

Normas de seguridad del OIEA

para la protección de las personas y el medio ambiente

La seguridad radiológica en la diagrafía

Guía de Seguridad Específica

Nº SSG-57



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA Y PUBLICACIONES CONEXAS

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Con arreglo a lo dispuesto en el artículo III de su Estatuto, el OIEA está autorizado a establecer o adoptar normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad, y a disponer lo necesario para aplicar esas normas.

Las publicaciones mediante las cuales el OIEA establece las normas pertenecen a la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA*. Esta colección abarca la seguridad nuclear, radiológica, del transporte y de los desechos. La colección comprende las siguientes categorías: **Nociones Fundamentales de Seguridad, Requisitos de Seguridad y Guías de Seguridad**.

Para obtener información sobre el programa de normas de seguridad del OIEA puede consultarse el sitio del OIEA:

www.iaea.org/es/recursos/normas-de-seguridad

En este sitio se encuentran los textos en inglés de las normas de seguridad publicadas y de los proyectos de normas. También figuran los textos de las normas de seguridad publicados en árabe, chino, español, francés y ruso, el *Glosario de Seguridad Tecnológica del OIEA* y un informe de situación sobre las normas de seguridad que están en proceso de elaboración. Para más información se ruega ponerse en contacto con el OIEA en la dirección: Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Viena, Austria.

Se invita a los usuarios de las normas de seguridad del OIEA a informar al Organismo sobre su experiencia en la utilización de las normas (por ejemplo, si se han utilizado como base de los reglamentos nacionales, para realizar exámenes de la seguridad o para impartir cursos de capacitación), con el fin de asegurar que sigan satisfaciendo las necesidades de los usuarios. Se puede hacer llegar la información a través del sitio del OIEA o por correo postal a la dirección anteriormente señalada, o por correo electrónico a la dirección: Official.Mail@iaea.org.

PUBLICACIONES CONEXAS

El OIEA facilita la aplicación de las normas y, con arreglo a las disposiciones de los artículos III y VIII.C de su Estatuto, pone a disposición información relacionada con las actividades nucleares pacíficas, fomenta su intercambio y sirve de intermediario para ello entre sus Estados Miembros.

Los informes sobre seguridad en las actividades nucleares se publican como **Informes de Seguridad**, en los que se ofrecen ejemplos prácticos y métodos detallados que se pueden utilizar en apoyo de las normas de seguridad.

Existen asimismo otras publicaciones del OIEA relacionadas con la seguridad, como las relativas a la **preparación y respuesta para casos de emergencia**, los **informes sobre evaluación radiológica**, los **informes del INSAG** (Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear), los **informes técnicos** y los **documentos TECDOC**. El OIEA publica asimismo informes sobre accidentes radiológicos, manuales de capacitación y manuales prácticos, así como otras obras especiales relacionadas con la seguridad.

Las publicaciones relacionadas con la seguridad física aparecen en la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA*.

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

LA SEGURIDAD RADIOLÓGICA
EN LA DIAGRAFÍA

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

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

El Estatuto del Organismo fue aprobado el 23 de octubre de 1956 en la Conferencia sobre el Estatuto del OIEA celebrada en la Sede de las Naciones Unidas (Nueva York); entró en vigor el 29 de julio de 1957. El Organismo tiene la Sede en Viena. Su principal objetivo es “acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero”.

COLECCIÓN DE
NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA N° SSG-57

LA SEGURIDAD RADIOLÓGICA EN LA DIAGRAFÍA

GUÍA DE SEGURIDAD ESPECÍFICA

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA, 2024

DERECHOS DE AUTOR

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

Dependencia de Mercadotecnia y Venta
Sección Editorial
Organismo Internacional de Energía Atómica
Vienna International Centre
PO Box 100
1400 Viena, Austria
fax: +43 1 26007 22529
tel.: +43 1 2600 22417
correo electrónico: sales.publications@iaea.org
<https://www.iaea.org/es/publicaciones>

© OIEA, 2024

Impreso por el OIEA en Austria
Febrero de 2024
STI/PUB/1879

LA SEGURIDAD RADIOLÓGICA EN LA DIAGRAFÍA
OIEA, VIENA, 2024
STI/PUB/1879
ISBN 978-92-0-334522-4 (papel) | ISBN 978-92-0-334322-0
(PDF) | ISBN 978-92-0-334422-7 (EPUB)
ISSN 1020-5837

PRÓLOGO

El OIEA está autorizado por su Estatuto a “establecer o adoptar [...] normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad” —normas que el OIEA debe utilizar en sus propias operaciones y que los Estados pueden aplicar mediante sus disposiciones de reglamentación de la seguridad nuclear y radiológica—. A esos efectos, el OIEA consulta con los órganos competentes de las Naciones Unidas y con los organismos especializados pertinentes. Un amplio conjunto de normas de alta calidad revisadas periódicamente es un elemento clave de un régimen de seguridad mundial estable y sostenible, como también lo es la asistencia del OIEA en la aplicación de esas normas.

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

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

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

La seguridad no es un fin en sí misma, sino un requisito indispensable para la protección de las personas de todos los Estados y del medio ambiente, ahora y en el futuro. Los riesgos relacionados con la radiación ionizante deben evaluarse

y controlarse sin restringir indebidamente la contribución de la energía nuclear al desarrollo equitativo y sostenible. Los Gobiernos, los órganos reguladores y los explotadores de todo el mundo deben velar por que los materiales nucleares y las fuentes de radiación se utilicen con fines beneficiosos y de manera segura y ética. Las normas de seguridad del OIEA están concebidas para facilitar esa tarea, y aliento a todos los Estados Miembros a hacer uso de ellas.

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

ANTECEDENTES

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

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

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

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

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

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

LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Las normas de seguridad del OIEA se basan en el Estatuto de este, que autoriza al OIEA a establecer o adoptar, en consulta y, cuando proceda, en colaboración con los órganos competentes de las Naciones Unidas y con los organismos especializados interesados, normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad, y proveer a la aplicación de estas normas.

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

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

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

Nociones Fundamentales de Seguridad

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

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

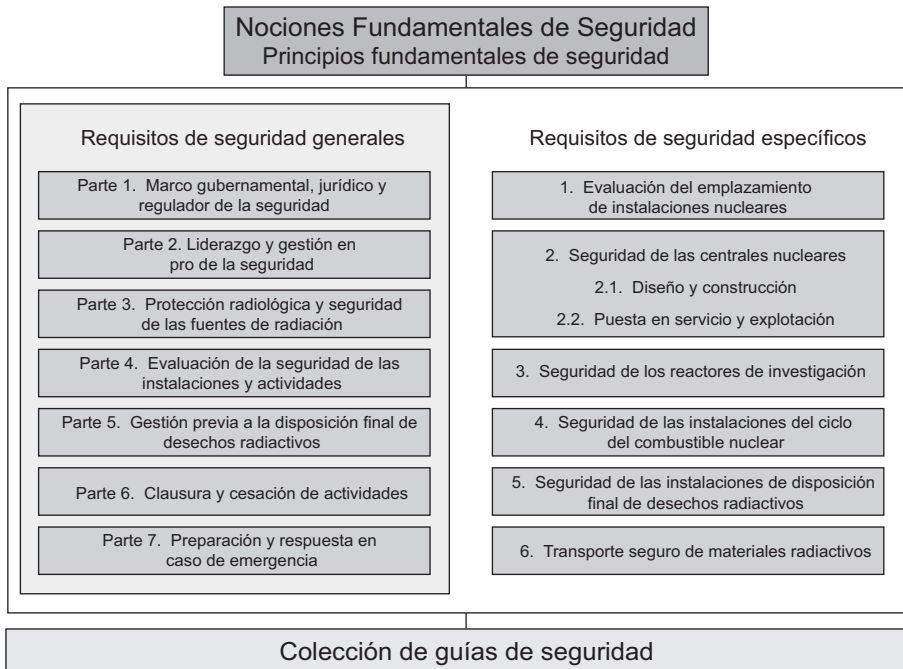


FIG. 1. Estructura a largo plazo de la Colección de Normas de Seguridad del OIEA.

Requisitos de Seguridad

Un conjunto integrado y coherente de requisitos de seguridad establece los requisitos que se han de cumplir para garantizar la protección de las personas y el medio ambiente, tanto en el presente como en el futuro. Los requisitos se rigen por los objetivos y principios de las Nociones Fundamentales de Seguridad. Si los requisitos no se cumplen, deben adoptarse medidas para alcanzar o restablecer el grado de seguridad requerido. El formato y el estilo de los requisitos facilitan su uso para establecer, de forma armonizada, un marco nacional de reglamentación. En los requisitos de seguridad se emplean formas verbales imperativas, junto con las condiciones conexas que deben cumplirse. Muchos de los requisitos no se dirigen a una parte en particular, lo que significa que incumbe cumplirlos a las partes que corresponda.

Guías de Seguridad

Las guías de seguridad ofrecen recomendaciones y orientación sobre cómo cumplir los requisitos de seguridad, lo que indica un consenso internacional en el sentido de que es necesario adoptar las medidas recomendadas (u otras medidas equivalentes). Las guías de seguridad contienen ejemplos de buenas prácticas

internacionales y dan cuenta cada vez más de las mejores prácticas que existen para ayudar a los usuarios que tratan de alcanzar altos grados de seguridad. En la formulación de las recomendaciones de las guías de seguridad se emplean formas verbales condicionales.

APLICACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

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

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

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

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

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

cada Estado decidir el modo en que deberán aplicarse las normas de seguridad del OIEA a esas instalaciones.

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

PROCESO DE ELABORACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

En la elaboración y el examen de las normas de seguridad participan la Secretaría del OIEA y cinco comités de normas de seguridad, que se ocupan de la preparación y respuesta para casos de emergencia (EPreSC), la seguridad nuclear (NUSSC), la seguridad radiológica (RASSC), la seguridad de los desechos radiactivos (WASSC) y el transporte seguro de materiales radiactivos (TRANSSC), así como la Comisión sobre Normas de Seguridad (CSS), que supervisa el programa de normas de seguridad del OIEA (véase la figura 2).

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

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

INTERACCIÓN CON OTRAS ORGANIZACIONES INTERNACIONALES

En la elaboración de las normas de seguridad del OIEA se tienen en cuenta las conclusiones del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) y las recomendaciones de órganos internacionales de expertos, en particular la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). Algunas normas de seguridad se elaboran

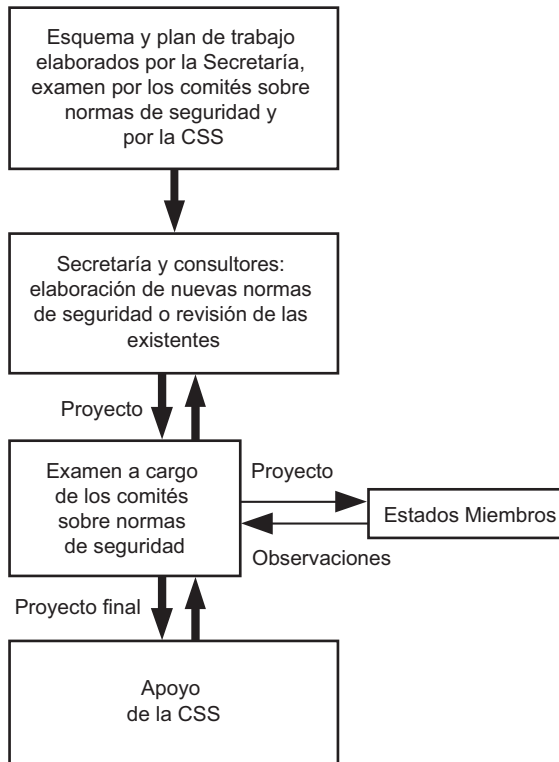


FIG. 2. Proceso de elaboración de una nueva norma de seguridad o de revisión de una norma existente.

en cooperación con otros órganos del sistema de las Naciones Unidas u otros organismos especializados, entre ellos la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la Organización Internacional del Trabajo, la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE, la Organización Panamericana de la Salud y la Organización Mundial de la Salud.

INTERPRETACIÓN DEL TEXTO

Los términos relacionados con la seguridad y con la seguridad física nuclear se interpretarán como se definen en el *Glosario de seguridad nuclear tecnológica y física del OIEA* (véase la dirección <https://www.iaea.org/resources/publications/iaea-nuclear-safety-and-security-glossary>). En el caso de las guías de seguridad, el texto en inglés es la versión autorizada.

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

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

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

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
	Antecedentes (1.1–1.8).....	1
	Objetivo (1.9, 1.10).....	2
	Alcance (1.11–1.14)	3
	Estructura (1.15, 1.16).....	3
2.	FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES	4
	Consideraciones generales (2.1).....	4
	Gobierno y órgano regulador (2.2–2.21).....	5
	Entidad explotadora (2.22–2.38)	11
	Oficial de protección radiológica (2.39–2.42).....	15
	Expertos cualificados (2.43–2.47).....	16
	Trabajadores (2.48–2.50).....	17
	Cooperación entre los empleadores y la entidad explotadora (2.51–2.54)	18
	Trabajadores con contrato a corto plazo (trabajadores itinerantes) (2.55–2.58)	20
	Cliente (2.59–2.64).....	21
3.	EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD	22
	Consideraciones generales (3.1–3.7)	22
	Metodología de la evaluación de la seguridad (3.8).....	23
	Resultados de la evaluación de la seguridad (3.9)	24
	Exámenes de la evaluación de la seguridad (3.10).....	25
	Registro de la evaluación de la seguridad (3.11).....	25
	Optimización de la protección y la seguridad (3.12, 3.13)	26
4.	PROGRAMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	26
	Objetivos y alcance (4.1–4.5)	26
	Estructura y contenido (4.6, 4.7)	28
	Estructura de gestión y políticas (4.8, 4.9)	29
	Programa de enseñanza y capacitación (4.10, 4.11).....	29
	Reglas locales y supervisión (4.12–4.17).....	30
	Comité de seguridad radiológica (4.18, 4.19).....	31

Designación de zonas controladas y zonas supervisadas (4.20–4.27) .	32
Programa de monitorización del lugar de trabajo (4.28–4.30)	34
Disposiciones de monitorización individual (4.31)	35
Programa de vigilancia de la salud (4.32–4.37)	36
Auditorías y exámenes periódicos del funcionamiento del programa de protección radiológica (4.38, 4.39)	37
Sistema de gestión y mejora de procesos (4.40–4.43)	37
5. CAPACITACIÓN Y CUALIFICACIÓN	38
Consideraciones generales (5.1, 5.2)	38
Concepción de un programa de capacitación (5.3, 5.4)	38
Estructura y contenido de los cursos de capacitación (5.5–5.9)	39
Cursos de repaso (5.10, 5.11)	39
Evaluación y certificación de la capacitación (5.12)	41
6. MONITORIZACIÓN INDIVIDUAL DE LOS TRABAJADORES	41
Consideraciones generales (6.1–6.3)	41
Límites de dosis para la protección radiológica ocupacional (6.4–6.9)	42
Evaluación de la dosis individual con dosímetro pasivo (6.10–6.14) .	44
Dosímetros personales activos (6.15–6.17)	45
Sistema de registro (6.18–6.23)	46
Investigación de las dosis superiores a los límites de dosis (6.24, 6.25)	48
Ensayo y calibración del equipo de dosimetría (6.26)	48
7. MONITORIZACIÓN RADIOLÓGICA DEL LUGAR DE TRABAJO	49
Programa de monitorización (7.1–7.5)	49
Selección, mantenimiento y calibración de los instrumentos de monitorización del lugar de trabajo (7.6–7.11)	50
8. CONTROL DE LAS FUENTES RADIATIVAS (8.1–8.10)	52
9. CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD FÍSICA NUCLEAR (9.1, 9.2)	54
La interfaz seguridad tecnológica-seguridad física nuclear (9.3–9.5)	54

	Medidas de seguridad física (9.6–9.9)	55
10.	MANIPULACIÓN SEGURA DE FUENTES RADIATIVAS Y GENERADORES DE RADIACIÓN	56
	Consideraciones generales (10.1–10.5)	56
	Fuentes radiactivas selladas para diagrafía (10.6–10.10).	57
	Marcado y etiquetado de equipo de diagrafía que contenga fuentes radiactivas selladas (10.11, 10.12).	59
	Generadores de neutrones para diagrafía (10.13–10.17).	60
	Cambiadores de fuentes y contenedores de transporte para fuentes radiactivas (10.18, 10.19)	60
	Seguridad de los generadores de neutrones en las operaciones de calibración (10.20–10.22)	61
	Cese del uso y retirada de las fuentes radiactivas (10.23, 10.24).	62
11.	OPERACIONES EN EL YACIMIENTO.	63
	Consideraciones generales (11.1).	63
	Preparación de las operaciones (11.2–11.5)	64
	Designación de zonas controladas en el yacimiento (11.6–11.14).	65
	Utilización de generadores de neutrones en los yacimientos (11.15, 11.16).	66
	Monitorización de la tasa de dosis (11.17–11.19)	67
	Monitorización individual de los trabajadores (11.20).	67
	Equipo de diagrafía (11.21–11.24)	67
	Comprobaciones de seguridad (11.25, 11.26).	68
	Almacenamiento temporal de fuentes radiactivas en el yacimiento (11.27–11.30).	69
	Conclusión del trabajo y retirada de las fuentes del yacimiento (11.31, 11.32).	70
12.	TRANSPORTE DE FUENTES RADIATIVAS (12.1, 12.2).	70
	Traslados dentro del lugar de trabajo (12.3, 12.4)	71
	Traslado a otro yacimiento (12.5–12.8)	72
13.	PREPARACIÓN Y RESPUESTA PARA CASOS DE EMERGENCIA	73
	Consideraciones generales (13.1–13.4)	73

Elaboración de planes y procedimientos de emergencia (13.5–13.12)	74
Equipo de emergencia (13.13–13.15)	76
Ejemplo de procedimientos de respuesta tras un incidente con fuentes de radiación empleadas en diagrafía (13.16–13.20)	77
Capacitación y ejercicios (13.21–13.24)	80
Exámenes periódicos del plan de emergencia (13.25)	81
Elaboración de informes (13.26–13.28)	81
Comunicación con el público (13.29)	82
REFERENCIAS	83
ANEXO I: SÍNTESIS DE LAS FUENTES RADIATIVAS EMPLEADAS EN DIAGRAFÍA	89
ANEXO II: CONSIDERACIONES SOBRE LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD EN ACTIVIDADES DE DIAGRAFÍA	91
ANEXO III: INFORMACIÓN SOBRE LA SEGURIDAD RADIOLÓGICA DE LOS GENERADORES DE NEUTRONES EMPLEADOS EN DIAGRAFÍA	95
ANEXO IV: CÁLCULO DEL BLINDAJE RADIOLÓGICO	96
ANEXO V: PROPUESTA DE ESTRUCTURA DE REGLAS LOCALES DE DIAGRAFÍA	100
ANEXO VI: EJEMPLOS DE INCIDENTES RELACIONADOS CON FUENTES DE RADIACIÓN EN ACTIVIDADES DE DIAGRAFÍA	102
COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y LA REVISIÓN	107

1. INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

1.1. Como se afirma en los *Principios fundamentales de seguridad (Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SF-1)* [1], **“el objetivo fundamental de la seguridad es proteger a las personas y el medio ambiente contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes”**. El párrafo 2.1 de esta publicación reza como sigue:

“Este objetivo fundamental de proteger a las personas —individual y colectivamente— y el medio ambiente debe alcanzarse sin restringir indebidamente la explotación de las instalaciones o la realización de actividades que sean fuente de riesgos asociados a las radiaciones”.

1.2. El párrafo 2.2 de la misma publicación reza como sigue:

“El objetivo fundamental de la seguridad se aplica a todas las instalaciones y actividades y a todas las etapas del ciclo de vida de una instalación o fuente de radiación, a saber, la planificación, la selección del emplazamiento, el diseño, la fabricación, la construcción, la puesta en servicio y la explotación, así como la clausura y el cierre. Ello comprende las actividades conexas de transporte de materiales radiactivos y gestión de los desechos radiactivos”.

1.3. En los sectores de la minería, la geotecnia y la gestión y explotación de recursos hídricos, así como en las actividades de prospección y extracción petrolera y gasística (por medios convencionales o no convencionales, como la fracturación hidráulica), es muy corriente el uso de fuentes radiactivas y, a veces, de generadores de radiación para caracterizar y evaluar formaciones geológicas y la estructura de pozos y sondeos. En esta guía de seguridad se utiliza el término “diagrafía” para designar el conjunto de estas prácticas.

1.4. Para hacer diagrafías se utiliza un dispositivo (denominado generalmente “sonda”, o “herramienta de diagrafía”) que contiene una o varias fuentes selladas de radiación gamma o neutrónica o un generador de neutrones. La labor de diagrafía suele discurrir en las instalaciones de una empresa cliente (por ejemplo, en una mina o una plataforma marina de prospección petrolera o gasística). En el mundo hay miles y miles de fuentes radiactivas y generadores de radiación que se utilizan para realizar diagrafías [2].

1.5. En la *Clasificación de las fuentes radiactivas (Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° RS-G-1.9)* [3] se utiliza, para clasificar las fuentes radiactivas, el criterio relativo del potencial que presentan para causar efectos deterministas graves (esto es, cuán “peligrosas” podrían ser en caso de uso indebido). En esta clasificación se distinguen cinco categorías, de las que la 1, la 2 y la 3 son las que encierran mayor peligro. Las fuentes utilizadas en diagrafía suelen pertenecer a las categorías 3 o 4, aunque el uso de varias fuentes combinadas en un determinado yacimiento podría corresponder a la categoría 2.

1.6. La presente guía es una de las varias guías de seguridad que versan sobre temas ligados a la seguridad en los usos industriales de dispositivos de radiación ionizante, como puedan ser generadores de radiación y fuentes selladas, irradiadores industriales, sondas nucleares o los utilizados en radiografía industrial (véanse las referencias [4 a 7]).

1.7. Salvo indicación en sentido contrario, los términos y expresiones aquí utilizados revisten el mismo significado que se les atribuye en el *Glosario de seguridad del OIEA* [8].

1.8. En esta guía de seguridad se parte de la premisa de que existe una infraestructura gubernamental, jurídica y reglamentaria de seguridad radiológica que cubre la labor de realización de diagrafías con empleo de fuentes de radiación (véase la sección 2). En caso de que estas actividades vayan a discurrir en un Estado que todavía no tenga instituida una reglamentación de protección radiológica o cuya reglamentación no se ajuste a las normas internacionales en la materia, las recomendaciones de la presente guía de seguridad servirán de pauta general para garantizar la seguridad radiológica en el trabajo de diagrafía.

OBJETIVO

1.9. La presente guía de seguridad tiene por finalidad proporcionar un conjunto de recomendaciones que ayuden a cumplir los requisitos establecidos en la publicación titulada *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad (Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 3)* [9] con respecto al uso de fuentes radiactivas y generadores de radiación en las labores de diagrafía.

1.10. Las indicaciones que figuran en esta publicación van dirigidas principalmente a aquellas entidades explotadoras que estén autorizadas a realizar diagrafías con empleo de fuentes de radiación, así como a sus empleados y oficiales de

protección radiológica. Estas indicaciones también serán de interés para los órganos reguladores y para toda entidad que intervenga en el diseño, la fabricación, el suministro o los servicios de mantenimiento y revisión de instrumental de diagrafía que vaya provisto de fuentes de radiación.

ALCANCE

1.11. En esta guía de seguridad se formulan recomendaciones sobre el uso de fuentes radiactivas y generadores de radiación en labores de diagrafía, lo que incluye su uso en los procesos de fabricación, calibración y mantenimiento del instrumental utilizado. También se ofrecen aquí recomendaciones sobre protección y seguridad radiológicas en el almacenamiento, el uso y el transporte de dichas fuentes de radiación.

1.12. En esta guía de seguridad se tratan las cuestiones de seguridad radiológica, pero no los riesgos de tipo no radiológico que pueda entrañar la realización de diagrafías.

1.13. En esta guía de seguridad se proporciona también información sobre la indispensable aplicación de medidas adecuadas de seguridad física nuclear y se ofrecen recomendaciones sobre la relación recíproca entre esas medidas y las de seguridad tecnológica, pero no se ofrecen indicaciones específicas sobre cuestiones de seguridad física nuclear. En la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* pueden encontrarse más indicaciones en materia de seguridad física nuclear.

1.14. La protección y la seguridad radiológicas en relación con radionucleidos de origen natural y con el uso de radiotrazadores en los sectores minero y petrolero quedan fuera del ámbito de la presente guía de seguridad. En la publicación titulada *Gestión de desechos radiactivos procedentes de la extracción y el tratamiento de minerales (Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-1.2)* [10] se formulan recomendaciones de protección y seguridad con respecto a los radionucleidos de origen natural. Las técnicas de radiotrazadores, por su parte, están tratadas en la referencia [11].

ESTRUCTURA

1.15. En la sección 2 se describen las distintas funciones y responsabilidades que incumben a organizaciones y personas. En las secciones 3 y 4 se formulan

recomendaciones sobre la preparación de una evaluación de la seguridad y sobre el programa de protección radiológica, respectivamente. La sección 5 contiene recomendaciones sobre capacitación y cualificación del personal. En las secciones 6 y 7 se ofrecen recomendaciones sobre la monitorización radiológica individual de los trabajadores y la monitorización del lugar de trabajo, respectivamente. Las recomendaciones de la sección 8 se refieren al control de las fuentes de radiación gamma o neutrónica, mientras que la sección 9 contiene una serie de consideraciones relativas a la seguridad física de estas fuentes. En las secciones 10 y 11 se formulan recomendaciones sobre el uso seguro de fuentes de radiación gamma o de neutrones en instalaciones de diagrafía¹ y en un yacimiento. En la sección 12 se ofrecen recomendaciones sobre el transporte seguro de fuentes radiactivas y en la sección 13 se describen las medidas de preparación y respuesta para situaciones de emergencia relacionadas con fuentes utilizadas en diagrafía.

1.16. El anexo I contiene información sintética sobre las fuentes y el equipo que se utilizan en diagrafía. En el anexo II se presentan los elementos de que consta una evaluación de la seguridad referida a las actividades de diagrafía. En el anexo III se ofrece información sobre la seguridad de los generadores de neutrones, mientras que el anexo IV versa sobre el blindaje contra la radiación gamma y la neutrónica. En el anexo V se propone una estructura para reglas local que rijan las actividades de diagrafía. El anexo VI contiene ejemplos ilustrativos del tipo de incidentes que suelen producirse con las fuentes utilizadas en diagrafía, entre ellos la descripción de una operación culminada con éxito de recuperación de una fuente atascada en el fondo de un pozo.

2. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES

CONSIDERACIONES GENERALES

2.1. En la publicación titulada *Marco gubernamental, jurídico y regulador para la seguridad (Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 1 [Rev. 1])* [12] se establecen los requisitos que se aplican a la infraestructura gubernamental, jurídica y reglamentaria de seguridad de diversas instalaciones y actividades, entre ellas las vinculadas al trabajo de diagrafía con empleo de fuentes de radiación, y se especifican las funciones y responsabilidades que incumben a

¹ En esta guía de seguridad, la expresión “instalaciones de diagrafía” designa cualquier zona en la que se guarde o utilice el equipo empleado en las labores de diagrafía.

todas las partes interesadas. En la publicación GSR Part 3 [9] se exponen las grandes líneas de esas funciones y responsabilidades, mientras que en esta sección se ofrecen más indicaciones referidas concretamente a la labor de diagrafiya con empleo de fuentes radiactivas o generadores de radiación.

