarse con el detrimento asociado a la intervención, incluida la dosis a estos trabajadores.

6.8. El Apéndice V de las NBS (Ref. [2]) ofrece una guía detallada sobre situaciones de exposición de emergencia. Los criterios de intervención que han de aplicarse en caso de emergencias nucleares o radiológicas han sido elaborados en la Colección Seguridad N° 109 del OIEA [21].

6.9. En los planes de emergencia preparados previamente se deberían definir el papel y las responsabilidades de todos los trabajadores involucrados en la respuesta de emergencia. También deberían especificarse los detalles de las acciones protectoras que han de ser adoptadas, la ropa protectora y los instrumentos de vigilancia radiológica que han de utilizarse, así como las disposiciones en relación con la dosimetría. Debería considerarse también el aislamiento de las partes afectadas de la instalación y el acceso controlado para que sólo puedan entrar las personas autorizadas.

PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES QUE PARTICIPAN EN UNA INTERVENCIÓN

6.10. La diferencia fundamental entre los miembros del público y los trabajadores en situaciones que requieren una intervención radica en que los miembros del público recibirán las dosis a menos que se adopte alguna medida para impedirlo, mientras que los trabajadores no recibirán dosis (excepto durante el curso inicial de un accidente) a menos que se decida exponerlos a la fuente. Así, en la mayoría de los casos, es razonable continuar tratando las exposiciones de trabajadores dentro del sistema de protección para prácticas, particularmente en las etapas posteriores de la intervención. Considerando entonces que la exposición es deliberada y controlada, debería asumirse la aplicación de los límites de dosis para los trabajadores, a menos que existan razones de primordial importancia para no hacerlo, tales como la necesidad de salvar una vida inmediatamente después de un accidente o impedir el desarrollo de condiciones catastróficas.

6.11. Por consiguiente, se entiende que las dosis a los trabajadores que participan en la intervención deberían, si es factible, mantenerse por debajo del límite de dosis

máximo para un solo año fijado para la exposición ocupacional. Dicho límite en el caso de la dosis efectiva es de 50 mSv. En el párr. V.28 de las NBS (Ref. [2]) se exige específicamente que los trabajadores que acometan tareas que puedan llevarlos a recibir una dosis por encima del límite de dosis máximo para un solo año sean voluntarios. Sin embargo, se hace constar en una nota al pie de página, que si está implicado personal militar puede no aplicarse este requisito en ciertas circunstancias. La nota también indica que los niveles de dosis examinados anteriormente para los trabajadores involucrados en las acciones emprendidas no tienen que aplicarse necesariamente al personal militar. No obstante, se indica que la exposición de este personal deberá limitarse a niveles especificados por la autoridad reguladora.

6.12. En las NBS (Ref. [2], párr. V.27) se prevén tres situaciones en que se justificaría que se rebasen los límites de dosis, como se indica a continuación:

- “a) con el fin de salvar vidas o prevenir lesiones graves;
- b) cuando [el trabajador] participe en acciones destinadas a evitar una gran dosis colectiva; o
- c) cuando [el trabajador] participe en acciones para impedir la evolución de situaciones catastróficas.”

6.13. Para estas situaciones el objetivo, en general, debería ser mantener la dosis por debajo del doble del límite de dosis máximo para un solo año (es decir, por debajo de una dosis efectiva de 100 mSv o dosis equivalentes de 1 Sv a la piel y 300 mSv al cristalino). Sin embargo, cuando concierne a acciones para salvar vidas podrían justificarse niveles de dosis significativamente más altos. No obstante, debería hacerse el esfuerzo de mantener la dosis por debajo de diez veces el límite de dosis máximo anual, a fin de evitar efectos deterministas en la salud (es decir, por debajo de una dosis absorbida al cuerpo entero de 500 mGy o una dosis absorbida a la piel de 5 Gy). Los trabajadores que participen en acciones en las cuales sus dosis puedan acercarse o exceder diez veces el límite de dosis máximo para un solo año deberán hacerlo solamente cuando los beneficios a terceros superen claramente el riesgo propio.

6.14. En una nota al pie del párr. V.27 de las NBS se dice que “Los trabajadores participantes en una intervención pueden ser, además de los empleados por los titulares registrados y los titulares licenciados, personal de servicios tales como los de policía, bomberos y asistencia médica, más los conductores y dotaciones de los vehículos de evacuación.” Estos trabajadores deberían tratarse como se indica más adelante en los párrs. 6.16–6.20.

