

**Establecimiento de un sistema  
de control de los materiales  
nucleares a efectos de  
seguridad física nuclear  
en una instalación durante  
su uso, almacenamiento y traslado**



**IAEA**

Organismo Internacional de Energía Atómica

# COLECCIÓN DE SEGURIDAD FÍSICA NUCLEAR DEL OIEA

La *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* trata de cuestiones de seguridad física nuclear relativas a la prevención y detección de actos delictivos o actos intencionales no autorizados que están relacionados con materiales nucleares, otros materiales radiactivos, instalaciones conexas o actividades conexas, o que vayan dirigidos contra ellos, así como a la respuesta a esos actos. Estas publicaciones son coherentes con los instrumentos internacionales de seguridad física nuclear como la Convención sobre la Protección Física de los Materiales Nucleares y su Enmienda, el Convenio Internacional para la Represión de los Actos de Terrorismo Nuclear, las resoluciones 1373 y 1540 del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas, y el Código de Conducta sobre la Seguridad Tecnológica y Física de las Fuentes Radiactivas, y los complementan.

## CATEGORÍAS DE LA COLECCIÓN DE SEGURIDAD FÍSICA NUCLEAR DEL OIEA

Las publicaciones de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* se clasifican en las subcategorías siguientes:

- Las **Nociones Fundamentales de Seguridad Física Nuclear**, que especifican el objetivo del régimen de seguridad física nuclear de un Estado y sus elementos esenciales. Estas Nociones Fundamentales sirven de base para las Recomendaciones de Seguridad Física Nuclear.
- Las **Recomendaciones de Seguridad Física Nuclear**, que establecen las medidas que los Estados deberían adoptar para alcanzar y mantener un régimen nacional de seguridad física nuclear eficaz y conforme a las Nociones Fundamentales de Seguridad Física Nuclear.
- Las **Guías de Aplicación**, que proporcionan orientaciones sobre los medios que los Estados pueden utilizar para aplicar las medidas enunciadas en las Recomendaciones de Seguridad Física Nuclear. Estas guías se centran en cómo cumplir las recomendaciones relativas a esferas generales de la seguridad física nuclear.
- Las **Orientaciones Técnicas**, que ofrecen orientaciones sobre temas técnicos específicos y complementan las que figuran en las Guías de Aplicación. Estas orientaciones se centran en detalles relativos a cómo aplicar las medidas necesarias.

## REDACCIÓN Y EXAMEN

En la preparación y examen de las publicaciones de la *Colección de Seguridad Física Nuclear* intervienen la Secretaría del OIEA, expertos de Estados Miembros (que prestan asistencia a la Secretaría en la redacción de las publicaciones) y el Comité de Orientación sobre Seguridad Física Nuclear (NSGC), que examina y aprueba los proyectos de publicación. Cuando procede, también se celebran reuniones técnicas de composición abierta durante la etapa de redacción a fin de que especialistas de los Estados Miembros y organizaciones internacionales pertinentes tengan la posibilidad de estudiar y debatir el proyecto de texto. Además, a fin de garantizar un alto grado de análisis y consenso internacionales, la Secretaría presenta los proyectos de texto a todos los Estados Miembros para su examen oficial durante un período de 120 días.

Para cada publicación, la Secretaría prepara los siguientes documentos, que el NSGC aprueba en etapas sucesivas del proceso de preparación y examen:

- un esquema y plan de trabajo en el que se describe la nueva publicación prevista o la publicación que se va a revisar y su finalidad, alcance y contenidos previstos;
- un proyecto de publicación que se presentará a los Estados Miembros para que estos formulen observaciones durante los 120 días del período de consultas;
- un proyecto de publicación definitivo que tiene en cuenta las observaciones de los Estados Miembros.

En el proceso de redacción y examen de las publicaciones de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* se tiene en cuenta la confidencialidad y se reconoce que la seguridad física nuclear va indisolublemente unida a preocupaciones sobre la seguridad física nacional de carácter general y específico.

Un elemento subyacente es que en el contenido técnico de las publicaciones se deben tener en cuenta las normas de seguridad y las actividades de salvaguardias del OIEA. En particular, los Comités sobre Normas de Seguridad Nuclear pertinentes y el NSGC analizan las publicaciones de la *Colección de Seguridad Física Nuclear* que se ocupan de ámbitos en los que existen interrelaciones con la seguridad tecnológica, conocidas como documentos de interrelación, en cada una de las etapas antes mencionadas.

ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA  
DE CONTROL DE LOS MATERIALES  
NUCLEARES A EFECTOS DE  
SEGURIDAD FÍSICA NUCLEAR  
EN UNA INSTALACIÓN DURANTE  
SU USO, ALMACENAMIENTO Y TRASLADO

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

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

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

COLECCIÓN DE SEGURIDAD FÍSICA NUCLEAR  
DEL OIEA N° 32-T

ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA  
DE CONTROL DE LOS MATERIALES  
NUCLEARES A EFECTOS DE  
SEGURIDAD FÍSICA NUCLEAR  
EN UNA INSTALACIÓN DURANTE  
SU USO, ALMACENAMIENTO Y  
TRASLADO

ORIENTACIONES TÉCNICAS

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA  
VIENA, 2023

## **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](mailto:sales.publications@iaea.org)  
<https://www.iaea.org/es/publicaciones>

© OIEA, 2023  
Impreso por el OIEA en Austria  
Diciembre de 2023  
STI/PUB/1786

**ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA DE  
CONTROL DE LOS MATERIALES NUCLEARES  
A EFECTOS DE SEGURIDAD FÍSICA NUCLEAR  
EN UNA INSTALACIÓN DURANTE SU USO,  
ALMACENAMIENTO Y TRASLADO**

OIEA, VIENA, 2023

STI/PUB/1786

ISBN 978-92-0-308323-2 (papel)

ISBN 978-92-0-308023-1 (PDF)

ISSN 2521-1803

## PRÓLOGO

El principal objetivo que asigna al OIEA su Estatuto es el de “acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero”. Nuestra labor supone a un tiempo prevenir la propagación de las armas nucleares y asegurar que la tecnología nuclear esté disponible con fines pacíficos en ámbitos como la salud o la agricultura. Es esencial que todos los materiales nucleares y otros materiales radiactivos, así como las instalaciones que los albergan, sean gestionados en condiciones de seguridad y estén debidamente protegidos contra todo acto delictivo o acto no autorizado intencional.

Aunque la seguridad física nuclear es una responsabilidad que incumbe a cada Estado, la cooperación internacional es básica para ayudar a los Estados a implantar y mantener regímenes eficaces de seguridad física nuclear. La función central que desempeña el OIEA para facilitar esta cooperación y prestar asistencia a los Estados goza de gran predicamento, fiel exponente de la amplitud de su composición, su mandato, sus singulares conocimientos técnicos y su dilatado historial de prestación de asistencia técnica a los Estados y asesoramiento especializado y práctico.

Desde 2006, el OIEA viene publicando obras de la *Colección de Seguridad Física Nuclear* para ayudar a los Estados a instituir regímenes nacionales eficaces de seguridad física nuclear. Estas publicaciones son un complemento de los instrumentos jurídicos internacionales existentes en la materia, como la Convención sobre la Protección Física de los Materiales Nucleares y su Enmienda, el Convenio Internacional para la Represión de los Actos de Terrorismo Nuclear, las resoluciones 1373 y 1540 del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas o el Código de Conducta sobre la Seguridad Tecnológica y Física de las Fuentes Radiactivas.

En la elaboración de estas orientaciones participan activamente expertos de los Estados Miembros del OIEA, lo que garantiza que den cuenta de un sentir consensuado sobre las buenas prácticas en materia de seguridad física nuclear. El Comité de Orientación sobre Seguridad Física Nuclear del OIEA, establecido en marzo de 2012 e integrado por representantes de los Estados Miembros, examina y aprueba los borradores de las publicaciones de la *Colección de Seguridad Física Nuclear* a medida que se van elaborando.

El OIEA seguirá trabajando con sus Estados Miembros para que los beneficios derivados del uso pacífico de la tecnología nuclear se hagan realidad y deparen mayores cotas de salud, bienestar y prosperidad a las poblaciones del mundo entero.

## NOTA EDITORIAL

*Las orientaciones publicadas en la Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA no son vinculantes para los Estados; no obstante, los Estados pueden servirse de ellas como ayuda para cumplir sus obligaciones en virtud de los instrumentos jurídicos internacionales, así como para cumplir sus responsabilidades en materia de seguridad física nuclear en el Estado. Las orientaciones en las que se usan formas verbales condicionales tienen por fin presentar buenas prácticas internacionales e indicar un consenso internacional en el sentido de que es necesario que los Estados adopten las medidas recomendadas o medidas alternativas equivalentes.*

*Los términos relacionados con la seguridad física han de entenderse según las definiciones contenidas en la publicación en que aparecen, o en las orientaciones más generales que la publicación concreta complementa. En los demás casos, las palabras se emplean con el significado que se les da habitualmente.*

*Los apéndices se consideran parte integrante de la publicación. El material que figura en un apéndice tiene la misma jerarquía que el texto principal. Los anexos se usan para dar ejemplos prácticos o facilitar información o explicaciones adicionales. Los anexos no son parte integrante del texto principal.*

*Aunque se ha puesto gran cuidado en mantener la exactitud de la información contenida en esta publicación, ni el OIEA ni sus Estados Miembros asumen responsabilidad alguna por las consecuencias que puedan derivarse de su uso.*

*El uso de determinadas denominaciones de países o territorios no implica juicio alguno por parte de la entidad editora, el OIEA, sobre la situación jurídica de esos países o territorios, sus autoridades e instituciones o la delimitación de sus fronteras.*

*La mención de nombres de empresas o productos específicos (se indiquen o no como registrados) no implica ninguna intención de violar derechos de propiedad ni debe interpretarse como una aprobación o recomendación por parte del OIEA.*

# ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
	Antecedentes (1.1, 1.2) .....	1
	Objetivo (1.3).....	1
	Ámbito de aplicación (1.4-1.10) .....	1
	Estructura (1.11) .....	3
2.	GESTIÓN DEL CONTROL DE LOS MATERIALES NUCLEARES (2.1-2.11) .....	3
3.	MEDIDAS DE CONTROL DE LOS MATERIALES NUCLEARES (3.1-3.4) .....	7
	Control de acceso (3.5-3.21) .....	8
	Contención del material (3.22-3.28) .....	13
	Dispositivos de indicación de manipulación ilícita (3.29-3.41) .....	14
	Vigilancia de los materiales nucleares (3.42-3.69) .....	20
	Monitorización de las partidas de material nuclear (3.70-3.74) .....	28
	Monitorización de los materiales nucleares durante su procesamiento (3.75-3.86) .....	29
	Realización del inventario físico (3.87-3.89) .....	32
4.	TRASLADO DE MATERIALES NUCLEARES (4.1-4.2) .....	33
	Expediciones de material nuclear (4.3-4.8).....	34
	Recepción de material nuclear (4.9-4.11) .....	35
	Evaluación de las diferencias remitente/destinatario (4.12-4.16) .....	37
	Transferencias entre zonas de balance de materiales dentro de una instalación (4.17-4.25) .....	37
5.	RESPUESTA A IRREGULARIDADES EN EL CONTROL DE LOS MATERIALES NUCLEARES (5.1-5.2) .....	40
	Investigación (5.3-5.20).....	41
	Medidas correctivas (5.21-5.25) .....	46
	Notificación (5.26, 5.27) .....	47
6.	EVALUACIÓN Y CONTROL DE LOS MATERIALES NUCLEARES (6.1-6.7) .....	47

7.	INTERRELACIÓN CON EL SISTEMA DE PROTECCIÓN FÍSICA (7.1-7.4) .....	49
APÉNDICE I:	SELECCIONAR UN TAMAÑO DE MUESTRA PARA LA MONITORIZACIÓN DE PARTIDAS .....	51
APÉNDICE II:	EVALUACIÓN ESTADÍSTICA PARA LA MONITORIZACIÓN DE MATERIALES NUCLEARES EN PROCESAMIENTO .....	53
APÉNDICE III:	MODELO PARA CALCULAR EL ERROR ESTÁNDAR DE UNA DIFERENCIA REMITENTE/DESTINATARIO.....	55
REFERENCIAS	.....	57

# 1. INTRODUCCIÓN

## ANTECEDENTES

1.1. El OIEA ha elaborado orientaciones generales sobre el uso de un sistema de contabilidad y control de materiales nucleares (NMAC) para apoyar la seguridad física nuclear a nivel de la instalación [1]. También se ha observado que es necesario disponer de orientaciones más específicas y detalladas sobre cómo utilizar elementos individuales de un sistema de contabilidad y control de materiales nucleares a efectos de seguridad física nuclear, incluido el control de los materiales nucleares durante su uso, almacenamiento y traslado.

1.2. La finalidad principal de las medidas de control de materiales nucleares es mantener la continuidad de los conocimientos respecto de los materiales nucleares a fin de detectar cualquier acción que pudiese dar lugar a la retirada no autorizada o el uso indebido de estos, particularmente en relación con agentes internos [2]. Esas medidas pueden aplicarse durante la producción, el procesamiento, el uso, el almacenamiento y el traslado de material nuclear, como las actividades destinadas a controlar el acceso al material nuclear en sí, al equipo empleado para procesarlo y a la información sobre él. En esta publicación se aborda, con mayor detalle que en otras publicaciones de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA*, el control de los materiales nucleares durante su producción, procesamiento, uso, almacenamiento y traslado.

## OBJETIVO

1.3. La presente publicación tiene por objetivo describir las medidas prácticas para controlar los materiales radiactivos a efectos de seguridad física nuclear durante todas las actividades que se llevan a cabo en una instalación, incluido el traslado de material dentro del emplazamiento.

## ÁMBITO DE APLICACIÓN

1.4. En esta publicación, “material nuclear” se entiende como en la publicación N° 20 de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA, Objetivo y elementos esenciales del régimen de seguridad física nuclear de un Estado (Nociones Fundamentales de Seguridad Física Nuclear)* [3] y su guía de

aplicación, la publicación N° 30-G de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA, Mantenimiento de un régimen de seguridad física nuclear* [4].

1.5. La presente publicación se centra en el control de los materiales nucleares durante su producción, procesamiento, uso, almacenamiento y traslado dentro del emplazamiento (es decir, su expedición, recepción, transferencia y reubicación) en una instalación. Si bien el control de los materiales nucleares debería seguir aplicándose durante el traslado de material nuclear fuera del emplazamiento, en esta publicación no se abordan las medidas de control específicas que se aplican para la expedición entre instalaciones, cuestión esta que se aborda en la publicación N° 26-G de la *Colección de Seguridad Física Nuclear, Seguridad física de los materiales nucleares durante el transporte* [5].

1.6. En la presente publicación no se indica qué organización se encarga del control de los materiales nucleares presentes en una instalación en particular, puesto que los distintos Estados asignan esas responsabilidades de forma diferente, de conformidad con sus enfoques nacionales.

1.7. El control de los materiales nucleares comprende las medidas administrativas y técnicas que se aplican para velar por que los materiales nucleares no sean usados indebidamente o retirados del lugar asignado sin aprobación y sin su oportuna contabilización [1]. Ese control puede aplicarse con fines operacionales, de contabilidad y control de materiales nucleares o de aplicación de las salvaguardias del OIEA [6]; no obstante, en las presentes orientaciones técnicas únicamente se aborda el uso de esas medidas con fines de seguridad física nuclear.

1.8. La contabilidad de los materiales nucleares para cumplir los requisitos de presentación al OIEA de informes sobre inventarios y transacciones de materiales nucleares se aborda en otras publicaciones del OIEA (p. ej., en *Nuclear Material Accounting Handbook* [6]). Sin embargo, la contabilidad y el control están firmemente vinculados y deberían complementarse entre sí siempre que sea posible.

1.9. Los aspectos de protección física [7] del acceso a una instalación, una zona o una sala dentro de una instalación quedan fuera del ámbito de aplicación de la presente publicación, en la que se aborda el control de acceso a los lugares donde se producen, procesan, utilizan o almacenan materiales nucleares.

1.10. En esta publicación se analiza someramente, aunque no se aborda en profundidad, la respuesta a las irregularidades [1] que den lugar a una alarma generada por una medida de control y la investigación de esas irregularidades.

