

COLECCIÓN CURSOS DE CAPACITACIÓN N° 18/S

***Curso de enseñanza de posgrado
sobre protección radiológica y
seguridad de las fuentes de radiación***

Programa tipo

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, VIENA, 2003

La Sección del OIEA que originó esta publicación fue la de:

Servicios de Vigilancia y Protección Radiológicas
Organismo Internacional de Energía Atómica
Wagramer Strasse 5
P.O. Box 100
A-1400 Viena (Austria)

CURSO DE ENSEÑANZA DE POSGRADO SOBRE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
Y SEGURIDAD DE LAS FUENTES DE RADIACIÓN
PROGRAMA TIPO

OIEA, VIENA, 2003
IAEA-TCS-18/S
ISSN 1018-5518

© OIEA, 2003

Impreso por el OIEA en Austria
Noviembre de 2003

PREFACIO

Como se indica en el apartado 6 del párrafo A del artículo III de su Estatuto, parte del mandato del OIEA es proveer a la aplicación de sus normas de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, a petición de un Estado. Esta tarea puede facilitarse, entre otras cosas, fomentando el intercambio de información y la formación de hombres de ciencia y de expertos en el campo de la utilización pacífica de la energía atómica (apartado 4 del párrafo A del artículo III).

El la resolución GC(XXXV)/RES/552(1991) de la Conferencia General se pidió al Director General del OIEA que preparara “una propuesta completa sobre enseñanza y capacitación, tanto en materia de protección radiológica como de seguridad nuclear”. En su resolución GC(XXXVI)/RES/584(1992) la Conferencia General tomó positiva nota de la propuesta relativa a la enseñanza y capacitación en protección radiológica y seguridad nuclear contenida en el documento GC(XXXVI)/1016, hizo suyo su contenido y pidió al Director General que preparara un informe sobre un posible programa de actividades de enseñanza y capacitación en protección radiológica y seguridad nuclear. Ulteriormente, en el informe contenido en el documento GC(XXXVII)1067 (1993) se hizo una clara distinción entre los cursos, talleres y seminarios de enseñanza y capacitación y se subrayó que los cursos de enseñanza (de más larga duración) que se basaban en el programa tipo estaban destinados a profesionales jóvenes que, con el tiempo, podrían convertirse en instructores sobre protección radiológica y seguridad nuclear en sus países de origen. En la resolución GC(43)/RES/13 de la Conferencia General se pidió a la Secretaría del OIEA que fortaleciera el programa de enseñanza y capacitación. En respuesta a esta resolución, en el Apéndice 6 del documento GOV/2000/34-GC(44)/7 se expuso la situación de las actividades de enseñanza y capacitación ejecutadas y previstas y se especificó la necesidad de intensificar las tareas dedicadas a los cursos de enseñanza para posgraduados conforme a las resoluciones de la Conferencia General y elaborar, de manera sistemática, programas y material de enseñanza para grupos destinatarios concretos y usos específicos de las fuentes de radiación y los materiales radiactivos. En la resolución GC(44)/RES/13(2000) de la Conferencia General se instó a la Secretaría a poner en práctica todas las actividades mencionadas en el Apéndice 6 del documento GOV/2000/34-GC(44)/7. Además, en las resoluciones de la Conferencia General GC(45)/RES/10C de 2001 y GC(46)/RES/9C de 2002 se instó a la Secretaría a continuar fortaleciendo sus actuales actividades en esa esfera.

La presente publicación es una revisión de la versión original del programa tipo de los cursos de enseñanza de posgrado sobre protección radiológica que se publicó en abril de 1995 (IAEA-SYL-01). En esta revisión del programa tipo se tienen en cuenta los requisitos y las recomendaciones formulados en el Vol. 115 (1997) de la Colección Seguridad del OIEA y en las Guías de seguridad conexas, así como la experiencia adquirida del Curso de enseñanza de posgrado sobre protección radiológica realizado en varias regiones en los últimos años y celebrado en la Argentina, Sudáfrica, Siria, Malasia y Belarús. El objetivo general del curso sigue siendo proporcionar capacitación profesional básica inicial en protección y seguridad radiológicas a profesionales jóvenes que podrían convertirse ulteriormente en instructores.

El OIEA agradece las contribuciones aportadas por los expertos de diferentes Estados Miembros que participaron en el examen del programa tipo del curso de enseñanza de posgrado sobre protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación.

Los funcionarios del OIEA encargados de la presente publicación son G. Sadagopan and K. Mrabit de la División de Seguridad Radiológica y de los Desechos.

NOTA EDITORIAL

Las denominaciones concretas de países o territorios empleadas en esta publicación no implican juicio alguno por parte del editor, el OIEA, sobre la condición jurídica de dichos países o territorios, de sus autoridades e instituciones, ni del trazado de sus fronteras.

La mención de nombres de determinadas empresas o productos (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
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Objetivo	2
1.3. Alcance	2
1.4. Estructura	2
2. VISIÓN PANORÁMICA DEL PROGRAMA TIPO	2
3. PROGRAMA TIPO	5
PARTE I: REPASO DE NOCIONES FUNDAMENTALES	5
PARTE II: MAGNITUDES Y MEDICIONES	9
PARTE III: EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN IONIZANTE.....	13
PARTE IV: PRINCIPIOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y MARCO INTERNACIONAL	15
PARTE V: CONTROL REGLAMENTARIO	17
PARTE VI: EVALUACIÓN DE LAS EXPOSICIONES EXTERNAS E INTERNAS	19
PARTE VII: PROTECCIÓN CONTRA LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL.....	24
PARTE VIII: EXPOSICIONES MÉDICAS EN RADIOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO, RADIOTERAPIA Y MEDICINA NUCLEAR	32
PARTE IX: EXPOSICIÓN DEL PÚBLICO DEBIDA A LAS PRÁCTICAS.....	35
PARTE X: INTERVENCIÓN EN SITUACIONES DE EXPOSICIÓN CRÓNICA Y DE EXPOSICIÓN DE EMERGENCIA.....	40
PARTE XI: CAPACITACIÓN DE INSTRUCTORES.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....	49
COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y REVISIÓN.....	54

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La finalidad del Curso de enseñanza de posgrado sobre protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación es responder a las necesidades de formación inicial que tienen los profesionales poseedores de un título universitario, o equivalente, para adquirir una base sólida en la mencionada materia. El curso persigue también el fin de ofrecer los instrumentos básicos necesarios a quienes vayan a dedicarse en sus países a la capacitación en la materia indicada. Se ha concebido de forma que proporcione formación teórica y práctica en las bases multidisciplinares, tanto científicas como técnicas, de las recomendaciones y normas internacionales sobre protección radiológica y su aplicación. Los participantes deben poseer formación académica de nivel equivalente a un título universitario en ciencias físicas, químicas o biológicas, o en ingeniería, y haber sido seleccionados para trabajar en sus países en el campo de la protección radiológica y el uso seguro de las fuentes de radiación. En la presente revisión del programa tipo se tienen en cuenta los requisitos de las Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación (NBS), Vol. Núm. 115 (1997) de la Colección Seguridad del OIEA, así como las recomendaciones de las Guías de seguridad conexas y la experiencia adquirida del Curso de enseñanza de posgrado sobre protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación celebrado en varias regiones en los últimos años. Como se ha indicado, la finalidad general del curso es la misma. A continuación se señalan algunas mejoras introducidas en la presente versión:

- Se especifica el objetivo de los estudios correspondientes a cada parte.
- Se especifican los requisitos previos relativos a cada parte.
- Se ha modificado la estructura del programa: las partes referentes a “Principios de protección radiológica” y “Control regulativo” figuran ahora antes de “Evaluación de dosis” y después de “Efectos biológicos de la radiación”. Se ha suprimido la parte relativa a la interfaz con la seguridad nuclear y se ha incluido un módulo sobre protección radiológica en las centrales nucleares.
- Se ha incluido una parte sobre la formación de instructores para que se cumpla la finalidad del curso en lo que se refiere a la idea de “capacitación de instructores”.
- Se ha revisado la duración sugerida de cada parte. Se da más importancia al control reglamentario y a la protección radiológica ocupacional. La duración total sugerida no ha variado (18 semanas)¹ pero el programa es lo suficientemente flexible como para que se pueda adaptar la duración y el contenido del curso a las necesidades concretas.
- El contenido y los términos técnicos se han revisado teniendo en cuenta el glosario de seguridad (Safety Glossary) del OIEA.
- Se han eliminado las repeticiones innecesarias de temas.
- Se han incluido en cada parte sesiones de capacitación práctica (demostraciones prácticas, ejercicios de laboratorio, estudios de casos, visitas técnicas y simulaciones).