6.15. El párr. V.28 de las NBS específicamente exige que los trabajadores que participan en acciones en que la dosis pueda rebasar el límite de dosis máximo anual

“deberán ser informados clara y detalladamente, por anticipado, del riesgo para la salud que ello supone y, en la medida de lo posible, deberán ser adiestrados para las acciones que se necesiten.” Estas acciones se relacionan con la protección del público y de ellos mismos. En particular, debería ofrecerse información y, de ser necesario, entrenamiento sobre las medidas protectoras, tales como protección respiratoria, uso de ropa protectora, medios de blindaje y profilaxis con yodo. En el caso de que los trabajadores puedan estar expuestos a campos de radiación con tasas de dosis relativamente altas, debería suministrarse guías preestablecidas sobre la dosis, la tasa de dosis y las concentraciones en aire para el período de tiempo apropiado.

Categorías de trabajadores

6.16. Las NBS exigen que “Se deberán adoptar todas las disposiciones razonables para...evaluar y registrar las dosis recibidas por los trabajadores que participen en una intervención de emergencia.” (Ref. [2], párr. V.31). Es conveniente considerar las disposiciones para la vigilancia radiológica y la evaluación de la dosis para tres grandes categorías de trabajadores:

- a) Categoría 1: Los trabajadores pertenecientes a esta categoría —aquellos que emprenden una acción urgente en el lugar del accidente— actúan para salvar vidas, o prevenir lesiones graves o evitar un aumento considerable en las dosis potenciales a miembros del público. Es muy probable que esta categoría la constituya el personal de la central, pero también pueden incluirse en ella trabajadores del servicio de emergencia, como bomberos.
- b) Categoría 2: Los trabajadores que integran esta categoría, como policías, personal médico, conductores y tripulación de vehículos usados para la evacuación, tienen la tarea de proteger al público en la fase inicial del accidente, y sufrirán una exposición adicional a fin de evitar las dosis al público. Aunque normalmente no se consideran ocupacionalmente expuestos a la radiación, en caso de emergencia deberían incluirse en el sistema de medidas de protección.
- c) Categoría 3: Los trabajadores pertenecientes a esta categoría participan en operaciones de recuperación después de concluida la fase de emergencia de la intervención. Estas operaciones incluyen reparaciones en la instalación y en el lugar, evacuación de desechos y descontaminación del emplazamiento y del medio ambiente.

Control de los trabajadores en la fase de emergencia

6.17. Las dosis recibidas por los trabajadores durante la fase de emergencia de la intervención deberían registrarse, si es posible, por separado de las dosis recibidas durante el trabajo de rutina, pero deberían anotarse en los registros de dosis de los

trabajadores. El grado de exactitud requerido para toda evaluación de dosis debería aumentar con el nivel de exposición que probablemente haya recibido el trabajador. Algunas orientaciones preestablecidas expresadas en función tanto de la dosis como de las magnitudes directamente mensurables, como la tasa de dosis o la concentración en aire, pueden ayudar en el control de los trabajadores pertenecientes a la categoría 1. Las dosis para los trabajadores pertenecientes a las categorías 1 y 2 deberían ser controladas de manera individual, empleando medios adecuados a la situación, como dosímetros de lectura directa o de alarma. En las NBS también se manifiesta que “Una vez finalizada la intervención deberán comunicarse a los trabajadores afectados las dosis recibidas y el riesgo consiguiente para la salud.” (Ref. [2], párr. V.31).

6.18. En el párr. V.32 de las NBS (Ref. [2]) se declara que:

“Normalmente, no se deberá impedir a los trabajadores seguir estando sometidos a exposición ocupacional a causa de las dosis recibidas en una situación de exposición de emergencia. Sin embargo, se deberá recabar asesoramiento médico cualificado, antes de someter al interesado a una mayor exposición, si un trabajador que ha recibido una exposición de emergencia recibe una dosis superior a diez veces el límite de dosis máximo anual, o a petición del trabajador.”

Habrà que preocuparse, en particular, si el trabajador ha recibido una dosis tal que pueda causar graves efectos deterministas.

6.19. Estas disposiciones relacionadas con el control de las dosis para los trabajadores que participen en una intervención deberán permitirse solamente durante la fase de emergencia. En el párr. V.30 de las NBS (Ref. [2]) se plantea que:

“Una vez finalizada la fase “emergencia” de una intervención, los trabajadores que participen en operaciones de restauración, tales como la reparación de instalaciones y edificios, la evacuación de desechos o la descontaminación del emplazamiento y la zona circundante, deberán someterse al sistema completo de requisitos detallados prescritos para la exposición ocupacional...”