## ESTRUCTURA

1.11. En la sección 2 se proporciona orientación sobre la gestión del control de los materiales nucleares. La sección 3 contiene descripciones de las medidas que se adoptarán para controlar los materiales nucleares. En la sección 4 se presenta información detallada sobre el control de los traslados de material nuclear. La sección 5 contiene una descripción de las medidas que se adoptarán para responder a irregularidades en el control de los materiales nucleares, entre ellas la investigación, las medidas correctivas y la notificación. En la sección 6 se describe el proceso para evaluar el control de los materiales nucleares en una instalación nuclear. En la sección 7 se describe la interrelación con el sistema de protección física. En el apéndice I se presenta información sobre la selección del tamaño de una muestra para la monitorización de partidas. En el apéndice II se muestra un ejemplo de la evaluación estadística para la monitorización de los materiales nucleares en una zona de procesamiento. En el apéndice III se presenta un ejemplo de un modelo básico para calcular el error estándar de una diferencia remitente/destinatario.

## **2. GESTIÓN DEL CONTROL DE LOS MATERIALES NUCLEARES**

2.1. El control de los materiales nucleares debería aplicarse conforme a las políticas y requisitos de la autoridad competente del Estado o del explotador de la instalación y en dicho control deberían tenerse en cuenta las orientaciones del OIEA [1]. Las medidas de control de los materiales nucleares durante su uso, almacenamiento y traslado, incluido el traslado para su disposición final de desechos que contengan material nuclear, deberían abordarse en procedimientos documentados.

2.2. El explotador de la instalación debería asegurarse de que las funciones y responsabilidades del personal que intervenga en las actividades de control y traslado estén claramente asignadas. Todo el personal que intervenga en actividades que involucran materiales nucleares debería estar capacitado, a un

nivel adecuado, en los procedimientos de control de materiales nucleares. Las funciones y responsabilidades de los custodios<sup>1</sup> de los materiales nucleares deberían definirse con claridad y documentarse. Las funciones deberían separarse entre el personal; lo ideal sería asignar las funciones a personal de partes distintas de la entidad explotadora dentro de la instalación (p. ej., contabilidad y control de materiales nucleares y operaciones), a fin de reducir la posibilidad de que una persona sola consiga realizar u ocultar una retirada no autorizada de material nuclear. Se debería implantar un sistema de equilibrio de poderes para impedir que una misma persona pueda tanto manejar material nuclear como actualizar los registros contables relacionados con ese material. Esta separación de funciones sirve como medida de disuasión y detección de amenazas internas.

2.3. Un custodio de material nuclear no debería serlo de más de una zona de balance de materiales. Según lo dispuesto en el párrafo 4.12 de la publicación N° 25-G de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA, Empleo de la contabilidad y el control de materiales nucleares con fines de seguridad física nuclear en las instalaciones* [1], una zona de balance de materiales:

“es una zona de una instalación nuclear designada con el fin de que: a) pueda determinarse la cantidad de materiales nucleares que entren o salgan de cada [zona de balance de materiales] en cada traslado; y b) pueda determinarse cuando sea necesario, de conformidad con procedimientos especificados, el inventario físico de los materiales nucleares en cada [zona de balance de materiales], al objeto de poder establecer el balance de materiales. [Las zonas de balance de materiales] sientan las bases para la contabilidad y el control de todos los materiales nucleares presentes en la instalación”.

Tal vez sea necesario establecer zonas de balance de materiales más pequeñas a efectos de seguridad física nuclear dentro de las zonas de balance de materiales establecidas para las salvaguardias del OIEA, puesto que tanto las medidas de contabilidad como las de control deberían ser más estrictas para los lugares o procesos de las zonas de balance de materiales que contengan materiales en mayor cantidad o más atractivos.

2.4. El control de los materiales nucleares debería aplicarse mediante un enfoque graduado [7] basado en la cantidad y el atractivo del material. Por

---

<sup>1</sup> El término “custodio de material nuclear” hace alusión a la persona o personas a quienes se ha asignado la responsabilidad de los materiales nucleares presentes en una zona de balance de materiales.

ejemplo, una partida de plutonio o de uranio muy enriquecido de categoría I que no esté siendo procesada debería almacenarse en una cámara reforzada (“cámara fuerte”) o recinto reforzado y someterse a controles adicionales, como la regla de la actuación en pareja [7], cuando se abra o se cierre la cámara, durante las operaciones en el interior de la cámara y cuando la partida se encuentre fuera de la cámara; en cambio, a una cantidad de uranio poco enriquecido que no esté siendo procesada se le pueden aplicar controles menos estrictos para su protección. Cada una de las medidas de control de materiales nucleares mencionadas en esta publicación debería implantarse tomando en consideración la aplicación de un enfoque graduado.

2.5. Las operaciones en las que intervengan materiales nucleares deberían ser autorizadas y planificadas adecuadamente. El control de los materiales nucleares debería coordinarse entre todas las dependencias organizativas de la instalación que intervengan en la producción, el procesamiento, el uso, el almacenamiento o el traslado de material nuclear. El personal directivo y el personal de contabilidad y control de materiales nucleares, protección física, salvaguardias y operaciones de seguridad física deberían tener una comunicación clara e intercambiarse solo la información estrictamente necesaria con respecto a las operaciones que involucren materiales nucleares, con sujeción a la protección de la confidencialidad de la información de carácter estratégico [8].

2.6. Para todas las zonas en las que se almacene o procese material nuclear se debería elaborar y mantener un calendario de actividades programadas que involucren materiales nucleares; ese calendario debería incluir una lista de todo el personal que necesite acceder a esas zonas. Deberían describirse en un plan por escrito todas las actividades programadas y cómo se llevarán a cabo, incluidos todos los traslados de material nuclear, la realización de inventarios físicos y las inspecciones reglamentarias. Deberían documentarse todas las actividades que involucren los materiales nucleares presentes en una instalación y los resultados de ellas, como las horas, los nombres del personal participante, una descripción del trabajo realizado y notas sobre cualquier suceso inusual.

2.7. Las actividades que involucren materiales nucleares deberían ser aprobadas por el explotador de la instalación. Se debería elaborar y mantener un procedimiento oficial de la instalación mediante el que documentar el proceso de toma de decisiones para la aprobación por el personal directivo de las actividades que involucren materiales nucleares. Si para usar un equipo se requiriese aprobación, esta debería obtenerse antes de la realización del trabajo. El explotador de la instalación debería elaborar procedimientos para controlar la

entrada o retirada de cualquier objeto o material, ya sea radiactivo o no, según corresponda.

2.8. Una gestión eficaz de las medidas de control de materiales nucleares debería incluir la gestión de la configuración. Como se indica en el párrafo 4.27 de la referencia [1]:

“La finalidad de la gestión de la configuración es asegurar que los cambios que se efectúen en relación con cualquier aspecto del sistema de contabilidad y control de materiales nucleares o de cualquier otro sistema pertinente de la instalación no empeorarán el funcionamiento del sistema de contabilidad y control de materiales nucleares ni la seguridad física nuclear en general”.

Las modificaciones propuestas se deberían describir, evaluar y presentar al personal directivo para su aprobación, y las modificaciones aprobadas se deberían publicar, aplicar e incorporarse a la documentación de la instalación. El explotador de la instalación debería controlar todas las modificaciones y asegurarse de que estas sean notificadas, según proceda, a la autoridad pertinente.

2.9. Un ejemplo de la necesidad de la gestión de la configuración es la instalación de un equipo de rayos X en un edificio con control de acceso. Si el nuevo equipo se instala en una zona próxima a pórticos detectores de radiación, la radiación emitida por el equipo podría hacer que los pórticos detectores de radiación generasen alarmas innecesarias, creando así lo que parecería ser una irregularidad. Se debe estudiar detenidamente dónde ubicar aquel equipo que pueda interferir con el equipo diseñado para controlar los materiales nucleares.

2.10. El mantenimiento del equipo de control de materiales nucleares se debería coordinar y programar a nivel de la instalación, para no poner en riesgo la defensa en profundidad diseñada. Por ejemplo, realizar tareas de mantenimiento del equipo de los pórticos detectores de radiación al mismo tiempo que tareas de mantenimiento del equipo de videovigilancia de la zona podría crear una vulnerabilidad en las medidas de control de materiales nucleares.

2.11. El programa de capacitación de la instalación debería incluir una evaluación de los conocimientos del personal sobre su función en las actividades que involucran materiales nucleares, así como la verificación de que el personal esté bien informado de los procedimientos relativos a su actividad concreta. En la publicación N° 7 de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA, Cultura de la seguridad física nuclear* [9], se proporciona más orientación al respecto.

### 3. MEDIDAS DE CONTROL DE LOS MATERIALES NUCLEARES

3.1. Las medidas de control de los materiales nucleares comprenden, entre otras cosas, el control de acceso, la contención del material, los dispositivos de indicación de manipulación ilícita, la vigilancia de los materiales nucleares, la monitorización de las partidas de material nuclear, la monitorización de los materiales nucleares durante su procesamiento y la realización del inventario físico. Cada una de estas medidas atiende una necesidad específica propia del control de los materiales nucleares, a fin de detectar irregularidades que, en última instancia, pudiesen dar lugar a la retirada no autorizada de material nuclear o a la ocultación de esta, y a fin de disuadir y detectar el uso indebido o la retirada no autorizada por parte de un agente interno. El número y la naturaleza de las medidas necesarias para proporcionar un control adecuado dependen de varios factores, fundamentalmente los siguientes: la amenaza detectada por el Estado; la cantidad de material nuclear presente en la instalación; y la categorización de los materiales nucleares, según se indica en el cuadro 1 de la publicación N° 13 de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA, Recomendaciones de Seguridad Física Nuclear sobre la Protección Física de los Materiales y las Instalaciones Nucleares (INFCIRC/225/Rev.5)* [7]. Deberían establecerse puntos o lugares apropiados en los que se aplicarán medidas de control de los materiales nucleares, teniendo en cuenta los lugares dentro de la instalación en los que se halla el material nuclear y los traslados de materiales nucleares. También deberían tomarse en consideración los resultados de las evaluaciones de los sistemas de contabilidad y control de materiales nucleares y de protección física.

3.2. Las medidas de control de los materiales nucleares deberían concebirse de manera que proporcionen un control continuo de los materiales nucleares y se deberían emplear medidas compensatorias (véase el párr. 3.67) para prevenir la pérdida del control de los materiales nucleares en el caso de que se produzca un fallo en un punto único del sistema de contabilidad y control de materiales nucleares.

3.3. A los efectos de la seguridad física nuclear, el sistema de control de materiales nucleares debería incluir medidas para gestionar los registros de control de materiales nucleares. Se deberían llevar registros en los que se documente la aplicación de todas las medidas de control de los materiales nucleares. Esos registros deberían incluir una breve descripción de cada actividad de control de los materiales nucleares (para documentarlas convendría utilizar formularios estándares), la firma de cada uno de los miembros del personal que

lleve a cabo las actividades y las fechas en las que estas se hayan realizado. Los registros deberían guardarse a buen recaudo y deberían ser fácilmente accesibles para quienes necesiten acceder a ellos en el caso de que hubiese una irregularidad o cuando se lleve a cabo una auditoría del sistema de control de materiales nucleares.

3.4. La autoridad competente del Estado (o el explotador de la instalación, según proceda) debería establecer las normas para la aplicación de medidas de control de materiales nucleares sobre la base de un enfoque graduado.

## CONTROL DE ACCESO

3.5. El control del acceso durante situaciones ordinarias, no ordinarias o en situaciones de emergencia real o simulada es importante para la eficacia de la seguridad física nuclear.

### **Control del acceso a los materiales nucleares**

3.6. El control del acceso a los materiales nucleares y a los lugares en los que se produce, procesa, utiliza o almacena material nuclear es importante para el programa de seguridad física nuclear de la instalación y debería coordinarse entre los departamentos de operaciones, contabilidad y control de materiales nucleares, protección física y seguridad.

#### *Acceso ordinario*

3.7. El explotador de la instalación debería elaborar procedimientos para controlar el acceso a sus materiales nucleares; esos procedimientos deberían incluir una descripción de los requisitos para la aprobación del acceso, una clara asignación de las funciones y responsabilidades e instrucciones para garantizar la revocación oportuna de la aprobación de acceso del personal que pueda haber sido trasladado a otra zona de trabajo o cuyo empleo en la instalación haya finalizado. El explotador de la instalación debería contar con un programa para garantizar que la probidad de su personal [9] sea proporcional a la cantidad y al atractivo de los materiales nucleares presentes en la instalación. Además, el programa de capacitación del explotador de la instalación debería incluir una evaluación de los conocimientos del personal sobre la función que este desempeña en las actividades que involucran materiales nucleares.

3.8. Debería ser necesaria la aprobación por parte de la persona adecuada para que el personal entre en una zona en la que haya material nuclear, y se deberían implantar controles (p. ej., la regla de la actuación en pareja) para impedir que una sola persona pueda abrir o introducirse en una zona que contenga una cantidad de material nuclear de categoría I. Esta es también una buena práctica para las zonas de almacenamiento de categoría II.

3.9. Los procedimientos de acceso ordinario deberían contar con un sistema para aprobar que los visitantes y trabajadores temporales puedan acceder a la instalación acompañados. La información sobre los visitantes y trabajadores temporales normalmente se tendrá que facilitar por adelantado, a fin de preparar la visita o el trabajo programados, y se debería pedir a dichas personas a su llegada a la instalación que presenten la documentación adecuada con que probar su identidad. Se debería requerir capacitación sobre el conocimiento de los requisitos de seguridad tecnológica y física y sobre las condiciones de trabajo en la instalación antes del acceso a esta.

3.10. Las personas autorizadas para acompañar a visitantes y trabajadores temporales deberían contar con la correspondiente aprobación de acceso, tener conocimientos de las zonas que se visitarán y estar preparadas para adoptar las medidas oportunas en caso de emergencia. Se deberían llevar registros para identificar a todos los empleados, visitantes y trabajadores temporales a los que se haya permitido acceder a la instalación.

#### *Acceso no ordinario*

3.11. Los explotadores de la instalación deberían elaborar procedimientos y llevar a cabo ejercicios a fin de preparar al personal para realizar actividades no ordinarias (p. ej., evacuaciones no programadas). Los explotadores de la instalación deberían asegurarse de haber elaborado planes de contingencia y de contar con medidas de mitigación si los controles de acceso normales se degradasen o fallasen. Por ejemplo, en el caso de una evacuación no programada de una zona que contenga material nuclear, se deberían elaborar procedimientos en los que se describa el proceso por el que monitorizar al personal que hubiese abandonado la zona sin someterse a las comprobaciones habituales. Para garantizar que no se haya producido ninguna retirada no autorizada de material nuclear se deberían utilizar medidas compensatorias, como la monitorización radiológica de las personas.

### *Situaciones de emergencia reales o simuladas*

3.12. Se deberían elaborar procedimientos en los que se describan las medidas de control que se adoptarán en una situación de emergencia y se debería determinar el personal encargado de esas medidas. Al elaborar los planes de emergencia y los procedimientos para las situaciones de emergencia [10, 11], los explotadores de las instalaciones deberían tener en cuenta la necesidad de medidas adicionales de control de los materiales nucleares (p. ej., las medidas de control que se aplicarán cuando se dé acceso a personal de respuesta a emergencias, como los bomberos, a zonas en las que haya material nuclear). El personal de la instalación encargado de dichas medidas de control debería estar capacitado y cualificado para aplicarlas durante una emergencia.

3.13. En la fase de preparación deben señalarse las medidas necesarias, el acceso necesario y el personal que interviene en la respuesta a emergencias [10, 11]; luego deberían disponerse las medidas adecuadas de control de los materiales nucleares. Las medidas de control de los materiales nucleares también deberían ser tenidas en cuenta durante la preparación y realización de ejercicios.