GOBIERNO Y ÓRGANO REGULADOR

2.2. El párrafo 2.15 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“El gobierno establecerá leyes que, entre otras cosas:

- a) sienten la base estatutaria de los requisitos para la protección y la seguridad de todas las situaciones de exposición;
- b) especifiquen que la responsabilidad primordial de la protección y la seguridad incumbe a la persona u organización responsable de las instalaciones y actividades que entrañan riesgos radiológicos;
- c) especifiquen el alcance de su aplicabilidad;
- d) establezcan y prevean el mantenimiento de un órgano regulador independiente con funciones y responsabilidades claramente especificadas en relación con la reglamentación de la protección y la seguridad;
- e) prevean la coordinación entre autoridades con responsabilidades relativas a la protección y la seguridad en relación con todas las situaciones de exposición”.

Para instituir y mantener un elevado nivel de seguridad en el uso de fuentes de radiación para labores de diagrafiya, es primordial que exista una sólida infraestructura jurídica y gubernamental, lo que supone también la existencia de un órgano regulador nacional cuyas responsabilidades y funciones estén claramente definidas.

2.3. El párrafo 2.16 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“El gobierno asegurará que el órgano regulador sea efectivamente independiente, al tomar decisiones relativas a la protección y la seguridad, de personas y organizaciones que utilicen o promuevan el uso de la radiación y los materiales nucleares, de modo que sea libre de toda injerencia indebida de las partes interesadas y de todo conflicto de intereses; y asegurará que exista una separación funcional de las entidades con responsabilidades o intereses que pudieran influir indebidamente en las decisiones que adopte”.

El órgano regulador no debería tener participación alguna en el desarrollo y la utilización de la tecnología que regula.

2.4. El párrafo 2.17 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue: “El gobierno asegurará que el órgano regulador disponga de la facultad legal, la competencia y los recursos necesarios para desempeñar sus funciones y responsabilidades estatutarias”.

2.5. En el requisito 3 de la publicación GSR Part 3 [9] se dispone que: **“El órgano regulador establecerá o adoptará reglamentos y orientaciones relativos a la protección y la seguridad y establecerá un sistema destinado a garantizar su aplicación”**. Muchos Estados han decidido adoptar las normas del OIEA e incorporarlas a su acervo reglamentario nacional.

2.6. El párrafo 2.30 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“El órgano regulador establecerá un sistema regulador relativo a la protección y la seguridad que incluya [véase la referencia 12]:

- a) la notificación y autorización;
- b) la revisión y el examen de instalaciones y actividades;
- c) la inspección de instalaciones y actividades;
- d) el cumplimiento de los requisitos reglamentarios;
- e) las funciones reglamentarias relativas a las situaciones de exposición de emergencia y situaciones de exposición existentes;
- f) el suministro de información a las partes afectadas por sus decisiones y, según convenga, al público y otras partes interesadas, y la celebración de consultas con ellas”.

2.7. El párrafo 2.31 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“El órgano regulador adoptará un enfoque graduado a la puesta en práctica del sistema de protección y seguridad de manera que la aplicación de los requisitos reglamentarios sea proporcional a los riesgos radiológicos asociados a la situación de exposición”.

Dicho enfoque graduado debería asegurar una aplicación optimizada de los recursos regulatorios y a la vez una eficaz verificación del cumplimiento de la normativa.

2.8. El párrafo 2.32 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue: “El órgano regulador asegurará la aplicación de los requisitos relativos a la educación, capacitación, cualificación y competencia en materia de protección y seguridad de todas las personas que participan en actividades relacionadas con la protección y la seguridad”.

2.9. El párrafo 2.34 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“El órgano regulador, conjuntamente con otras autoridades competentes, especificará requisitos de aceptación y de rendimiento, mediante la reglamentación o mediante la aplicación de normas publicadas, para cualquier fuente, dispositivo, equipo o instalación manufacturados o construidos que, al utilizarlo, tenga repercusiones para la protección y la seguridad”.

2.10. El párrafo 2.35 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue (se omite la nota al pie):

“El órgano regulador preverá lo necesario para establecer, mantener y recuperar los registros pertinentes relativos a las instalaciones y las actividades. Esos registros comprenderán:

- los registros de fuentes selladas y generadores de radiación;
- los registros de dosis recibidas por exposición ocupacional;
- los registros relativos a la seguridad de instalaciones y actividades;
- los registros que podrían ser necesarios para la parada y clausura o el cierre de instalaciones;
- los registros de sucesos, incluidas las emisiones no rutinarias de materiales radiactivos en el medio ambiente;
- los inventarios de desechos radiactivos [...]”.

Los registros relativos a la seguridad de las instalaciones y actividades de diagrafia deberían incluir un inventario de las fuentes en uso y las fuentes en desuso.

2.11. El órgano regulador también debería establecer disposiciones sobre el establecimiento, el mantenimiento y la consulta de registros adecuados referidos a lo siguiente:

- el transporte de fuentes radiactivas;
- la ubicación de fuentes radiactivas;

- todo incidente relacionado con fuentes de radiación, como la pérdida de fuentes radiactivas, daños sufridos por esas fuentes o el robo de fuentes radiactivas o generadores de radiación.

2.12. El órgano regulador debería efectuar inspecciones relativas al uso de dispositivos de diagrafia que contengan fuentes de radiación [13]. En ellas debería examinar todo un conjunto de aspectos relacionados con el uso seguro de esos dispositivos, en particular los que se indican a continuación.

- Examen del cumplimiento de las condiciones establecidas para autorizar la posesión y el uso de fuentes de radiación para labores de diagrafia, comprobando por ejemplo que en el inventario consten todas las fuentes de radiación y los dispositivos autorizados y que el instrumental de diagrafia sea utilizado únicamente con los fines y en los lugares previstos en la autorización. Si se observase que falta alguna fuente autorizada o que una fuente no cuenta con la debida autorización, convendría investigar el asunto y adoptar medidas apropiadas (buscar de inmediato las fuentes faltantes y someter a control reglamentario toda fuente no autorizada).
- Confirmación de que las fuentes de radiación y los dispositivos de diagrafia satisfacen los criterios de aceptación y de funcionamiento establecidos por el órgano regulador.
- Medición de los niveles de radiación alrededor de los dispositivos de diagrafia y cálculo de las dosis que reciben trabajadores y miembros del público.
- Examen de los registros de monitorización radiológica del lugar de trabajo y de monitorización individual.
- Observación del uso de los dispositivos de diagrafia, incluidos los procedimientos para la manipulación segura de fuentes de radiación.
- Examen de las medidas de control, como comprobaciones periódicas del inventario de fuentes, controles que garanticen que solo las personas autorizadas utilicen las fuentes, aplicación de controles técnicos adecuados, almacenamiento de las fuentes de radiación (incluidas las fuentes en desuso) y planes y protocolos de emergencia.
- Examen del cumplimiento de los requisitos reglamentarios que se aplican al transporte de material radiactivo (véase la sección 12).
- Inspecciones *in situ* de las instalaciones del cliente donde se utilicen dispositivos de diagrafia y observación de las operaciones en que se emplee una sonda, incluidos los procedimientos de uso seguro y las medidas de seguridad tecnológica y seguridad física que se apliquen a cada fuente.

2.13. El párrafo 2.38 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue: “El órgano regulador establecerá, aplicará, evaluará y se esforzará por mejorar constantemente un sistema de gestión ajustado a los objetivos del órgano regulador y que contribuya al logro de esos objetivos”.

2.14. En el requisito 19 de la publicación GSR Part 3 [9] se dispone lo siguiente:

“El gobierno o el órgano regulador establecerá y hará cumplir los requisitos para asegurar la optimización de la protección y la seguridad, y el órgano regulador hará cumplir los límites de dosis para la exposición ocupacional”.

2.15. El párrafo 3.69 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue: “El gobierno o el órgano regulador establecerá las responsabilidades de los empleadores, los titulares registrados y los titulares de licencias con respecto a la aplicación de los requisitos relativos a la exposición ocupacional en situaciones de exposición planificadas”.

2.16. Según lo dispuesto en el párrafo 3.72 de la publicación GSR Part 3 [9], antes de autorizar una instalación o actividad de diagraya, el órgano regulador debe revisar los criterios y elementos de diseño en relación con la exposición y la exposición potencial de los trabajadores en todos los estados operacionales y en condiciones de accidente. Solo se debería permitir el uso de sondas que cumplan las normas de diseño establecidas por el órgano regulador. Debería ser obligatorio someter a monitorización individual a cuantos trabajadores intervengan en la labor de diagraya, lo que significa determinar la dosis de neutrones o de radiación gamma, según corresponda. Además, el órgano regulador debería comprobar que la entidad explotadora cumpliera los requisitos de monitorización radiológica del lugar de trabajo (véanse los párrafos 3.96 a 3.98 de la publicación GSR Part 3 [9]) en todas las instalaciones y actividades de diagraya.

2.17. El órgano regulador debería establecer requisitos relativos al uso de dispositivos de diagraya en las instalaciones del cliente, uso que debería estar autorizado de manera expresa, por ejemplo en las condiciones de la licencia.

2.18. El órgano regulador debería exigir a la entidad explotadora que realice comprobaciones periódicas del inventario de las fuentes radiactivas que estén en su posesión y que transmita al órgano regulador la correspondiente información para que esta conste en un registro nacional de fuentes radiactivas, conforme a las recomendaciones formuladas en la *Estrategia nacional para recuperar el control*

de fuentes huérfanas y mejorar el control de fuentes vulnerables (Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SSG-19) [14].

2.19. El órgano regulador debería cerciorarse de que se apliquen medidas de seguridad tecnológica y seguridad física de las fuentes radiactivas, lo que incluye, cuando proceda, medidas económicas para la disposición final de las fuentes radiactivas cuando dejen de ser utilizadas. Concretamente, el órgano regulador debería acompañar la autorización de condiciones que obliguen a la entidad explotadora a adoptar medidas para una gestión tecnológica y físicamente segura de las fuentes en desuso, lo que incluye, cuando proceda, acuerdos relativos a la devolución al suministrador de las fuentes en desuso, de conformidad con el Código de Conducta sobre Seguridad Tecnológica y Física de las Fuentes Radiactivas [15].

Mecanismos de comunicación y notificación

2.20. El párrafo 2.33 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“El órgano regulador asegurará que se disponga de mecanismos para la difusión oportuna de información a las partes pertinentes, como los proveedores y los usuarios de fuentes, acerca de las lecciones extraídas relativas a la protección y la seguridad a partir de la experiencia en materia de reglamentación y la experiencia operacional, y de los incidentes y accidentes y las conclusiones conexas. Los mecanismos establecidos se utilizarán, según convenga, para facilitar información pertinente a otras organizaciones competentes a nivel nacional e internacional”.

En muchos Estados, el órgano regulador mantiene comunicación periódica con los interlocutores del ramo, como suministradores y usuarios de fuentes, por medio de boletines en los que informa sobre temas como prácticas laborales seguras o refiere en detalle incidentes relacionados con fuentes de radiación que se hayan producido en el Estado u otros lugares, de manera que se puedan aplicar las enseñanzas extraídas para mejorar la protección y la seguridad.

2.21. El párrafo 2.36 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue: “El órgano regulador establecerá mecanismos para la comunicación y el debate que entrañen interacciones profesionales y constructivas con partes competentes en relación con todas las cuestiones relacionadas con la protección y la seguridad”.

ENTIDAD EXPLOTADORA

2.22. La entidad explotadora que tiene a su cargo las instalaciones y actividades de diagrafía es la principal responsable de la seguridad (véanse los requisitos 4 y 9 de la publicación GSR Part 3 [9]) y está obligada a garantizar la optimización de la protección y la seguridad (requisito 11 de la publicación GSR Part 3 [9]). En el caso de las labores de diagrafía, la entidad explotadora es generalmente la “empresa de diagrafía”, esto es, la empresa que contrata a trabajadores (o emplea a profesionales por cuenta propia) para que realicen las labores de diagrafía en las que se emplean fuentes radiactivas o generadores de radiación. Los fabricantes y suministradores de equipo de diagrafía que contiene fuentes de radiación también son entidades explotadoras y tienen sus propias responsabilidades en materia de protección y seguridad.

2.23. La entidad explotadora debe demostrar que aplica los más estrictos criterios de protección y seguridad (párrafo 2.47 de la publicación GSR Part 3 [9]).

2.24. La entidad explotadora debe presentar al órgano regulador una solicitud de autorización para utilizar una instalación o realizar una actividad en las que se empleen fuentes de radiación para realizar diagrafías (requisito 7 de la publicación GSR Part 3 [9]). Por consiguiente, en el caso de una instalación o actividad autorizada de diagrafía, la entidad explotadora suele ser también el titular registrado o el titular de la licencia, según las definiciones que figuran en la publicación GSR Part 3 [9]).

2.25. Según lo dispuesto en el párrafo 2.42 de la publicación GSR Part 3 [9], la entidad explotadora:

“[...] [establecerá y ejecutará] un programa de protección y seguridad que sea adecuado para la situación de exposición. El programa de protección y seguridad:

- a) adoptará objetivos relativos a la protección y la seguridad de acuerdo con los requisitos establecidos en [la publicación GSR Part 3];
- b) aplicará medidas para la protección y la seguridad que sean proporcionales a los riesgos radiológicos asociados a la situación de exposición y que sean adecuadas para asegurar el cumplimiento de los requisitos establecidos en [la publicación GSR Part 3]”.

2.26. La empresa de diagrafía debería contar con una instalación de almacenamiento de fuentes en su base principal y también, de ser necesario, con instalaciones de almacenamiento *in situ* que se ajusten a los requisitos reglamentarios.

2.27. Según lo dispuesto en el párrafo 2.43 de la publicación GSR Part 3 [9], la entidad explotadora:

“[...] [asegurará] que, al ejecutar el programa de protección y seguridad:

- a) se hayan determinado, y se faciliten debidamente, las medidas y los recursos que sean necesarios para lograr los objetivos de protección y seguridad;
- b) el programa se revise periódicamente para evaluar su eficacia y su idoneidad;
- c) se determine y corrija cualquier fallo o deficiencia en la protección y la seguridad, y se adopten medidas para impedir que se repitan;
- d) se disponga lo necesario para mantener consultas con las partes interesadas;
- e) se mantengan registros adecuados”.

En la sección 4 de esta guía de seguridad se ofrecen recomendaciones sobre el establecimiento de un programa de protección radiológica que se aplique a las actividades de diagrafía.

2.28. El párrafo 2.44 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“Las partes principales pertinentes y otras partes con responsabilidades específicas en relación con la protección y la seguridad velarán por que todo el personal que participa en actividades relacionadas con la protección y la seguridad reciban enseñanza, capacitación y cualificación adecuadas de modo que entiendan sus responsabilidades y puedan desempeñar sus funciones de forma competente, con criterio adecuado y de conformidad con los procedimientos”.

En la sección 5 de la presente guía de seguridad se ofrecen recomendaciones sobre la capacitación y cualificación de las personas que realizan labores de diagrafía con empleo de fuentes de radiación.

2.29. La entidad explotadora debe permitir el acceso de representantes autorizados del órgano regulador para que estos inspeccionen sus instalaciones y actividades de diagrafía y sus registros de protección y seguridad y también está obligada

a cooperar en la realización de las inspecciones (párrafo 2.45 de la publicación GSR Part 3 [9]).

2.30. La entidad explotadora debe asegurarse de disponer de expertos cualificados (véanse los párrafos 2.43-2.47) y a velar por que estos sean consultados según sea necesario acerca de la adecuada observancia de los requisitos establecidos en la publicación GSR Part 3 (párrafo 2.46 de la publicación GSR Part 3 [9]).

2.31. La entidad explotadora debe asegurarse de que la protección y la seguridad estén eficazmente integradas en su sistema general de gestión (requisito 5 de la publicación GSR Part 3 [9]).

2.32. Según lo dispuesto en el párrafo 2.48 de la publicación GSR Part 3 [9], la entidad explotadora (se omite la nota al pie):

“[...] [asegurará] que el sistema de gestión se conciba y aplique de modo que aumente la protección y la seguridad mediante:

- a) la aplicación de requisitos relativos a la protección y la seguridad manteniendo la coherencia con otros requisitos, incluidos los relativos al comportamiento operacional, así como con las directrices de seguridad física;
- b) la descripción de las medidas previstas y sistemáticas necesarias para ofrecer suficiente confianza en que los requisitos relativos a la protección y la seguridad se cumplen;
- c) la garantía de que la protección y la seguridad no se vean comprometidas por otros requisitos;
- d) la previsión de una evaluación regular del rendimiento en relación con la protección y la seguridad y la aplicación de las enseñanzas extraídas a partir de la experiencia;
- e) la promoción de la cultura de la seguridad”.

2.33. La entidad explotadora debe asegurarse de que los elementos de protección y seguridad del sistema de gestión sean proporcionales a los riesgos radiológicos ligados al número y tipo de fuentes de radiación de que vayan provistas las herramientas de diagrafia que posea y a la forma en que se utilicen esas fuentes (párrafo 2.49 de la publicación GSR Part 3 [9]).

2.34. Según lo dispuesto en el párrafo 2.50 de la publicación GSR Part 3 [9], la entidad explotadora “[podrá] demostrar el cumplimiento efectivo de los requisitos relativos a la protección y la seguridad en el sistema de gestión”.

2.35. Según lo dispuesto en el párrafo 3.60 de la publicación GSR Part 3 [9], la entidad explotadora “[velará] por que se adopten disposiciones sin demora en relación con la gestión segura y el control de los generadores de radiación y las fuentes radiactivas, incluidas disposiciones financieras adecuadas, una vez que se haya decidido dejar de utilizarlos”. En la sección 10 de esta guía de seguridad se formulan recomendaciones sobre el cumplimiento de los requisitos relativos a los generadores de radiación y las fuentes radiactivas que se emplean en diagrafia.

Cultura de la seguridad

2.36. Si bien las fuentes de radiación y el equipo conexo que se emplean en diagrafia ya incorporan elementos de seguridad, la protección y la seguridad siguen reposando en gran medida en la aplicación de procedimientos de trabajo seguro. Según lo dispuesto en el párrafo 2.51 de la publicación GSR Part 3 [9], la entidad explotadora debería promover y mantener la cultura de la seguridad como sigue:

- a) promoviendo el compromiso individual y colectivo con la protección y la seguridad a todos los niveles de la entidad, lo que incluye, según corresponda, al personal encargado de la administración, la seguridad física, las instalaciones de almacenamiento, el funcionamiento, el transporte y el montaje y mantenimiento del instrumental de diagrafia;
- b) garantizando una comprensión común de los aspectos clave de la cultura de la seguridad dentro de la entidad;
- c) prestando apoyo a personas y grupos para que realicen las actividades de diagrafia de forma segura y satisfactoria, teniendo en cuenta las interacciones entre las personas, el equipo de diagrafia, la empresa de diagrafia y el cliente;
- d) alentando una comunicación abierta y la participación del personal de operación, el(los) oficial(es) de protección radiológica y demás trabajadores de la instalación en la elaboración y aplicación de políticas, normas y procedimientos referentes a la protección y la seguridad en la realización de diagrafias;
- e) asegurando la rendición de cuentas, por parte de la entidad y del personal, a todos los niveles, en materia de protección y seguridad en la adquisición, el almacenamiento, la instalación, la explotación, el mantenimiento, la manipulación y la gestión segura de las fuentes empleadas en diagrafia hasta su disposición final segura al término de su vida útil;
- f) fomentando una actitud inquisitiva y de aprendizaje y el rechazo de la autocomplacencia con respecto a la protección y la seguridad y habilitando medios por los que la entidad trate constantemente de desarrollar y fortalecer su cultura de la seguridad.

2.37. La entidad explotadora también debería asegurarse de que el personal se sienta libre de plantear sus inquietudes en materia de seguridad sin temor a sufrir represalias, intimidación, acoso o discriminación.

Factores humanos

2.38. El párrafo 2.52 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“Las partes principales y otras partes con responsabilidades específicas en relación con la protección y la seguridad, según convenga, tendrán en cuenta factores humanos y apoyarán el buen desempeño y las buenas prácticas para evitar fallos humanos y de la organización, garantizando, entre otras cosas, que:

- a) se sigan principios ergonómicos racionales en el diseño del equipo y la elaboración de procedimientos operativos, a fin de facilitar el funcionamiento y el uso seguros del equipo, reducir al mínimo la posibilidad de que los errores de los operadores den lugar a accidentes, y reducir la posibilidad de interpretar mal indicaciones de condiciones normales y de condiciones anormales;
- b) se faciliten equipo, sistemas de seguridad y requisitos de procedimiento adecuados, así como que se disponga lo necesario para:
 - i) reducir, en la medida en que sea factible, la posibilidad de que errores humanos o acciones involuntarias pudieran dar lugar a accidentes o a otros incidentes que culminaran en la exposición de cualquier persona;
 - ii) facilitar los medios para detectar errores humanos y corregirlos o compensarlos;
 - iii) facilitar las acciones protectoras o correctoras en caso de fallos de los sistemas de seguridad o de las medidas de protección y seguridad”.

OFICIAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

2.39. El párrafo 3.94.e) de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“Los empleadores, los titulares registrados y los titulares de licencias, en consulta con los trabajadores, o por medio de sus representantes según convenga: (...) designarán, según proceda, un oficial de protección

radiológica de conformidad con los criterios establecidos por el órgano regulador”.

2.40. El párrafo 3.96 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“Los titulares registrados y los titulares de licencias, en cooperación con los empleadores si procede, establecerán, conservarán y revisarán regularmente un programa de monitorización radiológica del lugar de trabajo, supervisado por un oficial de protección radiológica o un experto cualificado”.

2.41. El oficial de protección radiológica es una persona técnicamente competente en temas de protección radiológica relacionados con las actividades de diagrafia con empleo de fuentes de radiación que es designada por la empresa de diagrafia para que supervise la aplicación de los requisitos reglamentarios [8]. La designación del oficial de protección radiológica debería hacerse por escrito y en la descripción del puesto deberían constar sus funciones y responsabilidades.

2.42. El oficial de protección radiológica debería supervisar la aplicación de los requisitos de seguridad y tener la potestad de intervenir para detener toda operación que no sea segura o incumpla la normativa.

EXPERTOS CUALIFICADOS

2.43. Según lo dispuesto en el párrafo 2.46 de la publicación GSR Part 3 [9], la entidad explotadora “[se asegurará] de disponer de expertos cualificados y velará por que estos sean consultados según sea necesario acerca de la observancia adecuada de [la publicación GSR Part 3]”.

2.44. Un experto cualificado es una persona cuya competencia técnica en una determinada especialidad [8], por ejemplo en protección radiológica y manejo seguro de instrumental de diagrafia provisto de fuentes de radiación, está debidamente reconocida en virtud de un certificado expedido por una entidad o sociedad competente, de una licencia profesional o de su experiencia y titulación académica.

2.45. El gobierno está obligado a establecer requisitos para el reconocimiento oficial de expertos cualificados (párrafo 2.21 de la publicación GSR Part 3 [9]). Se entiende por “reconocimiento oficial” el reconocimiento documentado o la acreditación por parte de la autoridad competente de que una persona posee las cualificaciones, la capacitación, los estudios, la experiencia y la competencia

técnica necesarias para asumir las responsabilidades que le incumbirán en relación con las operaciones de diagrafía. El procedimiento de reconocimiento oficial puede variar de un Estado a otro.

2.46. La entidad explotadora puede consultar a uno o más expertos cualificados sobre asuntos relacionados con la seguridad radiológica, como el diseño de instalaciones de diagrafía, los cálculos de blindaje radiológico o el ensayo y mantenimiento de los instrumentos de monitorización del lugar de trabajo. La responsabilidad del cumplimiento de los requisitos reglamentarios no puede ser delegada en el experto cualificado y recae siempre en la entidad explotadora.

2.47. Los expertos cualificados no tienen por qué ser empleados de la entidad explotadora, sino que pueden ser designados para trabajar a tiempo parcial o por un período o en un proyecto en concreto en el que vayan a realizarse diagrafías. Por ejemplo, una empresa de diagrafía con sede en un Estado podría designar a un experto cualificado de otro Estado en el que la entidad tenga actividades en curso. En tal caso, el experto cualificado debería satisfacer todos los criterios nacionales de cualificación o certificación que sean de aplicación en el Estado en el que tengan lugar las actividades de diagrafía. Los expertos cualificados deberían gozar de experiencia adecuada en la materia (esto es, con instalaciones y actividades de diagrafía en que se empleen fuentes radiactivas o generadores de radiación). El experto cualificado debería trabajar en estrecha cooperación con el oficial de protección radiológica para asegurar que los trabajadores cumplan todas las funciones y realicen todas las tareas necesarias.

TRABAJADORES

2.48. Es un trabajador toda persona que trabaje para un empleador, ya sea a jornada completa, a jornada parcial o temporalmente, y que tenga reconocidos derechos y deberes en lo que atañe a protección radiológica ocupacional [8].

2.49. Los trabajadores deben cumplir sus obligaciones y su cometido en materia de protección y seguridad (requisito 22 de la publicación GSR Part 3 [9]). El párrafo 3.83 de la publicación GSR Part 3 [9], en particular, reza como sigue:

“Los trabajadores:

- a) observarán todas las reglas y los procedimientos aplicables en materia de protección y seguridad especificados por el empleador, el titular registrado o el titular de la licencia;

- b) utilizarán correctamente el equipo de monitorización y el equipo de protección personal que se les haya suministrado;
- c) cooperarán con el empleador, el titular registrado o el titular de la licencia en lo que respecta a la protección y la seguridad, así como a los programas de vigilancia de la salud de los trabajadores y de evaluación de la dosis;
- d) facilitarán al empleador, al titular registrado o al titular de la licencia toda información sobre sus actividades laborales pasadas y presentes que sea de interés para garantizar la protección y la seguridad efectivas y completas de sí mismos y de terceros;
- e) se abstendrán de todo acto deliberado que pueda originar, para sí mismos o para terceros, situaciones que no se ajusten a los requisitos de [la publicación GSR Part 3];
- f) aceptarán toda la información, instrucción y capacitación en materia de protección y seguridad que les permita realizar su trabajo de conformidad con los requisitos establecidos en [la publicación GSR Part 3]”.

2.50. El párrafo 3.84 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue: “El trabajador que perciba circunstancias que podrían afectar negativamente a la protección y la seguridad dará parte lo antes posible de tales circunstancias al empleador, al titular registrado o al titular de la licencia”. Los empleadores no deberían sancionar a un trabajador que notifique dichas circunstancias ni tomar medidas disciplinarias contra él.

COOPERACIÓN ENTRE LOS EMPLEADORES Y LA ENTIDAD EXPLOTADORA

2.51. En el requisito 23 de la publicación GSR Part 3 [9] se dispone que: “**Los empleadores y los titulares registrados y titulares de licencias cooperarán en la medida necesaria para que todas las partes responsables cumplan los requisitos relativos a la protección y la seguridad**”. En el caso de las actividades de diagráfia, la principal manifestación de tal cooperación es la que liga a la empresa de diagráfia (la entidad explotadora) con el cliente (es decir, el propietario del yacimiento en el que discurren dichas actividades; véanse los párrafos 2.59 a 2.64).

2.52. El párrafo 3.85 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“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 de la licencia responsable de la fuente y el empleador cooperarán en la medida necesaria para que ambas partes cumplan los requisitos de [la publicación GSR Part 3]”.

Sería posible, por ejemplo, que se emprendieran labores de diagrafia en un yacimiento en el que ya hubiera otras fuentes de exposición a radiaciones. En tal circunstancia, convendría implantar las medidas de protección necesarias teniendo en cuenta que el cliente (la entidad explotadora, en lo que al yacimiento se refiere) es responsable de la protección y la seguridad por lo que respecta al peligro radiológico ligado al yacimiento y que la empresa de diagrafia es responsable de la protección y la seguridad por lo que respecta a las fuentes empleadas en las labores de diagrafia.