Se ha incluido una amplia lista de publicaciones para su uso como referencia y para su distribución a los participantes y conferenciantes.

¹ Podría prolongarse.

1.2. OBJETIVO

El objetivo del programa tipo es facilitar la integración de los cursos sobre protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación en los programas de estudio de las instituciones de enseñanza de los Estados Miembros y asegurar la homogeneidad de dichos cursos así como la uniformidad de nivel de su contenido técnico.

1.3. ALCANCE

El tema central del curso es la estructura técnica y administrativa necesaria para el control reglamentario y operacional a los fines de la protección contra la radiación ionizante y el uso seguro de las fuentes de radiación.

1.4. ESTRUCTURA

En la Sección 2 se presenta una visión panorámica del programa tipo y su estructura, con indicación de los requisitos previos y objetivos de estudio, así como de la duración sugerida de cada parte. En la Sección 3 se expone el contenido de cada parte del programa y se presenta una lista de ejercicios prácticos más una lista de publicaciones de referencia. En la sección final figura una bibliografía que contiene todas las publicaciones de referencia.

2. VISIÓN PANORÁMICA DEL PROGRAMA TIPO

El programa tipo del Curso de enseñanza de posgrado sobre protección radiológica y la seguridad de las fuentes de radiación se divide en once partes, cada una de las cuales se subdivide en módulos. Se indica para cada parte el requisito previo y el objetivo general de los estudios. Se reseña el contenido de cada módulo y se señalan el material de enseñanza y las publicaciones de referencia correspondientes. El contenido de cada módulo se describe con oraciones concisas y palabras clave. Se presenta también la lista de publicaciones de referencia correspondiente a cada módulo. Se sugiere para cada parte una lista de sesiones de capacitación práctica. Estas sesiones pueden consistir en demostraciones prácticas, ejercicios de laboratorio, estudios de casos, visitas técnicas, ejercicios de simulación o talleres.

En el cuadro I se resumen los requisitos previos, los objetivos generales de estudio y la duración recomendada de cada parte. El requisito previo para el curso es que los participantes posean una formación académica de nivel equivalente a un título universitario en física, química, ciencias biológicas o en ingeniería, y hayan sido seleccionados para trabajar en sus países en el campo de la protección radiológica y la seguridad de las fuentes de radiación.

CUADRO I. VISIÓN PANORÁMICA DEL PROGRAMA TIPO

Núm. de la parte	Parte	Requisito previo	Objetivo	Duración sugerida (semanas)
I	Repaso de nociones fundamentales	Formación académica	Familiarización con los conocimientos básicos de física nuclear y temas conexos.	2
II	Magnitudes y mediciones	Parte I	Comprensión de las magnitudes dosimétricas y sus unidades de medición y realización de cálculos conexos. Familiarización con diferentes tipos de detectores de radiación y sus principios de funcionamiento, características y limitaciones. Adquisición de capacidad para escoger el detector apropiado para un campo de radiación y magnitudes dosimétricas determinados.	1.5
III	Efectos biológicos de la radiación ionizante	Parte I + Parte II	Familiarización con los mecanismos de los diferentes tipos de efectos biológicos resultantes de la exposición a radiación ionizante. Conocimiento de los modelos utilizados para la derivación de coeficientes de riesgo a fin de estimar el detrimento radiológico.	1
IV	Principios de protección radiológica y marco internacional	Partes I–III	Conocimiento del marco teórico establecido por la CIPR y de las recomendaciones internacionales en la esfera de la protección radiológica y el uso seguro de las fuentes de radiación. Conocimiento del papel desempeñado por las organizaciones internacionales en el campo de la protección radiológica.	0.5
V	Control reglamentario	Parte IV	Conocimiento de los elementos constitutivos de una infraestructura de reglamentación respecto de la protección y seguridad radiológicas.	1.5
VI	Evaluación de las exposiciones externas e internas	Partes I–IV	Adquisición de capacidad para estimar las dosis recibidas por las personas como resultado de exposiciones tanto externas como internas.	2.5
VII	Protección contra la exposición ocupacional	Partes I–V	Adquisición de capacidad para aplicar los conceptos de protección radiológica ocupacional con el fin de establecer un programa de protección radiológica para cualquier práctica.	3

CUADRO I (cont.)

Núm. de la parte	Parte	Requisito previo	Objetivo	Duración sugerida (semanas)
VIII	Exposiciones médicas en radiología de diagnóstico, radioterapia y medicina nuclear	Partes I–VI	Adquisición de capacidad para aplicar los principios de protección radiológica a las exposiciones médicas (radiología de diagnóstico e intervención, radioterapia y medicina nuclear). Comprensión de los conceptos empleados para calcular las dosis a los pacientes y realizar la garantía de calidad.	2
IX	Exposición del público debida a prácticas	Partes I–VII	Conocimiento de las diversas vías por las que el público podría verse expuesto a la radiación como resultado de prácticas, así como de los métodos de determinación de las dosis.	1.5
X	Intervención en situaciones de exposición crónica y de emergencia	Partes I–VII + Parte IX	Conocimiento de las causas y consecuencias de situaciones de exposición crónica y de accidente radiológico o nuclear, y de los planteamientos para mitigar las consecuencias.	1.5
XI	Capacitación de instructores	Partes I–X para la preparación de actividades de capacitación	Adquisición de capacidad para organizar y realizar cursos nacionales de capacitación. Desarrollo de aptitudes didácticas.	1
Total				18 semanas

3. PROGRAMA TIPO

PARTE I: REPASO DE NOCIONES FUNDAMENTALES

Requisito previo: Formación académica con título o nivel equivalente en física, química, ciencias biológicas o ingeniería.

Objetivo: Adquirir conocimientos básicos de física nuclear y temas conexos.

Módulo	Contenido	Referencias
I.1. Introducción	Introducción Visión panorámica del curso de capacitación: finalidad, objetivos de estudio, contenido y calendario Introducción a la protección radiológica y la seguridad de las fuentes de radiación	Prospecto, programa
I.2. Física y matemáticas básicas utilizadas en protección radiológica	Física nuclear básica Introducción a la estructura atómica Neutrones, protones y electrones; tabla periódica; masa atómica, isótopos de un elemento; excitación, ionización; energía de enlace; partículas aceleradas; rayos X característicos, radiación de frenado (Bremsstrahlung); electrones de Auger, conversión interna; energías Radiactividad Estabilidad nuclear; núcleos inestables; radionucleidos; modos de desintegración alfa, beta, gamma; tipos de espectros; positrón; captura electrónica; tabla de los radionucleidos; actividad; ley de desintegración radiactiva; período de semidesintegración; constante de desintegración; vida media; actividad, unidades; cadenas de desintegración y equilibrio Reacciones nucleares Tipos de reacciones; radiactividad inducida; fisión y fusión (consideraciones acerca de la energía); sección eficaz; aspectos energéticos de las reacciones Matemáticas básicas Diferenciación/integración; ecuaciones de desintegración (funciones exponenciales); ecuaciones diferenciales lineales corrientes de primer grado con una constante Estadística Exactitud; precisión; fiabilidad; prueba T para estudiantes; Ji cuadrado; teoría de las probabilidades; variables aleatorias; distribuciones: diferentes tipos (logarítmico - normal,	Apuntes de conferencias [1, 2, 3]