### **Control de acceso al equipo u otros dispositivos empleados en las actividades que involucran materiales nucleares**

3.14. Se debería controlar el equipo empleado en todas las actividades que involucran materiales nucleares, como en manipulación y medición, en la colocación de dispositivos de indicación de manipulación ilícita o en su procesamiento (p. ej., cajas de manipulación con guantes, contenedores vacíos, viales para muestras, grúas), puesto que potencialmente podrían utilizarse para la retirada no autorizada o el uso indebido de material nuclear. El equipo que estará sujeto a procedimientos de control de acceso debería determinarse en función del tipo de actividades que se realicen con material nuclear. En los procedimientos se deberían exponer las medidas de control necesarias para el uso de ese equipo en actividades que involucren materiales nucleares. Se debería obtener la aprobación de la parte correspondiente de la entidad explotadora antes de introducir o utilizar el equipo en una zona que contenga material nuclear. Las distintas partes de la entidad explotadora deberían intercambiar información y comunicarse entre sí con respecto a la presencia y el uso de materiales nucleares y equipo en las zonas de material nuclear, así como las ocasiones en que prevean que su personal estará en zonas de material nuclear.

3.15. Un ejemplo de medidas de control de acceso al equipo sería la combinación del control de llaves y la colocación de dispositivos de indicación de manipulación

ilícita en una grúa empleada para trasladar equipo de gran tamaño o contenedores de material nuclear en una zona de procesamiento o conjuntos combustibles gastados en una piscina de combustible gastado. Esas medidas disuadirían, retrasarían y permitirían detectar cualquier intento de retirada no autorizada de material nuclear por medio de la grúa.

3.16. Los dispositivos y la información que permitan acceder a los lugares que contienen material nuclear o equipo para trasladar o procesar material nuclear, como llaves y combinaciones de cerraduras, se deberían controlar, lo que incluye, según proceda, el seguimiento del uso de las llaves (p. ej., mediante el mantenimiento de un registro). En caso de que el acceso requiera dos llaves o combinaciones, ninguna persona debería tener acceso a ambas de ellas.

3.17. Entre otros dispositivos cuyo uso o accesibilidad se debería controlar cabe mencionar los que se podrían utilizar para retirar los dispositivos de contención (como cerraduras) existentes en un lugar en el que se guarde material nuclear. De manera parecida, se deberían controlar los dispositivos que podrían utilizarse para retirar dispositivos de indicación de manipulación ilícita de los contenedores de materiales nucleares y que estén permitidos en una zona en la que hay presente material nuclear.

### **Control de acceso a los datos relacionados con material nuclear**

3.18. Un desafío importante al que se enfrentan los programas de seguridad física nuclear es la seguridad de los datos, especialmente de los datos electrónicos. Los registros e informes sobre materiales nucleares, los esquemas de la instalación y los detalles de las rutas de acceso son información de carácter estratégico y deberían mantenerse en condiciones de seguridad. En la publicación N° 23-G de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA, Seguridad física de la información nuclear* [8] se proporciona orientación sobre la seguridad física de la información. Se debería realizar una evaluación de las necesidades de seguridad física de la información específicas de la instalación. Por ejemplo, la información sobre expediciones y recepciones de material nuclear podría ser especialmente delicada y debe protegerse en consecuencia. Las medidas físicas y administrativas para controlar el acceso físico y electrónico a las bases de datos que contengan información de carácter estratégico deberían ser proporcionales a las consecuencias de la información contenida en la base de datos que esté comprometida. Debería tomarse en especial consideración garantizar que no se incluya información de carácter estratégico en los canales de comunicación de más amplia difusión o de difusión pública (p. ej., boletines informativos de la empresa, sitios web).

3.19. La coordinación entre las distintas partes de la organización, fundamentalmente entre las encargadas de la contabilidad y control de materiales nucleares, la seguridad informática y la protección física, es primordial para la eficacia de la seguridad física de la información de carácter estratégico de la instalación.

3.20. Las normas sobre la aprobación y el control de acceso a la información de carácter estratégico, incluidos los sistemas de datos electrónicos, se deberían hacer cumplir estrictamente, y se deberían revisar y actualizar periódicamente para lograr el nivel necesario de seguridad física de la información. El personal debería tener acceso solo a la información (en papel y en formato digital) que le sea estrictamente necesaria, y debería recibir capacitación sobre cómo utilizar los sistemas para obtener esa información y manejarla de forma segura. Se deberían establecer controles y medidas de verificación de datos para garantizar que una sola persona no pueda manipular los datos con el fin de lograr la retirada no autorizada de material nuclear o dilatar la detección de esa retirada. Se deberían elaborar y aplicar procedimientos para controlar todas las actividades que entrañen información de carácter estratégico y con los sistemas en los que se almacena y procesa esa información, así como para presentar informes en los que se documenten esas actividades. En esos informes se debería incluir la identidad de toda persona que haga asientos, modificaciones o correcciones en la información de carácter estratégico o en los sistemas conexos. Esos informes deberían conservarse según lo requiera la autoridad competente del Estado.

3.21. La separación de funciones es una buena práctica. Por ejemplo, cuando el personal de una zona de procesamiento está embalando material nuclear para enviarlo a otra instalación, ese personal no debería tener la posibilidad de introducir los datos en el sistema contable para mostrar las partidas de material nuclear que se van a enviar sin que haya otra persona (p. ej., una persona de otra parte de la organización) encargada del control o aprobación final de la introducción de los datos. Una forma de controlar esto es exigir que una persona de contabilidad de la parte de contabilidad y control de materiales nucleares de la organización esté presente durante el proceso de embalaje para examinar los datos y confirmar que las partidas de material nuclear que se señalen como embaladas para su envío sean realmente las partidas de material nuclear que estén enviándose.

## CONTENCIÓN DEL MATERIAL

3.22. La contención del material tiene la finalidad de garantizar que los materiales nucleares se mantengan allí donde deben estar, lo cual permite al explotador de la instalación mantener la continuidad de los conocimientos respecto de ellos, al impedir el acceso no detectado a materiales nucleares u otros materiales radiactivos, su traslado o la interferencia con estos. La contención del material se logra mediante las características estructurales de una instalación, contenedores y equipo de otro tipo empleados para establecer la integridad física de una zona o de partidas. La contención puede incluir vallas, edificios, una sala o una piscina de almacenamiento, cofres de transporte o contenedores de almacenamiento. Los tipos y niveles de contención deberían estar en consonancia con la cantidad y el atractivo de los materiales nucleares.

3.23. La integridad continua de la contención se suele asegurar mediante el uso de dispositivos de indicación de manipulación ilícita o (sobre todo para evitar que se atraviesen los elementos de contención, como puertas, tapas de vasijas y superficies de agua) medidas de vigilancia, así como mediante el examen periódico de la contención. Un quebrantamiento de la contención podría indicar la retirada no autorizada de material nuclear. La retirada de material nuclear de un lugar de almacenamiento seguro (para su procesamiento, envío o traslado) se debería controlar a fin de impedir su retirada no autorizada. Se debería utilizar un almacenamiento provisional seguro (p. ej., armarios, cajas de seguridad, jaulas con doble cerradura o con dispositivos de indicación de manipulación ilícita instalados) para mantener la continuidad de los conocimientos respecto del material que se mantenga fuera del almacenamiento permanente durante su preparación para el procesamiento.

3.24. Los operadores de instalaciones deberían emplear un sistema de segregación y control a fin de impedir que se introduzca material menos atractivo para ocultar la retirada no autorizada de material más atractivo; por ejemplo:

- almacenar las distintas categorías de uranio (natural, empobrecido, poco enriquecido, muy enriquecido) en zonas separadas;
- segregar los desechos del material de productos;
- controlar el material no nuclear que pudiera sustituirse por material nuclear (p. ej., conjuntos combustibles vacíos o simulados).

3.25. Se deberían señalar y controlar las posibles rutas de retirada no autorizada de material nuclear (p. ej., salidas de emergencia, puntos de disposición final de desechos, conductos de ventilación, otros puntos de penetración). Por ejemplo,

instalar en las ventanas y los conductos de ventilación, además de rejillas, una malla de metal fina cuya retirada se pueda detectar puede impedir la retirada no autorizada de material nuclear a través de esas aberturas.

### **Diseño de las medidas de contención**

3.26. El diseño de las medidas de contención debería ser adecuado al tipo de instalación que debe protegerse. Una instalación en la que se manipulen partidas de material nuclear pero no se procese material nuclear tiene requisitos distintos a los de una instalación en la que se lleva a cabo el procesamiento de material nuclear a granel. La monitorización de los materiales nucleares durante su procesamiento puede que deba realizarse de forma distinta en función de si el material se encuentra a granel o en forma de partidas.

3.27. Las características de las instalaciones diseñadas principalmente para otros fines también pueden proporcionar una sólida contención de los materiales. Por ejemplo, las paredes, techos y suelos gruesos de las instalaciones en las que se producen, procesan, usan o almacenan materiales nucleares muy radiactivos, destinados a proporcionar una protección radiológica adecuada, también pueden actuar como medida de contención para los materiales guardados en su interior. Para introducir y sacar de la instalación material muy radiactivo también es necesario utilizar procedimientos, técnicas y equipo de manipulación especializados. Estas características presentan un obstáculo para la retirada de material y pueden contribuir al control de los materiales nucleares.

3.28. En el proceso de diseño de la contención se deberían tener en cuenta las necesidades de protección física, de contabilidad y control de materiales nucleares y de seguridad tecnológica y, por lo tanto, se debería incluir personal con conocimientos especializados en estas esferas.

### **DISPOSITIVOS DE INDICACIÓN DE MANIPULACIÓN ILÍCITA**

3.29. Como se indica en el párrafo 4.130 de la referencia [1]:

“El uso de un dispositivo [...] de indicación de manipulación ilícita con características de identificación únicas proporciona cierta confianza en que la unidad protegida con el dispositivo no se ha abierto. La finalidad de un dispositivo de indicación de manipulación ilícita es garantizar que no

se produzcan manipulaciones ilícitas o entradas no detectadas mientras el material se encuentra en la unidad”.<sup>2</sup>

El uso y la selección de dispositivos de indicación de manipulación ilícita deberían basarse en un enfoque graduado.

### **Uso de dispositivos de indicación de manipulación ilícita para el control de material nuclear**

3.30. Un dispositivo de indicación de manipulación ilícita por sí solo no protege frente a la retirada de material nuclear de un contenedor o un lugar. El dispositivo de indicación de manipulación ilícita preserva la continuidad de los conocimientos respecto del material indicando si se ha accedido o no al contenedor o al lugar. Los dispositivos de indicación de manipulación ilícita no solo permiten detectar el acceso no autorizado, sino que también pueden disuadir a un agente interno, dado que puede que este perciba que el dispositivo de indicación de manipulación ilícita es un obstáculo que reduce las posibilidades de acceder al material sin ser detectado. Los dispositivos de indicación de manipulación ilícita deberían utilizarse junto con medidas eficaces de vigilancia del material, según se señala en los párrafos del 3.42 al 3.69.

3.31. Durante los traslados de material nuclear pueden colocarse dispositivos de indicación de manipulación ilícita en los contenedores de material nuclear, los contenedores de transporte y los compartimentos de carga de los vehículos de transporte, a fin de proporcionar una garantía, tanto a la entidad remitente como a la destinataria, de que no se ha violado la integridad del contenedor ni del compartimento. Se debería examinar la integridad y la identidad del dispositivo de indicación de manipulación ilícita y la integridad de la contención a fin de verificar que durante el proceso de traslado se haya mantenido la continuidad de los conocimientos respecto del material nuclear.

3.32. En la instalación, cuando el material está almacenado o cuando no se necesita acceder de inmediato a él, se pueden colocar dispositivos de indicación de manipulación ilícita en los objetos utilizados para la contención de los materiales nucleares (p. ej., contenedores, puertas, cajas fuertes). Mediante el uso de dispositivos de indicación de manipulación ilícita se puede reducir la necesidad de realizar nuevas mediciones con fines contables, el esfuerzo que supone hacer el inventario físico y la necesidad de realizar actividades de control

---

<sup>2</sup> En esta publicación no se abordan los dispositivos de indicación de manipulación ilícita (precintos) que utiliza el OIEA a efectos de salvaguardias.

y monitorización de las partidas de material nuclear. Un programa de dispositivos de indicación de manipulación ilícita también puede reducir el tiempo necesario para hacer inventarios de emergencia o no programados y ayudar a investigar las irregularidades. Los dispositivos de indicación de manipulación ilícita también se pueden utilizar para impedir el uso no autorizado de equipo.

### **Tipos y selección de dispositivos de indicación de manipulación ilícita**

3.33. En el mercado existen varios tipos de dispositivos de indicación de manipulación ilícita, que presentan una amplia variedad de características y capacidades y emplean diversos métodos para indicar la manipulación ilícita (p. ej., cables de cierre; candados de acero; etiquetas electrónicas de radiofrecuencia; dispositivos sensibles a la presión [autoadhesivos], de alambre de copa de tipo E, de extremos con bola de rosca [correa de acero], de cable de fibra óptica y de alambres que evidencian la manipulación ilícita). Los dispositivos de indicación de manipulación ilícita electrónicos proporcionan monitorización continua de señales y pueden proporcionar alarmas en tiempo cuasi real. Como se indica en la referencia [1], “los dispositivos que se pueden forzar o copiar fácilmente (por ejemplo, los precintos de plomo o cera) no son apropiados para su empleo como dispositivos de indicación de manipulación ilícita en un sistema de contabilidad y control de materiales nucleares”.

3.34. La autoridad competente del Estado puede establecer la obligación de que los dispositivos de indicación de manipulación ilícita cumplan determinadas especificaciones, y puede exigir la certificación de los tipos concretos de ellos que vayan a utilizarse. Los dispositivos de indicación de manipulación ilícita deberían ser adecuados para el uso al que están destinados (p. ej., garantizar la integridad de una partida, de un armario o de una sala de almacenamiento) y deberían poder soportar las condiciones reales de uso (p. ej., temperatura, humedad, manipulación repetida, radiación, sustancias químicas) sin provocar ninguna degradación que pueda permitir su manipulación ilícita o dar lugar a pruebas de manipulación equívocas. La aceptabilidad de un dispositivo de indicación de manipulación ilícita debería basarse en estudios de ingeniería que demuestren su idoneidad para sus condiciones de uso mediante una evaluación de los atributos del dispositivo en relación con el tiempo y los medios necesarios para vencer las características de indicación de manipulación ilícita (p. ej., una evaluación de los datos y las pruebas de campo del fabricante). La instalación o la autoridad competente del Estado deberían designar a una persona capacitada y entendida en el tema para probar cada tipo de dispositivo de indicación de manipulación ilícita y aprobar su utilización en función de cada caso.

## **Limitaciones de los dispositivos de indicación de manipulación ilícita**

3.35. Un dispositivo de indicación de manipulación ilícita no desempeñaría su función si se pudiese sustituir, alterar o retirar y volver a colocar sin dejar ningún indicio de manipulación ilícita. Dado que estos dispositivos tienen limitaciones que se pueden aprovechar de esas maneras, los explotadores de las instalaciones deberían tratar de impedir que personas no autorizadas venzan el dispositivo dentro de las limitaciones de tiempo y de recursos impuestas por las demás medidas de seguridad física implantadas. Por ejemplo, cuando un dispositivo de indicación de manipulación ilícita se utiliza dentro de una zona interior, un adversario estará limitado en cuando a los instrumentos o las sustancias químicas que pueda introducir en la zona, y tal vez solo disponga de unos minutos para vencer el dispositivo antes de ser interrumpido.

### *Sustituciones*

3.36. Un dispositivo de indicación de manipulación ilícita se puede retirar y sustituir por otro dispositivo del mismo diseño. Por este motivo, todos los dispositivos de indicación de manipulación ilícita deberían llevar un identificador exclusivo (p. ej., un logotipo específico de la instalación y un número de serie). El fabricante debería asegurarse de que los dispositivos de indicación de manipulación ilícita sean exclusivos; que los dispositivos específicos de la instalación provistos de un identificador exclusivo no se suministren a otras instalaciones, y que el prototipo empleado para diseñar los dispositivos de indicación de manipulación ilícita y sus especificaciones estén controlados. Si para la identificación exclusiva se utiliza una secuencia de código alfanumérico, esa secuencia debería contener los caracteres suficientes para mantener su exclusividad durante un período superior a la probable vida útil de diseño del dispositivo. Se pueden añadir uno o dos caracteres para identificar la zona de balance de materiales, de manera que cada custodio de dispositivos de indicación de manipulación ilícita encargado de una zona de balance de materiales dada pueda utilizar un conjunto exclusivo de dichos dispositivos. Los explotadores de instalaciones deberían tomar medidas para asegurarse de que no se utilicen números duplicados. Para facilitar el reconocimiento de los números de serie y reducir los errores de registro manual, es una buena práctica utilizar un sistema de código de barras, de preferencia impreso directamente sobre el dispositivo de indicación de manipulación ilícita. Esto es posible en muchos tipos de dispositivos de indicación de manipulación ilícita, incluidos los sensibles a la presión (autoadhesivos) y los de tipo cable.