2.53. El párrafo 3.86 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“La cooperación entre el empleador y el titular registrado o el titular de la licencia incluirá, cuando proceda:

- a) el establecimiento y aplicación de restricciones concretas de la exposición y otros medios de garantizar que las medidas de protección y seguridad ofrecidas a los trabajadores que realizan una tarea que implique o pudiera implicar la presencia de una fuente no sometida al control de su empleador sean por lo menos tan buenas como las brindadas a los empleados del titular registrado o del titular de la licencia;
- b) evaluaciones específicas de las dosis recibidas por los trabajadores según se indica en el apartado a) *supra*;
- c) una atribución precisa, con la documentación correspondiente, de las responsabilidades del empleador y las del titular registrado o el titular de la licencia en materia de protección y seguridad”.

2.54. El párrafo 3.87 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“Según proceda, como parte de la cooperación entre las partes, el titular registrado o el titular de la licencia responsable de la fuente o de la exposición:

- a) obtendrá de los empleadores, comprendidas las personas empleadas por cuenta propia, el anterior historial de exposición ocupacional de los trabajadores (...) y cualquier otra información que se considere necesaria;
- b) facilitará información apropiada al empleador, comprendida toda información disponible pertinente para el cumplimiento de los requisitos de [la publicación GSR Part 3] que solicite el empleador;
- c) proporcionará tanto al trabajador como al empleador los registros de exposición pertinentes”.

TRABAJADORES CON CONTRATO A CORTO PLAZO (TRABAJADORES ITINERANTES)

2.55. Cuando emplee a trabajadores por cuenta propia con contratos de corta duración, la entidad explotadora debería asegurarse de que estos empleados gocen del mismo nivel de protección y seguridad que los trabajadores con contrato fijo. Estos trabajadores a corto plazo (denominados en ocasiones trabajadores itinerantes”) suelen trabajar durante períodos relativamente cortos (por ejemplo, unas pocas semanas) para la entidad explotadora, tras lo cual se marchan para ir a trabajar para otro empleador. Convendría velar por que esta praxis laboral se ajuste a los requisitos reglamentarios.

2.56. Las responsabilidades respectivas de la entidad explotadora y del trabajador itinerante deberían quedar claramente especificadas en las disposiciones contractuales. Antes de que el trabajador itinerante empiece a trabajar para la entidad explotadora, esta debería solicitar copias de los registros de la dosis efectiva anual que haya recibido el trabajador.

2.57. La entidad explotadora y el trabajador itinerante deberían cumplir las respectivas responsabilidades que se les atribuyen en la reglamentación. La entidad explotadora debería aclarar con el trabajador itinerante el reparto de responsabilidades en aspectos como los siguientes:

- a) dosimetría personal y registro de dosis (véase la sección 6);
- b) vigilancia sanitaria (véase la sección 4);

- c) monitorización radiológica del lugar de trabajo (véase la sección 7);
- d) reglas locales (véase la sección 4).

2.58. La entidad explotadora debería comprobar que el trabajador itinerante cuente con las debidas cualificaciones y haya recibido capacitación adecuada, tanto en seguridad radiológica como en el manejo y uso seguros de instrumental de diagrafía que contenga fuentes de radiación. La entidad explotadora debería asegurarse de que al trabajador itinerante se le proporcionen todas las descripciones de procedimientos y demás documentos pertinentes en un idioma que entienda.

CLIENTE

2.59. El cliente es la persona física o jurídica que contrata a la entidad explotadora (esto es, la empresa de diagrafía) para que se encargue de las labores de diagrafía. En general, se trata de la organización o persona responsable del yacimiento o de la instalación en que se va a realizar el pozo o la perforación. El cliente debería contratar siempre a una entidad explotadora que esté autorizada por el órgano regulador con arreglo a los requisitos reglamentarios aplicables a la realización de diagrafías con empleo de fuentes de radiación.

2.60. La entidad explotadora debería insistir en contar con tiempo suficiente para planificar el trabajo y ejecutarlo en condiciones de seguridad y para cumplir la eventual obligación de notificar de antemano el trabajo al órgano regulador.

2.61. La entidad explotadora no debería aceptar condiciones ni limitaciones que dificulten la realización de las labores de diagrafía en condiciones de seguridad. El cliente debería garantizar la coordinación del trabajo de diagrafía con las demás actividades que tengan lugar en el yacimiento con objeto de reducir al mínimo los riesgos para los trabajadores ligados a factores de peligro propios del yacimiento y de reducir también al mínimo la exposición a la radiación de los demás trabajadores presentes en el lugar. Si hubiera más de una entidad explotadora trabajando simultáneamente en el yacimiento del cliente, convendría instituir una coordinación especial. Para facilitar la comunicación y la coordinación entre distintas actividades que discurran en el mismo yacimiento cabe recurrir a un sistema de “permisos de trabajo”.

2.62. El cliente es responsable de garantizar condiciones seguras de trabajo en aquellos lugares a los que pudiera tener que acceder la empresa de diagrafía. El cliente también tiene la responsabilidad de informar a los trabajadores visitantes de las cuestiones de seguridad que sean propias del yacimiento y de proporcionar

a estos trabajadores toda capacitación que se requiera, de conformidad con los requisitos reglamentarios.

2.63. Cuando se vayan a almacenar temporalmente las fuentes radiactivas en el yacimiento del cliente, tanto este como la entidad explotadora deberían cerciorarse de que las instalaciones de almacenamiento sean tecnológica y físicamente seguras y de que el órgano regulador haya expedido todas las autorizaciones necesarias. Los procedimientos que hayan de seguir el cliente y la entidad explotadora para acceder a la instalación de almacenamiento de las fuentes deberían estar claramente definidos y ambas partes deberían atenerse a ellos. (Véase también la sección 8).

2.64. Si se produjera un incidente que afectase al instrumental de diagrafía y pudiese entrañar la exposición de personas a la radiación, el cliente debería cooperar en todo lo necesario con la entidad explotadora para manejar el incidente de conformidad con los requisitos reglamentarios (véase la sección 13).

3. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD

CONSIDERACIONES GENERALES

3.1. En el requisito 13 de la publicación GSR Part 3 [9] se dispone lo siguiente:

“El órgano regulador establecerá y exigirá el cumplimiento de requisitos relativos a la evaluación de la seguridad, y la persona u organización responsable de una instalación o actividad que dé lugar a riesgos radiológicos realizará una evaluación adecuada de la seguridad de esa instalación o actividad”.

Los requisitos relativos a la evaluación de la seguridad figuran en la publicación titulada *Evaluación de la seguridad de las instalaciones y actividades* (Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 4 [Rev.1]) [16].

3.2. Muchas de las fuentes de radiación empleadas en diagrafía pueden dar lugar a tasas de dosis elevadas, por lo que deberían ser objeto de una exhaustiva evaluación de la seguridad. En el caso de fuentes o sondas de un tipo idéntico, podría ser aceptable realizar una evaluación de la seguridad que revistiese carácter general.

3.3. La evaluación inicial de la seguridad, a veces denominada “evaluación radiológica previa”, es la principal herramienta para determinar qué medidas de control convendría adoptar y para comprobar que se tengan en cuenta todos los factores que influyen en la protección y la seguridad. De acuerdo con el requisito 13 de la publicación GSR Part 3 [9], la evaluación de la seguridad debe estar documentada y, según convenga, ser sometida a un examen independiente como parte del sistema de gestión de la entidad explotadora.

3.4. Al solicitar una autorización, los usuarios previstos de fuentes para la realización de diagrafías deberían presentar al órgano regulador una evaluación de la seguridad, que por lo tanto debería estar preparada y documentada antes de que la entidad explotadora reciba cualquier fuente de radiación. Antes de vender o entregar en un Estado fuentes de diagrafía, los suministradores de esas fuentes deberían solicitar la debida autorización conforme a los requisitos reglamentarios del Estado en cuestión.

3.5. La entidad explotadora debería elaborar planes con antelación para asegurarse de que haya tiempo suficiente para establecer y aplicar las medidas de control que se requieran desde el punto de vista de la protección y la seguridad. Cuando se vaya a sustituir una fuente de radiación utilizada empleada en diagrafía por otra fuente de tipo y nivel de actividad idénticos, podría no ser necesario realizar una nueva evaluación de la seguridad, a menos que haya cambios en las modalidades de trabajo.

3.6. Antes de presentar la evaluación de la seguridad al órgano regulador como parte del proceso de autorización, es prescriptivo someterla a verificación independiente (véase el requisito 21 de la publicación GSR Part 4 (Rev. 1) [16]).

3.7. En caso de que realice labores de diagrafía que no hayan sido objeto de una evaluación de la seguridad, la entidad explotadora debería llevar a cabo y documentar una evaluación de la seguridad de carácter retrospectivo. La evaluación retrospectiva debería confirmar que se tienen implantadas todas las medidas de control necesarias. De lo contrario, se deberían determinar y aplicar medidas de control adicionales.

METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD

3.8. En la evaluación de la seguridad deberían tenerse en cuenta los riesgos radiológicos derivados del uso de cada fuente de radiación, así como la

probabilidad y magnitud de toda exposición potencial resultante de un incidente. En la evaluación de la seguridad se deberían considerar los siguientes elementos:

- a) tasas de dosis procedentes de fuentes radiactivas y generadores de neutrones, según corresponda, con y sin blindaje;
- b) exposición de los técnicos de diagrafía, otros trabajadores y miembros del público a resultados de las actividades normales de diagrafía y exposiciones potenciales resultantes de incidentes razonablemente previsibles (p. ej., exposiciones debidas a la pérdida de blindaje o a la contaminación procedente de una fuente radiactiva dañada y de otras situaciones hipotéticas, incluidos sucesos de muy baja probabilidad);
- c) límites y condiciones técnicas para el manejo de la fuente de diagrafía;
- d) fallos u otras circunstancias que puedan darse en las estructuras, sistemas y componentes o en los procedimientos relacionados con la protección y la seguridad y que de algún modo puedan causar una exposición potencial; y consecuencias de tales fallos o exposiciones potenciales;
- e) posible influencia de factores externos en la protección y la seguridad;
- f) posible influencia de errores operativos y de factores humanos en la protección y la seguridad;
- g) evaluación de los efectos en la protección y la seguridad de toda propuesta de modificación, y
- h) eventuales incertidumbres o premisas y sus repercusiones en la protección y la seguridad.

En el anexo II se relacionan los elementos de que consta una evaluación de la seguridad relativa a actividades de diagrafía.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD

3.9. La entidad explotadora debería basarse en la evaluación de la seguridad para adoptar decisiones sobre lo siguiente:

- a) medidas de control técnico necesarias para la seguridad;
- b) controles administrativos necesarios para la seguridad, por ejemplo la elaboración de procedimientos de trabajo seguro (reglas locales) que se apliquen al almacenamiento y manejo de las fuentes, el mantenimiento de un inventario de fuentes, las labores de mantenimiento y revisión o la gestión de fuentes en desuso;
- c) procedimientos para delimitar zonas controladas y zonas supervisadas (véanse las secciones 4 y 11);

- d) toda medida que sea necesaria para la protección del público;
- e) evaluación de la exposición ocupacional (radiación gamma o neutrónica, según corresponda) (véase la sección 6);
- f) programa de capacitación de los técnicos de diagrafia y otros trabajadores (véase la sección 5);
- g) programa de preparación y respuesta para casos de emergencia destinado a gestionar eficazmente todo suceso razonablemente previsible (incluidos sucesos de muy baja probabilidad), que debería incluir información sobre: incidentes razonablemente previsibles, medidas necesarias para reducir al mínimo la probabilidad de que esos incidentes se produzcan y disposiciones de emergencia necesarias (lo que incluye planes, procedimientos y equipo de emergencia) (véase la sección 13), y
- h) seguridad física de las fuentes de radiación utilizadas en diagrafia, con objeto de desalentar, demorar y detectar todo robo de fuentes y de responder a él (véase la sección 9).

EXÁMENES DE LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD

3.10. La evaluación de la seguridad debería ser examinada una vez al año y, además, siempre que se dé alguna de las siguientes circunstancias:

- a) cuando la seguridad pueda verse comprometida o afectada a resultas de modificaciones introducidas en instalaciones o actividades;
- b) cuando se prevea adquirir una nueva fuente de radiación o una fuente con características diferentes;
- c) cuando de la experiencia operacional o del análisis de incidentes, fallos o errores se desprenda que las medidas de seguridad vigentes no son válidas o totalmente eficaces, y
- d) cuando se hayan introducido o haya previsión de introducir cambios significativos en normas, reglamentos u orientaciones que hagan al caso.

La entidad explotadora debería asegurarse de que en la evaluación de la seguridad se hayan tenido en cuenta las prácticas de trabajo vigentes y de que no se haya pasado por alto ningún cambio.

REGISTRO DE LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD

3.11. La evaluación de la seguridad debería quedar documentada y ser objeto de examen independiente como parte del sistema de gestión de la entidad explotadora.

Toda revisión o modificación de la evaluación de la seguridad debería ser auditada por el órgano regulador.

OPTIMIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN Y LA SEGURIDAD

3.12. En la evaluación de la seguridad debería tenerse en cuenta el imperativo de mantener en niveles tan bajos como sea razonablemente posible, tomando en consideración los factores económicos y sociales, la magnitud de las dosis individuales, el número de personas expuestas y la probabilidad de que se dé una exposición potencial. Toda interacción entre estos diversos factores debería ser tenida en cuenta. Cuando el siguiente paso para reducir el detrimento suponga necesariamente el uso de recursos desproporcionados en relación con la reducción del detrimento que pueda aportar, quizá no convenga dar ese paso, siempre y cuando las personas hayan quedado debidamente protegidas. Cabrá decir entonces que se han optimizado la protección y la seguridad y que el nivel de exposición es tan bajo como resulta razonablemente posible, habiendo tomado en consideración los factores económicos y sociales. Cuando se esté examinando una práctica vigente se debería aplicar también este procedimiento [17].

3.13. Una vez optimizadas la protección y la seguridad, cabe presumir que los niveles de exposición ocupacional y de exposición del público a resultados de actividades de diagrafia serán bajos, gracias a la combinación de controles técnicos (p. ej., blindaje incorporado en los contenedores del instrumental) y controles administrativos (p. ej., capacitación, designación de zonas, procedimientos de manipulación de fuentes o monitorización).

4. PROGRAMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

OBJETIVOS Y ALCANCE

4.1. En el requisito 24 de la publicación GSR Part 3 [9] se dispone lo siguiente:

“Los empleadores, los titulares registrados y los titulares de licencias establecerán y mantendrán disposiciones organizativas, de procedimiento y técnicas en relación con la designación de zonas controladas y zonas supervisadas, las reglas locales y la monitorización radiológica del

lugar de trabajo, en un programa de protección radiológica relativo a la exposición ocupacional”.

4.2. El párrafo 3.93 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“Los empleadores, los titulares registrados y los titulares de licencias reducirán al mínimo la necesidad de depender de controles administrativos y de equipo de protección personal para la protección y la seguridad proporcionando controles técnicos adecuados y condiciones de trabajo satisfactorias, de acuerdo con la siguiente jerarquía de medidas preventivas:

- 1) controles técnicos;
- 2) controles administrativos;
- 3) equipo de protección personal”.

4.3. El programa de protección radiológica, que es un factor clave en la instauración y el mantenimiento de la cultura de la seguridad dentro de una organización [18], debería englobar la estructura de gestión, las políticas, las responsabilidades, los procedimientos y las disposiciones organizativas de la entidad explotadora, elementos todos ellos que esta entidad debería tener implantados para controlar los factores de peligro radiológico y optimizar la protección y la seguridad. En la publicación titulada *Protección radiológica ocupacional (Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSG-7)* [19] se ofrecen recomendaciones detalladas para establecer y mantener un programa de protección radiológica de los trabajadores.

4.4. El programa de protección radiológica debería estar adaptado a las necesidades de la entidad explotadora y dimensionado en función de ellas y tener en cuenta la complejidad y los posibles peligros de las instalaciones y actividades de realización de diagrafías con fuentes de radiación. El programa, que debería estar basado en la evaluación de la seguridad de la entidad explotadora (véase la sección 3), debería tener en cuenta tanto situaciones de exposición planificada como, cuando proceda, situaciones de exposición de emergencia (véase la sección 13).

4.5. La entidad explotadora debería tener en cuenta toda medida adicional de seguridad industrial que se requiera para conjurar otros factores de peligro en el lugar de trabajo, como podrían ser los siguientes:

- a) peligros químicos;
- b) incendios y explosiones;

- c) ruido y vibraciones;
- d) peligros mecánicos (p. ej., equipos de elevación, grúas aéreas);
- e) peligros relacionados con las vasijas de presión, y
- f) otras fuentes de radiación (p. ej., en el emplazamiento de instalaciones nucleares o en el caso de fuentes utilizadas en radiografía industrial).

ESTRUCTURA Y CONTENIDO

4.6. El programa de protección radiológica debería cubrir los principales elementos que contribuyen a la protección y la seguridad. Convendría consignar por escrito, con suficiente nivel de detalle, la estructura y el contenido de este programa, en el cual se deberían tratar los siguientes elementos esenciales:

- a) estructura de gestión y políticas relacionadas con la protección y la seguridad;
- b) atribución de responsabilidades individuales en materia de protección y seguridad;
- c) programa de enseñanza y capacitación sobre la naturaleza de los peligros radiológicos asociados a las labores de radiografía y sobre las medidas de protección y seguridad necesarias;
- d) reglas locales y disposiciones de supervisión del trabajo;
- e) designación de zonas controladas y zonas supervisadas, según corresponda;
- f) seguridad tecnológica y seguridad física de las fuentes radiactivas, lo que incluye la gestión de fuentes en desuso;
- g) preparación y respuesta para casos de emergencia;
- h) disposiciones para evaluar la exposición ocupacional y monitorizar el lugar de trabajo, lo que incluye la adquisición, el ensayo y el mantenimiento de instrumentos de monitorización del lugar de trabajo;
- i) programa de vigilancia de la salud de los trabajadores;
- j) sistema destinado a consignar y transmitir información sobre el control de exposiciones, las decisiones tocantes a medidas de seguridad y protección radiológica ocupacional y los resultados de la monitorización radiológica individual y del lugar de trabajo;
- k) métodos para examinar y auditar periódicamente el funcionamiento del programa de protección radiológica, y
- l) requisitos de garantía de la calidad y procedimientos de mejora de procesos.

4.7. Estos elementos de un programa de protección radiológica, descritos con mayor detalle en las siguientes secciones, pueden ser integrados en un único documento o declinados en una serie de documentos, dependiendo de la envergadura y complejidad de las actividades. El programa de protección

radiológica debería estar a disposición de los trabajadores, ya fuera en versión íntegra o resumida.

ESTRUCTURA DE GESTIÓN Y POLÍTICAS

4.8. El programa de protección radiológica debería incluir una descripción de aquellos aspectos de la estructura de gestión que guarden relación con la protección y la seguridad. Esta estructura podría ser representada en forma de organigrama, en el cual habría que mostrar claramente la organización jerárquica—desde los trabajadores hasta los altos cargos con responsabilidades generales—e indicar el nombre y las señas de contacto de las personas con responsabilidades específicas en materia de protección y seguridad (por ejemplo, el oficial de protección radiológica; véase la sección 2). Si la entidad explotadora actúa en más de un lugar, en la estructura de gestión se deberían indicar claramente la estructura jerárquica y las personas responsables en cada lugar.

4.9. El programa de protección radiológica debería incluir las políticas de la entidad en materia de seguridad radiológica e integrar el compromiso de la dirección de mantener las dosis de radiación tan bajas como sea razonablemente posible y de fomentar una cultura positiva de la seguridad.

PROGRAMA DE ENSEÑANZA Y CAPACITACIÓN

4.10. El programa de protección radiológica debería especificar el alcance del programa de capacitación en protección y seguridad dirigido a cuantos trabajadores participen directamente en actividades de diagrafía o en actuaciones conexas de respuesta a emergencias. Asimismo, cuando proceda, debería incluir un programa de “conocimiento de la radiación” dirigido a otros miembros del personal, como directivos, personal en prácticas, trabajadores sin relación directa con las labores de diagrafía (personal de limpieza y de mantenimiento, por ejemplo) o contratistas. En el programa de protección radiológica también deberían especificarse las cualificaciones académicas y profesionales mínimas del personal correspondiente, en especial del oficial de protección radiológica y del personal de diagrafía, de conformidad con los requisitos reglamentarios. En la sección 5 se presenta información más detallada sobre la capacitación y cualificación del personal.

4.11. La entidad explotadora debería llevar un registro de capacitación adecuado y acorde con los requisitos reglamentarios. Las disposiciones

relativas al mantenimiento de tal registro deberían constar en el programa de protección radiológica.

REGLAS LOCALES Y SUPERVISIÓN

4.12. El párrafo 3.94 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“Los empleadores, los titulares registrados y los titulares de licencias, en consulta con los trabajadores, o por medio de sus representantes según convenga:

- a) establecerán por escrito las reglas y los procedimientos locales que sean necesarios para la protección y la seguridad de los trabajadores y demás personas;
- b) indicarán en las reglas y los procedimientos locales todo nivel de investigación o nivel autorizado pertinente, y los procedimientos que se deberán seguir en caso de que se rebase cualquiera de esos niveles;
- c) pondrán las reglas y los procedimientos locales, así como las medidas de protección y seguridad, en conocimiento de los trabajadores a los que sean aplicables y de las demás personas a las que puedan afectar;
- d) velarán por que toda actividad en que los trabajadores estén o pudieran estar sometidos a exposición ocupacional sea supervisada adecuadamente y adoptarán todas las medidas razonables para asegurar la observancia de las reglas, los procedimientos y las medidas de protección y seguridad;
- e) designarán, según proceda, un oficial de protección radiológica de conformidad con los criterios establecidos por el órgano regulador”.

4.13. Las reglas locales en las que se describen los procedimientos para realizar diagrafías deberían estar escritas en un idioma que entiendan los trabajadores que hayan de cumplirlas. Esas reglas deberían cubrir todos los procedimientos relacionados con el trabajo de diagrafía en los que pueda haber exposición radiológica, como operaciones de rutina, carga y descarga de fuentes, transporte de fuentes radiactivas o respuesta a una emergencia (véanse las secciones 10 a 13). Las reglas locales son un importante instrumento para limitar la exposición radiológica y deberían ofrecer información suficiente para que el personal de diagrafía y demás trabajadores puedan desempeñar sus funciones en condiciones de seguridad y con arreglo a lo establecido en los requisitos reglamentarios.

4.14. Convendría proporcionar una copia de las reglas locales a los trabajadores que intervengan en las labores de diagrafía y demás personas que deban conocerlas y también, según convenga, exponer copias adicionales en la zona de trabajo. El personal directivo debería asegurarse de que todas las personas que deban conocer las reglas locales las hayan leído y comprendido.

4.15. En el caso de entidades que manejen un pequeño surtido de fuentes de diagrafía, podría ser conveniente que dispusieran de un solo conjunto de reglas locales que se aplicasen a todos los procedimientos. En el caso de entidades de mayor tamaño, tal vez convendría que dispusieran de varios reglamentos, cada uno con reglas locales que detallasen específicamente determinados procedimientos, como los de montaje y calibración del instrumental de diagrafía, los de realización de diagrafías en un yacimiento o los de carga y descarga de las fuentes empleadas en esta labor. Podría ser también que algunos clientes solicitaran la elaboración de reglas locales referidas específicamente a la labor de diagrafía en sus instalaciones.

4.16. La entidad explotadora, que está obligada a designar a un oficial de protección radiológica (véanse los párrafos 2.39 a 2.42), puede nombrar a más de un empleado como oficial de protección radiológica para que entre todos supervisen la aplicación cotidiana de las reglas locales y cumplan otras funciones que el programa pueda requerir.

4.17. En el anexo V se propone una posible estructura de las reglas locales de diagrafía.

COMITÉ DE SEGURIDAD RADIOLÓGICA

4.18. En empresas de diagrafía de gran tamaño (de unos 100 empleados o más) que cuenten con un número considerable de sondas y aplicaciones de diagrafía, convendría crear un comité de seguridad radiológica encargado de examinar periódicamente la aplicación del programa de protección radiológica. Este comité podría ocuparse solo de la seguridad radiológica o asumir también otras responsabilidades (convencionales) en materia de seguridad. El oficial de protección radiológica, el responsable de las perforaciones, el responsable técnico de salud, seguridad y medio ambiente y los técnicos de diagrafía, según corresponda, deberían formar parte del comité de seguridad radiológica, que también podría integrar a un responsable de seguridad física, pues puede haber emergencias que se deban a la pérdida o el robo de una fuente. El comité debería integrar también al (los) directivo(s) responsable(s) de la seguridad radiológica y a representantes de los trabajadores.

4.19. El comité de seguridad radiológica tiene por principal cometido examinar y evaluar la aplicación y la eficacia del programa de protección radiológica. Debería asumir, en particular, las siguientes responsabilidades:

- a) examinar periódicamente el programa de protección radiológica;
- b) examinar las dosis de radiación ocupacional, los resultados del programa de monitorización del lugar de trabajo y los eventuales informes sobre incidentes que prepare el oficial de protección radiológica;
- c) examinar los resultados de las auditorías del funcionamiento del programa de protección radiológica;
- d) formular recomendaciones dirigidas al personal directivo superior para mejorar el programa de protección radiológica;
- e) dar indicaciones y orientaciones sobre el cumplimiento de las funciones que incumben al oficial de protección radiológica;
- f) supervisar la investigación de todo incidente que hubiese podido ocasionar una exposición radiológica no planificada, y
- g) preparar informes sobre cuestiones relacionadas con la seguridad radiológica para distribuirlos entre el personal directivo y los trabajadores, según convenga.

DESIGNACIÓN DE ZONAS CONTROLADAS Y ZONAS SUPERVISADAS

4.20. El párrafo 3.88 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue (se omite la nota al pie):

“Los titulares registrados y los titulares de licencias designarán como zona controlada toda zona en la que se requieran o pudieran requerirse medidas de protección y seguridad específicas para:

- a) controlar las exposiciones o impedir la dispersión de la contaminación en condiciones de funcionamiento normal;
- b) prevenir o limitar la probabilidad y la magnitud de las exposiciones en casos de incidentes operacionales previstos y en condiciones de accidente”.

4.21. El párrafo 3.89 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“Al definir los límites de toda zona controlada, los titulares registrados y los titulares de licencias tendrán en cuenta la magnitud de las exposiciones

previstas en condiciones de funcionamiento normal, la probabilidad y magnitud de las exposiciones en casos de incidentes operacionales previstos y en condiciones de accidente, y el tipo y alcance de los procedimientos necesarios para la protección y la seguridad”.

4.22. El párrafo 3.90 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“Los titulares registrados y los titulares de licencias:

- a) delimitarán 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 solo intermitentemente, o se traslade de un lugar a otro, delimitarán una zona controlada adecuada por medios apropiados en las circunstancias existentes y especificarán los tiempos de exposición;
- c) colocarán el símbolo recomendado por la Organización Internacional de Normalización [véase la ref. 20] así como instrucciones en los puntos de acceso a las zonas controladas y en lugares apropiados dentro de esas zonas;
- d) establecerán medidas de protección y seguridad, comprendidas, según proceda, medidas físicas para controlar la dispersión de la contaminación y reglas y procedimientos locales para las zonas controladas;
- e) restringirán 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 proporcional a la probabilidad y magnitud de las exposiciones;

.....

- h) examinarán periódicamente las condiciones para evaluar si es necesario modificar las medidas de protección y seguridad o los límites de las zonas controladas;
- i) proporcionarán información, instrucción y capacitación apropiadas a las personas que trabajen en las zonas controladas”.