Módulo	Contenido	Referencias
	binomial, de Poisson, de Gaussian); diagrama de dispersión; media, modo, mediana; desviación típica; error típico; niveles de confianza; regresión; correlación; aplicación práctica a efectos de recuento; ajuste de curvas por el método de los cuadrados mínimos	
I.3. Interacción de la radiación con la materia	<p>Radiación en forma de partículas con carga</p> <p>Partículas pesadas (alfa, protón, núcleos)</p> <p>Mecanismos de transferencia de energía, ionización, interacción nuclear dispersa; relaciones alcance - energía; curva de Bragg; poder de frenado; blindaje</p> <p>Partículas beta</p> <p>Mecanismos de transferencia de energía; relaciones; radiación de frenado (Bremsstrahlung); radiación de Cerenkov; blindaje</p> <p>Radiación sin carga</p> <p>Rayos X y gamma</p> <p>Efecto fotoeléctrico; dispersión de Compton; producción de pares; producción de fotones secundarios; coeficiente de atenuación lineal de masa; atenuación exponencial; efecto de Z en el medio absorbente; corrección por incremento; blindaje</p> <p>Neutrones</p> <p>Interacción; dispersión; absorción; categorías de energía; activación neutrónica; captura radiactiva (n, p), (n, γ); moderación; blindaje</p> <p>Radiactividad inducida: por partículas con carga y sin carga eléctrica</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[2, 3]</p>
I.4. Fuentes de radiación	<p>Radiación natural</p> <p>Radionucleidos terrestres: uranio (^{235}U y ^{238}U), ^{232}Th, ^{40}K; radionucleidos importantes en la cadenas de desintegración del ^{238}U y el ^{232}Th (Ra, emanación Rn, etc.); materiales radiactivos naturales</p> <p>Radiación cósmica: tipos de radiación cósmica; variación con la latitud y la altitud</p> <p>Fuentes radiactivas artificiales</p> <p>Fuentes radiactivas: fuentes beta, alfa, gamma y de rayos X; fuentes isotópicas de neutrones; fuentes selladas; fuentes no</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[3]</p>

Módulo	Contenido	Referencias
	<p>selladas y generadores de isótopos; recintos de las fuentes; precipitación radiactiva; seguridad tecnológica de las fuentes de radiación en general: producción de radioisótopos</p> <p>Reactores nucleares: examen de las reacciones de fisión y fusión; moderación de los neutrones; neutrones, factor de multiplicación, criticidad, elementos básicos de un reactor nuclear; tipos de reactores; reactores de investigación; instalaciones del ciclo del combustible nuclear</p> <p>Generadores de radiación</p> <p>Producción de partículas cargadas: aceleradores lineales; betatrones; ciclotrones</p> <p>Producción de rayos X: aparatos de rayos X de baja energía; aceleradores lineales; otras máquinas; principios y espectros; filtración y calidad del haz</p> <p>Producción de neutrones: reacciones (d, n) y reacciones (p, n); producción de neutrones para terapia neutrónica</p> <p>Aplicaciones de la radiación ionizante en la medicina, la industria y la agricultura.</p> <p>Productos de consumo</p>	

REFERENCIAS DE LA PARTE I

- [1] CEMBER, H., Introduction to Health Physics, 3rd Edition, McGraw-Hill, Nueva York (2000).
- [2] FIRESTONE, R.B., BAGLIN, C.M., FRANK-CHU, S.Y. (Eds), Table of Isotopes (8th Edition, 1999 update), Wiley, Nueva York (1999).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Safe Use of Radiation Sources, Colección Cursos de Capacitación N° 6, OIEA, Viena (1995).

EJERCICIOS PRÁCTICOS DE LA PARTE I

Núm	Ejercicio práctico	Tipo
I-1.	Presentación de diferentes tipos de fuentes de radiación y explicación de sus aplicaciones; radionucleidos naturales y artificiales; productos de consumo	Demostración práctica
I-2.	Demostración práctica de la desintegración radiactiva: gráficos de nucleidos, uso de manuales y programas informáticos para la búsqueda de datos nucleares	Demostración práctica
I-3.	Aplicación de la ecuación de desintegración radiactiva; empleo de algunos códigos matemáticos simples	Ejercicio
I-4.	Medición del período de semidesintegración	Ejercicio de laboratorio
I-5.	Recuento estadístico con un contador Geiger-Müller o parecido y una fuente radiactiva así como verificación de las distribuciones estadísticas	Ejercicio de laboratorio
I-6.	Emanaciones de radón	Demostración práctica
I-7.	Alcance de las partículas alfa y beta	Demostración práctica
I-8.	Moderación y absorción de neutrones	Demostración práctica
I-9.	Demostración práctica de las propiedades de blindaje de diferentes materiales y ejemplos de cálculos de blindaje	Demostración práctica
I-10.	Demostración práctica de la retrodispersión de la radiación beta	Demostración práctica
I-11.	Demostración práctica de la absorción de radiación beta en fuentes de espesor diferente (“autoabsorción”)	Demostración práctica
I-12.	Determinación de los niveles máximos de energía de la radiación beta por absorción	Ejercicio de laboratorio
I-13.	Estudio de la atenuación de la radiación gamma en función del espesor y del número atómico Z	Ejercicio de laboratorio

PARTE II: MAGNITUDES Y MEDICIONES

Requisito previo: Conclusión satisfactoria de la Parte I.

Objetivo: Comprensión de las magnitudes dosimétricas y sus unidades de medición y realización de cálculos conexos. Familiarización con diferentes tipos de detectores de radiación y sus principios de funcionamiento, sus características y limitaciones. Adquisición de capacidad para escoger el detector apropiado para un campo de radiación y magnitudes dosimétricas determinados.

Módulo	Contenido	Referencias
II.1. Magnitudes y unidades	<p>Magnitudes radiométricas y coeficientes de interacción</p> <p>Campo de radiación; fluencia (tasa); fluencia de energía (tasa); sección eficaz; coeficiente de atenuación de masa; poder de frenado de masa</p> <p>Magnitudes dosimétricas</p> <p>Exposición (tasa); kerma (tasa); energía impartida; dosis absorbida (tasa); transferencia de energía lineal (LET); energía lineal; dosis a órganos</p> <p>Magnitudes de protección radiológica</p> <p>Dosis equivalente (tasa); factor de ponderación de la radiación (W_R); dosis efectiva, factor de ponderación del tejido (W_T); magnitudes operacionales: dosis equivalente ambiental; dosis equivalente direccional; dosis equivalente personal; incorporación; dosis comprometida</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[3, 4, 5, 6]</p>
II.2. Cálculos y mediciones dosimétricos	<p>Cálculos dosimétricos</p> <p>Relaciones entre fluencia, kerma y dosis absorbida; constante de tasa de kerma en aire; cálculo de la kerma y la dosis absorbida</p> <p>Principio de la cavidad Bragg-Gray; medición de la dosis absorbida con ionización en una cavidad con gas; equilibrio electrónico; composición de una cavidad homogénea; cavidad grande; cavidad pequeña; efectos de recombinación; factores de corrección para la determinación de la dosis absorbida en agua en haces de fotones y electrones</p> <p>Fuentes puntuales, fuentes planas y fuentes con volumen; absorción y dispersión en el aire y en el cuerpo; atenuación de la radiación primaria e incremento de la radiación secundaria; conceptos de campo extendido y de campo alineado; influencia de la geometría</p> <p>Cálculo de la dosis derivada de las fuentes de neutrones</p> <p>Microdosimetría; detectores de material equivalente a tejido</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[2, 3, 4, 5, 6]</p>

Módulo	Contenido	Referencias
II.3. Principios de detección y medición de la radiación	<p>Detectores</p> <p>Detectores con gas</p> <p>Cámaras de ionización con medición de intensidad; cámaras de condensador; cámara de ionización a presión; cámaras de extrapolación; cámaras proporcionales; tubos GM</p> <p>Detectores de centelleo</p> <p>Centelleadores sólidos y líquidos; extinción</p> <p>Detectores de semiconductores</p> <p>Emulsiones fotográficas</p> <p>Detectores termoluminiscentes</p> <p>Detectores de trazas nucleares</p> <p>Detectores de neutrones</p> <p>Detectores basados en reacciones (n, γ) o (n, p), en la activación o de otro tipo</p> <p>Detectores formadores de imágenes</p> <p>Otros detectores: electrets; detectores con alimentación eléctrica incorporada; emisión de exoelectrones estimulada térmicamente (TSEE); detectores radiofotoluminiscentes (RPLD)</p> <p>Técnicas de medición</p> <p>Eficiencia (geométrica e intrínseca), radiación de fondo, geometría, estadística; escalas de recuento de impulsos y contadores de tasa de impulsos; discriminadores; resolución; análisis de la amplitud de los impulsos — coincidencia y anticoincidencia; análisis de la forma de los impulsos; análisis informático de espectros</p>	[1, 6]

REFERENCIAS DE LA PARTE II

- [1] KNOLL, G.T., Radiation Detection and Measurement, 3rd Edition, Wiley, Nueva York (2000).
- [2] ATTIX, F.H., Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, Wiley, Nueva York (1986).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Determinación de la dosis absorbida en haces de fotones y electrones, 2^{da} edición, Colección Informes Técnicos N° 277, OIEA, Viena (1998).
- [4] COMISIÓN INTERNACIONAL DE UNIDADES Y MEDIDAS RADIOLÓGICAS, Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry, Report No. 51, ICRU, Bethesda, MD (1993).