### *Retirada y recolocación*

3.37. Para garantizar el funcionamiento correcto de los dispositivos de indicación de manipulación ilícita es indispensable colocarlos adecuadamente. Cuando se utiliza un dispositivo de indicación de manipulación ilícita para precintar un contenedor, el modo de colocación del dispositivo debería garantizar que el contenido no se pueda sacar de su interior sin comprometer la integridad del dispositivo o del contenedor. Solo el personal autorizado pertinente debería poder acceder a instrucciones claras de instalación en las que se describa la colocación adecuada y el uso de esos dispositivos. En los procedimientos de la instalación sobre la colocación de los dispositivos de indicación de manipulación ilícita y la verificación de los ya colocados se deberían tener en cuenta las especificaciones del fabricante con respecto a las condiciones de uso.

### *Alteraciones*

3.38. El diseño y la utilización de los dispositivos de indicación de manipulación ilícita deberían hacer patente cualquier alteración de los datos registrados en el dispositivo, incluidas las alteraciones del identificador exclusivo. En caso de que deban registrarse datos manualmente en los dispositivos, el explotador de la instalación debería asegurarse de que esa información no pueda borrarse ni eliminarse, ya sea intencionada o accidentalmente, sin que esa alteración resulte evidente. Dados los sistemas informatizados modernos, el número de identificación de serie puede ser la única información que haya registrada en el dispositivo de indicación de manipulación ilícita, pero es una buena práctica utilizar un código de barras y un escáner para ayudar a su identificación. El sistema informático puede utilizar ese número o código de barras para correlacionar el contenedor con datos de identificación y medición de partidas de material nuclear que se hayan registrado por separado.

3.39. Para la identificación de los contenedores, los explotadores de las instalaciones no deberían valerse exclusivamente del número de serie del dispositivo de indicación de manipulación ilícita, puesto que la retirada o el intento de retirada del dispositivo pueden volverlo ilegible, con lo cual se perdería el acceso a información sobre el contenido del contenedor. Un número de contenedor marcado por separado en los contenedores ayudará a identificar el contenedor y su contenido si el dispositivo de indicación de manipulación ilícita es retirado o destruido. El número o código de barras del contenedor y el número de serie o código de barras del dispositivo de indicación de manipulación ilícita deberían compararse con la información registrada para asegurar que este siga estando unido al contenedor correcto.

3.40. Los explotadores de las instalaciones deberían llevar un control de los datos informatizados o manuscritos asociados a los dispositivos de indicación de manipulación ilícita, a fin de impedir o detectar cualquier intento de alteración no autorizada de esos datos. Por ejemplo, si se venciese un dispositivo de indicación de manipulación ilícita, se retirase material del contenedor y se modificasen los registros de contabilidad y control de materiales nucleares para reflejar la cantidad que queda en el contenedor, y no se detectase el vencimiento del dispositivo ni la alteración de los registros de contabilidad y control de materiales nucleares, el robo únicamente se descubriría durante las mediciones de verificación o a consecuencia del descubrimiento de material no contabilizado (MNC) la próxima vez que se realice un inventario físico.

### **Elementos de un programa eficaz de dispositivos de indicación de manipulación ilícita**

3.41. En una instalación, un programa eficaz de dispositivos de indicación de manipulación ilícita debería incluir controles sobre la adquisición, la compra y la destrucción de dichos dispositivos. En particular, los explotadores de las instalaciones deberían asegurarse de que las siguientes características y prácticas formen parte del programa de dispositivos de indicación de manipulación ilícita:

- los dispositivos de indicación de manipulación ilícita utilizados pueden soportar las condiciones de uso sin una degradación que pueda permitir la manipulación ilícita o dar lugar a pruebas de manipulación ilícita equívocas;
- los dispositivos de indicación de manipulación ilícita utilizados llevan un identificador exclusivo (p. ej., un logotipo específico de la instalación y un número de serie);
- los dispositivos de indicación de manipulación ilícita se colocan de tal forma que dificultan que su retirada pase desapercibida y garantizan que no pueda retirarse contenido del contenedor precintado sin comprometer la integridad del dispositivo o del contenedor;
- se toman medidas de control para proteger el material nuclear presente en un contenedor durante el tiempo que transcurre entre la medición del material y la colocación del dispositivo de indicación de manipulación ilícita;
- se elaboran y llevan registros de seguimiento de la colocación, verificación y retirada de los dispositivos de indicación de manipulación ilícita, que incluyan la fecha de uso, la identidad del personal que colocó el dispositivo, la identidad del contenedor con el dispositivo y el número de identificación del dispositivo;

- los dispositivos de indicación de manipulación ilícita los colocan y los retiran únicamente personas autorizadas;
- se utiliza la regla de la actuación en pareja para colocar, verificar, retirar y destruir los dispositivos de indicación de manipulación ilícita;
- los dispositivos de indicación de manipulación ilícita no utilizados se guardan a buen recaudo, puesto que son dispositivos que se han retirado pero que no se han destruido aún, y el inventario de dispositivos de indicación de manipulación ilícita no utilizados se verifica periódicamente;
- los dispositivos de indicación de manipulación ilícita que han sido retirados se destruyen para garantizar que no se puedan volver a colocar;
- se elaboran procedimientos que el personal de la instalación seguirá cuando ejecute todas las partes del programa de dispositivos de indicación de manipulación ilícita, incluidas las auditorías e inspecciones de dicho programa;
- el personal que trabaja con los dispositivos de indicación de manipulación ilícita está capacitado en todos los aspectos del programa, como el uso, la colocación, la retirada, la destrucción, el almacenamiento, la emisión y la verificación de los dispositivos de indicación de manipulación ilícita.

## VIGILANCIA DE LOS MATERIALES NUCLEARES

3.42. Se deberían emplear medidas de vigilancia del material para detectar el acceso no autorizado a materiales nucleares o su traslado. En la presente publicación se hace referencia únicamente a las medidas de vigilancia del material aplicadas por el explotador de la instalación como parte de su programa de seguridad física nuclear.<sup>3</sup>

3.43. En la elaboración del programa de vigilancia de los materiales nucleares y la selección de tipos de medidas de vigilancia del material debería tomarse en consideración un enfoque graduado basado en el tipo, la cantidad, la forma y el atractivo de los materiales nucleares.

### **Elementos de un programa eficaz de vigilancia del material**

3.44. Como se indica en el párrafo 4.136 de la referencia [1], “[un] programa de vigilancia debería garantizar al menos:

---

<sup>3</sup> La vigilancia del material a los efectos de las salvaguardias del OIEA no se aborda en esta publicación.

- que se asigne la responsabilidad de la vigilancia de los materiales nucleares solo al personal autorizado y con conocimientos apropiados que sea capaz de detectar actividades incorrectas o no autorizadas;
- que se vigile el equipo que pueda ser manipulado ilícitamente para impedir la detección de retiradas no autorizadas de materiales nucleares u otras actividades no autorizadas llevadas a cabo [por un agente interno];
- que, si el método de vigilancia es la regla de la actuación en parejas, las dos personas autorizadas estén en un lugar físico desde el que puedan verse claramente el uno al otro [y] los materiales nucleares, y ambas estén formadas y sean capaces de detectar actividades no autorizadas o procedimientos incorrectos;
- que los puntos débiles de los distintos componentes de los sistemas de vigilancia y monitorización no puedan ser aprovechados [por un agente interno], por ejemplo, el blindaje de los monitores de radiación, la manipulación de [dispositivos de indicación de manipulación ilícita] y componentes electrónicos, la manipulación de unidades de materiales nucleares o el equipo cuya identificación no sea sencilla mediante actividades de vigilancia;
- que el material nuclear que está siendo utilizado o procesado, o que se encuentra almacenado [y en traslado], tenga una vigilancia adecuada o disponga de alarma o protección equivalente”.

3.45. Además, en el programa de vigilancia se deberían incluir los siguientes procedimientos y prácticas, según proceda para la instalación:

- Hay implantadas medidas de vigilancia adecuadas para reducir la posibilidad de que una sola persona obtenga acceso a zonas en las que se utiliza la norma de la actuación en pareja.
- Todo el personal que se encuentra en zonas que contienen materiales nucleares está bajo la vigilancia adecuada (p. ej., la norma de la actuación en pareja) cuando la zona no está cerrada bajo llave y protegida por un sistema de alarma activo.
- Se puede detectar la entrada de personal no autorizado o de personal autorizado no acompañado en la zona de almacenamiento o de procesamiento cuando la puerta no está cerrada bajo llave o está abierta.
- Se monitorizan los puntos de disposición final de desechos radiactivos y no radiactivos para reducir la probabilidad de que se puedan utilizar como vía para la retirada no autorizada de material nuclear presente en los desechos.
- Se monitorizan los conductos de ventilación, los desagües y otras vías de penetración de la estructura de la instalación (p. ej., mediante equipo de análisis no destructivo o monitores de radiación) para detectar la retirada

no autorizada de material nuclear a través de alguna de estas vías de penetración.

### **Uso de medidas de vigilancia del material**

3.46. La vigilancia cobra especial importancia durante el traslado de materiales nucleares. Se deberían diseñar y aplicar medidas de vigilancia del material para reducir al mínimo la posibilidad de que se traslade material nuclear sin la aprobación del personal adecuado. Por ejemplo, en el caso de que se detecte un traslado no aprobado de material nuclear, se podrían utilizar alarmas sonoras locales para informar al personal que se encuentre lo suficientemente cerca como para responder a ello. Se puede asignar a personal de la instalación la realización de vigilancia visual para reducir al mínimo la posibilidad de que se pueda acceder a material nuclear o trasladarlo sin la aprobación adecuada. También se puede utilizar equipo de vigilancia. Por ejemplo, el flujo de la solución de uranio enriquecido de un tanque a otro se puede monitorizar mediante un manómetro de presión diferencial.

3.47. El equipo de medición empleado en el procesamiento y almacenamiento de materiales nucleares se debería vigilar según fuese necesario. Se pueden utilizar medidas de vigilancia del material para detectar el uso no autorizado de este equipo mediante la provisión continua de información sobre su estado. Por ejemplo, un agente interno que tenga acceso autorizado a una zona que contiene material nuclear puede manipular de forma ilícita el equipo de medición para que este proporcione información equívoca o incorrecta en relación con el material nuclear. Esa manipulación ilícita podría utilizarse para ocultar una retirada no autorizada.

3.48. El uso de medidas de vigilancia permite evaluar cualquier indicio de quebrantamiento de la contención o acceso no autorizado a una zona de acceso limitado, protegida, interior o vital. Se debería contemplar la aplicación de medidas de vigilancia del material en todas las zonas que se utilicen para producir, procesar, utilizar o almacenar materiales nucleares, y esas medidas deberían complementar las de contención.

3.49. Las medidas de vigilancia del material también se pueden utilizar fuera de esas zonas. Las medidas de vigilancia deberían aplicarse a equipo como cajas de manipulación con guantes y zonas en las que se lleven a cabo actividades que involucran materiales nucleares, como la expedición o la recepción de material nuclear. Se deberían monitorizar los flujos de desechos, tanto radiactivos como no

radiactivos, a fin de garantizar que no se produzca ninguna retirada no autorizada de material nuclear a través de ellos.

3.50. Para la vigilancia del material pueden emplearse medidas tanto técnicas como administrativas, como se describe más detalladamente en los párrafos 3.52 y 3.53. Esas medidas deberían aplicarse en combinación con otras medidas, como la autorización y el control de acceso, a fin de proporcionar una defensa en profundidad. Las medidas de vigilancia elegidas deberían ser adecuadas para las condiciones de uso (p. ej., los detectores de movimiento tal vez no sean eficaces en una zona de procesamiento con mucho ajetreo durante el horario de trabajo).

3.51. El personal encargado de la vigilancia del material puede aprovechar las actividades de monitorización que el personal de otras partes de la organización realice para otros fines. Se deberían establecer disposiciones para que el personal que lleve a cabo otras actividades de monitorización comunique de inmediato al personal de contabilidad y control de materiales nucleares y de protección física cualquier indicio de una posible retirada no autorizada de material nuclear.

### **Medidas administrativas de vigilancia del material**

3.52. En la vigilancia del material deberían emplearse medidas administrativas para controlar el acceso a los materiales nucleares del personal autorizado por el explotador de la instalación y para mantener una vigilancia continua de los materiales nucleares durante el procesamiento o cuandoquiera que haya material fuera de lugares de almacenamiento cerrados bajo llave y con alarmas. Los controles administrativos deberían incluir una lista del personal autorizado a entrar en la zona de almacenamiento o de procesamiento. Por ejemplo, en una zona de almacenamiento de categoría I únicamente deberían entrar dos miembros del personal juntos, ambos de los cuales deberían figurar en la lista de personal autorizado (es decir, la norma de la actuación en pareja). Esta es también una buena práctica para las zonas de almacenamiento de categoría II. Para una zona de procesamiento de categoría III, las medidas deberían garantizar que únicamente el personal autorizado tenga permiso para entrar en esa zona y que sus actividades dentro de ella estén vigiladas.

3.53. Las medidas administrativas se pueden complementar o respaldar mediante medidas técnicas de vigilancia del material. Por ejemplo, si se utiliza la norma de la actuación en pareja (una medida administrativa) dentro de una zona de almacenamiento, las puertas para entrar en la zona de almacenamiento pueden estar cerradas con dispositivos que requieran dos miembros del personal

autorizados para abrirlas (una medida técnica), a fin de impedir que una persona pueda entrar sola en la zona de almacenamiento.

### **Medidas técnicas de la vigilancia del material**

3.54. Las medidas técnicas de vigilancia del material incluyen el equipo empleado para observar y monitorizar los materiales nucleares y el equipo conexo. Las medidas técnicas que se utilicen deberían poder proporcionar alarmas en tiempo real o cuasi real para indicar tanto el fallo de las medidas de vigilancia en sí mismas como el fallo de las medidas de control del material vigilado. Como ejemplos de medidas técnicas cabe mencionar la videovigilancia; los sensores de peso; los pórticos detectores de radiación y otro equipo de monitorización radiológica; equipo de rayos X y detectores de metales, y dispositivos de indicación de manipulación ilícita y radiotransmisores.

#### *Videovigilancia*

3.55. Para poder proporcionar alarmas oportunas, una videovigilancia eficaz debería incluir lo siguiente:

- suministro de energía eléctrica independiente que proporcione la capacidad de mantener el equipo en funcionamiento en caso de interrupción del servicio eléctrico;
- un sistema para registrar y archivar datos para su posterior examen y análisis, si fuese preciso;
- un método de protección contra la falsificación de vídeos y datos;
- un método para analizar los datos de los vídeos de manera que se pueda activar una alarma según sea necesario; por ejemplo, para indicar si un movimiento o secuencia de movimientos es normal en relación con una actividad o si se está tratando de realizar una actividad fuera del horario normal de trabajo.

3.56. Al estudiar la posibilidad de usar videovigilancia se debería evaluar la ubicación de las cámaras, el servidor central de datos de vídeo y las estaciones de monitorización, a fin de garantizar la seguridad y la eficacia de la vigilancia. Se debería controlar el acceso a las cámaras y los datos.

#### *Sensores de peso*

3.57. Se pueden utilizar sensores de peso para monitorizar los contenedores de material nuclear. Por ejemplo, se puede utilizar un sistema de sensores de peso

electrónicos, conectado a través de una red a un servidor que monitorice los datos, para monitorizar el peso de contenedores individuales de material nuclear ubicados sobre los sensores. En este caso, si un sensor detectase un cambio considerable o rápido en el peso del contenedor debería activarse una alarma. Para evitar falsas alarmas, debería haber un margen para las fluctuaciones de peso que se producen de forma natural, como los cambios en la humedad o la presión del aire que se producen cuando se abre una puerta.