4.23. El párrafo 3.91 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“Los titulares registrados y los titulares de licencias designarán como zona supervisada toda zona que no haya sido ya designada como zona controlada,

pero en la que sea preciso mantener en examen las condiciones de exposición ocupacional, aunque normalmente no sean necesarias medidas de protección y seguridad específicas”.

4.24. En el programa de protección radiológica se debería describir el procedimiento para designar zonas controladas y zonas supervisadas. El programa debería recoger también las medidas destinadas a delimitar las zonas designadas y restringir el acceso a ellas, así como el uso de señales de advertencia y el programa de monitorización radiológica aplicable a estas zonas.

4.25. Las zonas controladas deberían servir para limitar la exposición al realizar labores de diagrafía, en especial cuando las fuentes radiactivas no estén blindadas, por ejemplo al trasladar el instrumental de diagrafía hasta o desde el sondeo, durante la carga y descarga de las fuentes radiactivas en las sondas o durante las operaciones de calibración del instrumental.

4.26. La designación de zonas controladas y zonas supervisadas debería estar basada en la evaluación de la seguridad (véase la sección 3) y en las tasas de dosis medidas en el lugar de trabajo. Dentro de una zona de operaciones puede haber tasas de dosis elevadas mientras hay en ella labores de diagrafía en curso, por lo que convendría designar esa zona como zona controlada, normalmente de forma temporal (esto es, mientras duren dichas labores). El planteamiento específico que se adopte dependerá de los requisitos y reglamentos nacionales o locales. En la sección 11 se ofrecen más recomendaciones sobre la designación de una zona controlada mientras se realizan labores de diagrafía en un yacimiento.

4.27. El trabajo de diagrafía debería estar organizado de tal manera que no sea preciso designar una zona controlada fuera de la zona de operaciones. Según la tasa de dosis que haya fuera de la zona de operaciones, cabría la posibilidad de designar la zona circundante como zona supervisada.

PROGRAMA DE MONITORIZACIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO

4.28. En el programa de protección radiológica deberían venir descritas las disposiciones establecidas por la entidad explotadora para seleccionar, calibrar, mantener, ensayar y utilizar el equipo de monitorización del lugar de trabajo que sirve para medir las tasas de dosis durante las actividades de diagrafía. En el programa de protección radiológica deberían especificarse también los lugares donde habría que realizar mediciones de la tasa de dosis, ya sea en torno a instalaciones fijas (como las de almacenamiento de fuentes), durante las

operaciones de calibración o mientras se esté trabajando en el yacimiento, así como la frecuencia de esas mediciones.

4.29. En el programa de protección radiológica se deberían describir las disposiciones establecidas para registrar los resultados de la monitorización y especificar por cuánto tiempo debería conservarse ese registro. En la publicación GSG-7 [19] se ofrecen recomendaciones detalladas sobre los períodos de conservación de los registros. También convendría especificar en el programa de protección radiológica el número y tipo de instrumentos adecuados de monitorización del lugar de trabajo que han de estar a disposición de los trabajadores.

4.30. En el programa de protección radiológica deberían constar los niveles de investigación de la tasa de dosis, conforme a lo recomendado en la publicación GSG-7 [19], niveles que deberían corresponder a la máxima tasa de dosis que resulta aceptable cuando se realizan determinadas actividades y/o cuando se opera en determinados lugares, por ejemplo en las barreras de la zona controlada mientras se trabaje en el yacimiento o el puesto del operador. Estos niveles de investigación de la tasa de dosis deberían estar en consonancia con los criterios y requisitos reglamentarios.

DISPOSICIONES DE MONITORIZACIÓN INDIVIDUAL

4.31. En el programa de protección radiológica deberían especificarse el (los) dosímetro(s) personal(es) que se utilizará(n) para registrar las dosis procedentes de fuentes de neutrones o de radiación gamma, según corresponda, que hayan recibido los trabajadores que efectúen labores de diagrafía. En el programa se debería especificar también cuándo, en qué posición y por cuánto tiempo hay que llevar dosímetro y cuáles son las disposiciones aplicables para almacenar debidamente los dosímetros cuando no estén en uso, hacer las lecturas y llevar un registro de las dosis. En el programa de protección radiológica convendría especificar que el proveedor de servicios de dosimetría debería estar debidamente autorizado o acreditado. Asimismo, convendría dar indicaciones al oficial de protección radiológica sobre el examen periódico de los registros de dosis para detectar aquellas dosis que sean superiores a lo habitual y para determinar si las dosis son tan bajas como sea razonablemente posible lograr.

PROGRAMA DE VIGILANCIA DE LA SALUD

4.32. En el programa de protección radiológica se debería detallar el procedimiento de vigilancia periódica de la salud del personal de diagrafia, de conformidad con el requisito 25 de la publicación GSR Part 3 [9] y con los requisitos reglamentarios. El programa de vigilancia de la salud tiene por finalidad determinar desde el principio si los trabajadores son aptos para realizar las tareas que les corresponden y si lo siguen siendo en todo momento. A la hora de establecer el programa de vigilancia de la salud, que debería estar en consonancia con los requisitos reglamentarios, convendría consultar a un experto cualificado y/o un médico del trabajo debidamente cualificado (véase la publicación GSG-7 [19]).

4.33. Los reconocimientos médicos de los trabajadores sometidos a exposición ocupacional deberían ajustarse a los principios generales de la medicina del trabajo y estar a cargo de un médico del trabajo. Todo trabajador que esté cubierto por el programa de vigilancia de la salud debería pasar por un reconocimiento médico antes de comenzar a trabajar con radiación y, a partir de ese momento, a intervalos regulares, de conformidad con los requisitos reglamentarios.

4.34. El primer reconocimiento médico debería servir para evaluar el estado de salud de los trabajadores, así como su aptitud para realizar las tareas que les correspondan, y para determinar si alguno de ellos tiene un problema de salud que pueda requerir la adopción de precauciones particulares durante el trabajo.

4.35. Los reconocimientos médicos periódicos deberían apuntar básicamente a comprobar que, en el curso del trabajo en zonas donde haya factores de riesgo sanitario ocupacional, como los peligros ligados a la presencia de radiación, no haya aparecido ningún cuadro clínico que pueda deteriorar el estado de salud del trabajador [19]. La frecuencia y naturaleza de los reconocimientos médicos periódicos deberían depender del tipo de tarea que el trabajador realice, de su edad y estado de salud y, posiblemente, de sus hábitos (como pueda ser el tabaquismo), así como de otras consideraciones que pudieran venir indicadas en los reglamentos. La frecuencia de los reconocimientos médicos periódicos debería depender del estado de salud del trabajador y del tipo de trabajo, pero generalmente será anual.

4.36. Las historias clínicas vinculadas al programa de vigilancia de la salud deberían revestir carácter confidencial y ser conservadas con un sistema aprobado por el órgano regulador y durante, como mínimo, toda la vida del trabajador interesado.

4.37. La vigilancia de la salud también puede proporcionar información de referencia que puede ser utilizada en caso de exposición accidental a

determinado agente peligroso o en caso de enfermedad ocupacional y procurar a los trabajadores asesoramiento sobre los riesgos radiológicos a los que estén, o puedan estar, expuestos.

AUDITORÍAS Y EXÁMENES PERIÓDICOS DEL FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

4.38. Como parte integrante del sistema de gestión de la entidad explotadora, convendría someter anualmente a examen el programa de protección radiológica y su aplicación, con objeto de detectar eventuales problemas de funcionamiento y formular recomendaciones para que el programa gane en eficacia.

4.39. Una parte fundamental de este proceso de examen periódico reside en una serie de auditorías del lugar de trabajo. La entidad explotadora debería especificar la designación y las cualificaciones de las personas que realizarán tales auditorías, la frecuencia con que estas se llevarán a cabo, los objetivos del equipo de auditoría y los procedimientos para comunicar y los resultados y darles seguimiento.

SISTEMA DE GESTIÓN Y MEJORA DE PROCESOS

4.40. Las labores de diagrafía y demás actividades conexas deberían discurrir con arreglo al sistema de gestión establecido. Este sistema debería incluir un programa de garantía de la calidad que asegurase que todo el equipo y todos los sistemas de seguridad sean revisados y ensayados periódicamente y que todo fallo o deficiencia que se detecte sea puesto rápidamente en conocimiento de la dirección y subsanado sin tardanza.

4.41. La dirección debería asegurarse de que se sigan los procedimientos operacionales correctos y de que en el sistema de gestión estén especificadas las correspondientes comprobaciones y auditorías que haya que realizar, así como los registros que haya que conservar. También se deberían tener en cuenta los requisitos reglamentarios aplicables, que deberían estar integrados en el sistema de gestión.

4.42. El sistema de gestión debería incluir un mecanismo destinado a reunir información sobre incidentes (ya se hayan registrado estos en la propia entidad o en otras organizaciones) y sobre las enseñanzas extraídas de ellos y a determinar, a partir de ahí, la manera de reforzar la seguridad.

4.43. El propio sistema de gestión debería ser examinado y actualizado siempre que sea necesario atendiendo a indicadores de funcionamiento previamente determinados.

5. CAPACITACIÓN Y CUALIFICACIÓN

CONSIDERACIONES GENERALES

5.1. La entidad explotadora es responsable de garantizar que las actividades de diagrafía con fuentes de radiación discurran de forma segura y de conformidad con todos los reglamentos y normas de seguridad pertinentes. La entidad explotadora debería, pues, velar por que esas labores estén a cargo únicamente de técnicos de diagrafía y otros trabajadores que estén cualificados y/o acreditados para ello, dispongan de capacitación en la materia y dominen la tecnología de diagrafía y las cuestiones de protección y seguridad.

5.2. Los programas de capacitación y cualificación del personal de diagrafía diferirán de una empresa a otra. Si en el programa de capacitación se imparten solo conocimientos someros en materia de seguridad radiológica, la entidad explotadora debería organizar una capacitación adicional adecuada sobre protección y seguridad y sobre el cumplimiento de los requisitos reglamentarios. Es preferible que esta capacitación adicional sea impartida por organismos de capacitación especializados, y no por la entidad explotadora. Hay diversos proveedores de capacitación que pueden impartir cursos de capacitación en protección y seguridad, como escuelas de formación profesional, universidades, instituciones de protección radiológica o consultores de capacitación [21].

CONCEPCIÓN DE UN PROGRAMA DE CAPACITACIÓN

5.3. El personal de diagrafía debería ser clasificado en distintos niveles de competencia en función de su capacitación y experiencia. A efectos de capacitación, cabe dividir el personal en dos niveles:

- Nivel 1 - Personal que trabaja en zonas supervisadas.
- Nivel 2 - Personal que manipula fuentes de radiación (incluido el que participe en operaciones de transporte, calibración y montaje de equipo de diagrafía provisto de fuentes radiactivas) y/o trabaja en zonas controladas.

5.4. Deberían establecerse programas de capacitación correspondientes a los distintos niveles de competencia y adaptados a las responsabilidades del trabajador. En el programa de capacitación deberían fijarse los criterios para aprobar exámenes escritos y prácticos, así como los procedimientos que se hayan de seguir cuando un aspirante suspenda un examen. Los detalles del programa de capacitación deberían constar en el programa de protección radiológica.

ESTRUCTURA Y CONTENIDO DE LOS CURSOS DE CAPACITACIÓN

5.5. Cada curso de capacitación debería estar estructurado en torno a metas y objetivos específicos y adaptado a las necesidades del colectivo destinatario [21].

5.6. En el cuadro 1 se presentan en síntesis los aspectos esenciales de la capacitación básica en seguridad radiológica para personal de diagrafía de nivel 2.

5.7. La capacitación debería incluir ejercicios prácticos, en relación por ejemplo con los procedimientos para recuperar una herramienta atascada o desprendida que contenga una fuente radiactiva. En estas actividades de capacitación no deberían utilizarse fuentes radiactivas reales; existen dispositivos concebidos con fines didácticos que simulan las fuentes radiactivas y el correspondiente equipo de monitorización del lugar de trabajo. También cabe la posibilidad de emplear sondas descargadas (esto es, vacías) o fuentes “simuladas”, no radiactivas.

5.8. En la sección 13 se ofrecen recomendaciones sobre capacitación y ejercicios de preparación para emergencias.

5.9. Las cuestiones de seguridad física que plantea el uso de fuentes radiactivas en diagrafía deberían formar parte integrante de la capacitación.

CURSOS DE REPASO

5.10. La entidad explotadora debería establecer un programa de cursos de repaso dirigidos al personal de diagrafía para que este mantenga al día sus conocimientos y aptitudes. En esa capacitación convendría repasar los fundamentos de la protección y la seguridad e informar de todo cambio que pueda haberse producido en las normas de seguridad, el equipo, las políticas, los procedimientos o los requisitos reglamentarios.

CUADRO 1. RESUMEN DE LOS ASPECTOS ESENCIALES DE LA CAPACITACIÓN BÁSICA EN SEGURIDAD RADIOLÓGICA PARA PERSONAL DE DIAGRAFÍA DE NIVEL 2

Conceptos y parámetros fundamentales	<p>Conceptos básicos sobre radiación ionizante</p> <p>Cantidades y unidades de radiación</p> <p>Instrumentos de detección de radiación ionizante</p> <p>Efectos biológicos de la radiación ionizante</p>
Principios de protección radiológica	<p>El sistema de protección radiológica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - justificación de las prácticas - optimización de la protección y la seguridad - limitación de dosis
Praxis de la protección radiológica	<p>Requisitos reglamentarios</p> <p>Designación de zonas controladas y zonas supervisadas</p> <p>Niveles de investigación de la dosis en los trabajadores y niveles de investigación de la tasa de dosis en lugares específicos</p> <p>Evaluación y control de los factores de peligro</p> <p>Niveles de radiación generados por las fuentes radiactivas</p> <p>Efectos del tiempo, la distancia y el blindaje</p> <p>Monitorización radiológica del lugar de trabajo</p> <p>Monitorización radiológica individual y vigilancia de la salud</p> <p>Prácticas laborales para limitar las dosis y mantenerlas tan bajas como sea razonablemente posible</p> <p>Almacenamiento de fuentes radiactivas</p> <p>Correcto manejo y mantenimiento del equipo de diagrafia</p> <p>Programa de protección radiológica</p> <p>Reglas locales</p> <p>Gestión de la protección radiológica</p> <p>Transporte de fuentes radiactivas</p> <p>Clausura de instalaciones y disposición final de fuentes radiactivas</p> <p>Consideraciones relativas al fin de vida de las fuentes tras la desintegración radiactiva</p> <p>Accidentes y otros incidentes relacionados con fuentes empleadas en diagrafia, sus consecuencias y enseñanzas extraídas</p> <p>Seguridad física del material radiactivo</p> <p>Preparación y respuesta para casos de emergencia</p>

5.11. La frecuencia de los cursos de repaso debería ser coherente con los requisitos reglamentarios. Cabría la posibilidad de combinar la capacitación de repaso en protección y seguridad con otros cursos de repaso sobre técnicas de diagrafia.

Generalmente se imparte capacitación de repaso con una periodicidad de entre tres y cinco años. Aun así, convendría dar a conocer cuanto antes, en forma de instrucciones por escrito, todo cambio que se produzca en los reglamentos o todo problema de seguridad que surja, para posteriormente incluir la cuestión en el temario de la siguiente capacitación de repaso que esté programada.

EVALUACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LA CAPACITACIÓN

5.12. El personal de diagrafía de nivel 2 debería pasar exámenes escritos y recibir capacitación práctica sobre la manipulación de fuentes de radiación en operaciones de diagrafía. Por lo que respecta al personal de nivel 1, basta un certificado interno de competencias expedido por la empresa de diagrafía.

6. MONITORIZACIÓN INDIVIDUAL DE LOS TRABAJADORES

CONSIDERACIONES GENERALES

6.1. El párrafo 3.99 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“Los empleadores, así como los trabajadores por cuenta propia, y los titulares registrados y titulares de licencias serán responsables de adoptar las disposiciones necesarias para evaluar la exposición ocupacional de los trabajadores, basándose en la monitorización individual, cuando proceda, y asegurarán que se adopten disposiciones con proveedores de servicios de dosimetría autorizados o aprobados que trabajen en el marco de un sistema de gestión de calidad”.

6.2. El párrafo 3.100 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue (se omite la nota al pie):

“En el caso de cualquier trabajador que normalmente trabaje en una zona controlada, o que trabaje ocasionalmente en una zona controlada y que pueda recibir una dosis importante debida a la exposición ocupacional, se procederá a la monitorización individual siempre que sea apropiado, adecuado y viable. En los casos en que la monitorización individual del trabajador no sea apropiada, adecuada o viable, la exposición ocupacional

se evaluará sobre la base de los resultados de la monitorización radiológica del lugar de trabajo y la información sobre los lugares y la duración de la exposición del trabajador”.

6.3. Los resultados de la monitorización radiológica del lugar de trabajo pueden servir para calcular indirectamente la dosis de radiación recibida por los trabajadores, procedimiento que a menudo será conveniente seguir en el caso de trabajadores que no intervengan directamente en el trabajo de diagrafia con fuentes de radiación. Por lo que respecta a las labores ligadas al montaje, la calibración o el uso de sondas provistas de fuentes de radiación, normalmente convendrá que los trabajadores lleven dosímetros personales para poder determinar directamente la dosis individual recibida por exposición ocupacional.

LÍMITES DE DOSIS PARA LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OCUPACIONAL

6.4. El párrafo 3.26 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue: “El gobierno o el órgano regulador establecerá y el órgano regulador hará cumplir los límites de dosis especificados en el apéndice III [de la publicación GSR Part 3] en relación con las exposiciones ocupacionales y las exposiciones del público en situaciones de exposición planificadas”.

6.5. El párrafo 3.27 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“El gobierno o el órgano regulador determinarán las restricciones adicionales, de haberlas, que los titulares registrados y los titulares de licencias deben cumplir para asegurar que no se sobrepasen los límites de dosis especificados en el apéndice III [de la publicación GSR Part 3] a causa de posibles combinaciones de dosis recibidas de exposiciones debidas a distintas prácticas autorizadas”.

6.6. El párrafo 3.28 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue (se omite la nota al pie):

“Los titulares registrados y los titulares de licencias velarán por que las exposiciones de personas debidas a las prácticas para las cuales los titulares registrados y los titulares de licencias están autorizados se limiten de manera que ni la dosis efectiva ni la dosis equivalente a los tejidos o los órganos sea superior a ningún límite de dosis pertinente especificado en el apéndice III [de la publicación GSR Part 3]”.

6.7. El párrafo III.1 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“Para la exposición ocupacional de trabajadores mayores de 18 años, los límites de dosis son:

- a) una dosis efectiva de 20 mSv anuales promediada durante cinco años consecutivos⁶⁶ (100 mSv en 5 años) y de 50 mSv en un año cualquiera;
- b) una dosis equivalente en el cristalino de 20 mSv anuales promediada durante cinco años consecutivos (100 mSv en 5 años) y de 50 mSv en un año cualquiera;
- c) una dosis equivalente en las extremidades (manos y pies) o en la piel⁶⁷ de 500 mSv en un año.

Se aplican restricciones adicionales en caso de exposición ocupacional de una trabajadora que haya comunicado su estado de gestación o lactancia” (véase la sección 6 de la publicación GSG-7[19]).

⁶⁶“El inicio del período de cálculo del promedio coincidirá con el primer día del período anual pertinente después de la fecha de entrada en vigor de [la publicación GSR Part 3], y no se realizará ningún cálculo retrospectivo del promedio.

⁶⁷Los límites de dosis equivalentes para la piel se aplican a la dosis promedio sobre 1 cm² de la zona de la piel más altamente irradiada. La dosis en la piel también contribuye a la dosis efectiva, siendo esta contribución la dosis media en toda la piel multiplicada por el factor de ponderación del tejido correspondiente a la piel”.

6.8. El párrafo III.2 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“Para la exposición ocupacional de aprendices de 16 a 18 años que están recibiendo capacitación para empleos relacionados con las radiaciones, y para la exposición de estudiantes de 16 a 18 años que utilizan fuentes durante sus estudios, los límites de dosis son:

- a) una dosis efectiva de 6 mSv en un año;
- b) una dosis equivalente en el cristalino de 20 mSv en un año;
- c) una dosis equivalente en las extremidades (manos y pies) o en la piel⁶⁷ de 150 mSv en un año”.

⁶⁷Los límites de dosis equivalentes para la piel se aplican a la dosis promedio sobre 1 cm² de la zona de la piel más altamente irradiada. La dosis en la piel también contribuye a la

dosis efectiva, siendo esta contribución la dosis media en toda la piel multiplicada por el factor de ponderación del tejido correspondiente a la piel”.

6.9. Los trabajadores con contrato de corta duración están sujetos a los mismos límites de dosis que los trabajadores con contrato fijo.

EVALUACIÓN DE LA DOSIS INDIVIDUAL CON DOSÍMETRO PASIVO

6.10. La entidad explotadora debería asegurarse de que periódicamente se evalúen las dosis de radiación recibidas por el personal de diagrafía que trabaje con fuentes de radiación, a fin de garantizar que las dosis se mantengan en un nivel tan bajo como sea razonablemente posible y siempre por debajo de los límites de dosis. Una evaluación de las dosis también puede poner de manifiesto una buena o una mala praxis profesional, la existencia de equipos defectuosos o el deterioro del blindaje u otros sistemas de seguridad.

6.11. La entidad explotadora debería coordinar con un servicio de dosimetría el suministro de dosímetros adecuados, que deberían asignarse nominalmente a cada trabajador con objeto de llevar un registro en debida forma de las dosis. Todo el personal de diagrafía y demás trabajadores que deban entrar regularmente en zonas controladas (y también en zonas supervisadas, cuando así lo exija la normativa nacional) deberían llevar dosímetros.

6.12. Para medir las dosis individuales procedentes de fuentes de radiación gamma empleadas en diagrafía existen varios tipos de dosímetros pasivos, en particular los dosímetros de termoluminiscencia, los dosímetros de luminiscencia estimulada ópticamente y los dosímetros de película fotográfica. Algunos de estos dosímetros también ofrecen la posibilidad de medir las dosis de neutrones. Una posibilidad alternativa sería la de llevar otro dosímetro para medir la dosis de neutrones (p. ej., un detector de trazas). Todos estos tipos de dosímetro integran uno o más elementos pasivos para registrar la exposición a la radiación. Los dosímetros son facilitados por una entidad acreditada que preste servicios especializados de dosimetría y, una vez utilizados, son devueltos a la misma entidad para que esta procese el registro de cada dosímetro y determine la dosis.

6.13. La elección del tipo de dosímetro que vaya a utilizar el personal de diagrafía debería incumbir al oficial de protección radiológica, seguramente en colaboración con un experto cualificado en dosimetría. Además del obligado cumplimiento de una serie de requisitos técnicos, la elección del dosímetro podría depender

también de aspectos como la disponibilidad, el costo o la robustez, sin olvidar los requisitos reglamentarios.

6.14. Para tener la seguridad de que el dosímetro depare una evaluación exacta de la dosis efectiva recibida por el trabajador, convendría seguir las siguientes pautas:

- a) el personal de diagrafía debería llevar dosímetro en todo momento cuando trabaje con fuentes de radiación;
- b) el dosímetro debería ir colocado conforme a las recomendaciones del proveedor de servicios de dosimetría;
- c) el elemento de medición debería estar correctamente colocado en el soporte del dosímetro;
- d) solo debería utilizar el dosímetro la persona a la que este haya sido entregado;
- e) convendría extremar las precauciones para no deteriorar el elemento de medición del dosímetro (el agua, las altas temperaturas, las presiones elevadas o cualquier impacto físico pueden dañar un dosímetro);
- f) ningún dosímetro debería estar expuesto a la radiación cuando no lo lleve puesto un trabajador (dicho de otro modo: cuando los dosímetros no estén en uso, habría que mantenerlos alejados de toda fuente de radiación);
- g) los dosímetros deberían ser devueltos sin tardanza al servicio de dosimetría para que este procese las lecturas al término de su periodo de uso y, en el caso de dosímetros que hayan sido devueltos antes de tiempo por sospecha de exposición anómala, estos deberían ser procesados con carácter de urgencia;
- h) cuando la entidad explotadora sospeche que un dosímetro puede haber sufrido algún desperfecto o haber estado expuesto a radiación mientras el trabajador que lo tenía asignado no lo llevaba puesto, debería informar de ello al servicio de dosimetría para que este pueda determinar correctamente la dosis que se deba atribuir al trabajador, y
- i) el personal que trabaje con fuentes radiactivas de neutrones o con generadores de neutrones debería llevar puesto un dosímetro de neutrones que presente una respuesta adecuada a la energía neutrónica.

DOSÍMETROS PERSONALES ACTIVOS

6.15. Los dosímetros personales activos son pequeños detectores electrónicos de radiación que emiten una señal de advertencia cuando se supera una tasa de dosis o un nivel de alarma de dosis previamente configurado. Estos dispositivos suelen contar también con una pantalla digital que muestra la dosis equivalente personal acumulada. La señal de advertencia suele ser sonora, aunque puede acompañarse

de una vibración o una señal visual (algo que resulta útil cuando hay mucho ruido ambiental o cuando se llevan puestos protectores auditivos).

6.16. Los dosímetros personales activos son una herramienta útil para alertar de la existencia de elevadas tasas de dosis o para evitar una sobrexposición a la radiación. Pueden ayudar a advertir de inmediato de un posible problema a los trabajadores y, con ello, a prevenir incidentes o atenuar sus consecuencias. La entidad explotadora debería proporcionar dosímetros personales activos al personal de diagrafía que regularmente efectúe labores de diagrafía con fuentes de radiación.

6.17. Siguen una serie de consideraciones importantes por lo que respecta al uso de dosímetros personales activos:

- a) Los dosímetros personales activos no deberían ser utilizados en sustitución de los dosímetros pasivos, a menos que hayan sido especialmente aprobados (p. ej., por el órgano regulador) para tal fin. En la mayoría de los casos, el dosímetro personal activo vendrá a complementar el dosímetro pasivo que lleva puesto el personal de diagrafía.
- b) Los dosímetros personales activos no deberían ser empleados en sustitución de los instrumentos de monitorización del lugar de trabajo (p. ej., medidores de la tasa de dosis).
- c) Los dosímetros personales activos deberían ser sometidos a ensayo periódico de conformidad con las recomendaciones nacionales y las indicaciones del fabricante.
- d) Los dosímetros personales activos deberían ser calibrados con respecto a los campos de radiación que probablemente vaya a haber en el lugar de trabajo.
- e) La configuración de la alarma de los dosímetros personales activos debería corresponder a un nivel adecuado de dosis o de tasa de dosis y el nivel de la alarma debería ser visible mientras el dispositivo esté en funcionamiento.
- f) No debería estar permitido hacer modificación alguna de los dosímetros personales activos, salvo cuando lo hagan personas investidas de las correspondientes funciones y responsabilidades.

SISTEMA DE REGISTRO

6.18. El párrafo 3.103 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue (se omite la nota al pie): “Los empleadores, los titulares registrados y los titulares de licencias mantendrán registros de la exposición ocupacional correspondientes a cada trabajador respecto del cual se requiera la evaluación de la exposición ocupacional”.

6.19. La entidad explotadora debería llevar un registro de las dosis recibidas por el personal de diagrafia y por cualquier otra persona que entre habitualmente en zonas controladas (y también en zonas supervisadas, cuando así lo exija la normativa nacional). En este registro deberían constar en detalle las dosis que haya registrado el dosímetro de cada trabajador. De ser posible, convendría indicar claramente en el registro toda dosis recibida a consecuencia de un incidente o en el curso de procedimientos de emergencia, distinguiéndola de las dosis recibidas durante el trabajo habitual.

6.20. El registro debería recoger las lecturas de las dosis registradas por el (los) dosímetro(s) individual(es) principal(es) del trabajador facilitada(s) por el servicio de dosimetría, y no tanto las dosis registradas por dispositivos adicionales, como el dosímetro personal activo.