- [5] COMISIÓN INTERNACIONAL DE UNIDADES Y MEDIDAS RADIOLÓGICAS, Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation, Report No. 60, ICRU, Bethesda, MD (1998).
- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Safe Use of Radiation Sources, Colección Cursos de Capacitación N° 6, OIEA, Viena (1995).

EJERCICIOS PRÁCTICOS DE LA PARTE II

Núm.	Ejercicio práctico	Tipo
II-1.	Demostración práctica de cada tipo de monitor portátil para radiación alfa, beta, gamma y neutrónica y explicación de las aplicaciones respectivas; uso y consulta de manuales de equipo	Demostración práctica
II-2.	Ejercicios de cálculo relativos a magnitudes	Ejercicios
II-3.	Determinación de las características de detectores Geiger-Müller: tasa de recuento en comparación con la curva de tensión; respuesta a diferentes energías de la radiación	Ejercicio de laboratorio
II-4.	Determinación del nivel de radiación de fondo	Demostración práctica
II-5.	Medición de los niveles de radiación beta de muestras de emisores beta y determinación de la eficiencia total	Ejercicio de laboratorio
II-6.	Empleo de un sistema Geiger-Müller de bajo fondo para la medición de fuentes emisoras beta de actividad baja	Ejercicio de laboratorio
II-7.	Calibración de un espectrómetro gamma de centelleo en función de la energía y la actividad	Ejercicio de laboratorio
II-8.	Análisis de un espectro gamma complejo utilizando detectores de semiconductores	Ejercicio de laboratorio
II-9.	Calibración de un sistema de espectrometría alfa en función de la energía y la actividad	Ejercicio de laboratorio
II-10.	Calibración de un contador de centelleo ZnS(Ag) para mediciones de la actividad alfa	Ejercicio de laboratorio
II-11.	Lectura de películas fotográficas de dosimetría individual expuestas a diferentes tipos de radiación a diferentes energías	Demostración práctica
II-12.	Lectura de dosímetros termoluminiscentes	Demostración práctica
II-13.	Mediciones con sistemas de ataque de trazas	Demostración práctica
II-14.	Mediciones de tritio y carbono 14 de actividad baja con sistemas de recuento de centelleador líquido	Ejercicio de laboratorio

Núm.	Ejercicio práctico	Tipo
II-15.	Detección y espectrometría de neutrones utilizando detectores BF3 y esferas moderadoras de polietileno	Ejercicio de laboratorio
II-16.	Identificación de radionucleidos desconocidos	Ejercicio de laboratorio
II-17.	Preparación de fuentes de uranio normalizadas	Ejercicio de laboratorio

PARTE III: EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN IONIZANTE

Requisito previo: Conclusión satisfactoria de la Parte I y la Parte II.

Objetivo: Familiarización con los mecanismos de los diferentes tipos de efectos biológicos resultantes de la exposición a radiación ionizante. Conocimiento de los modelos utilizados para la derivación de coeficientes de riesgo a fin de estimar el detrimento radiológico.

Módulo	Contenido	Referencias
III.1. Efectos de la radiación a nivel molecular y celular	<p>Química básica de la radiación</p> <p>Rotura de enlaces químicos por excitación e ionización; elementos biológicamente importantes; efectos directos e indirectos de la radiación: generación de radicales libres, interacción con el DNA; interacción con proteínas y lípidos</p> <p>Efectos de la radiación en las células</p> <p>Cromosomas; DNA; mutaciones puntuales, roturas de cromosomas, mitosis; disfunción mitótica, muerte celular; consecuencias de la muerte celular; consecuencias del daño celular, reparación del DNA; sensibilidad celular; radiosensibilizadores y protectores; aberraciones cromosómicas como indicador biológico de la dosis</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[3]</p>
III.2. Efectos deterministas	<p>Efectos de la irradiación del cuerpo entero</p> <p>Curva general dosis-respuesta; umbral; gravedad; síndrome agudo de radiación; sistema hematopoyético; tracto gastrointestinal; sistema nervioso central</p> <p>Efectos de la irradiación parcial del cuerpo</p> <p>Piel (eritema, ulceración, efecto del tipo y la calidad de la radiación); tiroides; pulmón; cristalino; gónadas; dosis umbral; efecto del fraccionamiento y de la tasa de dosis; casos particulares (exposiciones accidentales)</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[2, 3]</p>
III.3. Efectos estocásticos somáticos	<p>Efectos estocásticos</p> <p>Provocación y desarrollo de cáncer; orígenes de los datos: supervivientes de la bomba atómica; pintores de diales, exposiciones médicas, mineros, datos relativos a animales</p> <p>Relaciones dosis-respuesta; modelos de riesgo absoluto y relativo; factores de efectividad de la dosis y la tasa de dosis; factores de riesgo de la CIPR, cánceres mortales y no mortales</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[2, 3, 4, 5]</p>
III.4. Efectos estocásticos hereditarios	<p>Efectos estocásticos</p> <p>Genética elemental; mutaciones naturales; producción de gametos y daño a los cromosomas (ejemplos); mutaciones de los genes; orígenes de los datos: personas y animales; el concepto de la dosis duplicada; enfoque del UNSCEAR y de la CIPR; hipótesis de la CIPR sobre los riesgos: generaciones ulteriores y gravedad</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[2, 3, 4, 5]</p>

Módulo	Contenido	Referencias
III.5. Efectos en el embrión y el feto	Efectos de la radiación Sensibilidad en las diferentes etapas de desarrollo; desarrollo y retraso cerebral; provocación de leucemia y cáncer	Apuntes de conferencias [2, 3, 5]
III.6. Estudios y cuestiones epidemiológicos	Estudios epidemiológicos Necesidades de estadísticas; tipos de estudios actuales; factores de asociación y de confusión, alcance y precisión; perspectivas y dificultades	Apuntes de conferencias
III.7. Concepto de detrimento radiológico	Detrimento radiológico Necesidad de una medición global del daño; factor de ponderación del tejido W_T , dosis efectiva; límites de dosis, concepto de dosis colectiva; enfoque adoptado por la CIPR; comparación de los riesgos resultantes de diferentes actividades	Apuntes de conferencias [1, 4]

REFERENCIAS DE LA PARTE III

- [1] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1997).
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries, Colección Informes de Seguridad N° 2, OIEA, Viena (1998).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Safe Use of Radiation Sources, Colección Cursos de Capacitación N° 6, OIEA, Viena (1995).
- [4] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication No. 60, Ann. ICRP **21** 1–3, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1991).
- [5] COMITÉ CIENTÍFICO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LAS RADIACIONES ATÓMICAS (UNSCEAR), Sources and Effects of Ionizing Radiation (Informe a la Asamblea General, 1994), Naciones Unidas, Nueva York (1994).