#### *Pórticos detectores de radiación y otro equipo de monitorización radiológica*

3.58. Los pórticos detectores de radiación que se utilizan para examinar al personal a su salida de las zonas de radiación pueden monitorizar el traslado de materiales nucleares y se pueden utilizar como una medida de vigilancia del material. Para la vigilancia también se pueden utilizar monitores manuales de radiación o de contaminación. El equipo de monitorización radiológica se debería instalar en los lugares (p. ej., entradas, salidas, puertas) y el equipo (p. ej., tuberías de procesamiento, sistemas de ventilación) a través de los cuales pueda salir material nuclear de una zona de balance de materiales o de la instalación, para reducir la posibilidad de que se produzca una retirada no autorizada de material nuclear que pase desapercibida. Las alarmas o lecturas inusualmente altas de cualquier monitor de radiación pueden indicar que se ha retirado material nuclear sin autorización.

3.59. Antes de instalar pórticos detectores de radiación se deberían evaluar las condiciones de uso en la zona donde se instalarían los pórticos. Por ejemplo, instalar pórticos detectores de radiación en la puerta de una zona donde hay ventanas que pueden abrirse con facilidad puede ser inadecuado para hacer un seguimiento del traslado de material radiactivo fuera de la zona. Los pórticos detectores de radiación instalados a efectos de seguridad física nuclear deberían estar dotados de personal o se deberían emplear otras medidas para impedir que una persona o vehículo que haya generado una alarma abandone la zona.

3.60. La radiación de fondo circundante se debería analizar para establecer valores umbral para los pórticos detectores. El valor umbral de los pórticos debería ajustarse para proporcionar una buena sensibilidad a efectos de seguridad física, manteniendo al mismo tiempo una tasa razonable de falsas alarmas debidas a la radiación de fondo y otras causas. El valor umbral se debería proteger como información de carácter estratégico a fin de impedir que un agente interno utilice esa información para determinar la cantidad de material que podría retirar sin ser detectado. El valor umbral se debería verificar periódicamente mediante pruebas

de comportamiento para asegurarse de que no se haya modificado y que el equipo no se haya degradado ni funcionado incorrectamente.

3.61. Se pueden utilizar alarmas sonoras, visuales o de radio o una combinación de estos tipos de alarma para alertar al personal adecuado con respecto a las lecturas de un pórtico detector que superen el nivel umbral. Se deberían investigar todas las alarmas. Cuando proceda y conforme a un enfoque graduado, las alarmas se deberían notificar a la estación central de alarmas de la instalación para que esta proceda a su investigación y resolución.

#### *Equipo de rayos X y de detección de metales*

3.62. Se puede utilizar equipo de rayos X y de detección de metales para reducir la posibilidad de que se introduzca equipo u otros dispositivos no autorizados (p. ej., material de blindaje, instrumentos no necesarios para las tareas autorizadas) en una zona protegida y de que se retire material nuclear de una zona sin que se sigan los procedimientos adecuados. Por ejemplo, la entrega de equipo de protección personal se debería monitorizar detenidamente para garantizar que no se introduzca material ni equipo no autorizados en la zona al mismo tiempo. De forma similar, también se debería monitorizar cualquier elemento que se retire de la zona a fin de garantizar que no se haya escondido material nuclear para su retirada no autorizada. Por ejemplo, el blindaje metálico empleado para ocultar la retirada no autorizada de material nuclear podría desencadenar una alarma del detector de metales, o una exploración por rayos X podría revelar elementos no autorizados ocultos en materiales o en equipo.

#### *Dispositivos de indicación de manipulación ilícita con radiotransmisores*

3.63. Algunos dispositivos de indicación de manipulación ilícita modernos pueden intercambiar señales de radio de manera inalámbrica con un servidor informático. Monitorizar el material nuclear de este modo puede proporcionar una vigilancia en tiempo cuasi real del dispositivo de indicación de manipulación ilícita. Por ejemplo, se puede activar una alarma mediante una señal del dispositivo de indicación de manipulación ilícita que indique que se ha violado su integridad o cuando este no responda a una petición del servidor para validar su integridad. Deberían adoptarse medidas para impedir que se falsifiquen las señales.

### **Gestión y evaluación de los sistemas de vigilancia**

3.64. Ninguna medida de vigilancia individual debería considerarse suficiente por sí sola para garantizar la detección oportuna. Una combinación de medidas

de vigilancia que funcionen en conjunto (es decir, un sistema de vigilancia) es más eficaz que una medida individual. Por ejemplo, la norma de la actuación en pareja, las comprobaciones administrativas, la videovigilancia, los dispositivos de indicación de manipulación ilícita y los pórticos detectores de radiación se pueden utilizar simultáneamente para reducir al mínimo la probabilidad de que se produzca una retirada no autorizada de material nuclear. Las medidas de vigilancia deberían coordinarse para proporcionar una defensa en profundidad del nivel adecuado a la cantidad y el atractivo de los materiales nucleares protegidos.

3.65. Ninguna persona debería poder controlar ella sola todos los sistemas de vigilancia ni tener aprobaciones que puedan permitirle modificar o bloquear todas las señales de los sistemas de vigilancia. Automatizar las alarmas generadas por las medidas de vigilancia y las respuestas a esas alarmas puede mejorar la eficiencia y la protección frente a posibles amenazas de agentes internos. El explotador de la instalación debería llevar registros de las alarmas y de los resultados de las investigaciones de las alarmas.

3.66. Se deberían evaluar periódicamente los resultados de las medidas de vigilancia en las zonas en las que están implantadas, a fin de garantizar que el diseño y la aplicación del sistema sean eficaces para detectar la retirada no autorizada de material nuclear u otras actividades no autorizadas. Se deberían tener en cuenta los factores que pueden degradar el funcionamiento de las medidas de vigilancia. Por ejemplo, si se utilizan cámaras de vigilancia, la iluminación de la zona vigilada y el campo de visión de las cámaras deberían ser los adecuados para posibilitar una visión clara de la zona en los monitores correspondientes; asimismo, el material y el equipo introducidos en la zona por motivos operacionales no deberían obstaculizar el campo de visión. Se debería llevar a cabo una evaluación para garantizar que la cobertura de la zona que se vigilará sea completa y eficaz antes de pasar a depender del sistema de vigilancia para la protección.

3.67. Se deberían señalar medidas compensatorias y estas deberían estar disponibles en caso de funcionamiento incorrecto de las medidas de vigilancia principales o cuando parte del sistema se encuentre fuera de servicio durante la realización de tareas de mantenimiento o reparación. Por ejemplo, si se está reparando el equipo que controla el acceso a una zona de almacenamiento de material nuclear, puede ser necesario establecer una guardia temporal para controlar las entradas y las salidas de la zona de almacenamiento durante el periodo de la reparación.

3.68. Se deberían elaborar procedimientos para proporcionar orientación al personal sobre el funcionamiento y la aplicación adecuados de cada medida de vigilancia. Los procedimientos deberían abordar cómo debería funcionar la medida y cómo señalar las irregularidades que pudieran detectarse. Las medidas de vigilancia se deberían poner a prueba de forma periódica para garantizar su funcionamiento eficaz. Debería corregirse todo defecto que se detecte y se deberían volver a poner a prueba las medidas para garantizar su adecuado funcionamiento.

3.69. La eficacia de las medidas de vigilancia depende del personal encargado de su funcionamiento. El personal cualificado y alerta notará las acciones inadecuadas que puedan indicar una retirada no autorizada de material nuclear.

## MONITORIZACIÓN DE LAS PARTIDAS DE MATERIAL NUCLEAR

3.70. El explotador de la instalación debería llevar a cabo una monitorización periódica de las partidas de material nuclear<sup>4</sup> (es decir, la monitorización de partidas) entre la realización de cada inventario físico. La monitorización debería basarse en un plan de muestreo estadístico en el que se señale el método de muestreo y la población de la que se tomarán muestras para su monitorización. Entre la información que se verificará puede figurar el lugar, la integridad e identificación de la partida y la integridad e identificación del dispositivo de indicación de manipulación ilícita. La monitorización de las partidas tiene como objetivos detectar las irregularidades de forma oportuna y mejorar la fiabilidad del sistema de contabilidad y control de materiales nucleares y la confianza en este. La monitorización de las partidas se puede llevar a cabo sin interrumpir las operaciones de procesamiento. La monitorización de partidas abarca todos los materiales nucleares que no están sujetos a la monitorización de procesos, que se aborda en los párrafos del 3.75 al 3.86.

3.71. Las partidas de material nuclear que se hayan agrupado en un contenedor de mayor tamaño podrían identificarse en el sistema de registro como una única partida de material nuclear. En esos casos, la base para la monitorización de las partidas es la partida de material nuclear de mayor tamaño, en la medida en que se le hayan aplicado a esta las medidas de control adecuadas para la partida de material nuclear de mayor tamaño.

---

<sup>4</sup> Una “partida”, según se entiende en esta publicación, es un contenedor diferenciado de material nuclear o una pieza diferenciada de material nuclear. Se debería poder asignar a la partida una identidad exclusiva.

3.72. En el plan de muestreo y en la frecuencia de la monitorización de las partidas se deberían tener en cuenta el atractivo de los materiales nucleares, las medidas de contención y vigilancia implantadas donde haya ubicadas partidas de material nuclear y los resultados de la anterior monitorización de las partidas. Por ejemplo, un historial de detección de un gran número de irregularidades puede indicar la necesidad de una mayor frecuencia de monitorización, un análisis de las causas básicas de las irregularidades observadas y la elaboración de un plan de medidas correctivas, si se determinase que las causas básicas de las irregularidades observadas son sistémicas. Son ejemplos de irregularidades, entre otros, la pérdida de una partida, una partida cuyo dispositivo de indicación de manipulación ilícita presente pruebas de manipulación ilícita o el hallazgo de una partida en un lugar incorrecto. La frecuencia de monitorización debería especificarse en los documentos adecuados de la instalación.

3.73. Se puede monitorizar un grupo de partidas de material nuclear con parámetros de material nuclear similares (p. ej., tipo y cantidad de material nuclear, contenido de radionucleidos, enriquecimiento, peso bruto) verificando una muestra de partidas del grupo seleccionada al azar. El número de partidas de material nuclear que se verificará (el tamaño de la muestra) se debería especificar y documentar en un procedimiento por escrito, junto con la fundamentación de la elección del tamaño de la muestra. En el apéndice I se describe un método para seleccionar un tamaño de muestra.

3.74. Las irregularidades detectadas durante el proceso de monitorización de partidas se deberían investigar y solucionar, y se deberían corregir los registros de la instalación según sea necesario.

## MONITORIZACIÓN DE LOS MATERIALES NUCLEARES DURANTE SU PROCESAMIENTO

3.75. Mientras está siendo procesado, el material nuclear puede ser vulnerable a una retirada no autorizada, puesto que es un material que no está en almacenamiento ni en forma de partidas. Monitorizar los materiales nucleares en procesamiento entre un inventario físico programado y otro puede proporcionar una detección oportuna de las irregularidades, y el explotador de la instalación debería elaborar y aplicar procedimientos para ello. La autoridad competente del Estado puede establecer objetivos de detección con respecto a la cantidad de material cuya retirada no autorizada deba detectarse mediante técnicas de monitorización durante el procesamiento.

3.76. Los procesos realizados en una instalación pueden dividirse en unidades de procesamiento en función de factores como la cantidad de material nuclear procesado o los procesos químicos empleados, de manera que se pueda medir o estimar la entrada y salida de material nuclear de cada unidad de procesamiento. Por ejemplo, una unidad de procesamiento podría ser un solo tanque, varios tanques y sus tuberías de conexión o una línea tecnológica entera.

3.77. En la monitorización de procesos se debería tener en cuenta el modo en que se procesa el material nuclear. La monitorización de los procesos se puede realizar, por ejemplo, por lotes [5] (si en la línea de procesamiento hay un solo lote cada vez), por ciclo tecnológico (en ocasiones denominado ciclo de producción), entre vaciados (cuando se procesan varios lotes secuencialmente en la línea de procesamiento) o en un proceso continuo (cuando las líneas de procesamiento no quedan vacías y pueden funcionar sin paradas).

3.78. La diferencia entrada-salida es la diferencia entre la cantidad de material nuclear que entra en una unidad de procesamiento y la cantidad de material nuclear que sale de esa unidad de procesamiento. Las mediciones de los instrumentos empleados para controlar el proceso (p. ej., medidores de flujo, manómetros, medidores de temperatura y dispositivos de medición de volumen) se pueden utilizar para monitorizar los materiales nucleares durante su procesamiento y para formular la diferencia entrada-salida observada con respecto a cada unidad de procesamiento.

3.79. Se debería formular para cada unidad de procesamiento la diferencia entrada-salida prevista sobre la base del conocimiento del proceso que se esté realizando. Para realizar el análisis de entrada-salida, la diferencia entrada-salida observada de cada unidad de procesamiento debería compararse con la diferencia entrada-salida prevista, a fin de determinar si la diferencia entre ambas (pérdida o ganancia) es estadísticamente significativa. En algunos casos tal vez sea necesario realizar mediciones adicionales para completar la determinación de la diferencia entrada-salida.

3.80. Todos los materiales nucleares, incluidos los residuos y los desechos, deberían incluirse en la estimación de la salida. En una unidad de procesamiento se prevén pérdidas (p. ej., material residual en el equipo de proceso, residuos, muestras), las cuales pueden dificultar la detección de una retirada no autorizada de material nuclear. Se debería recoger y analizar información suficiente sobre la unidad de procesamiento a fin de comprender las variaciones normales del proceso.

3.81. Las diferencias entrada-salida observadas que superan un umbral establecido por la autoridad competente del Estado (p. ej., un número concreto de desviaciones estándares respecto de la diferencia entrada-salida prevista) se consideran significativas. Las comparaciones con ese umbral son más importantes si la desviación estándar de las diferencias entrada-salida previstas es pequeña. Si comúnmente las diferencias entradasalida previstas son grandes o si las diferencias entradasalida varían de forma considerable debido a grandes desviaciones estándares o a la realización de distintos procesos con el mismo equipo, tal vez sea necesario dividir el proceso en más unidades de procesamiento, mejorar las técnicas de medición o aplicar criterios adecuados para distintos procesos en el mismo equipo, de manera que se pudiera detectar la pérdida de una cantidad umbral de material nuclear.

3.82. Todas las diferencias entrada-salida observadas que sean estadísticamente significativas deberían investigarse y notificarse, a fin de determinar si se ha producido una retirada no autorizada de material nuclear. Puede ser necesario parar el proceso hasta que se resuelva la irregularidad. Se deberían evaluar, según corresponda, las tendencias acumulativas, así como las diferencias entrada-salida observadas.

3.83. Si el procesamiento se realiza por lotes, el análisis entrada-salida también se suele realizar por lotes. Si el procesamiento se realiza por ciclo tecnológico, se debería calcular el balance entre un vaciado y otro. Si el procesamiento es continuo se debería establecer una frecuencia de evaluación y se debería realizar una evaluación para cada período. Esta frecuencia dependerá de la cantidad y el atractivo de los materiales nucleares que estén procesándose y de las consecuencias de perderlos. Si el tiempo transcurrido entre el inicio y el fin del proceso evaluado es demasiado largo se debería estudiar la posibilidad de evaluaciones intermedias.

3.84. Para que la evaluación estadística de las diferencias de monitorización de los procesos sea significativa, el proceso debe ser estable. Los cambios en el proceso, el equipo, el material y las mediciones comprometen la evaluación estadística. El procedimiento habitual para la evaluación estadística consiste en evaluar la diferencia prevista entre la entrada y la salida de cada unidad de procesamiento. La media de la diferencia entradasalida observada para un proceso estable se suele basar en datos establecidos previamente. El valor de la media de la diferencia entrada-salida observada se podría calcular como un valor absoluto (p. ej., 300 g) o como un valor relativo (p. ej., el 2 % del aporte).

3.85. Las evaluaciones estadísticas de las diferencias entrada-salida observadas pueden ser útiles para instalaciones de procesamiento industrial en las que se utilice de forma repetida un número relativamente pequeño de procesos. En el caso de una instalación de investigación, en la que puede haber demasiada variación de procesos como para permitir una monitorización estadística de los procesos, puede ser más adecuado establecer otras medidas para el control del material. El apéndice II contiene un ejemplo de cómo se puede aplicar la monitorización estadística de los procesos.