6.21. El párrafo 3.106 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“Los empleadores, los titulares registrados y los titulares de licencias:

- a) facilitarán a los trabajadores acceso a los registros de su propia exposición ocupacional;
- b) facilitarán al supervisor del programa de vigilancia de la salud de los trabajadores, al órgano regulador y al empleador pertinente acceso a los registros sobre exposición ocupacional de los trabajadores;
- c) facilitarán el suministro de copias de los registros de la exposición de los trabajadores a nuevos empleadores cuando los trabajadores cambien de empleo;
- d) dispondrán lo necesario para que el empleador, el titular registrado o el titular de la licencia, según convenga, conserven los registros sobre la exposición de antiguos trabajadores;
- e) prestarán, al cumplir lo dispuesto en los apartados a) a d) *supra*, la atención debida para mantener la confidencialidad de los registros”.

6.22. El párrafo 3.104 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“Los registros de la exposición ocupacional correspondientes a cada trabajador se mantendrán durante la vida laboral del trabajador y después de ella, al menos hasta que el antiguo trabajador alcance o hubiera alcanzado la edad de 75 años, y durante no menos de 30 años tras el cese del trabajo en el que el trabajador estuvo sometido a exposición ocupacional”.

6.23. El párrafo 3.107 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“Si los empleadores, los titulares registrados y los titulares de licencias dejan de realizar actividades en las que los trabajadores están sometidos a exposición ocupacional, adoptarán las medidas necesarias para que el órgano regulador o un registro estatal, o el empleador, el titular registrado o el titular de la licencia pertinente, según convenga, conserve los registros sobre exposición ocupacional de los trabajadores”.

INVESTIGACIÓN DE LAS DOSIS SUPERIORES A LOS LÍMITES DE DOSIS

6.24. La entidad explotadora está obligada a realizar una investigación en caso de que un trabajador de diagrafia, otro trabajador o un miembro del público haya recibido una dosis que supere todo límite de dosis o nivel de investigación especificado por el órgano regulador o por la entidad explotadora (requisito 16 de la publicación GSR Part 3 [9]). La investigación debería centrarse en las causas que hayan conducido a esa exposición y en cualquier fallo en los procedimientos o en los sistemas de seguridad. En el informe resultante de la investigación se debería indicar cualquier mejora de las instalaciones, el equipo o los procedimientos que se requiera para optimizar la protección y la seguridad, reducir la probabilidad de que se produzca un suceso similar y mitigar las consecuencias.

6.25. En la sección 13 se ofrecen recomendaciones sobre la notificación y la descripción de incidentes.

ENSAYO Y CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE DOSIMETRÍA

6.26. Los dosímetros utilizados, que deberían ser de una clase que esté autorizada, deberían ser sometidos periódicamente a pruebas de garantía de la calidad. Convendría calibrar los sistemas de dosimetría personal de forma periódica (normalmente, con frecuencia anual o bienal) y realizar comprobaciones más frecuentes del funcionamiento del sistema, aunque es posible que, por lo que respecta a la calibración, la normativa nacional imponga una periodicidad distinta. En el documento GSG-7 [19] se formulan recomendaciones sobre el ensayo y la calibración de los dosímetros y el equipo de dosimetría.

7. MONITORIZACIÓN RADIOLÓGICA DEL LUGAR DE TRABAJO

PROGRAMA DE MONITORIZACIÓN

7.1. El párrafo 3.96 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue: “Los titulares registrados y los titulares de licencias (...) establecerán, conservarán y revisarán regularmente un programa de monitorización radiológica del lugar de trabajo, supervisado por un oficial de protección radiológica o un experto cualificado”.

7.2. El programa de monitorización radiológica del lugar de trabajo debería estar diseñado de tal modo que permita evaluar la idoneidad de las disposiciones de protección y seguridad por lo que respecta al trabajo de diagrafía con fuentes de radiación. El programa debería prever mediciones de la tasa de dosis en las siguientes ubicaciones:

- a) alrededor de la instalación de almacenamiento de fuentes de la base principal de la empresa de diagrafía y, cuando proceda, en el yacimiento donde se realicen las diagrafías, para asegurarse de tener implantado un nivel adecuado de blindaje;
- b) alrededor de las barreras durante las actividades de diagrafía, para confirmar que las tasas de dosis estén siempre por debajo de los valores estipulados en la normativa o las orientaciones nacionales o fijados por la entidad explotadora;
- c) en el puesto del operador cuando se efectúen las labores de carga y descarga de una sonda o se ponga término al uso de un generador de neutrones, para confirmar que los niveles de radiación sean aceptables;
- d) en el yacimiento, cuando acaben las labores de diagrafía, para confirmar que no hayan quedado fuentes radiactivas en el yacimiento;
- e) alrededor del bulto de transporte, antes de trasladar las fuentes radiactivas hasta y desde el yacimiento, para confirmar la presencia de la fuente y también para demostrar el cumplimiento del *Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos - Edición de 2018* [22] (*Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SSR-6 [Rev. 1]*) [22] (véase la sección 12), y
- f) alrededor de los vehículos que transporten fuentes radiactivas antes de su salida hacia y desde el yacimiento, incluido el asiento del conductor.

7.3. Podría ser necesario comprobar periódicamente la ausencia de contaminación radiactiva en las superficies accesibles de la sonda o de la fuente radiactiva, con

la periodicidad que tenga estipulada el órgano regulador. En general no hará falta monitorizar la contaminación radiactiva dentro de la zona de operaciones de diagrafía, en la superficie del bulto de transporte ni en los trabajadores que efectúan labores de diagrafía.

7.4. La entidad explotadora debería plantearse si conviene monitorizar el instrumental de diagrafía para detectar la eventual presencia de contaminación por material radiactivo natural. Si se detectara este tipo de contaminación, la entidad explotadora debería hacer lo necesario para que la herramienta fuera descontaminada y se procediese a la disposición final de los desechos resultantes. En la referencia [23] se proporcionan indicaciones prácticas sobre una serie de aspectos ligados a la seguridad radiológica y a la gestión de desechos en el caso de material radiactivo natural. Cuando haya constancia de la presencia de material radiactivo natural en zonas donde se vayan a realizar labores de diagrafía, la entidad explotadora debería trabajar en estrecha colaboración con el cliente con objeto de acordar disposiciones adecuadas para impedir la dispersión de contaminación radiactiva y proceder a la disposición final de todo desecho resultante.

7.5. En el programa de monitorización del lugar de trabajo se deberían especificar los lugares que se van a monitorizar, la frecuencia de la monitorización y los registros que hay que llevar al respecto, información toda ella que debería incluirse en las reglas locales y debería figurar también en el programa de protección radiológica. Para cada lugar de medición convendría establecer niveles de investigación de la tasa de dosis (véase el párrafo 4.30) y especificar las medidas que habría que adoptar si se superasen estos niveles. Es obligatorio poner los registros del programa de monitorización del lugar de trabajo a disposición de todos los interesados, incluidos los trabajadores y el órgano regulador (véanse los párrafos 2.45 y 3.98 de la publicación GSR Part 3 [9]).

SELECCIÓN, MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE MONITORIZACIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO

7.6. La entidad explotadora debería asegurarse de disponer de un número suficiente de monitores de tasas de dosis adecuados. Aunque existen muchos tipos de monitor para medir los niveles de radiación gamma, podría ser que algunos no fueran adecuados para medir con exactitud fotones de baja energía (procedentes por ejemplo de ^{241}Am), lo que podría llevar a infravalorar la tasa de dosis. Los monitores deberían ser calibrados con respecto a los campos de radiación que probablemente vaya a haber en el lugar de trabajo. Para medir la radiación neutrónica hacen falta instrumentos de monitorización especializados. Convendría

pedir a fabricantes y expertos cualificados información e indicaciones sobre la idoneidad de los monitores.

7.7. La entidad explotadora debería hacer lo necesario para que un laboratorio de ensayos especializado se ocupe periódicamente de ensayar o calibrar en debida forma los instrumentos de monitorización del lugar de trabajo. En estos procesos de ensayo o de calibración se deberían evaluar diversas características funcionales del instrumento de monitorización, en particular la respuesta a tasas de dosis conocidas a determinados niveles de energía, la linealidad de la respuesta y el comportamiento del monitor a tasas de dosis bajas y a tasas de dosis muy altas. La frecuencia y el método de ensayo o calibración, así como los registros correspondientes, deberían cumplir los requisitos reglamentarios o, en su defecto, ajustarse a las recomendaciones formuladas en las directrices internacionales aplicables. La entidad explotadora también debería seguir las recomendaciones del fabricante de los instrumentos de monitorización del lugar de trabajo.

7.8. La entidad explotadora debería elaborar un procedimiento para realizar comprobaciones sistemáticas del funcionamiento de los instrumentos de monitorización del lugar de trabajo, comprobaciones que podrían incluir controles físicos para confirmar que el instrumento no esté dañado, el control de las baterías y, de ser necesario, la puesta a cero de la escala. También se debería comprobar la respuesta del monitor a la radiación, por ejemplo utilizando una fuente de ensayo de baja actividad o colocando el instrumento cerca de la superficie de un bulto de transporte que contenga una fuente radiactiva. El órgano regulador podría exigir que al realizar esas comprobaciones se sigan determinados protocolos oficiales y que se registren los resultados.

7.9. Se deberían tener en cuenta las condiciones de utilización de los instrumentos de monitorización radiológica del lugar de trabajo. Hay ciertos instrumentos que es impropio utilizar en lugares muy húmedos o donde reinen altas temperaturas y algunos no son lo bastante robustos como para ser utilizados en yacimientos donde se hagan diagrafas. Es posible que en algunos de estos yacimientos haya que emplear instrumental de monitorización de un tipo especial. Por ejemplo, en muchas instalaciones petrolíferas y gasíferas solo está permitido el uso de instrumentos de monitorización diseñados para reducir al mínimo la probabilidad de ignición accidental de gases o vapores inflamables (instrumentos de monitorización “intrínsecamente seguros”).

7.10. Algunos instrumentos de monitorización del lugar de trabajo se ven afectados por las transmisiones de radiofrecuencias. Cuando las labores de diagrafia vayan a discurrir cerca de un equipo que genere abundante radiación de radiofrecuencias,

convendría plantearse el uso de instrumentos diseñados especialmente para ofrecer blindaje contra la interferencia de radiofrecuencias.

7.11. También convendría tener en cuenta los niveles de ruido existentes en el lugar de trabajo. Las señales sonoras de advertencia de los instrumentos de monitorización del lugar de trabajo deberían ser lo suficientemente fuertes como para ser oídas, además de lo cual deberían acompañarse de vibraciones o señales visuales, según resulte más apropiado.

8. CONTROL DE LAS FUENTES RADIATIVAS

8.1. El Código de Conducta sobre Seguridad Tecnológica y Física de las Fuentes Radiactivas [15], que se aplica a todas las fuentes radiactivas que podrían entrañar un riesgo significativo para las personas, la sociedad o el medio ambiente, sirve de guía a los Estados por lo que respecta a la seguridad tecnológica y la seguridad física de las fuentes de categoría 1, 2 y 3.

8.2. En general, las fuentes radiactivas que se utilizan en diagraña suelen ser consideradas de categoría 3, según las definiciones que figuran en la publicación RS-G-1.9 [3]. No obstante, como puede observarse en el anexo I, en función de su actividad estas fuentes también pueden ser consideradas de categoría 2 o de categoría 4.

8.3. La entidad explotadora debe asegurarse de que las fuentes sean mantenidas bajo el debido control (véase el párrafo 3.55 de la publicación GSR Part 3 [9]), y ello desde el momento de su adquisición hasta que sean devueltas al suministrador original o tratadas de algún otro modo, en condiciones de seguridad, al término de su vida útil.

8.4. La entidad explotadora debería cerciorarse de que solo obtiene fuentes radiactivas de suministradores autorizados y de que las fuentes en desuso sean devueltas al suministrador original o transferidas a otra entidad autorizada de conformidad con los requisitos reglamentarios. Las operaciones de importación y exportación de fuentes radiactivas deberían ajustarse a las recomendaciones contenidas en el Código de Conducta sobre Seguridad Tecnológica y Física de las Fuentes Radiactivas [15] y a las directrices sobre controles de importación y exportación que complementan el Código [24].

8.5. El párrafo 3.53 de la publicación GSR Part 3 [9] reza como sigue:

“Los titulares registrados y titulares de licencias mantendrán un inventario que incluya registros de:

- a) el lugar y la descripción de cada generador de radiación o fuente radiactiva de los que sean responsables;
- b) la actividad y forma de cada fuente radiactiva de la que sean responsables”.

8.6. Además de llevar el registro de inventario descrito en el párrafo 8.5, la entidad explotadora debería efectuar periódicamente controles contables de sus fuentes para comprobar que estén en el lugar asignado y debidamente protegidas.

8.7. La retirada de fuentes de radiación de un almacén de fuentes o su traslado a otro lugar deberían estar en manos únicamente de trabajadores debidamente capacitados y autorizados por la entidad explotadora. Al proceder a estas tareas, los trabajadores deberían consignar en un registro su nombre, la fecha y hora de la operación y la nueva ubicación de la(s) fuente(s). El oficial de protección radiológica debería auditar estos registros al menos una vez al mes para asegurarse de que las fuentes de radiación se encuentren en el lugar correcto. En estos procesos de contabilidad deberían incluirse las herramientas de diagrafía que integren un generador de neutrones.

8.8. Cada contenedor de fuentes radiactivas debería tener un cerrojo (o ir dentro de un contenedor o recipiente externo provisto de cerrojo) diseñado para impedir toda extracción no autorizada o accidental de la fuente. Las instalaciones de almacenamiento deben permanecer cerradas bajo llave cuando contengan fuentes radiactivas, salvo si se encuentran bajo vigilancia directa de personal de operación (véase el párrafo 3.59 de la publicación GSR Part 3 [9]).

8.9. Toda fuente que haya sido empleada en diagrafía y que no tenga definido ningún uso ulterior debería ser considerada “fuente en desuso”, por lo que convendría organizar su disposición final mediante el traslado a una instalación autorizada de conformidad con los requisitos reglamentarios. Hasta que tenga lugar ese traslado, las fuentes en desuso deberían constar en el inventario de fuentes de la instalación y seguir sujetas a los controles contables especificados en el párrafo 8.6.

8.10. Cuando sospeche que se ha perdido el control de una fuente radiactiva o un generador de neutrones, la entidad explotadora debería investigar la cuestión de

inmediato y poner el hecho en conocimiento del órgano regulador (y cualquier otra autoridad competente) según lo estipulado en los requisitos reglamentarios y en los planes y procedimientos de emergencia que hagan al caso.

9. CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD FÍSICA NUCLEAR

9.1. Las medidas de seguridad física de las fuentes radiactivas apuntan a disuadir de todo acceso a las fuentes que no esté autorizado y, cuando se dé tal hecho, a detectarlo, demorarlo y responder a él. Ha habido incidentes relacionados con fuentes radiactivas empleadas en diagrafía (véase el anexo VI) y convendría postular que, en caso de una eventual utilización de esas fuentes con fines dolosos, las consecuencias radiológicas serían considerables.

9.2. Los párrafos que siguen tienen por finalidad sensibilizar sobre las cuestiones de seguridad física que es preciso tener en cuenta, tratadas en detalle en las publicaciones de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA*. En particular, en la publicación N° 14 de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* [25] se formulan recomendaciones dirigidas a los Estados y a las autoridades competentes sobre la manera de elaborar o reforzar, implantar y mantener un régimen de seguridad física nuclear que se aplique a los materiales radiactivos y a las instalaciones y actividades conexas. La publicación N° 11-G (Rev. 1) de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* [26] contiene indicaciones más específicas para ayudar a los Estados a elaborar requisitos reglamentarios referidos a la seguridad física de las fuentes radiactivas. En la publicación N° 9-G (Rev. 1) de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* [27] se ofrecen orientaciones sobre la seguridad física durante el transporte de materiales radiactivos.

LA INTERFAZ SEGURIDAD TECNOLÓGICA-SEGURIDAD FÍSICA NUCLEAR

9.3. Las medidas de seguridad tecnológica y las medidas de seguridad física persiguen el objetivo común de proteger la vida y la salud de las personas, así como la sociedad y el medio ambiente. Las medidas de una y otra clase deberían ser concebidas y aplicadas de modo integrado y, en lo posible, de forma complementaria, de manera que las medidas de seguridad física no comprometan

la seguridad tecnológica y las de seguridad tecnológica no comprometan la seguridad física.

9.4. Para garantizar que las medidas de seguridad tecnológica y las de seguridad física se apliquen de forma complementaria, el gobierno puede designar un organismo encargado de gestionar la interfaz entre la seguridad tecnológica y la seguridad física en relación con las fuentes radiactivas. Cabe también la alternativa de atribuir a un solo órgano regulador la responsabilidad tanto de la seguridad tecnológica como de la seguridad física de las fuentes radiactivas como parte de la infraestructura nacional de reglamentación.

9.5. En el uso de fuentes radiactivas con fines de diagrafía podría haber una interfaz entre las medidas de seguridad tecnológica y las de seguridad física por lo que respecta al acceso a la información. A efectos de seguridad tecnológica, podría ser necesario poder acceder fácilmente a la información sobre la ubicación y las características de las fuentes radiactivas y sobre las medidas de seguridad tecnológica implantadas. Esta información, sin embargo, también podría ser de interés para un adversario, razón por la cual, a efectos de seguridad física, quizá hubiera que proteger la confidencialidad de la información delicada. En la publicación N° 23-G de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* [28] se proporcionan orientaciones sobre la protección y la confidencialidad de información delicada en relación con la seguridad física nuclear. Es preciso mantener un equilibrio adecuado entre la disponibilidad de información por motivos de seguridad tecnológica y la necesidad de proteger la información delicada por razones de seguridad física.

MEDIDAS DE SEGURIDAD FÍSICA

9.6. En la sección 8 se describen una serie de medidas que guardan relación con la pérdida accidental de fuentes empleadas en diagrafía, algo que podría tener consecuencias tanto de seguridad física como de seguridad tecnológica. En materia de seguridad física, la principal inquietud radica en la posibilidad de robo o sabotaje de las fuentes radiactivas. Para responder a esta preocupación se adoptarán medidas eficaces de seguridad física que de por sí también tendrán la ventaja de ayudar a prevenir toda pérdida accidental de control.

9.7. Las medidas de seguridad física destinadas a prevenir la pérdida de fuentes radiactivas o que persigan fines generales de protección radiológica también pueden ser de ayuda para impedir el robo de fuentes. No obstante, dado el carácter intencional que revisten los robos, es preciso tener en cuenta otras consideraciones,

sobre todo en el caso de las fuentes de mayor actividad, y quizá la protección contra el robo requiera medidas adicionales.

9.8. En la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* se proporcionan orientaciones sobre la manera de definir los requisitos de seguridad física de las fuentes radiactivas siguiendo un enfoque graduado, según la amenaza de que se trate, la naturaleza de las fuentes y cuán atractivo sea, en términos relativos, el material para su posible utilización con fines dolosos. En la publicación N° 11-G (Rev. 1) de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* [26] se recomienda utilizar el sistema de clasificación por categorías establecido en la publicación RS-G-1.9 [3] para asignar a cada fuente un determinado nivel de seguridad física y ayudar a definir las medidas necesarias en la materia. A las fuentes empleadas en diagrafia se les suele asignar el nivel de seguridad física C y nunca se les asigna un nivel de seguridad física superior al B. En la publicación N° 11-G (Rev. 1) de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* [26] están descritas en detalle las medidas de seguridad física requeridas para los niveles B y C en relación con cada una de las funciones de la seguridad física (disuasión, detección, dilación, respuesta y gestión de la seguridad física).

9.9. Dado su pequeño tamaño, su portabilidad y el hecho de que casi siempre son utilizados lejos de una instalación físicamente segura, sería posible que los dispositivos de diagrafia requiriesen medidas o procedimientos de seguridad física adicionales para garantizar que durante su utilización y su transporte, y también cuando no estén siendo utilizados (es decir, durante su almacenamiento), sigan estando debidamente protegidos y bajo control. Los pormenores de esas medidas adicionales dependerán de la evaluación de las amenazas. La publicación N° 11-G (Rev. 1) de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* [26] también contiene ejemplos ilustrativos de medidas de seguridad física, entre ellas las referidas a operaciones móviles en las que no sea factible adoptar las medidas que se aplican a instalaciones fijas.

10. MANIPULACIÓN SEGURA DE FUENTES RADIATIVAS Y GENERADORES DE RADIACIÓN

CONSIDERACIONES GENERALES

10.1. En el anexo I se proporciona información sobre los distintos tipos de fuentes radiactivas y generadores de neutrones que se utilizan en diagrafia.

10.2. El mercado ofrece todo un surtido de fuentes radiactivas, generadores de neutrones y equipo auxiliar para efectuar labores de diagrafía. Las fuentes de radiación y demás equipo destinado al trabajo de diagrafía deberían obtenerse de un fabricante autorizado que tenga implantado un sistema de gestión de la calidad como la norma ISO 9001 [29] o como el sistema descrito en la publicación titulada *Liderazgo y gestión en pro de la seguridad (Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 2)* [30] o una norma nacional equivalente, cosa que garantiza la reproducción sistemática de las características de seguridad del diseño.

10.3. El equipo empleado para realizar diagrafías suele tener varios subcomponentes cuyo diseño y funcionamiento están conectados entre sí y que en conjunto forman la “sarta de herramientas” de diagrafía. No se debería comprometer la seguridad empleando componentes que no cumplan las especificaciones de diseño originales.

10.4. Los fabricantes y suministradores de fuentes radiactivas y generadores de radiación tienen la obligación de entregar a las entidades explotadoras información sobre el uso seguro del equipo, redactada en un idioma apropiado, que los usuarios puedan entender (párrafo 3.49.c de la publicación GSR Part 3 [9]).

10.5. La entidad explotadora debería cerciorarse de que el equipo de diagrafía no sea modificado sin que haya habido una evaluación previa de las consecuencias de esas modificaciones en cuanto a protección y seguridad. Esa evaluación previa de la seguridad debería ser revisada por un experto cualificado o por el suministrador y también convendría comprobar que el equipo cumpla los requisitos del órgano regulador. Asimismo, se debería determinar si se necesita alguna autorización o aprobación adicional por parte del órgano regulador.

FUENTES RADIATIVAS SELLADAS PARA DIAGRAFÍA

10.6. El equipo de diagrafía integra una fuente radiactiva sellada que emite radiación gamma o radiación de neutrones (véase el anexo I). Para instalar fuentes radiactivas selladas dentro de la sonda de diagrafía se utilizan herramientas especiales de manipulación de fuentes. Cuando no están en uso, las fuentes radiactivas (o, en ciertos casos, las sondas precargadas) están alojadas en contenedores blindados. La parte de la sonda que contiene la fuente radiactiva es acoplada a la sarta principal de herramientas (empleando, de ser necesario, herramientas de manipulación adecuadas) para su traslado al pozo o sondeo (o a una instalación de calibración).

10.7. Las fuentes radiactivas selladas (de radiación gamma o neutrónica) que se empleen para realizar diagrafías deberían ser compatibles con la sonda y con todo equipo auxiliar (como las herramientas de manipulación) que se utilice con ellas. Esas fuentes, además, deberían cumplir las normas internacionales o normas nacionales equivalentes. Por ejemplo:

- a) las fuentes deberían cumplir los requisitos aplicables establecidos en la norma ISO 2919 [31];
- b) las fuentes deberían acompañarse de un certificado de cumplimiento de los requisitos que se aplican al material radiactivo en forma especial, establecidos en la publicación SSR-6 (Rev. 1) [22];
- c) las fuentes deberían haber superado una prueba de estanqueidad según lo dispuesto en la norma ISO 9978 [32] o una norma nacional equivalente y deberían acompañarse de un certificado válido de control de estanqueidad que identifique individualmente a cada una de las fuentes;
- d) las fuentes deberían estar marcadas conforme a lo dispuesto en la norma ISO 2919 [31] o una norma nacional equivalente o, como mínimo, exhibir el símbolo de la radiación (el trébol radiactivo) [20] y el término “RADIOACTIVO”.

10.8. Algunos fabricantes especifican la vida útil recomendada de sus fuentes radiactivas selladas, parámetro que depende de diversos factores, como el periodo de semidesintegración de la fuente, la construcción del encapsulamiento de la fuente o los efectos que pueda tener en la fuente el entorno en el que va a ser utilizada. La vida útil recomendada indica el tiempo durante el cual la fuente conservará previsiblemente su integridad.

10.9. En general, los fabricantes recomiendan sustituir una fuente al término de su vida útil recomendada. El órgano regulador puede, a su discreción, conceder una prórroga del uso de una fuente más allá de su vida útil recomendada siempre y cuando sea sometida a pruebas de frotis más frecuentes o a controles de estanqueidad más minuciosos, según lo dispuesto en la norma ISO 9978 [32]. Otra posibilidad consistiría en que un organismo o un experto con las debidas cualificaciones evaluara el estado físico de la fuente y valorase la posibilidad de seguir utilizándola.

10.10. En el caso de fuentes de diagrafía que vayan a ser transportadas, convendría revisar y actualizar el certificado especial al menos una vez cada cinco años, o según lo dispuesto en la reglamentación nacional. Habría que disponer del registro de cualificación de material radiactivo “en forma especial” para que pueda ser verificado durante las inspecciones reglamentarias [13, 33]. En general

es el fabricante de la fuente el que expide el certificado especial actualizado, pero incumbe a la entidad explotadora (en calidad de remitente) asegurarse de disponer de certificados especiales válidos para todas las fuentes de diagrafía que se vayan a transportar, conforme a los requisitos establecidos en la publicación SSR-6 (Rev. 1) [22].

MARCADO Y ETIQUETADO DE EQUIPO DE DIAGRAFÍA QUE CONTENGA FUENTES RADIATIVAS SELLADAS

10.11. Cada conjunto de herramientas de diagrafía que contenga una fuente radiactiva debería estar marcado, de forma clara e indeleble, con la siguiente información:

- a) el símbolo internacional de la radiación ionizante (el trébol) [20];
- b) el término “RADIATIVO”, en letras de tamaño no inferior a los 10 mm de altura, junto con una breve advertencia en un idioma apropiado para el país o la región donde el material vaya a ser utilizado;
- c) símbolo químico y número másico del (de los) radionucleido(s) que la herramienta admite (p. ej., ^{137}Cs o ^{241}Am);
- d) actividad de la fuente en la herramienta, especificada para cada radionucleido que la herramienta admite, y fecha de calibración de la fuente;
- e) marca, modelo y número de serie de la herramienta;
- f) fecha de fabricación de la herramienta.

10.12. El contenedor blindado de una herramienta de diagrafía provista de una fuente radiactiva debería llevar una etiqueta resistente e ignífuga que ofrezca información sobre la fuente radiactiva que contiene en cada momento, en particular los siguientes datos:

- a) símbolo químico y número másico del radionucleido;
- b) actividad en una fecha especificada;
- c) número de identificación de la fuente sellada;
- d) nombre del fabricante de la fuente.

GENERADORES DE NEUTRONES PARA DIAGRAFÍA

10.13. El generador de neutrones utilizado para aplicaciones de diagrafía es un acelerador lineal compacto de núcleos de deuterio que genera neutrones de 14 MeV. Entre sus componentes hay un tubo acelerador (tubo de neutrones), un blanco que contiene deuterio o tritio, alimentación eléctrica de alta tensión y un módulo de medición. En el anexo III se proporciona información sobre los aspectos de seguridad radiológica de los generadores de neutrones.

10.14. En el exterior del generador de neutrones, las tasas de dosis deberían estar dentro de los límites estipulados por el órgano regulador.