EJERCICIOS PRÁCTICOS DE LA PARTE III

Núm.	Ejercicio práctico	Tipo
III-1.	Análisis de aberraciones cromosómicas	Demostración práctica
III-2.	Interpretación de datos epidemiológicos	Estudio de casos
III-3.	Evaluación de los riesgos asociados a las dosis	Estudio de casos

PARTE IV: PRINCIPIOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y MARCO INTERNACIONAL

Requisito previo: Conclusión satisfactoria de las Partes I, II y III.

Objetivo: Conocimiento del marco teórico establecido por la CIPR y de las recomendaciones internacionales en la esfera de la protección radiológica y el uso seguro de las fuentes de radiación. Conocimiento del papel desempeñado por las organizaciones internacionales en el campo de la protección radiológica.

Módulo	Contenido	Referencias
IV.1. Marco teórico	<p>Marco teórico</p> <p>Marco básico de la CIPR (tipos de exposición, control de las fuentes de radiación); breve examen de las magnitudes, entre ellas la dosis colectiva</p> <p>Sistema de protección radiológica en el caso de prácticas en proyecto o en curso:</p> <p>Justificación de una práctica; optimización de la protección, con ejemplos; límites de dosis individuales</p> <p>Exposiciones potenciales; restricciones de dosis y riesgos</p> <p>Sistema de protección a efectos de intervención</p> <p>Evaluación de la efectividad del sistema de protección</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 5]</p>
IV.2. Papel de las organizaciones internacionales en el campo de la protección radiológica	<p>Organizaciones internacionales</p> <p>Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA): funciones estatutarias; establecimiento y aplicación de normas de seguridad, instrumentos jurídicamente vinculantes: convenciones</p> <p>Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR)</p> <p>Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas (ICRU)</p> <p>Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR)</p> <p>Organización Internacional del Trabajo (OIT)</p> <p>Organización Mundial de la Salud (OMS)</p> <p>Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)</p> <p>Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE (AEN/OCDE)</p> <p>Organización Panamericana de la Salud (OPS)</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 4, 5, 6]</p>

Módulo	Contenido	Referencias
IV.3. Desarrollo de la cultura de la seguridad	<p>Cultura de la seguridad a todos los niveles del personal</p> <p>Prioridad a la seguridad: políticas, procedimientos; responsabilidades; cauces jerárquicos para la toma de decisiones; disposiciones organizativas; cauces de comunicación</p> <p>Indicadores de cultura de la seguridad</p> <p>Ejemplos de cultura de la seguridad</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 2, 3]</p>

REFERENCIAS DE LA PARTE IV

- [1] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1997).
- [2] GRUPO INTERNACIONAL ASESOR EN SEGURIDAD NUCLEAR, Cultura de la Seguridad, Colección Seguridad N° 75-INSAG-4, OIEA, Viena (1991).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Examples of Safety Culture Practices, Colección Informes de Seguridad N° 1, OIEA, Viena (1997).
- [4] COMISIÓN INTERNACIONAL DE UNIDADES Y MEDIDAS RADIOLÓGICAS, Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry, Report No. 51, ICRU, Bethesda, MD (1993).
- [5] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication No. 60, Ann. ICRP 21 1–3, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1991).
- [6] COMITÉ CIENTÍFICO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LAS RADIACIONES ATÓMICAS (UNSCEAR), Sources and Effects of Ionizing Radiation (Informe a la Asamblea General, 1994), Naciones Unidas, Nueva York (1994).

EJERCICIOS PRÁCTICOS DE LA PARTE IV

Núm.	Ejercicio práctico	Tipo
IV-1.	Descripción de los elementos del sistema de protección radiológica y de la cultura de la seguridad de una práctica concreta	Estudio de casos
IV-2.	Principios de protección y seguridad y experiencia nacional o internacional	Estudio de casos
IV-3.	Evaluación simple de la cultura de la seguridad de una entidad determinada	Estudio de casos

PARTE V: CONTROL REGLAMENTARIO

Requisito previo: Conclusión satisfactoria de la Parte IV.

Objetivo: Conocimiento de los elementos constitutivos de una infraestructura de reglamentación respecto de la protección radiológica y el uso seguro de las fuentes de radiación.

Módulo	Contenido	Referencias
V.1. Marco jurídico de la protección radiológica y el uso seguro de las fuentes de radiación	<p>Marco legislativo</p> <p>Alcance del marco jurídico básico</p> <p>Base estatutaria; legislación para facilitar las disposiciones necesarias</p> <p>Autoridad reguladora</p> <p>Mandato de las autoridades reguladoras; responsabilidades; organización; recursos suficientes; capacitación, cualificaciones del personal; comités asesores y consultores</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 3, 5, 7]</p>
V.2 Sistema reglamentario	<p>Sistema reglamentario</p> <p>Conjunto de reglamentos (centrados en los resultados o de tipo prescriptivo)</p> <p>Requisitos de seguridad y guías de seguridad</p> <p>Sistema de notificación, registro, concesión de licencia y control de las fuentes de radiación, inclusive criterios para el almacenamiento y disposición final de los desechos; exenciones; dispensa</p> <p>Responsabilidades de los titulares licenciados, los titulares registrados y los empleados</p> <p>Relaciones entre los reguladores y los regulados; retroinformación</p> <p>Inventario nacional de las fuentes de radiación; fuentes huérfanas; importación, exportación, transporte</p> <p>Evaluación de la seguridad; cumplimiento de los requisitos de seguridad; inspección; aplicación coercitiva</p> <p>Necesidades de capacitación</p> <p>Preparación para emergencias; investigaciones de accidentes y gestión de emergencias</p> <p>Difusión de información sobre protección y seguridad y comunicación con el público</p> <p>Cooperación entre empleadores (intercambio de información sobre seguridad, registros de vigilancia radiológica individual, etc.)</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 2, 3, 4, 5, 7]</p>
V.3 Evaluación de la efectividad de los programas de reglamentación	<p>Evaluación de la reglamentación</p> <p>Métodos para evaluar la efectividad: indicadores de actuación satisfactoria, criterios de actuación satisfactoria</p> <p>Examen por homólogos</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[5, 6]</p>

REFERENCIAS DE LA PARTE V

- [1] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1997).
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Emergency Planning and Preparedness for Accidents Involving Radioactive Materials Used in Medicine, Industry, Research and Teaching, Colección Seguridad N° 91, OIEA, Viena (1989).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Building Competence in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources, Colección Normas de Seguridad N° RS-G-1.4, OIEA, Viena (2001).
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Safety Assessment Plans for Authorization and Inspection of Radiation Sources, IAEA-TECDOC-1113, Viena (1999).
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Organization and Implementation of a National Regulatory Infrastructure Governing Protection Against Ionizing Radiation and the Safety of Radiation Sources, IAEA-TECDOC-1067, Viena (1999).
- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Assessment by Peer Review of the Effectiveness of a Regulatory Programme for Radiation Safety, IAEA TECDOC-1217, Viena (2001).
- [7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Legal and Governmental Infrastructure for Nuclear, Radiation, Radioactive Waste and Transport Safety, Colección Normas de Seguridad N° GS-R-1, OIEA, Viena (2000).

EJERCICIOS PRÁCTICOS DE LA PARTE V

Núm.	Ejercicio práctico	Tipo
V-1.	Preparación de un marco reglamentario teórico para un país que tenga un número y tipo definidos de fuentes de radiación	Estudio de casos
V-2.	Empleo de materiales informatizados para establecer un sistema de información destinado a una autoridad reguladora (por ejemplo, el Sistema de Información para Autoridades Reguladoras (RAIS) del OIEA)	Demostración práctica
V-3.	Estudio del proceso de concesión de la licencia para una práctica industrial o una práctica médica	Estudio de casos
V-4.	Realización de un examen de la seguridad para solicitar la licencia de una instalación de radiografía industrial o de otro tipo de práctica	Estudio de casos
V-5.	Evaluación de una solicitud para el empleo de fuentes radiactivas en detectores de humo u otros productos destinados al consumo (teniendo en cuenta el principio de justificación)	Estudio de casos
V-6.	Preparación por una autoridad reguladora de un comunicado de prensa sobre un tema de actualidad	Estudio de casos

PARTE VI: EVALUACIÓN DE LAS EXPOSICIONES EXTERNAS E INTERNAS

Requisito previo: Conclusión satisfactoria de las Partes I–IV.