6.20. La evaluación de la dosis de los trabajadores pertenecientes a la categoría 3 debería ser igual a la de todo trabajador ocupacionalmente expuesto, con sujeción al sistema normal de protección radiológica, aunque se señala que pudiera ser necesario emplear los límites de dosis para circunstancias especiales, a los que se hace referencia en la Sección 3.

7. VIGILANCIA DE LA SALUD

OBJETIVOS DE LA VIGILANCIA DE LA SALUD

7.1. En el párr. I.43 de las NBS (Ref. [2]) se señala que:

“Los programas de vigilancia de la salud deberán:

- a) basarse en los principios generales de la salud ocupacional;
- b) tener por objetivo la evaluación de la aptitud inicial y permanente de los trabajadores para las tareas a las que se les destine.”

7.2. Otros objetivos de la vigilancia de la salud son ofrecer una información básica que pueda utilizarse en caso de exposición accidental a un agente peligroso en particular o a una enfermedad ocupacional, para la orientación específica de los trabajadores con respecto a cualquier riesgo radiológico al cual estén o pudieran estar sujetos, y para apoyar el control de los trabajadores sobreexpuestos.

RESPONSABILIDADES EN RELACIÓN CON LA VIGILANCIA DE LA SALUD

7.3. En el párr. I.41 de las NBS (Ref. [2]) se exige que “Los empleadores, los titulares registrados y los titulares licenciados adoptarán disposiciones para realizar una vigilancia de la salud adecuada en conformidad con los reglamentos establecidos por la autoridad reguladora.” Podrán emplearse servicios internos o consultores externos.

7.4. En las NBS (Ref. [2], párr. I.42) se establece que:

“Si uno o más trabajadores se van a ocupar de tareas que impliquen o pudieran implicar exposición debida a una fuente no sometida al control de su empleador, el titular registrado o el titular licenciado responsable de la fuente deberá, como condición previa a la ocupación en esas tareas, concertar con el empleador toda medida especial de vigilancia de la salud que sea necesaria para cumplir los reglamentos establecidos por la autoridad reguladora.”

EXAMEN MÉDICO DE LOS TRABAJADORES

7.5. Los exámenes médicos de los trabajadores ocupacionalmente expuestos deberían realizarse conforme a los principios generales de la medicina ocupacional.

Deberían practicarse exámenes antes de comenzar el trabajo con las radiaciones y exámenes periódicos con posterioridad.

7.6. En el examen inicial se debería evaluar la salud de los trabajadores y su aptitud para desempeñar las tareas encomendadas, y también indicar los trabajadores que padezcan alguna enfermedad que pudiera requerir precauciones particulares durante el trabajo. Sin embargo, sería raro que el componente radiológico del ambiente de trabajo influyera significativamente en la decisión sobre la aptitud de un trabajador para desempeñar una tarea que implique exposición a la radiación, o que influyera en las condiciones generales de servicio.

7.7. En el examen médico inicial y en los exámenes posteriores podrá ser necesario considerar tres situaciones:

- a) La aptitud de un trabajador para usar dispositivos de protección para la respiración (si el trabajo implica el uso de estos dispositivos);
- b) La aptitud de un trabajador con una enfermedad de la piel, tal como eczema o psoriasis (si el trabajo implica el manejo de fuentes no selladas); y
- c) La aptitud de un trabajador que se conozca tenga un desorden psicológico que le impida el trabajo con fuentes de radiación.

7.8. Los exámenes periódicos deberían estar dirigidos a confirmar que mientras el trabajador estuvo expuesto a la radiación no desarrolló ninguna enfermedad clínica que pudiera afectar a su salud. La naturaleza del examen debería depender del tipo de trabajo que se realiza, de la edad y del estado de salud, y posiblemente de los hábitos de los trabajadores (p. ej., hábito de fumar). Los exámenes deberían normalmente ser tan frecuentes como en cualquier otro programa de vigilancia de la salud ocupacional. La frecuencia debería depender del estado de salud y del tipo de trabajo, pero por lo general sería todos los años o cada dos años. Cuando el tipo de trabajo represente una potencialidad para lesiones localizadas de la piel debidas a la irradiación, particularmente de las manos, la piel debería examinarse periódicamente.