10.15. Hay emisión de radiación gamma tanto durante la generación de neutrones (por interacción inelástica de neutrones de alta energía) como durante cierto tiempo después de apagado el generador (a resultas de la captura de neutrones térmicos y la subsiguiente desintegración radiactiva de los productos de activación neutrónica).

10.16. Si la tasa de dosis procedente del generador de neutrones inmediatamente después de apagar el generador es aceptable (según lo haya determinado la entidad explotadora en la evaluación de la seguridad; véase la sección 3), se puede permitir que el personal autorizado manipule el generador. De lo contrario, será necesario respetar un tiempo de espera para que se produzca la desintegración de los productos de activación creados en el generador de neutrones.

10.17. Puede ocurrir a veces que en las superficies externas de un generador de neutrones se acumule contaminación radiactiva. En tal caso, los trabajadores deberían llevar el apropiado equipo de protección personal cuando manipulen el generador. Convendría realizar controles de contaminación a intervalos periódicos (al menos una vez al año) y también al recibir el generador de neutrones, al expedirlo para su transporte y antes de toda reparación.

CAMBIADORES DE FUENTES Y CONTENEDORES DE TRANSPORTE PARA FUENTES RADIATIVAS

10.18. Para reemplazar fuentes viejas de diagrafía por fuentes nuevas en condiciones de seguridad se deberían utilizar cambiadores de fuentes. En general se trata de contenedores de transporte que el suministrador de fuentes utiliza para enviar una nueva fuente a la entidad explotadora y facilitar el reemplazo de la fuente vieja y su devolución al suministrador. Los contenedores de almacenamiento

deberían posibilitar un almacenamiento seguro de las fuentes selladas cuando no estén en uso y deberían impedir todo acceso no autorizado a ellas.

10.19. Los cambiadores de fuentes o contenedores de almacenamiento deberían cumplir todas las normas nacionales aplicables en lo que a tasas de dosis y etiquetado se refiere. Deberían tener un cerrojo (o ir dentro de un recipiente externo provisto de cerrojo) diseñado para impedir toda extracción no autorizada o accidental de la fuente sellada de la ubicación blindada en que se encuentra. Cuando los contenedores de almacenamiento o los cambiadores de fuentes contengan fuentes selladas, deberían estar siempre guardados bajo llave (sin que la llave quede nunca puesta en el cerrojo), salvo si se encuentran bajo vigilancia directa de un trabajador autorizado. Los cambiadores de fuentes son utilizados a menudo como contenedor de transporte, en cuyo caso el remitente debería asegurarse de que el transporte de los cambiadores de fuentes discorra de conformidad con los requisitos establecidos en la publicación SSR-6 (Rev. 1) [22].

SEGURIDAD DE LOS GENERADORES DE NEUTRONES EN LAS OPERACIONES DE CALIBRACIÓN

10.20. Por regla general, los materiales de blindaje de número atómico bajo ofrecen la solución más práctica y con mejor relación eficacia-costo para reducir las tasas de dosis alrededor de los generadores de neutrones durante el proceso de calibración. En el anexo IV se proporciona información sobre el cálculo de los blindajes contra radiación neutrónica. La geometría del blindaje debería estar diseñada de tal modo que limite la exposición radiológica de los trabajadores encargados de las operaciones de calibración, teniendo debidamente en cuenta la radiación neutrónica dispersa.

10.21. El flujo de neutrones puede ser medido con los detectores de neutrones que los generadores tienen incorporados. La emisión pulsada de neutrones puede influir considerablemente en la lectura de esos detectores, por lo que habría que aplicar a cada lectura las necesarias correcciones.

10.22. Si en la calibración de generadores de radiación se utilizan fuentes radiactivas, este uso debería ajustarse a los reglamentos aplicables a las fuentes selladas y atenerse a un enfoque graduado de seguridad cuando se trate de fuentes de calibración de baja actividad.

CESE DEL USO Y RETIRADA DE LAS FUENTES RADIATIVAS

10.23. Según lo dispuesto en el párrafo 3.60 de la publicación GSR Part 3 [9], la entidad explotadora “[velará] por que se adopten disposiciones sin demora en relación con la gestión segura y el control de los generadores de radiación y las fuentes radiactivas, incluidas disposiciones financieras adecuadas, una vez que se haya decidido dejar de utilizarlos”.

10.24. Cuando ya no se esté utilizando una fuente de radiación o una instalación de diagrafia y no haya planes de volver a utilizarla en un futuro previsible, se debería proceder a la clausura en debida forma de la instalación y a la disposición final de las fuentes. Todas las fuentes de radiación en desuso deberían ser gestionadas de forma acorde con el ordenamiento reglamentario nacional y, cuando sea necesario, con sujeción a la autorización del órgano regulador. Este proceso debería comprender los pasos indicados a continuación.

- a) Previa aprobación del órgano regulador, se deberían transferir a otra entidad autorizada las fuentes de radiación gamma o neutrónica (incluidas las fuentes empleadas en calibración, cuando las haya) y los generadores de neutrones. De ser posible, la entidad explotadora debería devolver la fuente o el generador al suministrador original o, como posibilidad alternativa, podría adoptar otra medida al respecto con autorización del órgano regulador. La entidad explotadora debería llevar un registro completo de todas las autorizaciones relacionadas con la recepción, el almacenamiento, la transferencia o la disposición final de las fuentes radiactivas (lo que incluye todo certificado emitido por los receptores o las entidades de disposición final de desechos radiactivos) y conservar este registro conforme a las especificaciones del órgano regulador.
- b) La entidad explotadora debería devolver los generadores de neutrones en desuso al suministrador original. De no ser así, habría que inutilizar el generador y, previa autorización del órgano regulador, transferirlo a una entidad autorizada para que esta proceda a su disposición final (de la fuente de tritio) en condiciones de seguridad.
- c) En caso de que se vayan a retirar de la instalación todas las fuentes de radiación, se deberían retirar también de la instalación todos los símbolos de radiación (tréboles) y demás avisos pertinentes, tras lo cual el oficial de protección radiológica o un experto cualificado debería efectuar un reconocimiento de monitorización radiológica del lugar de trabajo (véase la sección 7) para obtener confirmación adicional de que las fuentes han sido retiradas del yacimiento. Se debería elaborar con antelación un plan de clausura definitiva, que incluya el reconocimiento radiológico final

e información detallada sobre el almacenamiento, la transferencia o la disposición final de las fuentes de radiación. Este plan de clausura definitiva debe ser sometido al examen y la aprobación del órgano regulador (véase el requisito 11 establecido en la publicación N° GSR Part 6 de la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA*, titulada *Clausura de instalaciones* [34]). En la publicación *Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities (Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SSG-49)* [35] se ofrecen más recomendaciones al respecto. Cuando el fabricante o suministrador original ya no ejerza su actividad mercantil, convendría organizar la clausura y la disposición final de las viejas fuentes de diagrafía conforme a los requisitos establecidos por el órgano regulador. En la publicación SSG-19 [14] se ofrecen más recomendaciones sobre la gestión de fuentes huérfanas.

- d) Una vez se hayan retirado todas las fuentes de radiación del yacimiento, la entidad explotadora debería informar de ello a las autoridades competentes.
- e) Los desechos radiactivos deberían ser gestionados de conformidad con las recomendaciones formuladas en la publicación *Predisposal Management of Waste from the Use of Radioactive Material in Medicine, Industry, Agriculture, Research and Education (Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SG-45)* [36] o en una norma nacional equivalente y con arreglo a los requisitos reglamentarios.
- f) Una posible modalidad para la disposición final de fuentes selladas empleadas en dispositivos de diagrafía es la disposición final en pozos barrenados. En la publicación *Borehole Disposal Facilities for Radioactive Waste (Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SSG-1)* [37] se formulan recomendaciones sobre las instalaciones dedicadas a esta modalidad de disposición final. La referencia [38], por su parte, constituye un manual técnico sobre la disposición final en pozos barrenados de fuentes selladas en desuso.

11. OPERACIONES EN EL YACIMIENTO

CONSIDERACIONES GENERALES

11.1. La entidad explotadora que lleve adelante actividades de diagrafía en un yacimiento debería asegurarse de la presencia de uno o más trabajadores debidamente capacitados cuando se efectúen operaciones que entrañen el uso de fuentes radiactivas. Si ninguno de esos trabajadores es un oficial de protección

radiológica (véanse los párrafos 2.39 a 2.42), conviene que puedan recibir en cualquier momento apoyo de un oficial de protección radiológica que, una vez avisado, pueda desplazarse rápidamente al yacimiento, por ejemplo para supervisar la recuperación de una fuente.

PREPARACIÓN DE LAS OPERACIONES

11.2. Dado que las actividades de diagrafía no suelen discurrir en las instalaciones de la entidad explotadora, sino en las de un cliente, convendría consultar con este las cuestiones de preparación y planificación, acordando con él, en particular, la localización y el momento en que se van a realizar dichas actividades. Las partes deberían hablar de la clasificación de las zonas y la utilización de carteles, señales de advertencia y alarmas durante las labores de diagrafía, a fin de evitar posibles confusiones en el yacimiento y, al mismo tiempo, cumplir con los requisitos reglamentarios. A menudo resulta útil preparar un acuerdo por escrito entre la entidad explotadora y el cliente en el que consten con claridad los resultados del proceso de planificación y preparación y las funciones y responsabilidades que al respecto incumben a cada una de las partes.

11.3. El personal de diagrafía debería ser informado de cualquier peligro que pueda presentar el yacimiento en los lugares donde esté previsto operar. Se deberían seguir los sistemas de “permisos de trabajo” u otros procedimientos de seguridad en el yacimiento que pueda tener implantados el cliente. Este cliente debería recibir copia de las reglas locales y los planes y procedimientos de emergencia de la entidad explotadora.

11.4. La entidad explotadora y el cliente deberían acordar el calendario de trabajo previsto y la duración de las labores de diagrafía. El cliente debería conceder al personal de diagrafía el tiempo suficiente para llevar a cabo este trabajo en condiciones de seguridad.

11.5. La entidad explotadora debería informar al cliente de la(s) fuente(s) de radiación que tenga previsto utilizar en el yacimiento y de los factores de peligro asociado a ella(s). También debería asegurarse de que haya instalaciones de almacenamiento adecuadas para toda fuente radiactiva que prevea dejar en el yacimiento durante la noche (para lo cual quizá deba obtener autorización específica del órgano regulador).

DESIGNACIÓN DE ZONAS CONTROLADAS EN EL YACIMIENTO

11.6. El trabajo de diagrafía que se lleve a cabo en el yacimiento debería discurrir dentro de una zona designada como “zona controlada”, en la cual no se debería permitir ninguna otra labor hasta que hayan acabado las tareas de diagrafía y se haya revocado la designación de zona controlada.

11.7. La zona controlada debería estar delimitada de tal modo que ofrezca la seguridad de que la exposición a la radiación de toda persona que esté fuera de la zona controlada sea inferior a toda restricción de dosis aplicable. El órgano regulador puede fijar la máxima tasa de dosis permitida en el perímetro de una zona controlada mientras haya labores de diagrafía en curso en el yacimiento. Los valores habituales de esta tasa de dosis máxima están entre 2,5 y 20 $\mu\text{Sv/h}$. A menudo es factible lograr una tasa de dosis inferior a 1 $\mu\text{Sv/h}$ en el perímetro de la zona controlada.

11.8. Para limitar la extensión de la zona controlada convendría recurrir, en lo posible, a dispositivos adicionales de blindaje.

11.9. Las tasas de dosis transitorias registradas fuera del perímetro de la zona controlada serán mucho mayores durante las operaciones de carga y descarga de fuentes que durante el trabajo de diagrafía propiamente dicho, cuando la fuente se encuentra dentro del sondeo. Durante dichas operaciones convendría extremar las precauciones para que la carga y la descarga discurran de manera eficiente y no exista riesgo significativo para las personas que se encuentren en el perímetro de la zona controlada.

11.10. Convendría señalar los límites de la zona controlada, haciéndolo, cuando sea razonablemente posible, por medios físicos, en particular utilizando estructuras existentes como paredes, implantando barreras temporales o acordonando la zona con cinta. Convendría prestar especial atención al objetivo de impedir todo acceso no autorizado a la zona controlada.

Carteles de advertencia

11.11. En lugares adecuados del perímetro de la zona controlada se deberían colocar carteles que mostraran el símbolo de la radiación [20], junto con señales de advertencia e instrucciones adecuadas en un idioma que entiendan las personas que trabajen en el yacimiento. En ciertos casos puede ser conveniente colocar carteles adicionales a la entrada del yacimiento para informar a toda persona que entre en él de que se van a realizar actividades de diagrafía.

Vigilancia y monitorización del perímetro de la zona controlada

11.12. Antes de que comiencen las tareas de diagrafía convendría hacer salir de la zona controlada a todas las personas que haya en ella, exceptuando al personal que vaya a realizar dichas tareas. Antes de acometer su labor, estos trabajadores deberían comprobar que no haya ninguna persona no autorizada dentro de la zona controlada y que se haya hecho lo necesario para impedir el acceso a ella.

11.13. Durante las labores de diagrafía, el perímetro de la zona controlada debería ser claramente visible y estar bien iluminado y constantemente vigilado, de tal modo que ninguna persona no autorizada entre en la zona. Cuando se trate de una zona extensa o cuando una sola persona no baste para vigilarla eficazmente, debería haber más de una persona vigilando el perímetro.

11.14. En algún momento en que se ensaye la fuente (o cuando se utilice esta por primera vez, según las circunstancias), convendría medir las tasas de dosis en el perímetro de la zona controlada para tener la seguridad de que las barreras estén bien posicionadas y, de resultar necesario, modificar en consecuencia los límites y la demarcación de la zona controlada.

UTILIZACIÓN DE GENERADORES DE NEUTRONES EN LOS YACIMIENTOS

11.15. Entre las precauciones necesarias a la hora de utilizar generadores de neutrones en un yacimiento cabe mencionar las siguientes:

- a) la realización de diagrafías mar adentro supone a veces el uso de dos o más generadores de neutrones y, en tal circunstancia, convendría adoptar precauciones adicionales (entre ellas, una doble autenticación para controlar el acceso);
- b) el transporte de generadores de neutrones que contengan tritio debería ajustarse a lo dispuesto en la publicación SSR-6 (Rev. 1) [22];
- c) al manipular la herramienta de diagrafía convendría seguir procedimientos operacionales seguros (véase el párrafo 11.16).

11.16. El generador de neutrones debería permanecer apagado hasta que la sonda esté bajo tierra: lo más corriente, en la praxis industrial, es que el generador permanezca apagado hasta que la sonda se encuentre a una profundidad de entre 20 y 50 metros. Convendría aplicar sistemas y procedimientos operacionales de seguridad que impidan el encendido antes de tiempo de los generadores de

neutrones alimentados por batería. A la hora de izar un generador para extraerlo del pozo, convendría apagarlo y dejarlo dentro del pozo, a una profundidad de entre 20 y 50 metros, durante el período de tiempo especificado por el fabricante, para dejar que se produzca la desintegración de los productos de activación de período corto.

MONITORIZACIÓN DE LA TASA DE DOSIS

11.17. Cuando se realicen actividades de diagrafía, en el yacimiento debería haber al menos un instrumento de monitorización radiológica del lugar de trabajo para cada tipo de fuente que se emplee en dichas actividades. Antes de iniciar la labor de diagrafía convendría someter cada instrumento a las comprobaciones operacionales indicadas en el párrafo 7.8.

11.18. Se debería medir la tasa de dosis alrededor de los bultos utilizados para transportar material radiactivo, a fin de confirmar la presencia de la(s) fuente(s) y comprobar que se cumpla lo dispuesto en la publicación SSR-6 (Rev. 1) [22].

11.19. Durante las labores de diagrafía, uno de los principales objetivos de la monitorización radiológica estriba en comprobar que la fuente radiactiva esté debidamente blindada o que, al término de las actividades, el generador de radiación haya dejado de emitir radiación. Al acercarse al dispositivo de diagrafía convendría tener siempre encendido el instrumento de monitorización del lugar de trabajo, lo que servirá para comprobar que la fuente esté dentro de la sarta de herramientas y para confirmar que los niveles de radiación sean seguros.

MONITORIZACIÓN INDIVIDUAL DE LOS TRABAJADORES

11.20. Cuando esté trabajando con fuentes de radiación en el yacimiento, el personal de diagrafía debería llevar consigo en todo momento el dosímetro personal pasivo y el dosímetro personal activo (véase la sección 6). Los trabajadores deberían comprobar periódicamente su dosímetro personal activo para conocer las dosis recibidas durante el trabajo.

EQUIPO DE DIAGRAFÍA

11.21. En las actividades de diagrafía se debería utilizar únicamente equipo fabricado específicamente para tal fin. Los trabajadores deberían estar

familiarizados con el equipo y haber recibido capacitación para entender su(s) modo(s) de funcionamiento, su uso correcto y sus posibles problemas. También deberían conocer el conjunto de la fuente, su aspecto, la forma de utilizarlo y los riesgos derivados de una manipulación incorrecta.

11.22. Convendría en lo posible emplear fuentes radiactivas de menor actividad, siempre que el nivel de actividad sea suficiente para que la diagrafia ofrezca resultados aceptables. La utilización de fuentes de menor actividad puede presentar varias ventajas, como las siguientes:

- a) zonas controladas más pequeñas y por ende más fáciles de gestionar;
- b) tasas de dosis más bajas en las barreras y en el puesto del operador;
- c) menor peligro de radiación en caso de incidente, por ejemplo si la sonda queda atascada.

11.23. Únicamente se debería emprender el trabajo de diagrafia cuando la sonda y todos los elementos de equipo necesarios estén disponibles y en buen estado de funcionamiento. Entre estos elementos deberían figurar los siguientes:

- a) instrumento(s) de monitorización radiológica del lugar de trabajo (incluidas baterías de repuesto) y dosímetros personales;
- b) herramientas de manipulación de fuentes y blindaje local, si fuese necesario;
- c) barreras temporales, cintas y carteles y señales de advertencia, según proceda, para demarcar la zona controlada;
- d) equipo de emergencia, lo que incluye herramientas de manipulación a distancia de fuentes y un contenedor blindado de repuesto destinado a situaciones de emergencia.

11.24. Las propiedades de los contenedores de fuentes radiactivas (esto es, las propiedades físicas, el etiquetado, el blindaje y los dispositivos de manipulación del contenedor y la fuente y de carga y descarga seguras de la sonda) deberían ajustarse a los requisitos establecidos en la reglamentación.

COMPROBACIONES DE SEGURIDAD

11.25. Antes de utilizar el equipo de diagrafia se deberían efectuar las siguientes comprobaciones de seguridad, que deberían estar descritas en los procedimientos operacionales:

- a) medir la tasa de dosis para confirmar que la fuente radiactiva esté blindada;

- b) comprobar que las etiquetas de advertencia y las placas o etiquetas con datos sobre la fuente sean legibles;
- c) comprobar el buen funcionamiento de las herramientas de manipulación de fuentes, para lo cual, a fin de evitar toda exposición del personal durante estas comprobaciones, cabe utilizar una fuente simulada (de un diámetro tal que encaje con la sonda);
- d) comprobar que todos los elementos de sujeción y retención de la sonda funcionen bien, y
- e) comprobar que el contenedor de transporte de las fuentes esté en buen estado y funcione correctamente y asegurar cualquier tapón de blindaje para reducir la probabilidad de pérdida.

11.26. Si se detectase cualquier fallo o avería, no se debería utilizar el equipo hasta haber procedido a la pertinente sustitución o reparación.

ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE FUENTES RADIATIVAS EN EL YACIMIENTO

11.27. Cuando sea necesario almacenar fuentes radiactivas en un yacimiento durante la noche o entre una y otra operación, las fuentes deberían permanecer en un contenedor con precinto a prueba de manipulación depositado en una instalación de almacenamiento adecuada. Durante la fase de planificación convendría prever que quizá sea necesario este tipo de almacenamiento y tomar las oportunas disposiciones con el cliente para disponer de instalaciones de almacenamiento adecuadas que satisfagan los requisitos reglamentarios.

11.28. La instalación de almacenamiento del yacimiento debería ser una sala que cierre con llave, un almacén construido al efecto o un pozo de almacenamiento cuyo acceso esté controlado. La instalación de almacenamiento situada en el yacimiento debería ofrecer el mismo nivel de protección, seguridad tecnológica y seguridad física que las instalaciones de almacenamiento ubicadas en la base principal de la entidad explotadora. Además de resguardar el equipo de diagrafia de las condiciones del entorno, una instalación de almacenamiento adecuada también debería proporcionar un nivel adecuado de seguridad, proteger de la intemperie, ser resistente al fuego y estar situada a buena distancia de todo material corrosivo o explosivo.

11.29. La instalación de almacenamiento debería estar construida con materiales que proporcionen blindaje suficiente para reducir las tasas de dosis en el exterior de la instalación a los niveles fijados por el órgano regulador.

El interior de esa instalación debería ser designado “zona controlada” o “zona supervisada”, según proceda.

11.30. La puerta de acceso a la instalación de almacenamiento debería permanecer cerrada con llave y solo el personal autorizado debería tener la llave, que además debería estar diseñada específicamente para no que sea fácil reproducirla. Sobre la puerta debería colocarse un cartel de advertencia en el que aparezca el símbolo de la radiación [20] y figure un número de contacto para casos de emergencia. Una buena práctica consiste en disponer dos cerraduras distintas en la puerta de acceso a la instalación de almacenamiento, cuyas respectivas llaves guarden dos personas diferentes.

CONCLUSIÓN DEL TRABAJO Y RETIRADA DE LAS FUENTES DEL YACIMIENTO

11.31. Una vez culminado el trabajo de diagrafía, los trabajadores deberían utilizar una herramienta de monitorización del lugar de trabajo para comprobar que cada una de las fuentes haya sido colocada en un contenedor blindado y que no se haya desprendido ninguna fuente, operación de control cuyos resultados deberían ser registrados.

11.32. Antes de abandonar el yacimiento, los trabajadores deberían efectuar un reconocimiento visual para asegurarse de que el equipo no haya sufrido desperfectos. Las herramientas de diagrafía que alberguen fuentes radiactivas deberían ser acondicionadas para el transporte cerrando con llave y asegurando los correspondientes contenedores y bultos de transporte. Para evitar que estos bultos sufran daños durante el traslado, convendría estibarlos de forma segura dentro del vehículo.

12. TRANSPORTE DE FUENTES RADIATIVAS

12.1. Las fuentes radiactivas empleadas en diagrafía deberán ser transportadas:

- a) desde el suministrador de la fuente hasta la instalación de la entidad explotadora;
- b) desde la instalación de la entidad explotadora hasta el yacimiento donde se va a trabajar;

- c) desde la instalación de la entidad explotadora hasta la instalación del suministrador u otra instalación debidamente autorizada cuando la fuente haya llegado al término de su vida útil o ya no sea utilizada por cualquier otro motivo o después de un accidente relacionado con ella.

También será preciso trasladar las fuentes radiactivas empleadas en diagrafía de un lugar a otro de la instalación de la entidad explotadora, por ejemplo de la sala de almacenamiento a la sala de calibración.

12.2. El transporte de fuentes radiactivas empleadas en diagrafía (incluidos los generadores de neutrones que contienen tritio) debería ajustarse a los reglamentos nacionales y los requisitos establecidos en la publicación SSR-6 (Rev. 1) [22]. Cuando proceda, también se deberían tener en cuenta los instrumentos internacionales vinculantes que se aplican a determinados modos de transporte, como las Instrucciones Técnicas para el Transporte sin Riesgos de Mercancías Peligrosas por Vía Aérea [39] de la Organización de Aviación Civil Internacional o y el Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas [40] de la Organización Marítima Internacional. También pueden ser de aplicación acuerdos regionales como el Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera [41], el Acuerdo de Alcance Parcial para la Facilitación del Transporte de Mercancías Peligrosas concertado por los Gobiernos de la Argentina, el Brasil, el Paraguay y el Uruguay [42] o el Acuerdo Europeo relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Vías Navegables Interiores [43].

TRASLADOS DENTRO DEL LUGAR DE TRABAJO

12.3. Cuando se vayan a trasladar fuentes de radiación de un lugar a otro de un yacimiento para realizar labores de diagrafía, dichas fuentes deberían permanecer en la instalación de almacenamiento hasta que estén listas para el traslado a su nueva ubicación.

12.4. Para desplazar fuentes radiactivas, estas deberían estar necesariamente dentro de un contenedor debidamente blindado y cerrado con llave. La llave debería estar fuera del cerrojo y en manos únicamente de personal autorizado. Mientras sea trasladado de un espacio a otro del lugar de trabajo, el contenedor debería permanecer bajo vigilancia.

TRASLADO A OTRO YACIMIENTO

12.5. Cuando las fuentes de diagrafía vayan a ser trasladadas a otro yacimiento, estas fuentes deberían permanecer en la instalación de almacenamiento hasta que estén listas para el traslado al nuevo yacimiento. Para transportar las fuentes, estas deberían estar necesariamente dentro de un contenedor debidamente blindado y cerrado con llave y esta no debería quedar puesta en el cerrojo.

12.6. En la publicación SSR-6 (Rev. 1) [22] se asignan responsabilidades en el transporte de material radiactivo a las siguientes personas o entidades:

- a) remitente (persona o entidad que prepara una remesa para su transporte);
- b) transportista (persona o entidad que se encarga del transporte de material radiactivo);
- c) destinatario (persona o entidad que recibe una remesa).

En muchos casos, cuando se trata de labores de diagrafía en el propio yacimiento, la entidad explotadora cumple las tres funciones. Por lo tanto, esta entidad debe asegurarse de que el transporte de fuentes radiactivas empleadas en diagrafía se ajuste a los requisitos establecidos en la publicación SSR-6 (Rev. 1) [22] o en reglamentos nacionales equivalentes, en particular los requisitos referidos al diseño y etiquetado de los bultos de transporte, los aplicables a los vehículos y los relativos a los controles durante el transporte.

12.7. El transporte de material radiactivo es una actividad compleja, por lo que en esta guía de seguridad no cabría una exposición detallada de los requisitos establecidos en la publicación SSR-6 (Rev. 1) [22]. En la publicación titulada *Material explicativo para la aplicación del Reglamento del OIEA para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos* (edición de 2018) (*Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SSG-26 [Rev. 1]*) [44] se ofrecen indicaciones para cumplir estos requisitos.

12.8. En la publicación de la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° 9-G* (Rev. 1) [27] se ofrecen indicaciones exhaustivas sobre seguridad física nuclear en el transporte de material radiactivo.

13. PREPARACIÓN Y RESPUESTA PARA CASOS DE EMERGENCIA

CONSIDERACIONES GENERALES

13.1. En la publicación titulada *Preparación y respuesta para casos de emergencia nuclear o radiológica (Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 7)* [45] se establecen una serie de requisitos que determinan un nivel adecuado de preparación y respuesta para casos de emergencia nuclear o radiológica. Una emergencia es:

“Una situación o suceso no ordinario que requiere la pronta aplicación de medidas, principalmente para mitigar un peligro o consecuencias adversas para la vida, la salud y los bienes de las personas o para el medio ambiente.

- ① El término abarca las emergencias nucleares y radiológicas y las emergencias convencionales, como incendios, emisiones de productos químicos peligrosos, tormentas o terremotos.
- ① El término incluye también las situaciones que exigen la pronta aplicación de medidas para mitigar los efectos de un peligro percibido” [45].

13.2. Una emergencia nuclear o radiológica es:

“Una emergencia en la que existe, o se considera que existe, un peligro resultante de:

- a) la energía derivada de una reacción nuclear en cadena o de la desintegración de los productos de una reacción en cadena;
- b) la exposición a la radiación” [45].