3.86. Si el proceso, el equipo, el material o las mediciones cambian (p. ej., se introduce un cambio en la tecnología, se sustituye una de las unidades de procesamiento), se deberían reevaluar y ajustar, según sea necesario, los valores de control, como las diferencias entradasalida previstas, sus desviaciones estándares y los umbrales significativos.

## REALIZACIÓN DEL INVENTARIO FÍSICO

3.87. La realización del inventario físico es una medida contable con la que no solo se verifica el inventario de materiales nucleares, sino con la que también se pone a prueba la eficacia de los controles de estos. Durante la realización de un inventario físico se observa y registra la presencia, la identidad y la ubicación de cada partida de material nuclear, así como otra información importante al respecto, y se compara la información resultante con la información que obra en los registros contables. Toda irregularidad que se detecte durante la realización del inventario físico se debería investigar y solucionar. Los problemas de control de materiales nucleares que se detecten a consecuencia de la realización del inventario físico también se deberían investigar, corregir y resolver. Asimismo, se deberían tomar medidas para impedir que se produzcan problemas similares de control de materiales nucleares en el futuro.

3.88. Se deberían establecer procedimientos para orientar al personal sobre la realización de un inventario físico exacto y completo. También se deberían establecer procedimientos para detectar cualquier cambio realizado en los registros o en los contenedores de material nuclear con el fin de ocultar el robo o la retirada no autorizada de material nuclear. Entre las buenas prácticas para la realización del inventario físico cabe mencionar las siguientes:

- Debería realizarse el inventario físico por grupos de dos (o más) personas; todas las personas deberían estar capacitadas y ser entendidas en la

materia y deberían conocer la importancia de las medidas de control de los materiales nucleares.

- Se deberían verificar las medidas de control del material, como la integridad de los dispositivos de indicación de manipulación ilícita y de los contenedores.
- Debería haber una separación de funciones, de manera que la persona que llene un contenedor de material nuclear o prepare los registros conexos no sea la misma persona que realiza el inventario físico.

3.89. Como se señala en la referencia [1]:

“Después de la realización de cada inventario físico debería compararse la cantidad total de material nuclear calculada sobre la base del inventario físico con la cantidad total indicada en el inventario contable, y calcularse el MNC [...] como parte de las actividades para el cierre del balance de materiales de esa [zona de balance de materiales].

.....

En las instalaciones en que se trata material nuclear..., se debe prever la obtención de valores de MNC distintos de cero debido a la incertidumbre de las mediciones y de los componentes calculados (no medidos) del balance de materiales [...]. La autoridad competente [del Estado] debería establecer criterios para la evaluación del MNC [...] y los límites relativos al MNC”.

## **4. TRASLADO DE MATERIALES NUCLEARES**

4.1. Los materiales nucleares pueden ser particularmente vulnerables durante los traslados. Por lo tanto, las medidas de control son importantes durante el embalaje, la expedición, la recepción, la transferencia, la reubicación y el

desembalaje de los materiales nucleares, a fin de impedir la retirada no autorizada o el uso indebido del material por parte de un agente interno.<sup>5</sup>

4.2. La vigilancia continua es necesaria durante los procesos de embalaje, expedición, recepción, transferencia, reubicación y desembalaje. Se debería asignar un valor contable a los materiales nucleares antes de su expedición desde la instalación o su transferencia entre zonas de balance de materiales. Si el material nuclear no pudiese medirse antes de su traslado, se debería hacer una estimación de la cantidad y se deberían aplicar medidas de control adicionales hasta que pueda realizarse una medición. Se deberían tomar medidas para impedir la adición, sustracción o sustitución de material nuclear no autorizado en el traslado autorizado. Por ejemplo, se deberían realizar inspecciones visuales para asegurarse de que los contenedores etiquetados como “vacíos” no contengan material nuclear no autorizado.

## EXPEDICIONES DE MATERIAL NUCLEAR

4.3. El explotador de la instalación debería elaborar procedimientos para mantener el control de los materiales nucleares durante su expedición, que abarquen los tipos de partidas de material nuclear que puedan ser objeto de expedición.

4.4. Antes de la expedición, si así lo dispusiera la autoridad competente del Estado, el remitente debería notificar la expedición a la autoridad competente del Estado y proporcionar la información relativa a la expedición, y no debería enviar el material nuclear hasta no haber recibido la autorización de la autoridad competente del Estado.

4.5. Antes de la expedición, el remitente debería comunicar al destinatario el plan para la expedición de los materiales nucleares. El remitente debería

---

<sup>5</sup> En la referencia [1], al igual que en esta publicación:

“[S]e entiende por ‘expedición’ la salida de materiales nucleares desde una instalación hacia otra instalación. Se entiende por ‘recepción’ la entrada de materiales nucleares en una instalación desde otra instalación. Se entiende por ‘transferencia’ el traslado de materiales nucleares entre [las zonas de balance de materiales] de una instalación. Se entiende por ‘reubicación’ el traslado dentro de una [zona de balance de materiales]. El término general ‘traslado’ se refiere a todos los términos que se describen en este párrafo y que se utilizan en la publicación”.

asegurarse de que la expedición reúna todos los requisitos para transportar el material y que el destinatario esté autorizado para recibirlo.

4.6. Las expediciones de material nuclear deberían realizarse únicamente con contenedores aprobados y certificados por la autoridad competente del Estado de conformidad con las obligaciones internacionales y la legislación nacional pertinentes. Es posible que las expediciones a través de las fronteras nacionales precisen de una licencia de exportación.

4.7. Se deberían colocar dispositivos de indicación de manipulación ilícita en las partidas de material nuclear que vayan a ser expedidas; además, las partidas deben mantenerse bajo vigilancia del material durante todo el proceso de expedición, incluida la preparación para la expedición. Antes de que las partidas de material nuclear salgan de la instalación se debería verificar la identidad y la integridad de los dispositivos de indicación de manipulación ilícita que se estén utilizando. En algunas situaciones se deberían verificar otros parámetros de material nuclear (p. ej., el peso bruto) antes de su expedición. Por ejemplo, si el material nuclear que se va a enviar se embaló varios meses antes de su expedición, se deberían verificar los parámetros de material nuclear inmediatamente antes de su expedición.

4.8. El remitente debería asegurarse de que el embalaje y los documentos de expedición que se enviarán al destinatario incluyan el identificador exclusivo de todas las partidas de material nuclear que se expedirán. El remitente también debería llevar un registro de todas las partidas de material nuclear que estén expidiéndose, incluidos los parámetros de los materiales nucleares (p. ej., material nuclear, cantidad, contenido isotópico, concentración de elementos, enriquecimiento de cada partida [si fuese preciso], peso bruto). Si la autoridad competente del Estado así lo requiere, la incertidumbre de la medición también debería incluirse en los registros. Los contenedores de transporte y los dispositivos de indicación de manipulación ilícita deberían inspeccionarse visualmente para comprobar si presentan signos de manipulación ilícita. Una vez se haya enviado el material nuclear y se haya proporcionado la confirmación de la recepción, se debería actualizar el inventario contable del remitente para incluir dicha información.

## RECEPCIÓN DE MATERIAL NUCLEAR

4.9. El explotador de la instalación debería elaborar e implantar los procedimientos que habrá de seguir el personal de la instalación con respecto a

las medidas adecuadas que deban tomarse al recibir material nuclear procedente de otra instalación. La instalación destinataria debería utilizar mediciones de verificación para confirmar que el material nuclear recibido sea el mismo y en la misma cantidad que se expidió y para confirmar que los controles de los materiales nucleares asociados a la expedición hayan sido eficaces.

4.10. Tras la recepción del material, como mínimo dos miembros del personal deberían hacer las mediciones de verificación y estas deberían ser específicas para el tipo y la forma de los materiales nucleares de que conste la expedición. Las mediciones de verificación deberían incluir:

- la verificación de la integridad de los contenedores de transporte;
- la verificación de que los números de identificación exclusivos asociados a las partidas de material nuclear son los mismos que los que se indican en los documentos de transporte;
- la verificación de que el número de partidas de material nuclear presentes en el contenedor de transporte es el mismo que el que se indica en los documentos de transporte;
- la verificación de los números de identificación exclusivos de los dispositivos de indicación de manipulación ilícita que pueda haber y la integridad de estos;
- la verificación de las mediciones de los parámetros de material nuclear registradas por el remitente, como material nuclear, cantidad, contenido isotópico, concentración de elementos, enriquecimiento de cada partida (si fuese preciso) y peso bruto, según corresponda.

4.11. El material nuclear recibido de otra instalación debería estar aislado y en condiciones de seguridad, y no debería procesarse ni utilizarse hasta que no se hayan realizado las mediciones de verificación y se hayan resuelto todas las irregularidades (es decir, las diferencias entre lo registrado por el remitente y lo hallado por el destinatario). Se debería comunicar al remitente y a la autoridad competente del Estado toda irregularidad que se descubra durante las mediciones de verificación. En los procedimientos se debería indicar el modo en que se deberían investigar y resolver las irregularidades. La autoridad competente del Estado debería especificar la duración del período durante el cual se hagan las mediciones de verificación y se resuelvan las irregularidades. Las partidas de material nuclear deberían anotarse en los registros de la instalación una vez se hayan realizado las mediciones de verificación de la recepción. Se deberían actualizar los registros, según corresponda, a fin de reflejar las mediciones del destinatario.

## EVALUACIÓN DE LAS DIFERENCIAS REMITENTE/DESTINATARIO

4.12. Los valores medidos por el destinatario con respecto a los materiales nucleares recibidos se deberían comparar con la información que figure en los documentos de transporte. La diferencia entre los valores del destinatario y los valores del remitente se denomina diferencia remitente/destinatario (DRD). Es previsible que haya algunas diferencias entre las mediciones del remitente y del destinatario con respecto a un mismo material nuclear, normalmente a causa de errores de medición. Es importante evaluar esas diferencias para determinar si el destinatario recibió el mismo material nuclear que fue enviado por el remitente.

4.13. El explotador de la instalación debería elaborar y aplicar procedimientos para evaluar las DRD. La evaluación de una DRD consiste en comparar la diferencia entre la cantidad medida por el remitente y la cantidad medida por el destinatario referida a un valor crítico que suele calcularse utilizando las varianzas de las mediciones del remitente y del destinatario. La autoridad competente del Estado debería especificar los criterios relativos al rango aceptable de DRD.

4.14. Una DRD fuera del rango que la autoridad competente del Estado considere aceptable (es decir, una DRD excesiva) podría deberse a mediciones incorrectas del remitente o del destinatario o a errores en los documentos de transporte. Sin embargo, también podría indicar que se ha retirado o añadido material nuclear sin autorización. Toda DRD que sea excesiva debería investigarse y resolverse y se deberían registrar los resultados de la investigación. Se deberían elaborar procedimientos para orientar al personal en la investigación y resolución de las DRD excesivas. Para resolver una DRD excesiva puede que sea necesario obtener mediciones independientes hechas por terceros.

4.15. Además de calcular y evaluar la DRD de partidas de material nuclear individuales, se puede calcular y evaluar la DRD de un lote o de una expedición entera. También se deberían calcular las DRD acumuladas y se deberían analizar las tendencias, a fin de buscar errores sistemáticos o retiradas no autorizadas de material nuclear prolongadas.

## TRANSFERENCIAS Y REUBICACIONES DENTRO DE UNA INSTALACIÓN

4.16. El explotador de la instalación debería elaborar y aplicar procedimientos claros para transferir materiales nucleares entre zonas de balance de materiales o para reubicar material dentro de las zonas de balance de materiales, con fines de

disuasión y de detección de la retirada no autorizada o sustitución de materiales nucleares durante las transferencias y reubicaciones. Estos procedimientos deberían incluir instrucciones para investigar y resolver toda irregularidad que se detecte durante el proceso de verificación.

### **Transferencias entre zonas de balance de materiales dentro de una instalación**

4.17. Antes de realizar transferencias entre zonas de balance de materiales, esas transferencias deberían aprobarse conforme a los procedimientos de la instalación. El personal de la zona de balance de materiales desde la que se transfiera el material debería notificar al personal de la zona de balance de materiales que lo recibirá la cantidad (es decir, un valor medido o un cálculo razonable) y la forma de los materiales que se transferirán. El personal de la zona de balance de materiales de destino debería confirmar que la recepción no violaría ningún límite operacional, reglamentario ni de seguridad tecnológica. El personal que trabaje en la zona de balance de materiales de transferencia no debería ser el mismo que trabaje en la zona de balance de materiales de destino. Se debería mantener la separación de funciones para garantizar que una misma persona no pueda tanto transferir como recibir los materiales nucleares.

4.18. Antes de la transferencia, el personal de la zona de balance de materiales de transferencia debería confirmar que el material nuclear que esté siendo preparado para su transferencia sea el material destinado a transferirse. Las transferencias entre zonas de balance de materiales deberían registrarse de forma oportuna. Se debería reducir al mínimo el tiempo durante el cual los materiales nucleares estén en tránsito.

4.19. Tras la aceptación de partidas de material nuclear en la zona de balance de materiales destinataria se debería verificar la transferencia. La verificación debería incluir, según corresponda:

- la verificación de la integridad de los contenedores;
- la verificación de que los números de identificación exclusivos asociados a las partidas de material nuclear son los mismos que los que se indican en los documentos de transporte;
- la verificación de que el número de partidas de material nuclear presentes en el contenedor de transporte es el mismo que el que se indica en los documentos de transporte;

- la verificación de los números de identificación exclusivos de los dispositivos de indicación de manipulación ilícita que pueda haber y la integridad de estos;
- la verificación de las mediciones de los parámetros de material nuclear registradas en la zona de balance de materiales remitente, como la composición isotópica, según se disponga en los procedimientos de la instalación.

4.20. En las instalaciones de procesamiento puede haber transferencias entre zonas de balance de materiales de material nuclear que no esté en forma de partidas (p. ej., una corriente líquida que circule por una tubería de una zona de balance de materiales a otra). En este caso, se deberían establecer controles para reducir la posibilidad de que se produzcan retiradas no autorizadas durante la transferencia. Por ejemplo, antes y después de la transferencia se puede medir el volumen, el nivel, la concentración elemental y el contenido isotópico del material a granel.

4.21. Se deberían elaborar y aplicar procedimientos para controlar las muestras analíticas que se transfieran a un laboratorio. Antes y después de transferir las muestras se debería registrar el peso bruto y el peso neto de estas. Tras la finalización del análisis se debería actualizar el elemento y el contenido isotópico en los registros de la instalación. Igual consideración debería darse a las reubicaciones de muestras analíticas dentro de una zona de balance de materiales. Los procedimientos para investigar y resolver las diferencias que surjan al transferir material nuclear entre las zonas de balance de materiales deberían elaborarse sobre la base de las orientaciones sobre las DRD que figuran en los párrafos del 4.12 al 4.15.

### **Reubicaciones dentro de una zona de balance de materiales**

4.22. En algunas instalaciones, una única zona de balance de materiales puede incluir materiales nucleares de más de un lugar (edificios o salas). Las reubicaciones dentro de una zona de balance de materiales pueden entrañar traslados de material nuclear dentro de una sala, entre las salas de un edificio o entre edificios. Si bien las reubicaciones suelen ser menos vulnerables que las expediciones o transferencias, se deberían preparar y realizar con gran cuidado. Los procedimientos de las medidas de control deberían basarse en un enfoque graduado y ser adecuados para el tipo de reubicación. Por ejemplo, los controles para la reubicación de material nuclear entre dos edificios podrían ser más estrictos que los controles para reubicaciones entre dos salas del mismo edificio.

4.23. Durante la reubicación no debería dejarse que el material nuclear quede fuera de control. En función de la categorización del material, puede que se requiera contención del material o la presencia continua de personal autorizado (es decir, la norma de la actuación en pareja o equivalente). Si la reubicación va a llevarse a cabo durante la noche o durante más de un turno de trabajo, se debería contemplar la colocación de un dispositivo de indicación de manipulación ilícita. Se debería acordar con claridad el momento en que cambia la responsabilidad de la custodia del material nuclear.