7.9. Los registros de vigilancia de la salud deberían ser confidenciales, y conservados de una forma aprobada por la autoridad reguladora. El período mínimo de conservación de un registro debería ser la vida laboral activa del trabajador en cuestión. Sin embargo, debido a la posibilidad de un litigio, tal vez sea aconsejable que el registro se conserve por más tiempo (véase el párr. 5.90).

7.10. Al determinar la aptitud para usar dispositivos de protección para la respiración, los exámenes deberían incluir controles de la integridad de la función pulmonar. En el caso de trabajadores con enfermedades de la piel, la decisión con respecto a la

aptitud debería tomarse sobre la base de la naturaleza, alcance y evolución de la enfermedad y el tipo de trabajo. Los trabajadores con estas enfermedades no tienen necesariamente que ser excluidos del trabajo con materiales radiactivos no sellados si los niveles de actividad son bajos y se han tomado las precauciones adecuadas, como cubrir las partes afectadas del cuerpo. En el caso de los trabajadores con desórdenes psicológicos, en la decisión sobre la aptitud se debería tener en cuenta las consecuencias para la seguridad de los episodios sintomáticos de la enfermedad. El interés principal radica en si estos trabajadores podrían representar un peligro para sí mismos o para sus compañeros de trabajo.

7.11. No existe una razón inherente para excluir del trabajo con radiaciones a trabajadores que hayan recibido previamente tratamientos de radioterapia. Cada caso debería evaluarse individualmente, teniendo en cuenta la calidad de la cura, el pronóstico general y otras consideraciones de salud, la interpretación y los deseos del trabajador y el tipo de trabajo.

INFORMACIÓN Y CAPACITACIÓN PARA LOS MÉDICOS

7.12. El médico a cargo de la vigilancia de la salud de los trabajadores debería tener acceso a toda la información relacionada con las condiciones de trabajo que puedan afectar la salud de los trabajadores, y a los registros formales de dosis para cada trabajador individual. El médico debería también estar familiarizado con las características y las condiciones de trabajo de tareas particulares, lo cual es de suma importancia al decidir la aptitud de una persona para desempeñar dichas tareas. Quizás sea necesario transferir alguna de esta información al historial médico del individuo, que debe ser confidencial. Sin embargo —con la atención a la protección de la privacidad, y con la condición de que esa información sobre la exposición ocupacional no se utilizará con fines discriminatorios o de ninguna otra forma que lesione los intereses de los trabajadores— las partes interesadas deberían tener acceso a la información importante para la seguridad y la protección radiológica, especialmente en lo que concierne a las circunstancias y niveles de cualquier sobreexposición, las medidas adoptadas y las lecciones aprendidas, incluida la forma de evitar que se repitan esas sobreexposiciones.

7.13. Para hacer frente a la seguridad y las inquietudes de los trabajadores en relación con la radiación y darles el tratamiento necesario, el médico ocupacional debería entrenarse adecuadamente en protección radiológica, y este conocimiento debería actualizarse periódicamente. Este entrenamiento debería prepararlo para la comprensión de los efectos biológicos de la radiación (tanto estocásticos como deterministas) y los riesgos asociados a la exposición, ya sea debidos a operaciones

de rutina o bien como consecuencia de accidentes [22]. Estos riesgos deberían incluirse en el contexto de otros riesgos ocupacionales. Además, el médico debería estar familiarizado con las precauciones y procedimientos que se aplican para proteger a los trabajadores.

ASESORAMIENTO

7.14. Las categorías siguientes de trabajadores deberían contar con el asesoramiento específico del médico ocupacional, a veces apoyado por los especialistas:

- a) Las mujeres que estén o pudieran estar embarazadas, o estén en período de lactancia;
- b) Los trabajadores individuales que han estado o puedan haber estado expuestos a un exceso considerable de los límites de dosis;
- c) Los trabajadores que puedan estar preocupados con relación a su exposición a la radiación;
- d) Los trabajadores que de otra manera piden este asesoramiento.

7.15. El médico ocupacional debería poseer el conocimiento suficiente de los efectos biológicos de la exposición a la radiación para ser capaz de informar al trabajador de los riesgos radiológicos asociados a todas las situaciones anteriormente mencionadas. El médico ocupacional debería también ser capaz de asesorar a la dirección sobre la necesidad de cualquier procedimiento o precaución específicos con respecto a las condiciones de trabajo de las mujeres embarazadas, y orientar a las trabajadoras embarazadas sobre todas las precauciones que ellas mismas deberían tomar. En el caso de una sobreexposición o exposición accidental, el médico ocupacional debería cooperar con la dirección para garantizar que se implanten todas las disposiciones adecuadas para evaluar la severidad de la exposición.