Objetivo: Adquisición de capacidad para estimar las dosis recibidas por las personas como resultado de exposiciones tanto externas como internas.

Módulo	Contenido	Referencias
VI.1. Evaluación de la exposición ocupacional debida a fuentes de radiación externas	<p>Magnitudes dosimétricas (repasso)</p> <p>El factor de ponderación de la radiación W_R en función de la transferencia lineal de energía irrestricta en agua; dosis equivalente; factor de ponderación del tejido W_T; dosis efectiva; equivalente de dosis personal $H_p(0,07)$ y $H_p(10)$; equivalente de dosis ambiental $H^*(d)$ y equivalente de dosis direccional ($H'(d)$)</p> <p>Programas de vigilancia radiológica para la evaluación de dosis individuales</p> <p>Diseño de programas de vigilancia radiológica</p> <p>Dosimetría personal</p> <p>Evaluaciones de la dosis efectiva en diferentes condiciones de exposición externa: aproximaciones prácticas</p> <p>Dosímetros personales integradores (TLD, película, cámaras de condensador, etc.) calibrados para medir el equivalente de dosis personal; uso de dosímetros personales electrónicos; requisitos de funcionamiento de los dosímetros personales</p> <p>Dosimetría del cuerpo entero, las extremidades y la piel</p> <p>Evaluación de exposiciones habituales, especiales y accidentales</p> <p>Análisis de incertidumbres: Tipo A) falta de homogeneidad de las indicaciones de los detectores debida a la limitación de la sensibilidad y a la radiación de fondo, variabilidad de las indicaciones de los detectores para una dosis cero; Tipo B) dependencia con respecto a la energía, dependencia direccional, alinealidad de la respuesta, desvanecimiento debido a la temperatura y la humedad, efectos debidos a la exposición a la luz, o a otros tipos de radiación ionizante, choques mecánicos, errores de calibración o variación de la radiación de fondo natural local</p> <p>Programa de vigilancia radiológica del lugar de trabajo</p> <p>Vigilancia radiológica habitual, relacionada con las tareas y especial; aparatos de vigilancia fijos y portátiles; vigilancia con fines de planificación de los trabajos; vigilancia para detectar cambios en el entorno de trabajo; sistemas de vigilancia para campos de radiación, superficies y gases nobles;</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 2, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 15]</p>

Módulo	Contenido	Referencias
	<p>aplicación del equivalente de dosis ambiental y el equivalente de dosis direccional; contadores de tasa de dosis, en ausencia de maniqués, calibrados para magnitudes ambientales y direccionales.</p> <p>Interpretación de las mediciones</p> <p>Niveles de registro; evaluación de las dosis al cuerpo entero, las extremidades y la piel; cálculo de la dosis efectiva causada por exposición externa; vigilancia radiológica habitual, relacionada con las tareas y especial</p> <p>Calibración</p> <p>Patrones primarios y secundarios; fuentes usadas para la calibración; pruebas habituales del equipo, pruebas de funcionamiento, pruebas de tipos</p> <p>Garantía de calidad</p> <p>Procedimientos de garantía de calidad</p>	
<p>VI.2. Evaluación de la exposición ocupacional debida a incorporaciones de radionucleidos</p>	<p>Modalidades de incorporación</p> <p>Inhalación (tamaños de partículas, AMAD, determinación de la distribución de tamaños en aerosoles), ingestión y absorción a través de la piel o de heridas; influencia de la actividad específica y del estado fisicoquímico: retención en tejidos, complexación, polimerización, etc.</p> <p>Caso especial del agua y vapor tritiados: incorporación a través de la piel por salpicaduras de agua y de vapor e incorporación por respiración</p> <p>Incorporaciones de radionucleidos en los trabajadores; incorporaciones de radionucleidos en los miembros del público</p> <p>Programa de vigilancia radiológica</p> <p>Programa de vigilancia radiológica de la exposición debida a la incorporación de radionucleidos</p> <p>Programa de vigilancia radiológica: necesidad, diseño de un programa de vigilancia radiológica habitual, métodos de medición, frecuencia de la vigilancia, niveles de referencia, vigilancia radiológica especial</p> <p>Vigilancia radiológica de los lugares de trabajo: superficies, aire; el concepto de concentración derivada en aire (DAC)</p> <p>Métodos directos de vigilancia radiológica personal: principios; geometría de medición: cuerpo entero, tiroides, pulmón; métodos de detección; procedimientos de medición</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[2, 3, 5, 8, 11, 12, 14, 15, 16, 17]</p>

Módulo	Contenido	Referencias
	<p>Métodos indirectos de vigilancia radiológica personal: muestras biológicas (orina, heces fecales, aliento, sangre, secreciones nasales, muestras de tejido); normalización de las muestras; muestras físicas (muestras de aire, muestras de superficies); métodos de manipulación; métodos de análisis (separación radioquímica, detección)</p>	
	<p>Modelos biocinéticos utilizados por la CIPR</p>	
	<p>Aspectos cuantitativos de la incorporación; retención en la sangre y transporte a diversos órganos; deposición en órganos</p>	
	<p>Elaboración de modelos en forma de compartimientos; relaciones entre los compartimientos como una de las bases para especificar los procedimientos de vigilancia radiológica; retención y eliminación; compartimientos exponenciales, período de semidesintegración biológico y período de semidesintegración efectivo</p>	
	<p>Retención no exponencial; modelo corporal de la CIPR (hombre patrón); modelo del intestino; modelo del pulmón; modelos dependientes de la edad; entrada a través de heridas y de la piel intacta</p>	
	<p>Requisitos de funcionamiento de los sistemas de detección en dosimetría interna</p>	
	<p>Cálculo de la dosis efectiva comprometida</p>	
	<p>Dosis efectiva comprometida; dosis efectiva comprometida por unidad de incorporación; dosis efectiva comprometida por unidad de incorporación en el adulto patrón y en función de la edad; coherencia de las mediciones con los modelos biocinéticos; modelos dosimétricos de la CIPR</p>	
	<p>Cálculo de la contribución de los órganos a la dosis efectiva</p>	
	<p>Límites primarios y secundarios; caso especial del radón y sus descendientes</p>	
	<p>Programas informáticos para el cálculo de dosis internas (características y disponibilidad)</p>	
	<p>Calibración</p>	
	<p>Calibración de contadores corporales; calibración de técnicas bioquímicas; intercomparación de análisis radioquímicos; patrones; pruebas habituales del equipo</p>	
	<p>Garantía de calidad</p>	
	<p>Procedimientos de garantía de calidad</p>	

REFERENCIAS DE LA PARTE VI

- [1] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1997).
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Protección radiológica ocupacional, Colección de Normas de Seguridad N° RS-G-1.1, OIEA, Viena (1999).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Evaluación de la exposición ocupacional debida a incorporaciones de radionucleidos, Colección de Normas de Seguridad N° RS-G-1.2, OIEA, Viena (1999).
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Evaluación de la exposición ocupacional debida a fuentes externas de radiación, Colección de Normas de Seguridad N° RS-G-1.3, OIEA, Viena (1999).
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Indirect Methods for Assessing Intakes of Radionuclides Causing Occupational Exposure, Colección Informes de Seguridad N° 18, OIEA, Viena (2000).
- [6] COMISIÓN INTERNACIONAL DE UNIDADES Y MEDIDAS RADIOLÓGICAS, Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry, Report No. 51, ICRU, Bethesda, MD (1993).
- [7] COMISIÓN INTERNACIONAL DE UNIDADES Y MEDIDAS RADIOLÓGICAS, Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation, Report No. 60, ICRU, Bethesda, MD (1998).
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Safe Use of Radiation Sources, Colección Cursos de Capacitación N° 6, OIEA, Viena (1995).
- [9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Workplace Monitoring for Radiation and Contamination, Practical Radiation Technical Manual, PRTM-1, OIEA, Viena (1995).
- [10] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Personal Monitoring, Practical Radiation Technical Manual PRTM-2, OIEA, Viena (1995).
- [11] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers (Revision of ICRP Publication No. 54), Publication No. 78, Ann. ICRP 27 3-4, Elsevier Science Ltd, Oxford (1997).
- [12] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Direct Methods for Measuring Radionuclides in the Human Body, Colección Seguridad N° 114, OIEA, Viena (1996).
- [13] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments, Colección Informes de Seguridad N° 16, OIEA, Viena (2000).
- [14] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Assessment and Treatment of External and Internal Radionuclide Contamination, IAEA-TECDOC-869, Viena (1996).
- [15] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers (Replacement of ICRP Publication No. 61), Publication No. 68, Ann. ICRP 24 4, Elsevier Science Ltd, Oxford (1994).
- [16] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Age Dependent Doses to Members of the Public from Intakes of Radionuclides: Part 5: Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients, Publication No. 72, Ann. ICRP 26 1, Elsevier Science Ltd, Oxford (1996).
- [17] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection, Publication No. 66, Ann. ICRP 24 1-3, Elsevier Science Ltd, Oxford (1994).