4.24. Se deberían hacer comprobaciones cuando se reubique material nuclear dentro de una zona de balance de materiales. Esas comprobaciones normalmente se limitan a verificar la identidad de las partidas de material nuclear, la integridad de las partidas o de los contenedores, la ubicación y los dispositivos de indicación de manipulación ilícita que se hubiesen colocado. Si bien normalmente no es necesaria una nueva medición, esta medida se podría contemplar si fuesen a colocarse dispositivos de indicación de manipulación ilícita en materiales que anteriormente no los tenían, o cuando las balanzas o el equipo de medición del lugar nuevo sean de mayor precisión que los del lugar anterior.

4.25. Se debería actualizar el sistema de registro en tiempo cuasi real para reflejar la reubicación de los materiales nucleares de una zona de balance de materiales. Se debería investigar y resolver toda irregularidad conforme a los procedimientos oficiales de la instalación.

## **5. RESPUESTA A IRREGULARIDADES EN EL CONTROL DE LOS MATERIALES NUCLEARES**

5.1. Una irregularidad es un suceso o una condición inusual que podría ser indicación de un intento de retirada no autorizada o de uso indebido de material nuclear. Como se señala en la referencia [1], “en cada instalación [...] deberían establecerse criterios para definir lo que se entiende por irregularidad”. Cuando se detecta una irregularidad se debería investigar su causa. Las irregularidades deberían ser notificadas al personal directivo de la instalación y a la autoridad competente del Estado de conformidad con los procedimientos de la instalación y los requisitos de notificación de la autoridad competente del Estado. Para responder a las irregularidades y para notificarlas se debería aplicar un enfoque graduado.

5.2. Se deberían elaborar y aplicar procedimientos de respuesta a irregularidades, como procedimientos de investigación oficial y de notificación. Algunas irregularidades pueden requerir que el personal de protección física aplique medidas compensatorias para impedir la retirada no autorizada de material nuclear. Ello puede suponer impedir que el personal abandone una zona de balance de materiales, un edificio o la instalación hasta que no se cierre la investigación y se resuelva la irregularidad. El personal que trabaja con materiales nucleares debería comprender que es su responsabilidad tomar medidas adecuadas y notificar las irregularidades, como parte de una sólida cultura de la seguridad física nuclear. En la referencia [1] se muestran ejemplos de posibles tipos de irregularidades.

## INVESTIGACIÓN

5.3. En una investigación debería contemplarse la posibilidad de que se haya creado intencionadamente una irregularidad para determinar si esta se detectaría o para camuflar una retirada no autorizada. Algunas irregularidades, como la pérdida de una partida, requieren una respuesta inmediata. Otras irregularidades, como los errores de registro, deberían evaluarse minuciosamente puesto que podrían ser indicio de un problema grave del sistema de contabilidad y control de materiales nucleares. Cuando sea posible, todas las partidas de material nuclear asociadas a una posible irregularidad deberían aislarse en zonas de almacenamiento separadas o protegerse hasta que se resuelva el problema [1].

5.4. La posibilidad de una retirada no autorizada de material nuclear debería tomarse en consideración en la investigación de todas las irregularidades, incluso en los casos en los que no haya indicios iniciales de retirada no autorizada o de acciones preparatorias para ella. Si no hay indicios evidentes de retirada no autorizada se debería avisar al personal de protección física para que este pueda aplicar las medidas oportunas.

5.5. Las irregularidades se deberían investigar siguiendo los procedimientos establecidos. En función de los resultados de la investigación, se deberían enviar notificaciones al personal directivo de la instalación oportuno y a la autoridad competente del Estado, según se requiera o según corresponda. Entre la información necesaria para ayudar en la investigación cabe mencionar los registros de operaciones, los registros de los dispositivos de indicación de manipulación ilícita u otros registros de la instalación. La investigación debería incluir la determinación de la causa de la irregularidad.

5.6. En la investigación debería participar personal experimentado en contabilidad y control de materiales nucleares, y cada investigación debería ser específica de una irregularidad concreta descubierta. Se pueden elaborar procedimientos sobre las medidas ordinarias que se adoptarán en una investigación, pero el personal de contabilidad y control de materiales nucleares debería determinar las medidas específicas propias de cada caso.

5.7. Las investigaciones deberían seguir su curso hasta que se resuelva la irregularidad o se hayan agotado todas las explicaciones posibles relativas a la existencia de la irregularidad. La autoridad competente del Estado debería establecer los márgenes de tiempo permitidos para investigar y notificar las irregularidades.

5.8. En los párrafos del 5.9 al 5.20 se describen las medidas de investigación posibles.

### **Irregularidades detectadas durante la monitorización de partidas**

5.9. Durante la monitorización de partidas, el descubrimiento de que una partida de material nuclear no se encuentra en el lugar donde está registrada constituye una irregularidad. Antes de nada se debería intentar localizar la partida de material nuclear, realizando para ello una búsqueda en la zona adyacente a donde debería estar ubicada y examinando los registros de operaciones y los registros contables para tratar de hallar algún traslado que se hubiese registrado de forma inexacta. Por ejemplo, puede que el asiento del traslado de una partida se haya hecho en los registros mantenidos con fines operacionales pero que el traslado no se haya registrado en el sistema de contabilidad y control de materiales nucleares.

5.10. Si no se localiza el material nuclear por esos medios se debería notificar al personal de protección física para que este pueda aplicar medidas para controlar las salidas de la instalación, a fin de reducir la posibilidad de que un agente interno retire de la instalación la partida de material nuclear. Al mismo tiempo, el personal de contabilidad y control de materiales nucleares debería empezar a realizar un inventario físico de emergencia,<sup>6</sup> empezando por la zona de balance de materiales o el lugar donde se descubrió la irregularidad. Si no se localiza la partida de material nuclear durante la realización de ese limitado inventario físico de emergencia, se debería ampliar la zona inventariada, lo que incluye la

---

<sup>6</sup> En esta publicación, la expresión “realizar un inventario físico de emergencia” se refiere a un inventario que se realiza en respuesta al descubrimiento de una irregularidad, no a una emergencia en el sentido de una emergencia de seguridad.

realización de un inventario físico de emergencia completo de la instalación, si fuese necesario.

### **Irregularidades relacionadas con dispositivos de indicación de manipulación ilícita**

5.11. Un dispositivo de indicación de manipulación ilícita roto o perdido o con otros signos de haber sido manipulado de forma ilícita constituye una irregularidad. Para resolver esta irregularidad se deben examinar los registros mantenidos con fines operacionales, los registros contables y los registros de los dispositivos de indicación de manipulación ilícita. Como parte de la investigación se debería medir el material nuclear presente en el contenedor para garantizar que el contenido de este no haya cambiado. Si no se detecta la causa de la irregularidad o si la medida indica la pérdida de material nuclear, se debería entrevistar al personal que participó en las actividades que condujeron a la detección de la irregularidad. Si en las entrevistas no se descubre la causa de la irregularidad, se debería realizar un inventario físico de emergencia, empezando por la zona de balance de materiales afectada y, si fuese necesario, a nivel de la instalación. Se debería notificar al personal de protección física para que este pueda aplicar medidas de control a fin de impedir que se retire material nuclear de la instalación hasta que no termine la investigación.

### **Irregularidades detectadas durante la realización de un inventario físico: material no contabilizado (MNC)**

5.12. Durante la realización de un inventario físico, el descubrimiento de MNC que exceda los límites establecidos por la autoridad competente del Estado (es decir, de MNC excesivo) constituye una irregularidad y debería investigarse y resolverse. Las cantidades de material nuclear deberían verificarse para garantizar que los registros sean correctos y no contengan errores de transposición ni duplicados. Las incertidumbres asociadas a las mediciones de cantidades deberían examinarse para determinar que sus contribuciones al MNC potencial se hayan calculado correctamente. Si la irregularidad no se resuelve por estos medios se debería realizar un inventario físico de emergencia limitado en la zona de balance de materiales afectada. Si la realización de un inventario físico de emergencia limitado no resuelve la irregularidad se debería ampliar la zona inventariada.

5.13. Las actividades de investigación deberían incluir la confirmación de que las medidas de contención y vigilancia no estuvieron comprometidas durante el período de inventario y que no hubo alarmas no resueltas. El personal de contabilidad y control de materiales nucleares siempre debería estar alerta ante la

posibilidad de una retirada no autorizada de material nuclear cuando se descubre MNC excesivo, y debería tomar medidas oportunas para trabajar con el personal de protección física con miras a resolver la irregularidad.

5.14. La respuesta mínima ante un MNC excesivo debería ser una investigación documentada llevada a cabo por personal de contabilidad y control de materiales nucleares. El informe de la investigación debería proporcionar una conclusión sobre la causa probable de la irregularidad y recomendaciones para evitar que vuelva a repetirse. En general, la investigación sobre el MNC excesivo debería seguir los procedimientos de la instalación establecidos para las investigaciones e incluir lo siguiente:

- examen del inventario y los registros remitente-destinatario para detectar errores contables;
- comparación del MNC observado con los datos históricos;
- evaluación respecto de si el MNC observado podría deberse a cambios en los procesos;
- confirmación de que todas las partidas anotadas en los registros de la instalación están presentes e indicación de las partidas que requieran más investigación;
- análisis detallado del sistema contable con una auditoría completa de los registros, un examen del sistema de mediciones y un inventario de la instalación.

### **Irregularidades detectadas durante la monitorización del material en procesamiento: discrepancias entrada-salida**

5.15. Durante la monitorización de procesos, el descubrimiento de una discrepancia entrada-salida estadísticamente significativa (es decir, que exceda el umbral establecido) constituye una irregularidad. En el caso de que se detecte una irregularidad de este tipo, personal familiarizado con la contabilidad y control de materiales nucleares debería examinar los registros contables. Las cantidades de material nuclear deberían verificarse para garantizar que las cantidades registradas como entradas y salidas no incluyan errores (p. ej., errores de transposición o duplicados) y que los cálculos de los límites de error sean correctos. También se deberían examinar los registros de las entradas y las salidas de cada unidad de procesamiento para determinar si la compensación de ganancias o pérdidas podría explicar la irregularidad. Se puede probar el equipo de procesamiento para investigar si la discrepancia entrada-salida se debe a un funcionamiento incorrecto del equipo.

5.16. Si no se encuentran errores durante el examen de los registros se deberían verificar, mediante mediciones, los parámetros de material nuclear pertinentes asociados a la irregularidad.

5.17. Si la irregularidad no se resuelve verificando los registros contables y repitiendo las mediciones del material nuclear, se debería entrevistar al personal que haya participado en el traslado del material. Por ejemplo, cuando proceda, se debería determinar si la regla de la actuación en pareja se aplicó correctamente, para garantizar que se hayan seguido los procedimientos. Se debería preguntar al personal que haya participado en el traslado si observó algo inusual durante el traslado del material. Un funcionamiento incorrecto de los procesos podría provocar una diferencia entre la cantidad de material nuclear que se registró como transferida y la que verdaderamente se transfirió. El personal de contabilidad y control de materiales nucleares y de operaciones debería trabajar conjuntamente para resolver la irregularidad.

5.18. Si fuese necesario, se deberían suspender las operaciones en la unidad de procesamiento que presente una discrepancia entrada-salida excesiva hasta que se resuelva la irregularidad. Si la irregularidad no se resuelve mediante las acciones antes descritas, puede ser necesario aplicar acciones más amplias (p. ej., la realización de un inventario físico de emergencia o, si fuese lo indicado, el vaciado del equipo de la unidad de procesamiento afectada), y se debería notificar al personal de protección para que este pueda aplicar medidas compensatorias a fin de reducir la probabilidad de que se produzca una retirada no autorizada de material nuclear de la instalación.

### **Irregularidades detectadas durante la recepción de material: diferencia remitente/destinatario (DRD)**

5.19. Si tras la recepción de materiales nucleares en una instalación se calcula una DRD que esté fuera del rango aceptable establecido por la autoridad competente del Estado (es decir, una DRD excesiva), se debería llevar a cabo una investigación. Esta debería determinar si hubo algún indicio de la posible retirada no autorizada de material nuclear durante el proceso de expedición y recepción. Se debería entrevistar al personal de la instalación destinataria para determinar cualquier actividad o descubrimiento inusual que pudiera indicar una manipulación ilícita. Se debería contactar con el explotador de la instalación remitente y con el operador o la autoridad de transporte para determinar si se produjeron sucesos que pudieran haber causado un lapsus en el control del material durante el proceso de expedición y transporte.

5.20. Se deberían examinar los registros contables de las partidas de material nuclear individuales que conforman la expedición. Durante este examen se debería verificar la exactitud de los datos relativos a cada una de las partidas. También se deberían examinar los cálculos de los límites de error. Si no se encuentran errores durante el examen de los registros, se debería verificar, mediante mediciones, la masa de las partidas de material nuclear que conforman la expedición.

## MEDIDAS CORRECTIVAS

5.21. Las irregularidades se deberían investigar sistemáticamente para determinar los factores que contribuyen a ellas y sus causas, por ejemplo, mediante un análisis de causa raíz. Todos los factores coadyuvantes y las causas que se detecten en la investigación se deberían abordar elaborando y aplicando medidas correctivas para mitigarlos. Si la instalación cuenta con un programa de medidas correctivas, la irregularidad y la respuesta a esta se deberían anotar y se debería hacer un seguimiento de ellas en el correspondiente sistema de registro de medidas correctivas.

5.22. Todas las investigaciones se deberían registrar y se debería incluir información detallada con respecto a las medidas correctivas adoptadas tras la investigación. Se deberían llevar registros de las investigaciones y estos se deberían examinar con miras a detectar tendencias que puedan indicar la necesidad de más investigación. El explotador de la instalación, en la medida de lo posible, debería establecer límites de tiempo para la corrección de las irregularidades.

5.23. Las medidas correctivas necesarias para abordar una irregularidad dependen del tipo y la gravedad de la irregularidad. Por ejemplo, si se encuentra una partida de material que se consideraba perdida porque había sido trasladada a otro lugar sin realizar los cambios oportunos en los registros contables, los registros se deberían corregir para reflejar la situación real y se debería iniciar una investigación para determinar la causa de la incorrección de los registros. En una situación en la que no se encuentra una partida de material nuclear que está desaparecida es necesario adoptar más medidas para localizar la partida, como buscar en otras zonas de balance de materiales. Las medidas de protección física, como restringir las salidas de la instalación, son necesarias si no se localiza la partida de material nuclear.

5.24. En los procedimientos de la instalación se debería especificar el nivel del personal directivo encargado de aprobar las medidas correctivas adoptadas tras la investigación y, cuando proceda, la debida notificación a la autoridad competente del Estado.

5.25. Se debería llevar a cabo una evaluación de seguimiento para garantizar que las medidas correctivas adoptadas para abordar la irregularidad sean eficaces. Las irregularidades se deberían monitorizar para detectar tendencias que puedan indicar intentos de retirada no autorizada de material nuclear de la instalación por parte de agentes internos.

## NOTIFICACIÓN

5.26. Todas las irregularidades deberían notificarse al personal directivo de la instalación y a la autoridad competente del Estado, si fuese preciso. Debería haber procedimientos de notificación de irregularidades ya implantados cuando se detecte alguna irregularidad, y los procedimientos no deberían elaborarse en respuesta a una irregularidad, aunque pueden modificarse. La autoridad competente del Estado debería establecer límites de tiempo para notificar las irregularidades.

5.27. Se debería registrar el hallazgo de una irregularidad, su investigación y las medidas adoptadas para corregirla. La autoridad competente del Estado debería establecer los requisitos de contenido del informe, como la descripción de la irregularidad, la hora y fecha de su hallazgo, las medidas adoptadas para investigarla y las medidas correctivas previstas y adoptadas.

## **6. EVALUACIÓN Y CONTROL DE LOS MATERIALES NUCLEARES**

6.1. El control de los materiales nucleares se debería evaluar periódicamente para determinar si todas las medidas necesarias están implantadas y funcionan conforme a lo estipulado por la autoridad competente del Estado y si son eficaces para detectar el uso o la retirada no autorizados de material nuclear.