ATENCIÓN A LOS TRABAJADORES SOBREEXPUESTOS

7.16. Conforme a las condiciones de autorización, la dirección debería preparar planes formales para gestionar las situaciones en las cuales los trabajadores pudieran estar sobreexpuestos. Estos planes deberían estar dirigidos a la atención de los trabajadores sobreexpuestos y a las consecuencias para la salud que pudieran encontrarse. Deberían especificarse las medidas necesarias que han de adoptarse, y la dirección debería destinar los recursos para llevar a cabo esas acciones. En dos Informes de seguridad del OIEA [23, 24] pueden encontrarse otras orientaciones en relación con la respuesta médica frente a accidentes y emergencias radiológicas.

7.17. Si se sospecha que se ha producido una sobreexposición importante, la dirección debería realizar oportunamente una investigación para evaluar la dosis recibida por el trabajador o trabajadores implicados. La investigación debería incluir la lectura de dosímetros personales y todo instrumento de vigilancia radiológica y, en caso de exposición interna, vigilancia radiológica in vivo o in vitro, según proceda.

7.18. Las dosis evaluadas que están próximas a los límites de dosis no necesitan más que una investigación de las causas, para poder obtener experiencia de lo ocurrido. No necesitan ningún tratamiento o investigaciones médicas especiales. Sólo en los casos de dosis que estén muy por encima de los límites de dosis (es decir, 0,2–0,5 Sv o más) será necesario realizar investigaciones dosimétricas especiales asociadas a la dosimetría biológica (p. ej., análisis de aberraciones cromosómicas en células somáticas, principalmente linfocitos), y será necesario además un diagnóstico adicional o tratamiento médico prolongado. El tratamiento médico de las personas expuestas a niveles altos de radiación externa debería dirigirse a cualquier efecto adverso para la salud, particularmente efectos deterministas.

7.19. Pueden justificarse medidas para reducir la dosis en el caso de trabajadores que hayan sufrido una incorporación importante de material radiactivo. Estos trabajadores deberían ser prevenidos de la posibilidad de intervención médica, en ciertas situaciones, para reducir la recepción de la dosis. La medida que se ha de adoptar dependerá del radionucleido o radionucleidos de que se trate, así como de la magnitud de la dosis equivalente comprometida a los órganos afectados y de la eficiencia y el riesgo conexo de la medida protectora. La medida solo debería implantarse cuando el beneficio en la reducción de la dosis rebasara los efectos colaterales. Ejemplos de tales terapias son el aumento de la tasa de eliminación de actínidos del cuerpo mediante el tratamiento con DTPA (ácido dietilenatriamino pentacético), diuresis forzada después de una incorporación de tritio, y una excisión quirúrgica de las heridas contaminadas.

7.20. En las investigaciones detalladas de accidentes, sus circunstancias y consecuencias, deberían participar especialistas de diferentes ramas, particularmente el médico y el físico médico. Debería existir una estrecha relación entre estos especialistas a fin de garantizar que todas las acciones emprendidas para brindar tratamiento médico estén correctamente coordinadas. Cuando se sospeche que las dosis recibidas están próximas o sobrepasan los umbrales fijados para efectos deterministas, la investigación debería determinar, de forma tan precisa como sea posible, las dosis absorbidas y su distribución en el cuerpo, y debería incluir exámenes médicos apropiados del trabajador o de los trabajadores afectados.

REFERENCIAS

- [1] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación, Colección Seguridad N° 120, OIEA, Viena (1997).
- [2] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la Radiación Ionizante y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1997).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Evaluación de la Exposición Ocupacional debida a Fuentes Externas de Radiación, Colección de Normas de Seguridad N° RS-G-1.3, OIEA, Viena (2004).
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Evaluación de la Exposición Ocupacional debida a Incorporaciones de Radionucleidos, Colección de Normas de Seguridad N° RS-G-1.2, OIEA, Viena (2004).
- [5] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCION RADIOLÓGICA, General Principles for the Radiation Protection of Workers, Publication No. 75, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1997).
- [6] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication No. 60, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1991).
- [7] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, COMISIÓN INTERNACIONAL DE UNIDADES Y MEDIDAS RADIOLÓGICAS, Conversion Coefficients for Use in Radiological Protection Against External Radiation, Report of the Joint Task Group, CIPR Publication No. 74, CIUMR Rep. No. 57, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1997).
- [8] COMISIÓN INTERNACIONAL DE UNIDADES Y MEDIDAS RADIOLÓGICAS, Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry, Rep. No. 51, CIUMR, Bethesda, MD (1993).
- [9] COMISIÓN INTERNACIONAL DE UNIDADES Y MEDIDAS RADIOLÓGICAS, Measurement of Dose Equivalents from External Photon and Electron Radiations, Rep. No. 47, CIUMR, Bethesda, MD (1992).
- [10] OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Protección Radiológica de los Trabajadores (Radiaciones Ionizantes) y Código de Práctica de la OIT, OIT, Ginebra (1987).