13.3. Los incidentes relacionados con fuentes de radiación que se han producido en el curso de labores de diagrafia se han debido principalmente a errores de un operador o a fallos del equipo. En el anexo VI se ofrecen una serie de ejemplos al respecto. Los incidentes que se han registrados en relación con fuentes de diagrafia corresponden a los siguientes tipos:

- daño mecánico del equipo de diagrafia;
- pérdida de blindaje y, como consecuencia, tasas de dosis superiores a lo esperado;

- pérdida (o extravío) de fuentes radiactivas;
- caída o desprendimiento de fuentes;
- atascamiento de fuentes en un pozo o sondeo;
- fugas en las fuentes por efecto de un impacto mecánico, de la corrosión o de un incendio;
- catástrofes naturales (por ejemplo, huracanes);
- actos dolosos, como el robo de una fuente.

13.4. En muchos casos cabe prevenir los incidentes relacionados con fuentes de diagrafía o atenuar sus consecuencias adoptando las siguientes precauciones:

- a) el equipo de diagrafía debería cumplir las normas reglamentarias vigentes;
- b) los trabajadores deberían:
 - estar debidamente capacitados y cualificados y ser competentes;
 - observar las reglas locales y demás procedimientos pertinentes;
 - emplear instrumentos de monitorización del lugar de trabajo calibrados y llevar puestos dosímetros personales adecuados antes, durante y después de cada uso de las fuentes;
 - inspeccionar sistemática y debidamente el equipo de diagrafía antes de utilizarlo;
 - hacer un uso adecuado del equipo de emergencia;
 - realizar un reconocimiento final de la zona de trabajo antes de abandonar el yacimiento.

ELABORACIÓN DE PLANES Y PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA

13.5. Aunque la prevención de incidentes y accidentes es la prioridad más importante, aun así podrían producirse sucesos que exigiesen medidas protectoras u otras medidas de respuesta. Las entidades explotadoras están obligadas a disponer de un plan y de procedimientos de emergencia elaborados con antelación para dar cumplimiento a los objetivos de la respuesta a emergencias y para que esta respuesta sea eficaz (véase el requisito 23 de la publicación GSR Part 7 [45]). Cuando se vayan a realizar tareas de diagrafía en las instalaciones de un cliente, convendría examinar con este los planes y procedimientos de emergencia.

13.6. Es preciso determinar los factores de peligro ligados a las fuentes de radiación empleadas en diagrafía y valorar las posibles consecuencias de una emergencia y, a partir de ahí, utilizar estos elementos como base para establecer un dispositivo de preparación y respuesta para casos de emergencia, según lo

dispuesto en el requisito 4 de la publicación GSR Part 7 [45]. En la evaluación del peligro que lleve a cabo la entidad explotadora se deberían identificar las posibles emergencias que puedan afectar a trabajadores, miembros del público o el medio ambiente.

13.7. La categoría IV de preparación para emergencias —según lo indicado en el cuadro 1 de la publicación GSR Part 7 [45]— se aplica en general a la realización de diagrafías con empleo de fuentes radiactivas. Es obligatorio establecer las oportunas disposiciones de emergencia (lo que incluye planes, procedimientos, capacitación, simulacros, ejercicios y un programa de gestión de la calidad) que corresponden a esta categoría. En la publicación titulada *Disposiciones de preparación para emergencias nucleares o radiológicas (Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GS-G-2.1)* [46] y en la titulada *Criterios aplicables a la preparación y respuesta a situaciones de emergencia nuclear o radiológica (Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSG-2)* [47] se ofrecen más recomendaciones al respecto.

13.8. El plan de emergencia de una instalación de diagrafía debería contemplar situaciones como la pérdida, el extravío o el robo de una fuente o la presencia de desperfectos en el equipo de diagrafía que provoquen contaminación y/o un aumento de las tasas de dosis. Los procedimientos de emergencia deberían incluir lo siguiente:

- una exposición clara de las funciones y responsabilidades;
- un concepto de operaciones;
- disposiciones de comunicación y coordinación;
- protocolos de notificación de una emergencia;
- instrucciones para el personal del yacimiento;
- instrucciones para la señalización de la zona afectada y el control de los accesos;
- medidas destinadas a proteger a los trabajadores de emergencias, cuando proceda.

De ser posible, al redactar los planes y procedimientos de emergencia convendría consultar a un experto cualificado.

13.9. En la publicación GS-G-2.1 [46] se ofrecen recomendaciones para la elaboración, paso a paso, de disposiciones de emergencia adecuadas a la escala de la entidad y también a escala local y nacional, con inclusión de modelos de plan de emergencia. En la referencia [48] se proporcionan más indicaciones prácticas sobre procedimientos genéricos de evaluación y respuesta durante una

emergencia radiológica. En la referencia [49] se proporcionan pautas de actuación para afrontar emergencias radiológicas.

13.10. Cabe contemplar las disposiciones de emergencia como un compendio de diversas tareas que deberían asumir la entidad explotadora o las organizaciones de respuesta competentes, de conformidad con las recomendaciones formuladas en la publicación GS-G-2.1 [46] relativas a las instalaciones y actividades adscritas a la categoría IV de preparación para emergencias.

13.11. Para aplicar el plan y los procedimientos de emergencia en el yacimiento tal vez se necesite el apoyo de entidades externas (por ejemplo, una organización de respuesta, servicios de emergencia o especialistas en protección radiológica ajenos al yacimiento), según se indica en las publicaciones GSR Part 7 [45] y GS-G-2.1 [46]. El plan de emergencia del yacimiento debería contener información detallada sobre todo apoyo externo y convendría asegurarse de que las personas o entidades llamadas a prestar ese apoyo tuvieran pleno conocimiento de sus responsabilidades y las aceptaran. En dicho plan de emergencia deberían constar, en particular, las disposiciones destinadas a establecer una comunicación inmediata y eficiente entre todas las partes interesadas.

13.12. Al solicitar una autorización, la entidad explotadora está obligada a presentar su plan de emergencia del yacimiento al órgano regulador para que este le dé su aprobación (párrafo 6.19 de la publicación GSR Part 7 [45]). Además, la entidad explotadora debería poner el plan de emergencia y los procedimientos conexos a disposición de las autoridades externas que correspondan.

EQUIPO DE EMERGENCIA

13.13. La entidad explotadora está obligada a tener a su disposición todo el instrumental y equipo y todos los suministros, sistemas de comunicación, instalaciones y documentos que se requieran para responder a una emergencia y a asegurarse de que todos estos elementos estén sujetos a un programa de gestión de la calidad que incluya controles de inventario y procesos de ensayo y calibración (véase el párrafo 6.34 de la publicación GSR Part 7 [45]).

13.14. Se deberían extremar las precauciones cuando se sospeche que una cápsula de fuentes selladas pudiera estar dañada, pues podría producirse una fuga de material radiactivo de la fuente, con el consiguiente riesgo de contaminación de personas y objetos que se encuentren en las inmediaciones. Para detectar y medir la contaminación radiactiva procedente de una fuente con fugas se necesita

equipo especial de monitorización radiológica y personal competente en la materia. Cuando sepa o sospeche que ha habido rotura de la cápsula de la fuente y carezca de los medios de actuación necesarios para responder a tal suceso, la entidad explotadora debería solicitar sin tardanza asesoramiento a un experto cualificado. En tales circunstancias, convendría prestar la debida atención a la descontaminación de las personas y del equipo, según corresponda.

13.15. En el caso de emergencias relacionadas con fuentes de diagrafía, convendría tener en cuenta que dependiendo de las circunstancias, podría hacer falta el siguiente equipo:

- a) instrumentos adecuados de monitorización del lugar de trabajo para medir tasas de dosis tanto elevadas como bajas;
- b) dosímetros personales activos provistos de alarma;
- c) dosímetros personales adicionales;
- d) material para levantar barreras y carteles de advertencia para delimitar temporalmente una zona controlada;
- e) blindaje local, como bolsas llenas de bolitas de plomo o placas de plomo;
- f) juegos de herramientas adecuados y equipo de recuperación de fuentes (pinzas manuales largas, alicates, destornilladores, cortapernos, llave ajustable);
- g) un contenedor blindado de repuesto;
- h) kit de ensayo de frotis para comprobar la estanqueidad de las fuentes y detectar la eventual contaminación de otras superficies;
- i) equipo de comunicaciones (como teléfonos móviles o transmisores y receptores de radio);
- j) baterías y linternas de repuesto;
- k) equipo necesario de protección personal.

EJEMPLO DE PROCEDIMIENTOS DE RESPUESTA TRAS UN INCIDENTE CON FUENTES DE RADIACIÓN EMPLEADAS EN DIAGRAFÍA

13.16. Los párrafos 13.17 a 13.20 contienen indicaciones prácticas sobre las medidas inmediatas que deben adoptar los trabajadores y el oficial de protección radiológica ante una emergencia. Aunque las distintas medidas están enumeradas siguiendo la secuencia en la que presumiblemente se llevarían a cabo, en función de las circunstancias concretas podría ser necesario actuar en otro orden. La entidad explotadora debería definir sus procedimientos e instrucciones de emergencia teniendo en cuenta las recomendaciones formuladas en esta sección y las hipótesis

de accidente postuladas a partir de la evaluación del peligro. Como siempre, a la hora de responder a cualquier emergencia radiológica, la más importante de las prioridades debería ser la protección de las personas.

Medidas que deben tomarse ante sucesos relacionados con fuentes de radiación gamma o neutrónica

13.17. Ante un eventual suceso relacionado con una fuente de radiación gamma o neutrónica, los trabajadores deberían proceder como sigue:

- a) reconocer rápidamente la existencia de una situación anómala que podría constituir una emergencia y aplicar los procedimientos de emergencia oportunos;
- b) mantener la calma y alejarse de la fuente radiactiva, asegurándose de que cualquier otro trabajador que haya en las inmediaciones sea evacuado e informado de que podría haber una emergencia;
- c) informar al oficial de protección radiológica de la entidad explotadora;
- d) medir las tasas de dosis de radiación neutrónica o gamma y consignar la dosis que registren los dosímetros personales activos;
- e) confirmar, establecer o restablecer barreras alrededor de la zona controlada, en función de los niveles de referencia de tasa de dosis fijados en los requisitos reglamentarios y en el plan y los procedimientos de emergencia;
- f) impedir el acceso a la zona controlada;
- g) utilizar el equipo de protección personal necesario;
- h) mantener bajo vigilancia la zona controlada;
- i) informar a las autoridades competentes (y al cliente, cuando la emergencia tenga lugar en su yacimiento) y solicitar asistencia según lo dispuesto en el plan y los procedimientos de emergencia.

13.18. Ante un eventual suceso relacionado con una fuente de radiación gamma o neutrónica, el oficial de protección radiológica debería proceder como sigue:

- a) planificar y poner en práctica una línea de actuación específica atendiendo a los planes y procedimientos de emergencia previamente establecidos, procurando reducir al mínimo las dosis que se pudieran recibir a resultas de esa línea de actuación;
- b) desplazarse a un lugar alejado de la zona controlada y ensayar la línea de actuación prevista antes de penetrar en la zona controlada para ejecutar el plan de emergencia;
- c) poner en práctica la línea de actuación prevista en la medida en que lo permitan la capacitación, el equipo disponible, la situación real y las

- autorizaciones, sabiendo que en ninguna circunstancia la fuente debería entrar en contacto con las manos ni con otras partes del cuerpo;
- d) si la línea de actuación adoptada resultase infructuosa, abandonar la zona controlada y estudiar la siguiente línea de actuación, manteniendo mientras tanto bajo vigilancia la zona controlada;
 - e) de ser necesario, solicitar la asistencia técnica de un experto cualificado o del fabricante de la fuente o el equipo de diagrafia, según corresponda, sabiendo que esa prestación de asistencia podría formar parte del plan y los procedimientos de emergencia, en cuyo caso debería estar planificada y acordada entre las distintas partes de antemano;
 - f) cuando se haya logrado controlar la situación y la fuente sea segura, investigar la emergencia y estimar las dosis recibidas;
 - g) devolver los dosímetros personales al servicio de dosimetría para que este haga rápidamente los cálculos oportunos;
 - h) hacer lo necesario para que el fabricante repare todo elemento del equipo que esté dañado o averiado o para que un experto cualificado efectúe una detallada inspección del equipo y lo repare antes de que vuelva a ser utilizado;
 - i) preparar un informe y trasladarlo al órgano regulador, de conformidad con los requisitos reglamentarios.

Medidas que deben tomarse ante sucesos relacionados con generadores de neutrones

13.19. Ante un eventual suceso relacionado con un generador de neutrones, los trabajadores deberían proceder como sigue:

- a) reconocer rápidamente la existencia de una situación anómala que podría constituir una emergencia y aplicar los procedimientos de emergencia oportunos;
- b) apagar la alimentación eléctrica del generador de neutrones;
- c) comunicar lo ocurrido al oficial de protección radiológica;
- d) realizar una inspección radiológica para comprobar si hay peligro de radiación residual;
- e) no mover el equipo de diagrafia hasta haber registrado datos como su posición, la dirección del haz y los parámetros de exposición (corriente y voltaje del tubo y tiempo de exposición);
- f) no utilizar el generador de neutrones hasta que el fabricante o un experto cualificado lo haya examinado y reparado;
- g) utilizar el equipo de protección personal necesario.

13.20. Ante un eventual suceso relacionado con un generador de neutrones, el oficial de protección radiológica debería proceder como sigue:

- a) estimar las dosis que se podrían haber recibido;
- b) devolver los dosímetros personales al servicio de dosimetría para que este haga rápidamente los cálculos oportunos;
- c) preparar un informe y trasladarlo al órgano regulador, de conformidad con los requisitos reglamentarios.

CAPACITACIÓN Y EJERCICIOS

13.21. Según lo dispuesto en el párrafo 5.44 de la publicación GSR Part 7 [45], todo el personal llamado a participar en la ejecución de planes de emergencia debe estar debidamente cualificado y capacitado para cumplir eficazmente sus funciones. Ello supone, entre otras cosas, estar familiarizado con el plan de emergencias y comprenderlo y recibir capacitación específica sobre la aplicación de procedimientos de emergencia y el uso de equipo de emergencia. También supone haber recibido pautas y capacitación sobre el radio aproximado de la zona de acordonamiento interior en la cual se adoptarían inicialmente medidas protectoras urgentes y sobre la manera de ajustar esa zona en función de las condiciones que se observen en el emplazamiento o de la valoración que se haga de ellas.

13.22. Cada trabajador debería aplicar únicamente aquellas partes del plan de emergencia para las que disponga de autorización y capacitación y del equipo adecuado. Convendría revisar periódicamente el dispositivo de capacitación para tener la seguridad de que los trabajadores puedan actuar eficazmente en todo momento.

13.23. Se deberían realizar ejercicios de emergencia para poner a prueba los componentes básicos del plan de emergencia, ejercicios que deberían tener lugar con una periodicidad proporcional al posible peligro. Convendría organizar con frecuencia ejercicios a pequeña escala para asegurarse de tener actualizadas las señas de contacto de todas las personas y entidades que tengan alguna responsabilidad en la respuesta a emergencias.

13.24. Toda enseñanza que se extraiga de los ejercicios deberá ser integrada en los procesos de examen y, cuando sea necesario, de revisión del plan y los procedimientos de emergencia (véase el párrafo 6.36 de la publicación GSR Part 7 [45]).

EXÁMENES PERIÓDICOS DEL PLAN DE EMERGENCIA

13.25. Convendría realizar periódicamente exámenes en buena y debida forma del plan de emergencia, que incluyeran disposiciones para actualizar el plan a partir de las enseñanzas extraídas de ejercicios o de situaciones de emergencia.

ELABORACIÓN DE INFORMES

13.26. El proceso de preparación y respuesta para casos de emergencia tiene por principal objetivo atenuar las consecuencias de una emergencia. Para lograrlo, convendría examinar con espíritu crítico los incidentes que se hayan producido, de tal modo que las enseñanzas extraídas alimenten el proceso y se traduzcan en propuestas para mejorar el equipo, los procedimientos de mantenimiento, los procedimientos operacionales y las disposiciones de respuesta a emergencias. Por ello se debería elaborar un informe exhaustivo que incluya un análisis de la emergencia y de la respuesta que se le haya dado.

13.27. De preparar el informe sobre un incidente relacionado con fuentes de radiación empleadas en diagrafia debería encargarse el oficial de protección radiológica, con el concurso, de ser necesario, de expertos cualificados. Esos informes deberían ser presentados a la dirección de la entidad, al órgano regulador y a otras autoridades competentes de ámbito local, regional o nacional. Cuando exista la posibilidad de que el incidente se haya debido a un funcionamiento defectuoso del equipo, se debería notificar tal hecho al suministrador y al órgano regulador para que puedan evaluar el equipo y obrar en consecuencia.

13.28. El informe sobre una emergencia debería incluir la siguiente información:

- a) descripción de la emergencia, con información lo más detallada posible sobre el equipo relacionado con ella, incluyendo, cuando sea posible, los números de modelo y números de serie;
- b) condiciones ambientales reinantes en el momento de la emergencia, indicando, en particular, si esas condiciones tuvieron o no algún tipo de influencia significativa en la causa de la emergencia o en su resultado;
- c) causa(s) concreta(s) de la emergencia;
- d) información detallada sobre las medidas adoptadas para recuperar el control de la situación y restaurar la normalidad, haciendo especial referencia a cualquier medida que fuese notablemente beneficiosa o perjudicial;
- e) personal que intervino y sus funciones, tareas y cualificaciones;

- f) determinación y resumen de las dosis recibidas por todas las personas afectadas;
- g) medidas correctivas recomendadas para prevenir emergencias similares en el futuro, y
- h) enseñanzas extraídas de la gestión de la emergencia.

COMUNICACIÓN CON EL PÚBLICO

13.29. En el caso de emergencias relacionadas con fuentes de diagrafía (por ejemplo, en caso de robo de una fuente), la comunicación con el público debería ser incumbencia de la entidad explotadora, en diálogo con el órgano regulador y demás autoridades competentes, conforme a lo previsto en el plan y los procedimientos de emergencia. En los requisitos 10 y 13 establecidos en la publicación GSR Part 7 [45] se tratan las disposiciones de comunicación con el público y en la publicación GS-G-2.1 se formulan más recomendaciones sobre el modo de mantener informado al público.

REFERENCIAS

- [1] COMUNIDAD EUROPEA DE LA ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR (OCDE), ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, *Principios fundamentales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° SF-1, OIEA, Viena, 2007.
- [2] BADRUZZAMAN, A., BARNES, S., BAIR, F.J., GRICE, K.J., “Radioactive sources in petroleum industry: Applications, concerns and alternatives”, Proc. Asia Pacific Health, Safety, Security and Environment Conference and Exhibition, Jakarta, 2009, Society of Petroleum Engineers, Richardson, TX (2009).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Clasificación de las fuentes radiactivas, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° RS-G-1.9, OIEA, Viena, 2009.
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Seguridad de los generadores de radiación y de las fuentes radiactivas selladas, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° RS-G-1.10, OIEA, Viena, 2009.
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Seguridad radiológica en la radiografía industrial, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° SSG-11, OIEA, Viena, 2013.
- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Seguridad radiológica de las instalaciones de irradiación de rayos gamma, electrones y rayos X, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° SSG-8, OIEA, Viena, 2015.
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Safety in the Use of Nuclear Gauges, IAEA Safety Standards Series No. SSG-58, IAEA, Vienna (2020).
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Glosario de seguridad del OIEA: Terminología empleada en seguridad tecnológica nuclear y protección radiológica, Edición de 2018*, OIEA, Viena, 2022.
- [9] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, COMISIÓN EUROPEA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° GSR Part 3, OIEA, Viena, 2016.

- [10] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Gestión de desechos radiactivos procedentes de la extracción y el tratamiento de minerales*, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-1.2, OIEA, Viena, 2010. (Hay una versión revisada de esta publicación en preparación).
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Application of Radiotracer Techniques for Interwell Studies*, IAEA Radiation Technology Series No. 3, IAEA, Vienna (2012).
- [12] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Marco gubernamental, jurídico y regulador para la seguridad*, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 1 (Rev. 1), OIEA, Viena, 2017.
- [13] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Inspección de las fuentes de radiación y aplicación coercitiva*, IAEA-TECDOC-1526, OIEA, Viena, 2010.
- [14] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Estrategia nacional para recuperar el control de fuentes huérfanas y mejorar el control de fuentes vulnerables*, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SSG-19, OIEA, Viena, 2013.
- [15] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Código de Conducta sobre la Seguridad Tecnológica y Física de las Fuentes Radiactivas*, OIEA, Viena, 2004.
- [16] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Evaluación de la seguridad de las instalaciones y actividades*, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 4 (Rev. 1), OIEA, Viena, 2018.
- [17] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, *Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica*, Publicación 103, Senda Editorial S.A., Madrid, 2008.
- [18] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Developing Safety Culture in Nuclear Activities: Practical Suggestions to Assist Progress*, Safety Reports Series No. 11, IAEA, Vienna (1998).
- [19] OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Protección radiológica ocupacional*, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSG-7, OIEA, Viena, 2022.
- [20] ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN, *Símbolo básico para radiación ionizante*, ISO 361:1975, AENOR, Madrid, 2016.
- [21] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Training in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources*, Safety Reports Series No. 20, IAEA, Vienna (2001).
- [22] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos*, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SSR-6 (Rev. 1), OIEA, Viena, 2019.
- [23] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry*, Safety Reports Series No. 34, IAEA, Vienna (2003).
- [24] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Directrices sobre la Importación y Exportación de Fuentes Radiactivas*, OIEA, Viena, 2012.

- [25] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Recomendaciones de seguridad física nuclear sobre materiales radiactivos e instalaciones conexas*, Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA N° 14, OIEA, Viena, 2012.
- [26] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Seguridad física de los materiales radiactivos durante su uso y almacenamiento y de las instalaciones conexas*, Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA N° 11-G (Rev. 1), OIEA, Viena, 2022.
- [27] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *La seguridad física de los materiales radiactivos durante su transporte*, Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA N° 9-G (Rev. 1), OIEA, Viena, 2022.
- [28] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Seguridad física de la información nuclear*, Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA N° 23-G, OIEA, Viena, 2018.
- [29] ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN, *Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos*, ISO 9001:2015, ISO, Ginebra, 2015.
- [30] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Liderazgo y gestión en pro de la seguridad*, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 2, OIEA, Viena, 2017.
- [31] ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN, *Protección radiológica. Fuentes radiactivas encapsuladas. Requisitos generales y clasificación*, ISO 2919:2012, AENOR, Madrid, 2015.
- [32] ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN, *Protección radiológica. Fuentes selladas. Métodos de ensayo de fugas*, ISO 9978:1992, AENOR, Madrid, 2023.
- [33] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, *Qualification of Special Form Radioactive Material*, 10 CFR 71.75, US Govt Printing Office, Washington DC (2015).
- [34] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Clausura de instalaciones*, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 6, OIEA, Viena, 2017.
- [35] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities*, IAEA Safety Standards Series No. SSG-49, IAEA, Vienna (2019).
- [36] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Predisposal Management of Radioactive Waste from the Use of Radioactive Material in Medicine, Industry, Agriculture, Research and Education*, IAEA Safety Standards Series No. SSG-45, IAEA, Vienna (2019).
- [37] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Borehole Disposal Facilities for Radioactive Waste*, IAEA Safety Standards Series No. SSG-1, IAEA, Vienna (2009).
- [38] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *BOSS: Borehole Disposal of Disused Sealed Sources — A Technical Manual*, IAEA-TECDOC-1644, IAEA, Vienna (2011).
- [39] ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL, *Instrucciones técnicas para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea*, Edición de 2017-2018, OACI, Montreal, 2017.

- [40] ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL, *Código IMDG: Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas, Edición de 2018*, OMI, Londres, 2018.
- [41] UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, INLAND TRANSPORT COMMITTEE, *European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR)*, 2019 Edition, UNECE, Geneva (2019).
- [42] MERCOSUR, *Acuerdo de Alcance Parcial para la Facilitación del Transporte de Mercancías Peligrosas*, 1994.
- [43] UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, INLAND TRANSPORT COMMITTEE, *European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways (ADN)*, 2017 Edition, UNECE, Geneva (2016).
- [44] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (2018 Edition)*, IAEA Safety Standards Series No. SSG-26 (Rev. 1), IAEA, Vienna (in preparation).
- [45] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, COMISIÓN PREPARATORIA DE LA ORGANIZACIÓN DEL TRATADO DE PROHIBICIÓN COMPLETA DE LOS ENSAYOS NUCLEARES, OFICINA DE COORDINACIÓN DE ASUNTOS HUMANITARIOS DE LAS NACIONES UNIDAS, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE POLICÍA CRIMINAL (INTERPOL), ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL, ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, *Preparación y respuesta para casos de emergencia nuclear o radiológica, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 7*, OIEA, Viena, 2018.
- [46] OFICINA DE COORDINACIÓN DE ASUNTOS HUMANITARIOS DE LAS NACIONES UNIDAS, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, *Disposiciones de preparación para emergencias nucleares o radiológicas, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GS-G-2.1*, OIEA, Viena, 2010.
- [47] OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, *Criterios aplicables a la preparación y respuesta a situaciones de emergencia nuclear o radiológica, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSG-2*, OIEA, Viena, 2013.

- [48] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Generic Procedures for Assessment and Response during a Radiological Emergency, IAEA-TECDOC-1162, IAEA, Vienna (2000).
- [49] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Método para elaborar disposiciones de respuesta a emergencias nucleares o radiológicas*, EPR-METHOD 2003, OIEA, Viena, 2009.

Anexo I

SÍNTESIS DE LAS FUENTES RADIATIVAS EMPLEADAS EN DIAGRAFÍA

I-1. El uso de fuentes radiactivas es algo muy corriente en diversas técnicas de diagrafía. En el cuadro I-1 se muestran varios ejemplos de fuentes radiactivas y generadores de neutrones que se utilizan habitualmente en aplicaciones de diagrafía de la industria petrolera [I-1] y se indica su clasificación de acuerdo con la *Clasificación de las fuentes radiactivas (Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° RS-G-1.9)* [I-2].

REFERENCIAS DEL ANEXO I

- [I-1] BADRUZZAMAN, A., BARNES, S., BAIR, F.J., GRICE, K.J., “Radioactive sources in petroleum industry: Applications, concerns and alternatives”, Proc. Asia Pacific Health, Safety, Security and Environment Conference and Exhibition, Jakarta, 2009, Society of Petroleum Engineers, Richardson, TX (2009).
- [I-2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Clasificación de las fuentes radiactivas, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° RS-G-1.9*, OIEA, Viena, 2009.

CUADRO I-1. SELECCIÓN DE FUENTES UTILIZADAS EN APLICACIONES DE LA INDUSTRIA PETROLERA
[II-1]

Aplicación	Radioisótopo	Período de semidesintegración (años)	Actividad típica (A) (TBq ^a)	Valor D (TBq ^a)	Coefficiente de actividad (A/D)	Categoría (según A/D)	Categoría recomendada
Diagrafía: porosidad neutrónica o litología por espectro de captura	Am 241/Be	433	0,02-0,8	0,06	0,33-13	2, 3 o 4	3
Diagrafía: densidad	Cs 137	30,2	0,037-0,074	0,1	0,37-0,74	4	3
Diagrafía: porosidad neutrónica	Cf 252	2,65	0,001-0,004	0,02	0,05-0,02	4	3
Diagrafía con generador de neutrones de deuterio-tritio (D-T)	H 3	12,33	0,11-1,1	2000	5×10^{-5} - 5×10^{-4}	5	5

^a En el sector de la diagrafía de algunos Estados, la actividad de la fuente se expresa en curios. A efectos de conversión, 1 TBq equivale a 27 curios.