EJERCICIOS PRÁCTICOS DE LA PARTE VI

Núm.	Ejercicio práctico	Tipo
VI-1.	Elaboración de un programa de vigilancia radiológica habitual (exposiciones internas y externas)	Estudio de casos
VI-2.	Utilización de la dosimetría por termoluminiscencia y la dosimetría de película para la evaluación de la dosis personal	Demostración práctica
VI-3.	Interpretación de mediciones hechas con un dosímetro personal	Estudio de casos
VI-4.	Demostración del empleo de sistemas prácticos para la vigilancia radiológica de zonas, superficies y el aire	Demostración práctica
VI-5.	Calibración de diferentes dosímetros	Visita técnica a un laboratorio secundario de calibración dosimétrica (LSCD)
VI-6.	Medición del contenido corporal de radionucleidos por recuento de la actividad del cuerpo entero	Visita técnica a una instalación de recuento de la actividad del cuerpo entero
VI-7.	Medición de radionucleidos en muestras de orina	Ejercicio de laboratorio
VI-8.	Cálculo de dosis internas utilizando los modelos CIPR para la exposición aguda y crónica	Estudio de casos

PARTE VII: PROTECCIÓN CONTRA LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

Requisito previo: Conclusión satisfactoria de las Partes I–V.

Objetivo: Adquisición de capacidad para aplicar los conceptos de protección radiológica ocupacional con el fin de elaborar un programa de protección radiológica para cualquier práctica.

Módulo	Contenido	Referencias
VII.1. Organización y gestión	<p>Programa de protección radiológica</p> <p>Evaluación radiológica y apreciación de la seguridad previas; ámbito y estructura del programa de protección radiológica; responsabilidad y obligaciones de los titulares registrados, los titulares licenciados y los empleadores; responsabilidad de los trabajadores y otras personas en el lugar de trabajo; organización de la protección radiológica; disposiciones administrativas especiales; infraestructura; función del oficial de protección radiológica; función del experto cualificado; cauces de comunicación (interna, entre empleadores, con la autoridad reguladora); cultura de la seguridad; garantía de calidad; preparación para emergencias</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 4, 5, 6, 32]</p>
VII.2. Métodos de protección y uso seguro de las fuentes de radiación; optimización	<p>Aspectos técnicos de la protección radiológica contra las fuentes selladas y no selladas</p> <p>Principios generales</p> <p>Tiempo, distancia y blindaje; número mínimo de fuentes; protección contra la contaminación; gestión y dotación de servicios y equipo satisfactorias; jerarquía en materia de medidas protectoras - infraestructura (diseño) y procedimientos</p> <p>Seguridad tecnológica y seguridad física de las fuentes</p> <p>Protección física de las fuentes y los desechos; pruebas de hermeticidad, señales y etiquetado; acondicionamiento; blindaje; almacenamiento; clausura; procedimientos de emergencia</p> <p>Características de diseño de las instalaciones</p> <p>Características de diseño (considerando también los efectos de dispersión); sistema de ventilación; cálculo de blindajes; enclavamientos de seguridad; equipo de manipulación a distancia; campanas de humos; celdas calientes; cajas de guantes; cuarto de cambio de ropa; barreras físicas; instalaciones de almacenamiento; tubería y control del decaimiento radiactivo de efluentes líquidos; monitores de radiación fijos; señales de aviso; garantía de calidad; estudio de puesta en servicio y examen con fines de reglamentación</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 2, 6, 10, 11, 14, 16, 17, 18, 32, 34]</p>

Módulo	Contenido	Referencias
	<p>Protección personal</p> <p>Ropa protectora; protección de la respiración; control de la contaminación; descontaminación</p> <p>Controles administrativos y de procedimiento</p> <p>Clasificación de zonas</p> <p>Zonas controladas y supervisadas</p> <p>Políticas y procedimientos</p> <p>Reglas y supervisión locales; justificación de prácticas e intervenciones, cumplimiento de los límites de dosis; mantenimiento de registros y presentación de informes</p> <p>Optimización de la protección radiológica</p> <p>Obligación de optimización; proceso de optimización; niveles de investigación; restricciones de dosis; empleo de técnicas de ayuda a la toma de decisiones</p> <p>Garantía de calidad</p> <p>Evaluación habitual de la gestión y del comportamiento técnico; auditorías y examen; retroinformación con fines de mejora</p> <p>Capacitación</p> <p>Capacitación inicial de principiantes; procedimientos específicos de trabajo en condiciones de seguridad; actualización de conocimientos; capacidad de comunicación</p>	
VII.3. Vigilancia radiológica individual y de los lugares de trabajo	<p>Vigilancia radiológica</p> <p>Objetivos de la vigilancia radiológica</p> <p>Vigilancia radiológica individual de la exposición externa e interna</p> <p>Vigilancia radiológica de los lugares de trabajo; selección de la instrumentación y los métodos</p> <p>Interpretación de los resultados; mantenimiento de registros</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 6, 7, 8, 13, 26, 27]</p>
VII.4. Vigilancia de la salud	<p>Vigilancia de la salud</p> <p>Objetivos; responsabilidades; examen médico de los trabajadores; contenido de la capacitación de los médicos; servicios de orientación; control de trabajadores con sobreexposiciones</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 6, 9, 28, 30]</p>

Módulo	Contenido	Referencias
VII.5. Exposiciones potenciales	<p>Exposiciones potenciales</p> <p>Evaluación de la seguridad de estructuras, sistemas, componentes y procedimientos relacionados con la protección y la seguridad, incluidas las modificaciones de dichos elementos</p> <p>Documentación de las evaluaciones de la seguridad</p> <p>Prevención, mitigación y gestión de accidentes, previsiones de diseño y garantía de calidad para el control de las exposiciones potenciales; investigación de los accidentes, incidentes y exposiciones anormales y seguimiento con adopción de medidas correctoras</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 3, 15, 29, 33, 35]</p>
VII.6. Protección contra la exposición ocupacional en radiografía industrial	<p>Radiografía industrial</p> <p>Visión panorámica de la radiografía industrial; tipos de dispositivos causantes de exposición (fuentes de radiografía gamma y sus contenedores; equipo de radiografía con rayos X; equipo reptante para tuberías; aparatos de radiografía en tiempo real); responsabilidades organizativas; requisitos específicos de reglamentación; requisitos básicos de seguridad (diseño y uso de recipientes blindados; procedimientos de radiografía en el emplazamiento; almacenamiento y transporte de las fuentes; seguridad en relación con el mantenimiento del equipo); programa de protección radiológica: protección de los trabajadores; protección del público; preparación y respuesta para casos de emergencia; enseñanzas derivadas de exposiciones accidentales en radiografía industrial</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[10, 11, 18, 25, 34]</p>
VII.7. Protección contra la exposición ocupacional en los irradiadores y aceleradores de uso industrial	<p>Irradiadores y aceleradores de uso industrial</p> <p>Visión panorámica de los irradiadores y aceleradores de uso industrial; responsabilidades organizativas; requisitos básicos de seguridad; requisitos específicos de reglamentación; seguridad relacionada con el equipo; mantenimiento; programa de protección radiológica; protección de los trabajadores; preparación y respuesta para casos de emergencia; enseñanzas derivadas de exposiciones accidentales en irradiadores y aceleradores de uso industrial</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[18, 22, 23, 34, 37, 38, 39]</p>
VII.8. Protección contra la exposición ocupacional en el empleo de medidores nucleares	<p>Medidores nucleónicos</p> <p>Visión panorámica de los dispositivos de medición; responsabilidades organizativas; requisitos básicos de seguridad; seguridad en relación con el equipo; programa de protección radiológica; protección de los trabajadores</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[18, 24]</p>