6.2. Personal capacitado y cualificado de contabilidad y control de materiales nucleares de la instalación o personal cualificado independiente debería evaluar,

con carácter periódico o según fuese necesario, las medidas de control de los materiales nucleares de una instalación. El personal independiente puede provenir de otra parte de la instalación o puede ser personal externo a la instalación, como expertos invitados de una organización especializada en contabilidad y control de materiales nucleares. Los inspectores de la autoridad competente del Estado también deberían realizar evaluaciones. Las personas que realicen las evaluaciones no deberían tener ningún conflicto de intereses, como tener la responsabilidad directa de las actividades que estén evaluándose.

6.3. Se deberían elaborar procedimientos para evaluar, de forma periódica y según sea preciso, la eficacia del control de los materiales nucleares. Se debería contemplar el uso de estudios de vulnerabilidad, como la elaboración de situaciones hipotéticas. Un método para evaluar las medidas de control de los materiales nucleares es mediante las pruebas de comportamiento; es decir, hacer pruebas para determinar si una medida se ha aplicado o no conforme a su diseño, si es adecuada para los entornos natural, industrial y de amenaza propuestos, y si cumple los requisitos de comportamiento establecidos.

6.4. Todas las pruebas de comportamiento se deberían planificar con antelación y deberían ser aprobadas por el jefe de contabilidad y control de materiales nucleares y otro personal directivo que proceda (p. ej., de protección física, de operaciones). El plan debería incluir una descripción de la prueba, una lista del personal que debería participar, la identificación de la zona donde se llevará a cabo la prueba, los resultados previstos y las medidas que se adoptarán en caso de que se detecte una irregularidad. Durante cualquier prueba de comportamiento se deberían adoptar medidas compensatorias para asegurar que los materiales nucleares no sean más vulnerables durante la prueba.

6.5. Las medidas de control de los materiales nucleares se deberían probar como parte de la evaluación del sistema de contabilidad y control de materiales nucleares, a fin de garantizar que el sistema pueda detectar el acceso no autorizado a material nuclear u otras acciones que puedan conducir a la retirada no autorizada o el uso indebido de material nuclear. Las medidas de control de los materiales nucleares se pueden evaluar introduciendo irregularidades simuladas (p. ej., un indicio de rotura de un dispositivo de indicación de manipulación ilícita colocado en un contenedor de material nuclear) para comprobar que las medidas permitan detectar la irregularidad cuando se apliquen según lo descrito en los procedimientos de la instalación. Cuando se simula una irregularidad se debe seguir manteniendo el control de la partida, a fin de garantizar su integridad.

6.6. Se debería evaluar el cumplimiento de los procedimientos de control de los materiales nucleares. Por ejemplo, un evaluador puede optar por evaluar el procedimiento para acceder a una sala de almacenamiento que contiene materiales nucleares o para aprobar los traslados de material nuclear entre zonas de balance de materiales. Un método para evaluar la aplicación de los procedimientos consiste en averiguar mediante entrevistas en qué medida el personal conoce los procedimientos. Otro método consiste en observar las actividades evaluadas conforme se llevan a cabo. Este método se puede considerar una prueba de comportamiento, especialmente si el evaluador introduce una irregularidad simulada.

6.7. Los resultados de las evaluaciones deberían registrarse y notificarse según sea preciso. Las deficiencias que se detecten durante las evaluaciones deberían registrarse adecuadamente. Las medidas correctivas deberían ser suficientes para impedir que la deficiencia se repita, como se indica en los párrafos del 5.21 al 5.25. Las deficiencias deberían evaluarse para determinar si se puede haber llevado a cabo o intentado una retirada no autorizada de material nuclear. Se deberían llevar a cabo análisis de todas las deficiencias acumuladas para detectar cualquier posible tendencia que pudiese indicar un intento de retirada no autorizada de material nuclear.

## **7. INTERRELACIÓN CON EL SISTEMA DE PROTECCIÓN FÍSICA**

7.1. Las actividades diarias en las que interviene material nuclear exigen una coordinación constante entre el personal de contabilidad y control de materiales nucleares y el personal de protección física de la instalación. Las medidas de protección física y las medidas de contabilidad y control de materiales nucleares se deberían coordinar y deberían complementarse entre sí. Las mismas medidas técnicas pueden servir con fines tanto de protección física como de contabilidad y control de materiales nucleares. Por ejemplo, las videocámaras instaladas en zonas de almacenamiento de materiales nucleares se pueden considerar tanto una medida de protección física como una medida de control del material. No obstante, para que la cámara sea eficaz como medida de control del material, es importante que haya un procedimiento para que la cámara se utilice como medida de control y que el operador o guarda que examine la señal de vídeo esté capacitado para distinguir las acciones autorizadas de las no autorizadas.

7.2. El explotador de la instalación debería evaluar y gestionar la interrelación entre las actividades de protección física y las de control de materiales nucleares, a fin de impedir que estas actividades se perjudiquen entre sí. Las actividades deberían apoyarse unas a otras en la mayor medida posible. Por ejemplo, si es necesario trasladar material nuclear que se halla en una zona de almacenamiento cerrada bajo llave y con alarmas para reubicarlo en otra zona o para procesarlo, tanto el personal de contabilidad y control de materiales nucleares como el de protección física deberían participar en la planificación y ejecución del cambio de lugar. Además, tanto el personal de contabilidad y control de materiales nucleares como el de protección física deberían participar cuando se accede a las zonas de material nuclear por primera vez al inicio del turno de trabajo, o cuando deben ser cerradas, antes del final del turno de trabajo. Estos tipos de interacción ordinaria pueden mejorar el intercambio de información entre el personal de contabilidad y control de materiales nucleares y el personal de protección física.

7.3. Cuando el sistema de contabilidad y control de materiales nucleares detecte una irregularidad, se debería registrar, según proceda, la información comunicada entre el personal de control del material y el personal de contabilidad y control de materiales nucleares. Las investigaciones de las irregularidades se deberían coordinar con el personal de protección física. Por ejemplo, si hubiese un indicio de que puede faltar material nuclear (p. ej., la rotura de un dispositivo de indicación de manipulación ilícita colocado en la puerta de una sala de almacenamiento) o de que se ha producido una irregularidad, se debería notificar al personal de protección física y se debería examinar la información del sistema de protección física (p. ej., alarmas de sensores, registros de videovigilancia, registros de control de acceso del personal). De forma similar, la investigación debería tener en cuenta la información del sistema de contabilidad y control de materiales nucleares de la instalación. Uno o ambos sistemas pueden proporcionar información que sea útil para la investigación en general.

7.4. En los procedimientos de la instalación se debería especificar cuándo debería el personal de contabilidad y control de materiales nucleares notificar al personal de protección física y a otras organizaciones de respuesta e implicar a estos en una investigación. Algunas situaciones exigen una notificación inmediata, mientras que otras pueden permitir que el personal de contabilidad y control de materiales nucleares se encargue de la investigación inicial antes de que intervenga en ella el personal de protección física.

## Apéndice I

### SELECCIONAR UN TAMAÑO DE MUESTRA PARA LA MONITORIZACIÓN DE PARTIDAS

I.1. La siguiente ecuación es un ejemplo de una fórmula con la que calcular el tamaño de muestra necesario para la monitorización de partidas:

$$n = N (1 - \beta^{1/d}) = N (1 - \beta^{x/G}) \quad (1)$$

donde

- $n$  es el número de partidas de material nuclear que se seleccionará aleatoriamente (el tamaño de la muestra);
- $N$  es el número total de partidas de material nuclear dentro de la población que se probará (el estrato);
- $\beta$  es un valor tal que  $(1 - \beta)$  es la probabilidad deseada de obtener al menos una irregularidad entre la muestra de partidas elegidas para su verificación (p. ej., para una probabilidad del 99 %,  $\beta$  sería 0,01);
- $G$  es la cantidad de material nuclear cuya retirada no autorizada debería detectarse mediante la monitorización de partidas con la probabilidad deseada;
- $d$  es el número mínimo de irregularidades individuales que, conjuntamente, podrían componer la cantidad  $G$ ;

y  $x$  es el promedio de la masa de material nuclear dentro de una sola partida con respecto al estrato que se está probando.

I.2. El número  $d$  es una función de la cantidad de material nuclear por partida. Si el contenido de material nuclear varía significativamente de una partida a otra, se debería usar el valor más alto para calcular  $d$ , a fin de garantizar que  $n$  sea un valor lo suficientemente grande para garantizar que la probabilidad de detección esté al nivel deseado. Ello da como resultado un valor conservador de  $n$ .  $1/d$  equivale a  $x/G$ .

I.3. A modo de ejemplo, supongamos que un estrato determinado de partidas de material nuclear consta de 1000 partidas, cada una de las cuales contiene 100 g de  $^{235}\text{U}$ . Para detectar con una probabilidad del 99 % si un agente interno ha retirado 5000 g de  $^{235}\text{U}$  de este grupo de partidas, primero se debe calcular el número mínimo de irregularidades que sería necesario para acumular 5000 g

de  $^{235}\text{U}$ , que es de 50 partidas (100 g de  $^{235}\text{U}$  por partida multiplicada por 50 partidas = 5000 g de  $^{235}\text{U}$ ). Utilizando la ecuación (1), el tamaño de muestra  $n$  sería de 88 partidas. Por lo tanto, habría una probabilidad del 99 % de que al menos 1 de las 50 o más irregularidades estuviese entre las 88 partidas seleccionadas.

## Apéndice II

### EVALUACIÓN ESTADÍSTICA PARA LA MONITORIZACIÓN DE MATERIALES NUCLEARES EN PROCESAMIENTO

II.1. A continuación se muestra un ejemplo de la evaluación estadística para monitorizar los materiales nucleares en una zona de procesamiento.

II.2. Supongamos que una unidad de procesamiento procesa una mezcla de polvo de óxido de plutonio y de óxido de uranio. Todos los lotes tienen aproximadamente el mismo tamaño. El material que se coloca en la unidad de procesamiento se somete a tres operaciones: molienda ultrafina, tamizado y mezcla en lotes. Tras la mezcla, el material se retira de la unidad de procesamiento. La diferencia entrada-salida del proceso se calcula como la diferencia entre la cantidad de material introducida en la unidad de procesamiento y la cantidad de material extraída de ella.

II.3. Cada prueba de evaluación debería tener un umbral de acción definido que, si se excediese, activase procedimientos de resolución de alarmas para determinar si se ha producido una retirada no autorizada de material nuclear. Un ejemplo de este umbral se establece mediante un modelo básico como el siguiente:

$$A = x_m \pm K\sigma_x \quad (2)$$

donde

- A es el valor del umbral de acción de la diferencia entrada-salida;
- $x_m$  es la media de la diferencia entrada-salida;
- K es el factor (número de desviaciones estándares) elegido para reflejar la probabilidad de detección deseada (p. ej., desviaciones estándares de 1,65 para lograr una probabilidad de detección del 95 %);

y  $\sigma_x$  es la desviación estándar de la diferencia entrada-salida.

Supongamos que la media de la diferencia entrada-salida es de 1539 g y la desviación estándar es de 483 g.

$$A = 1539 \pm 1,65 (483)$$

El 95 % de las veces, el resultado previsto estaría entre 772 y 2336. Si la diferencia entrada-salida está fuera de esos límites se deberían tomar medidas.

## Apéndice III

### MODELO PARA CALCULAR EL ERROR ESTÁNDAR DE UNA DIFERENCIA REMITENTE/DESTINATARIO

III.1. A continuación se presenta un ejemplo de un modelo básico para calcular el error estándar total de los parámetros que deberían medirse (es decir, peso bruto, concentración elemental, composición isotópica):

$$\text{Desviación estándar total} = \sqrt{(\sigma_S)^2 + (\sigma_R)^2} \quad (3)$$

donde  $\sigma_S$  es el error estándar de medición del remitente y  $\sigma_R$  es el error estándar de medición del destinatario.

III.2. Si no se dispone de los valores de incertidumbre de medición del remitente, el destinatario puede usar la incertidumbre de medición del destinatario como si fuese la incertidumbre de medición del remitente, en cuyo caso el error estándar de medición es  $(2\sigma_R^2)^{1/2}=1,414\sigma_R$ , o puede establecer el valor de la incertidumbre del remitente en cero.

#### EJEMPLO DE UNA EVALUACIÓN DE LA DIFERENCIA REMITENTE/DESTINATARIO

III.3. Supongamos que una instalación de fabricación de combustible recibe un único cilindro lleno de uranio poco enriquecido (enriquecimiento de menos del 5 %). En los documentos de transporte se indica que el peso bruto del cilindro de  $UF_6$  es de 8101 kg. La incertidumbre de medición de la balanza utilizada por el remitente es del 0,05 %. La instalación de fabricación de combustible pesa el cilindro y obtiene un peso bruto de 8080 kg. La incertidumbre de medición de la balanza utilizada por la instalación de fabricación de combustible es del 0,10 %.

III.4. La autoridad competente del Estado ha establecido un requisito por el cual el valor crítico para una DRD es el doble de la desviación estándar total. Si los límites se establecen en dos desviaciones estándares, el riesgo de llegar a la conclusión de que hay una diferencia cuando en realidad no existe ninguna diferencia es de aproximadamente el 5 %.

III.5. Usando el ejemplo anterior, ¿a cuánto asciende la DRD?; y ¿es esta significativa?

Peso bruto del remitente: 8101 kg      Error estándar relativo: 0,05 %

Peso bruto del destinatario: 8080 kg      Error estándar relativo: 0,10 %

Diferencia remitente/destinatario:       $8101 - 8080 = 21$  kg

Varianza de la medición total:       $(8101 \times 0,0005)^2 + (8080 \times 0,0010)^2$   
= 81,693

Desviación estándar total:      9,038 kg

Valor crítico ( $2 \times$  desviación estándar total):  $\pm 18,076$  kg

Dado que la DRD (21 kg) está fuera de los límites aceptables ( $\pm 18,076$  kg), se considera significativa y requiere más investigación.

## REFERENCIAS

- [1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Empleo de la contabilidad y el control de materiales nucleares con fines de seguridad física nuclear en las instalaciones, Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* N° 25-G, OIEA, Viena, 2019.
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Preventive and Protective Measures against Insider Threats, IAEA Nuclear Security Series No. 8, IAEA, Vienna (2008).*
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Objetivo y elementos esenciales del régimen de seguridad física nuclear de un Estado, Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* N° 20, OIEA, Viena, 2014.
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Mantenimiento de un régimen de seguridad física nuclear, Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* N° 30-G, OIEA, Viena, 2022.
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Seguridad física de los materiales nucleares durante el transporte, Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* N° 26-G, OIEA, Viena, 2021.
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Nuclear Material Accounting Handbook, IAEA Services Series No. 15, IAEA, Vienna (2008).*
- [7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Recomendaciones de seguridad física nuclear sobre la protección física de los materiales y las instalaciones nucleares (INFCIRC/225/Rev.5), Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* N° 13, OIEA, Viena, 2012.
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Seguridad física de la información nuclear, Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* N° 23-G, OIEA, Viena, 2018.
- [9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Cultura de la seguridad física nuclear, Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* N° 7, OIEA, Viena, 2017.
- [10] 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.

- [11] 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.



# 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](mailto:orders@rowman.com) • Sitio web: [www.rowman.com/bernan](http://www.rowman.com/bernan)

### 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: [eurospan@turpin-distribution.com](mailto:eurospan@turpin-distribution.com)

#### ***Pedidos individuales:***

[www.eurospanbookstore.com/iaea](http://www.eurospanbookstore.com/iaea)

#### ***Para más información:***

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

Correo electrónico: [info@eurospangroup.com](mailto:info@eurospangroup.com) • Sitio web: [www.eurospangroup.com](http://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](mailto:sales.publications@iaea.org) • Sitio web: <https://www.iaea.org/es/publicaciones>





El control de los materiales nucleares abarca las medidas administrativas y técnicas que se aplican para velar por que los materiales nucleares no sean usados indebidamente o retirados del lugar asignado sin aprobación y sin su oportuna contabilización. La finalidad principal de las medidas de control de los materiales nucleares es mantener la continuidad de los conocimientos respecto de los materiales nucleares a fin de detectar cualquier acción que pudiese dar lugar a la retirada no autorizada o el uso indebido de estos, particularmente en lo que se refiere a agentes internos. Esta publicación ofrece orientaciones técnicas sobre el control de los materiales nucleares durante su producción, procesamiento, uso, almacenamiento y traslado dentro del emplazamiento de una instalación.