- [11] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Protection Against Radon-222 at Home and at Work, Publication No. 65, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1993).
- [12] COMITÉ CIENTÍFICO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LOS EFECTOS DE LA RADIACIÓN ATÓMICA, Fuentes y Efectos de la Radiación Ionizante, Informe de 1993 a la Asamblea General con Anexos Científicos, Naciones Unidas, Nueva York (1993).
- [13] EURADOS, Exposure of Air Crew to Cosmic Radiation: A Report of EURADOS Working Group 11, Radiation Protection No. 85, Comisión Europea, Luxemburgo (1996).
- [14] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers, Publication No. 68, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1994).
- [15] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, Work Management in the Nuclear Power Industry: A Manual prepared for the NEA Committee on Radiation Protection and Public Health by the ISOE Expert Group on the Impact of Work Management on Occupational Exposure, AEN/OCDE, París (1997).
- [16] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, Considerations on the Concept of Dose Constraint: A Report by a Joint Group of Experts from the OECD Nuclear Energy Agency and the European Commission, AEN/OCDE, París (1996).
- [17] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments, Colección de Informes de Seguridad Nº 16, OIEA, Viena (1999).
- [18] ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN, Quality Management and Quality Assurance Standards, Part 1: Guidelines for Selection and Use, ISO 9000-1, Ginebra (1994).
- [19] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants and other Nuclear Installations, Colección Seguridad Nº 50-C/SG-Q, OIEA, Viena (1996).
- [20] ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN, COMISIÓN INTERNACIONAL DE ELECTROTÉCNIA, General Requirements for the Competence of Calibration and Testing Laboratories, ISO/IEC Guide 25, Ginebra (1990).
- [21] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Criterios de Intervención en Caso de Emergencia Nuclear o Radiológica, Colección Seguridad Nº 109, OIEA, Viena (1996).
- [22] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Health Surveillance of Persons Occupationally Exposed to Ionizing Radiation: Guidance for Occupational Physicians, Colección de Informes de Seguridad Nº 5, OIEA, Viena (1998).
- [23] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries, Colección de Informes de Seguridad Nº 2, OIEA, Viena (1998).

- [24] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Planning the Medical Response to Radiological Accidents, Colección de Informes de Seguridad N° 4, OIEA, Viena (1998).

COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y EXAMEN

Casimir, R.	Institut de protection et de sûreté nucléaire, Francia
Collins, S.	Illinois Department of Nuclear Safety, and the Conference of Radiation Control Program Directors, Inc., Estados Unidos de América
Colson, M.	Electricité de France, Francia
Crites, T.	Lawrence Livermore Laboratory, Estados Unidos de América
Devine, I.R.	World Association of Nuclear Operators, Londres
Foster, P.	Confederación Internacional de Sindicatos Libres, Bruselas, e Institution of Professionals, Managers and Specialists, Reino Unido
Griffith, R.V.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Kraus, W.	Bundesamt für Strahlenschutz, Alemania
Liniecki, J.	Universidad de Medicina de Lódź, Polonia
Lochard, J.	Centre d'étude sur l'évaluation de la protection dans le domaine nucléaire, Francia
Massera, G.	Comisión Nacional de Energía Atómica, Argentina
Momose, T.	Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation, Japón
Niu, S.	Oficina Internacional del Trabajo, Suiza
Pushparaja	Centro de Investigaciones Atómicas Bhabha, India
Schieber, C.	Centre d'étude sur l'évaluation de la protection dans le domaine nucléaire, Francia
Shand, A.	GMB, Sellafield, Reino Unido
Stather, J.	National Radiological Protection Board, Reino Unido
Utting, R.E.	Atomic Energy Control Board, Canadá
Wrixon, A.D.	National Radiological Protection Board, Reino Unido

ÓRGANOS ASESORES PARA LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD

Comité Asesor sobre Normas de Seguridad Radiológica

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

Comisión Asesora sobre Normas de Seguridad

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