Anexo II

CONSIDERACIONES SOBRE LA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD EN ACTIVIDADES DE DIAGRAFÍA

II-1. Para preparar una evaluación de la seguridad en condiciones normales de funcionamiento y en situaciones de incidente previsible, es necesario considerar y consignar los factores de peligro ligados a la actividad y las medidas de control correspondientes. A continuación se indican algunos de los elementos importantes de toda evaluación de la seguridad de las labores de diagrafía.

CONDICIONES NORMALES DE FUNCIONAMIENTO

II-2. Las actividades propias de condiciones normales de funcionamiento son las siguientes:

- almacenamiento de las fuentes de diagrafía;
- calibración y utilización del instrumental de diagrafía;
- transporte de las fuentes;
- trabajo en el yacimiento con el instrumental de diagrafía;
- mantenimiento del instrumental, y
- disposición final de las fuentes en desuso.

II-3. En relación con cada una de estas actividades, deberían determinarse los factores de peligro existentes y las medidas de control necesarias.

INCIDENTES RAZONABLEMENTE PREVISIBLES

II-4. Sigue una lista, en modo alguno exhaustiva, de incidentes razonablemente previsible ligados a fuentes de radiación empleadas en diagrafía:

- a) una fuente se desprende de la sonda (dentro del pozo o en otro lugar);
- b) una fuente queda encallada dentro de la sonda o del contenedor;
- c) una sonda queda atascada en el pozo o sondeo;
- d) imposibilidad de apagar un generador de neutrones;
- e) presencia de elevadas tasas de dosis en una zona no designada como zona controlada;

- f) presunta o comprobada sobreexposición de personas a radiación gamma y/o neutrónica;
- g) desaparición, pérdida o robo de una fuente;
- h) una fuente sufre daños o presenta fugas, a resultas por ejemplo de daños mecánicos, un incendio o una explosión en una zona de trabajo o de almacenamiento;
- i) sucesos que entrañan la rotura de una fuente, como puede ocurrir por ejemplo al tratar de recuperar una fuente atascada en el fondo de un pozo, y
- j) un accidente durante el transporte de fuentes radiactivas.

II-5. A continuación se exponen los elementos que deben tenerse en cuenta en la evaluación de la seguridad referida a cada una de estas hipotéticas situaciones.

FACTORES DE PELIGRO

Peligro de radiación externa

II-6. En la evaluación de la seguridad deben tenerse en cuenta los siguientes factores de peligro de radiación externa:

- a) fuentes radiactivas: tasas de dosis de radiación gamma y, cuando corresponda, de radiación neutrónica procedente de fuentes empleadas en diagrafia durante su almacenamiento, utilización (con o sin blindaje) o transporte, así como en situaciones de accidente;
- b) generadores de neutrones: tasas de dosis de radiación gamma y radiación neutrónica procedente de generadores de neutrones en condiciones de uso normales y en situaciones de accidente, y
- c) radiación gamma emitida por cualquier producto de activación neutrónica.

Peligro de radiación interna

II-7. En la evaluación de la seguridad deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos relacionados con el peligro de radiación interna:

- a) posibilidad de que la sonda resulte contaminada con material radiactivo natural (aspecto no tratado en la presente publicación);
- b) posibilidad de que haya exposición interna si una fuente radiactiva sellada resulta dañada.

¿Quiénes estarían en situación de peligro?

II-8. Deberán considerarse las siguientes personas, según corresponda:

- a) trabajadores: personal de diagrafia y demás trabajadores presentes en el yacimiento (p. ej., operadores de grúa);
- b) miembros del público, incluidas personas que visiten el yacimiento.

MEDIDAS DE CONTROL

Controles técnicos

II-9. Deberán considerarse los siguientes controles técnicos:

- a) blindaje de las instalaciones de almacenamiento, los contenedores de instrumental de diagrafia y los bultos y sobreembalajes de transporte (radionucleidos emisores de radiación gamma o neutrónica, según corresponda);
- b) diseño de los bultos de transporte;
- c) uso de herramientas de manipulación adecuadas (por ejemplo, para poder operar a cierta distancia de la fuente);
- d) diseño de las sondas, por ejemplo para reducir al mínimo la probabilidad de desprendimiento de una fuente;
- e) contenedores temporales de fuentes, para ser utilizados tras un accidente.

Controles administrativos

II-10. Deberán considerarse los siguientes controles administrativos:

- a) procedimientos de trabajo seguro, lo que incluye las reglas locales;
- b) etiquetado y documentación del bulto de transporte;
- c) designación y demarcación, con barreras y señales de advertencia, de las zonas controladas;
- d) capacitación del personal y nombramiento de un oficial de protección radiológica;
- e) asesoramiento de un experto cualificado;
- f) monitorización radiológica individual y del lugar de trabajo (radiación gamma y neutrónica) y vigilancia de la salud;

- g) programa de mantenimiento preventivo y comprobaciones periódicas del estado del equipo de diagrafía;
- h) auditorías periódicas de la seguridad de las operaciones;
- i) pruebas de estanqueidad de las fuentes radiactivas selladas, y
- j) registro de contabilidad de las fuentes y de sus traslados.

Anexo III

INFORMACIÓN SOBRE LA SEGURIDAD RADIOLÓGICA DE LOS GENERADORES DE NEUTRONES EMPLEADOS EN DIAGRAFÍA

III-1. El tipo de generador de neutrones que se utiliza para realizar diagrfias es un acelerador compacto de núcleos de deuterio, integrado, entre otros componentes, por un tubo acelerador (tubo de neutrones), un blanco que contiene deuterio o tritio, alimentación de alta tensión y un módulo de medición.

III-2. Al utilizar generadores de neutrones, los parámetros importantes, desde el punto de vista de la seguridad radiológica, son los siguientes:

- tasa equivalente de dosis ambiental (radiación neutrónica y gamma) a 1,0 m del generador de neutrones mientras este funciona a potencia nominal;
- tasa equivalente de dosis ambiental (radiación gamma) a 0,1 m del blanco del tubo del generador de neutrones durante, como máximo, la hora siguiente al funcionamiento del generador a potencia nominal, y
- actividad del tritio en el blanco.

III-3. Normalmente, antes de que se permita al personal manipular directamente el generador será preciso que la tasa de dosis a 0,1 m del objetivo del tubo haya caído por debajo de 1 $\mu\text{Sv/h}$ o de otro valor establecido por el órgano regulador. De lo contrario, será necesario respetar un tiempo de espera para que se produzca la desintegración de los productos de activación en el tubo. El principal problema de la activación neutrónica es la radiación gamma que emite el Mn 56 (período de semidesintegración: 2,6 horas) generado a partir del Fe 56 y el Mn 55 presentes en la cubierta del generador: las reacciones correspondientes son Fe 56(n,p)Mn 56 (neutrones rápidos de 14 MeV) y Mn 55(n, γ)Mn 56 (neutrones térmicos). Como se explica en el párrafo 11.16, al izar el generador para extraerlo de un pozo hay que apagarlo y dejarlo dentro del pozo, a una profundidad de entre 20 y 50 metros, para que se produzca la desintegración de los productos de activación de período corto.

Anexo IV

CÁLCULO DEL BLINDAJE RADIOLÓGICO

IV-1. En este anexo se ofrecen algunos ejemplos sencillos de cálculos relativos al blindaje de fuentes de radiación gamma y fuentes de neutrones utilizadas en el sector de la diagrafía.

BLINDAJE DE FUENTES DE RADIACIÓN GAMMA

IV-2. Cuando los rayos gamma atraviesan un medio son absorbidos en una determinada medida, que vendrá dada por el coeficiente de atenuación lineal del medio que se aplique a los rayos radiación gamma del nivel de energía en cuestión. Los coeficientes de atenuación lineal varían en función de la densidad del absorbente, incluso en el caso de un mismo material absorbente. La ley de atenuación se expresa como sigue:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu t} \quad (\text{IV-1})$$

donde

I es la intensidad de los fotones transmitidos a través del absorbente;

I_0 es la intensidad inicial de los fotones;

μ es el coeficiente de atenuación lineal (cm^{-1});

y t es el espesor del material absorbente (cm).

IV-3. Cuando se trata de radiación gamma, es útil considerar el espesor de semirreducción (HVT, por la sigla en inglés) de un determinado material absorbente para los rayos gamma de los niveles de energía en cuestión. El HVT se define como el espesor del material de blindaje que hará que este transmita la mitad de la radiación que incide en él. Se determina a partir del coeficiente de atenuación lineal con arreglo a la siguiente fórmula:

$$1 \text{ HVT} = 0,693 / \mu \quad (\text{IV-2})$$

Análogamente, se define el espesor de reducción a 1/10 (TVT, por su sigla en inglés) como aquel espesor del material de blindaje que hará que este

transmita una décima parte de la radiación que incida en él (1 TVT equivale aproximadamente a 3,3 HVT).

IV-4. En el caso del Cs 137, los valores de HVT son:

- acero: 1,6 cm;
- plomo: 0,7 cm.

IV-5. A modo de ejemplo, la tasa de dosis a 50 cm de distancia del centro de un contenedor de plomo de 3,2 cm de espesor que albergue 1 GBq de Cs 137 puede ser calculada como sigue:

- 1) La tasa de dosis a 1 m de una fuente sin blindaje de Cs 137 de 1 GBq de actividad es de 80 $\mu\text{Gy/h}$.
- 2) A 50 cm de la fuente, en ausencia de blindaje, la tasa de dosis es de 320 $\mu\text{Gy/h}$.
- 3) El espesor del blindaje es de 32 mm, lo que equivale a 1 TVT + 2 HVT.
- 4) La tasa de dosis en el lugar en cuestión será de 8 $\mu\text{Gy/h}$.

BLINDAJE DE FUENTES DE RADIACIÓN NEUTRÓNICA

Fuentes de Am 241/Be

IV-6. Para efectuar los cálculos de blindaje contra la radiación neutrónica, lo idóneo es hacerlo por medios informáticos. No obstante, cabe la posibilidad de hacer cálculos aproximados utilizando el concepto de sección eficaz de remoción y aplicando la fórmula siguiente:

$$D(t) = D(0) e^{-\Sigma t} \quad (\text{IV-3})$$

donde

$D(t)$ es la tasa de dosis con blindaje;

$D(0)$ es la tasa de dosis sin blindaje;

t es el espesor del blindaje (cm);

y Σ es la sección eficaz de remoción de neutrones (cm^{-1}). La sección eficaz de remoción del agua, por ejemplo, es de $0,103 \text{ cm}^{-1}$.

Utilizando el valor de la sección eficaz de remoción y el del espesor del blindaje se puede calcular la tasa de dosis en el exterior de un contenedor blindado.

Generadores de neutrones

IV-7. El espesor de blindaje necesario, d , contra la radiación neutrónica de un generador en funcionamiento (en el caso de operaciones fuera del pozo) puede obtenerse como sigue [IV-1]:

$$d = \lambda \cdot \ln \left(\frac{C \cdot Q \cdot h}{4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \dot{H}_{np}} \right) \text{cm} \quad (\text{IV-4})$$

donde

λ es la longitud de relajación del flujo neutrónico (cm);

C es un factor de corrección adimensional;

Q es el flujo promedio de neutrones generado (s^{-1});

h es el factor de dosis ($\mu\text{Sv cm}^2$);

R es la distancia que va desde el tubo del generador hasta la superficie exterior del blindaje o hasta la valla que restringe el acceso a un generador que esté siendo manipulado fuera del pozo (cm);

y \dot{H}_{np} es la tasa de dosis objetivo ($\mu\text{Sv/h}$).

IV-8. En el cuadro IV-1 se muestran los valores de λ , C y h para neutrones de 14 MeV y diversos materiales de blindaje.

CUADRO IV-1. VALORES DE λ , C Y h PARA NEUTRONES DE 14 MeV

Material de blindaje	λ , cm	C	h , $\mu\text{Sv cm}^2$
Hormigón	19,7	1,2	$4,96 \times 10^{-4}$
Parafina	17,5	1,3	$4,96 \times 10^{-4}$
Agua	16,9	1,3	$4,96 \times 10^{-4}$

REFERENCIAS DEL ANEXO IV

- [IV-1] ALEYNIKOV, V.E., BESKROVNAJA, L.G., KRYLOV, A.R., “Neutron effective dose calculation behind concrete shielding of charge particle accelerators with energy up to 100 MeV”, Proc. IRPA Regional Congr. on Radiation Protection in Central Europe, Bratislava, 2003, Nuclear Regulatory Authority of the Slovak Republic, Bratislava (2003).

Anexo V

PROPUESTA DE ESTRUCTURA DE REGLAS LOCALES DE DIAGRAFÍA

V-1. En principio, las reglas locales elaboradas por la entidad explotadora deben describir específicamente las medidas que habrán de adoptarse para garantizar la protección y la seguridad y también deben designar a las personas encargadas de hacerlo. En el cuadro V-1 se propone una estructura de reglas locales aplicables al trabajo de diagrafía.

CUADRO V-1. PROPUESTA DE ESTRUCTURA DE REGLAS LOCALES APLICABLES A LAS ACTIVIDADES DE DIAGRAFÍA

Sección	Contenido
Introducción	¿A quién se aplican las reglas locales? ¿A qué herramientas de diagrafía o yacimientos se aplican? ¿Cuál es la reglamentación aplicable?
Procedimientos para el transporte de instrumental de diagrafía que contenga fuentes radiactivas (cuando proceda)	Preparación del envío de una fuente radiactiva Requisitos relativos al bulto de transporte Marcado, etiquetado y otras medidas de control operativo Requisitos relativos a los documentos de transporte, incluidas disposiciones de preparación y respuesta para casos de emergencia Sistema de gestión del transporte Disposiciones para la recepción de una fuente radiactiva
Procedimientos de almacenamiento y contabilidad de fuentes	Descripción de las instalaciones de almacenamiento de fuentes radiactivas Aspectos relacionados con la seguridad física (por ejemplo, control de llaves) Designación de zonas de almacenamiento y señales de advertencia Comprobaciones periódicas del inventario físico de fuentes Registro de contabilidad de las fuentes Registro de traslados de las fuentes

CUADRO V-1. PROPUESTA DE ESTRUCTURA DE REGLAS LOCALES APLICABLES A LAS ACTIVIDADES DE DIAGRAFÍA (cont.)

Sección	Contenido
Procedimientos de control de la exposición	<p>Descripción de las zonas controladas y las zonas supervisadas</p> <p>Programa de monitorización radiológica del lugar de trabajo</p> <p>Disposiciones de dosimetría personal</p> <p>Niveles de investigación de la dosis</p> <p>Disposiciones de vigilancia de la salud</p>
Calibración, ensayo y mantenimiento	<p>Ensayo anual de los instrumentos de monitorización del lugar de trabajo</p> <p>Programa de mantenimiento preventivo del instrumental de diagrafia</p> <p>Pruebas de estanqueidad de las fuentes radiactivas</p>
Funciones y responsabilidades y señas de contacto	<p>Directivos a cargo</p> <p>Trabajadores encargados de manejar el instrumental de diagrafia</p> <p>Oficial de protección radiológica</p> <p>Experto cualificado</p> <p>Órgano regulador</p> <p>Especialista en medicina del trabajo</p> <p>Suministrador del instrumental de diagrafia y entidad a cargo del mantenimiento</p> <p>Oficial de seguridad física</p>
Procedimientos de emergencia	<p>Funciones y responsabilidades</p> <p>Medidas de aplicación inmediata</p> <p>Información de contacto en caso de emergencia</p>

Anexo VI

EJEMPLOS DE INCIDENTES RELACIONADOS CON FUENTES DE RADIACIÓN EN ACTIVIDADES DE DIAGRAFÍA

EJEMPLO 1 - UNA FUENTE DE DIAGRAFÍA SUFRE DESPERFECTOS [VI-1]

VI-1. Una sonda provista de dos fuentes, Cs 137 (63 GBq) y Am 241/Be (592 GBq), quedó atascada a poca distancia del fondo de un sondeo. Tras dos días intentando “pescar” las fuentes, la empresa de diagrafía logró recuperar la fuente de Am 241/Be invirtiendo el sentido de rotación del tubo atascado para desprender la sonda del dispositivo de fijación, lo que permitió recuperar la fuente intacta.

VI-2. La empresa señaló el incidente al órgano regulador y pidió autorización para desistir de recuperar la fuente de Cs 137 si no lo conseguía en los dos días siguientes. El órgano regulador aprobó la solicitud y facilitó a la empresa un número de contacto de emergencia por si durante las operaciones de recuperación surgiera algún problema de salud o de seguridad.

VI-3. Al día siguiente, la empresa comunicó que, durante las operaciones de recuperación, se había observado un notable aumento de las lecturas de la tasa de dosis de radiación emitida por el suelo, con cifras que pasaron de 4 $\mu\text{Sv/h}$ a 70 $\mu\text{Sv/h}$, lo que fue atribuido a una rotura de la fuente dentro del pozo. En consecuencia, se procedió a evacuar y acordonar la plataforma y la zona circundante.

VI-4. Antes de definir una nueva línea de actuación, la empresa emprendió un nuevo proceso de reconocimiento radiológico de la zona y de monitorización de todo el personal.

EJEMPLO 2 - ABANDONO DE UNA FUENTE DE DIAGRAFÍA [VI-2]

VI-5. El órgano regulador recibió de una empresa de diagrafía la notificación de que una sonda que contenía tres fuentes, una de Am 241/Be (166,5 GBq) y dos de Cs 137 (74 GBq y 29,6 GBq), había quedado atascada en un pozo. Tras numerosas e infructuosas tentativas de recuperar las fuentes, la empresa decidió abandonarlas en el fondo del pozo, comprometiéndose a recubrirlas con al

menos 30 m de cemento teñido de rojo, colocar un dispositivo de desviación por encima de la sarta de fuentes e instalar una placa que cubriera la boca del pozo.

EJEMPLO 3 - PÉRDIDA TEMPORAL DE UNA FUENTE DE DIAGRAFÍA [VI-3]

VI-6. En una instalación marina, durante una operación de traslado, una fuente de 55 GBq (Cs 137) escapó del contenedor y cayó a una plataforma que se encontraba a un nivel inferior. Un empleado la recogió y la devolvió al contenedor, proceso que duró unos 45 segundos.

VI-7. Según los cálculos de dosis realizados, la dosis efectiva que recibió el empleado fue de aproximadamente 0,8 mSv. El comité consultivo sobre radiación recomendó que se tomara una muestra de sangre al trabajador en cuestión para someterla a una prueba de detección de aberraciones cromosómicas. Los análisis de sangre arrojaron niveles linfocitarios normales.

VI-8. En este incidente se infringieron varias reglas básicas, a saber:

- a) el incidente no fue notificado cuando se produjo;
- b) no había instrumental de recuperación disponible (no había ninguna herramienta en la instalación donde se produjo el incidente);
- c) no había un protocolo de recuperación, y
- d) un empleado llevaba un dispositivo de monitorización individual cuyo uso no estaba aprobado en el Estado en cuestión.

EJEMPLO 4 - PÉRDIDA DE CONTROL DE UNA FUENTE DE DIAGRAFÍA DE CESIO 137 QUE CONDUJO A UNA EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN [VI-4]

VI-9. El incidente tuvo lugar el 21 de mayo de 2002 en una plataforma de perforación situada en el estado de Montana y fue notificado a la Comisión Reguladora Nuclear de los Estados Unidos (NRC) el 23 de mayo de 2002. Lo primero que hizo la NRC tras recibir la notificación fue despachar al yacimiento a un grupo de “inspección reactiva” para que obtuviera información detallada sobre el incidente. Ocurrió, sin embargo, que el análisis de sangre (citogenética) realizado a uno de los trabajadores reveló una posible exposición a una dosis del orden de 2 Gy, lo que llevó a recalificar la misión de la inspección, que pasó a la categoría de “inspección ampliada”.

VI-10. El conjunto de la fuente estaba formado por la cápsula de fuente sellada (modelo AEA Technology X2170/2), un escudo metálico que la encerraba y una cubierta protectora (modelo DH604538) que lo envolvía todo. La cápsula albergaba 48 GBq de Cs 137. El escudo que rodeaba la cápsula de la fuente proporcionaba un blindaje sustancial en todas direcciones excepto hacia la parte delantera y hacia un lateral de la cubierta protectora, de blindaje más ligero, por donde pasaba la radiación utilizada en las operaciones de diagrafía. El conjunto de la fuente y la cubierta protectora medía unos 10 cm de largo y 3 cm de diámetro. Uno de los extremos del conjunto de la fuente tenía una forma acampanada (en cola de milano), diseñada para encajar dentro de la sonda y que también servía para asir el conjunto de la fuente con una herramienta especial de manipulación. Cuando no estaba siendo utilizado, el conjunto de la fuente se dejaba encerrado en un contenedor de almacenamiento blindado que servía para guardar la fuente de forma segura y también para transportarla de un pozo a otro.

VI-11. El 23 de mayo de 2002, el oficial de protección radiológica de la entidad explotadora recibió de la oficina sobre el terreno la notificación de un incidente ocurrido en una zona de trabajo temporal: se había perdido el control de una fuente de diagrafía que contenía 48 GBq de Cs 137. A las 16.35 horas del 23 de mayo de 2002, el centro de operaciones de la NRC recibió una notificación del suceso transmitida por el oficial de protección radiológica.

VI-12. La entidad explotadora comunicó que, tras las labores de diagrafía que se habían realizado el 21 de mayo de 2002, los técnicos de diagrafía no habían transferido debidamente la fuente sellada de la sonda a su contenedor de transporte blindado, de tal modo que la fuente permaneció en el piso de perforación, sin blindaje alguno, hasta que se descubrió que faltaba y fue recuperada dos días más tarde. Se sospechaba que varios trabajadores de la plataforma habían estado expuestos a la fuente sin blindaje. Este personal no está expuesto a la radiación como parte normal de su trabajo, por lo que el nivel de protección previsto en su caso es el mismo que rige para los miembros del público.

VI-13. Según los resultados de la investigación, la causa directa del suceso fue el hecho de que un técnico de diagrafía no transfiriera debidamente la fuente de Cs 137 a su contenedor de almacenamiento inmediatamente después de extraerla de la sonda, lo que supuso directamente la pérdida de control de la fuente. Hubo otros muchos factores que hicieron posible el suceso, como la no realización de un reconocimiento radiológico, una falsa señal del sistema de tapones o el hecho de no disponer de las especificaciones de diseño del sistema de tapones. Es posible que la causa de fondo del suceso sea el hecho de que la entidad

explotadora no investigara debidamente otros sucesos ocurridos con anterioridad para determinar sus causas fundamentales.

EJEMPLO 5 - RECUPERACIÓN DE UNA FUENTE RADIATIVA ATASCADA EN UN POZO

VI-14. Mientras se realizaban pruebas de presión en un pozo se produjo el atascamiento por presión diferencial de la sarta de herramientas que contenía fuentes radiactivas selladas, hecho que fue notificado al órgano regulador. Se decidió iniciar un procedimiento de corte y roscado inverso para recuperar la sarta de herramientas atascada.

VI-15. El operador procedió a enroscar en un tubo de perforación un cable con un pescador de agarre externo en el extremo de la sarta. Al acercar el tubo de perforación y el pescador a la sarta de herramientas, se observó una elevada tensión en el cable de diagrafía, indicativa de un posible desperfecto del cable a mayor profundidad. Se decidió entonces tirar del punto débil, junto al cabezal del cable, y extraer solamente la sarta de herramientas con el tubo y el pescador, ya que era la única forma de recuperar las fuentes y la sarta de herramientas. El operador retiró dos tiros del tubo de perforación y se preparó para tirar del punto débil utilizando el equipo de izado y una abrazadera de cable. Así se logró extraer el punto débil. Tras situar el tubo de perforación justo por encima de la pieza perdida (la “pesca”), se desplazó el lodo para lograr una conexión limpia con la sarta de herramientas y se consiguió acoplar el tubo de perforación a la sonda. Durante la operación de recuperación se registró una sobretensión de unos 130 kPa.

VI-16. Así se pudo recuperar la sarta de herramientas, incluidas las fuentes radiactivas. La inspección inicial no reveló ningún desperfecto en las fuentes y solo daños mínimos en la sarta de herramientas. Las fuentes fueron devueltas a la base, para que allí se controlara su integridad con pruebas de estanqueidad, y mantenidas en cuarentena hasta que se recibieron los resultados de las pruebas. A la postre quedó confirmado que las fuentes no presentaban fuga alguna de material radiactivo.

REFERENCIAS DEL ANEXO VI

- [VI-1] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Event Notification Report No. 42891 (2006),
www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/event-status/event/2006/20061011en.html
- [VI-2] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Event Notification Report No. 40365 (2003),
www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/event-status/event/2003/20031204en.html
- [VI-3] STATE OF VICTORIA DEPARTMENT OF HEALTH, Annual Report of the Australian Radiation Advisory Committee 1999, Department of Health, Melbourne (1999).
- [VI-4] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Loss of Control of Cesium-137 Well Logging Source Resulting in Radiation Exposures to Members of the Public, Rep. NUREG-1794, NRC, Arlington, TX (2004).

COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y LA REVISIÓN

Badruzzaman, A.	Chevron Corporation (Estados Unidos de América)
Boal, T.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Colgan, P.A.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Foster, D.	Organismo Internacional de Energía Atómica
George, C.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Gusev, I.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Haridasan, P.P.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Jova Sed, L.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Mats, N.	Centro de Investigación Estatal Geologorazvedka (Federación de Rusia)
Nandakumar, A.	Consultor (India)
Nestoroska Madjunarova, S.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Robertson, S.	Agencia de Protección de la Salud (Reino Unido)
Rustamova, S.	Organismo Estatal para la Regulación de la Actividad Nuclear y Radiológica (Azerbaiyán)
Saenger, R.	Schlumberger (Francia)
Shaw, P.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Stewart, J.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Varley, K.	Organismo Internacional de Energía Atómica



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

Nº 26

PEDIDOS DE PUBLICACIONES

Las publicaciones de pago del OIEA pueden adquirirse a través de los proveedores que se indican a continuación o en las principales librerías locales.

Los pedidos de publicaciones gratuitas deben hacerse directamente al OIEA. Al final de la lista de proveedores se proporcionan los datos de contacto.

AMÉRICA DEL NORTE

Bernan / Rowman & Littlefield

15250 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214, EE. UU.

Teléfono: +1 800 462 6420 • Fax: +1 800 338 4550

Correo electrónico: orders@rowman.com • Sitio web: www.rowman.com/bernan

Renouf Publishing Co. Ltd

22-1010 Polytek Street, Ottawa, ON K1J 9J1, CANADÁ

Teléfono: +1 613 745 2665 • Fax: +1 613 745 7660

Correo electrónico: order@renoufbooks.com • Sitio web: www.renoufbooks.com

RESTO DEL MUNDO

Póngase en contacto con su proveedor local de preferencia o con nuestro distribuidor principal:

Eurospan Group

Gray's Inn House

127 Clerkenwell Road

Londres EC1R 5DB

Reino Unido

Pedidos comerciales y consultas:

Teléfono: +44 (0)176 760 4972 • Fax: +44 (0)176 760 1640

Correo electrónico: euroman@turpin-distribution.com

Pedidos individuales:

www.eurospanbookstore.com/iaea

Para más información:

Teléfono: +44 (0)207 240 0856 • Fax: +44 (0)207 379 0609

Correo electrónico: info@eurospangroup.com • Sitio web: www.eurospangroup.com

Los pedidos de publicaciones, tanto de pago como gratuitas, pueden enviarse directamente a:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta

Organismo Internacional de Energía Atómica

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Viena, Austria

Teléfono: +43 1 2600 22529 o 22530 • Fax: +43 1 26007 22529

Correo electrónico: sales.publications@iaea.org • Sitio web: <https://www.iaea.org/es/publicaciones>

Seguridad mediante las normas internacionales