Módulo	Contenido	Referencias
VII.9. Protección contra la exposición ocupacional en el empleo de trazadores	Radiotrazadores Visión panorámica de las aplicaciones de trazadores; responsabilidades organizativas; requisitos básicos de seguridad; programa de protección radiológica. Control de los efluentes; protección de los trabajadores	Apuntes de conferencias [18]
VII.10. Protección contra la exposición ocupacional en dispositivos de diagrafía de pozos	Diagrafía de pozos Visión panorámica de los dispositivos de diagrafía de pozos; responsabilidades organizativas; requisitos básicos de seguridad; programa de protección radiológica; protección de los trabajadores	Apuntes de conferencias [18]
VII.11. Protección contra la exposición ocupacional en las plantas de producción de radioisótopos	Plantas de producción de radioisótopos Visión panorámica de las plantas de producción de radioisótopos; responsabilidades organizativas; requisitos básicos de seguridad. Seguridad relacionada con la planta; requisitos específicos de reglamentación; programa de protección radiológica. Control de los efluentes; protección de los trabajadores	Apuntes de conferencias [18]
VII.12. Protección contra la exposición ocupacional en radiología de diagnóstico	Radiología de diagnóstico Visión panorámica de la radiología de diagnóstico; clasificación del equipo: radiología general y especializada, requisitos básicos de seguridad; seguridad relacionada con el equipo (normas de la CEI); blindaje; programa de protección radiológica; protección de los trabajadores	Apuntes de conferencias [18, 31, 36]
VII.13. Protección contra la exposición ocupacional en medicina nuclear	Medicina nuclear Visión panorámica de la medicina nuclear. Radionucleidos utilizados en medicina nuclear; requisitos básicos de seguridad; seguridad en las aplicaciones con fines diagnósticos (in vivo e in vitro); seguridad en las aplicaciones terapéuticas; programa de protección radiológica; protección de los trabajadores	Apuntes de conferencias [18, 21, 31, 36]
VII.14. Protección contra la exposición ocupacional en radioterapia	Radioterapia Visión panorámica de la radioterapia. Fuentes de radiación y equipo utilizados en braquiterapia y teleterapia; requisitos básicos de seguridad; requisitos de seguridad aplicables a las fuentes de radiación y al equipo de radioterapia (CEI e ISO); programa de protección radiológica, protección de los trabajadores	Apuntes de conferencias [12, 18, 19, 20, 31, 34, 36]
VII.15. Protección contra la exposición ocupacional en	Instalaciones nucleares Tipos de instalaciones: planta de fabricación de combustible nuclear, reactor nuclear (inclusive	Apuntes de conferencias

Módulo	Contenido	Referencias
ocupacional en instalaciones nucleares	conjuntos críticos y subcríticos, reactor de investigación, central nuclear), instalación de almacenamiento de combustible gastado, planta de enriquecimiento, instalación de reprocesamiento; requisitos básicos de seguridad; características de seguridad y principios de diseño (redundancia, diversidad, separación física, concepto de las barreras múltiples); programa de protección radiológica; protección de los trabajadores	
VII.16. Protección contra la exposición ocupacional en minería y tratamiento de materias primas	Minería y tratamiento de materias primas Requisitos básicos de seguridad; ventilación; exclusión y exención; programa de protección radiológica; protección de los trabajadores	Apuntes de conferencias [1, 9]

REFERENCIAS DE LA PARTE VII

- [1] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1997).
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Principios para la gestión de desechos radiactivos, Colección Seguridad N° 111-F, OIEA, Viena (1996).
- [3] GRUPO INTERNACIONAL ASESOR EN SEGURIDAD NUCLEAR, Cultura de la Seguridad, Colección Seguridad N° 75-INSAG-4, IAEA, Viena (1991).
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Emergency Planning and Preparedness for Accidents Involving Radioactive Materials Used in Medicine, Industry, Research and Teaching, Colección Seguridad N° 91, OIEA, Viena (1989).
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Recommendations for the Safe Use and Regulation of Radiation Sources in Industry, Medicine, Research and Teaching, Colección Seguridad N° 102, OIEA, Viena (1990).
- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Protección radiológica ocupacional, Colección de Normas de Seguridad N° RS-G-1.1, OIEA, Viena (1999).
- [7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Evaluación de la exposición ocupacional debida a incorporaciones de radionucleidos, Colección de Normas de Seguridad N° RS-G-1.2, OIEA, Viena (1999).
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Evaluación de la exposición ocupacional debida a fuentes externas de radiación, Colección de Normas de Seguridad N° RS-G-1.3, OIEA, Viena (1999).
- [9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries, Colección Informes de Seguridad N° 2, OIEA, Viena (1998).
- [10] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Lessons Learned from Accidents in Industrial Radiography, Colección Informes de Seguridad N° 7, OIEA, Viena (1998).

- [11] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Radiation Protection and Safety in Industrial Radiography, Colección Informes de Seguridad N° 13, OIEA, Viena (1999).
- [12] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy, Colección Informes de Seguridad N° 17, OIEA, Viena (2000).
- [13] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Indirect Methods for Assessing Intakes of Radionuclides Causing Occupational Exposure, Colección Informes de Seguridad N° 18, OIEA, Viena (2000).
- [14] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Training in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources, Colección Informes de Seguridad N° 20, OIEA, Viena (2001).
- [15] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, La exposición potencial en seguridad nuclear, INSAG-9, OIEA, Viena (1997).
- [16] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Minimization and Segregation of Radioactive Wastes, IAEA-TECDOC-652, OIEA, Viena (1992).
- [17] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Communications on Nuclear, Radiation, Transport and Waste Safety: A Practical Handbook, IAEA-TECDOC-1076, Viena (1999).
- [18] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Safe Use of Radiation Sources, Colección Cursos de Capacitación N° 6, OIEA, Viena (1995).
- [19] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Manual sobre braquiterapia, Manual práctico de seguridad radiológica, PRSM-5 (Rev.1), OIEA, Viena (1997).
- [20] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Manual sobre teleterapia de alta energía, Manual práctico de seguridad radiológica, PRSM-4 (Rev.1), OIEA, Viena (1997).
- [21] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Manual sobre los usos terapéuticos del yodo-131, Manual práctico de seguridad radiológica, PRSM-6 (Rev.1), OIEA, Viena (1997).
- [22] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Manual sobre irradiadores gamma con blindaje intrínseco (categorías I y III), Manual práctico de seguridad radiológica, PRSM-7 (Rev.1), OIEA, Viena (1997).
- [23] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Manual sobre irradiadores gamma panorámicos (categorías II y IV), Manual práctico de seguridad radiológica, PRSM-8 (Rev.1), OIEA, Viena (1997).
- [24] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Medidores nucleares, Manual práctico de seguridad radiológica, PRSM-3 (Rev.1), OIEA, Viena (1997).
- [25] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Manual sobre radiografía gamma, Manual práctico de seguridad radiológica, PRSM-1 (Rev.1), OIEA, Viena (1997).
- [26] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Workplace Monitoring for Radiation and Contamination, Practical Radiation Technical Manual, PRTM-1, OIEA, Viena (1995).
- [27] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Personal Monitoring, Practical Radiation Technical Manual PRTM-2, OIEA, Viena (1995).
- [28] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Health Effects and Medical Surveillance, Practical Radiation Technical Manual, PRTM-3, OIEA, Viena (1998).
- [29] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication No. 60, Ann. ICRP 21 1-3, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1991).
- [30] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Health Surveillance of Persons Occupationally Exposed to Ionizing Radiation: Guidance for Occupational Physicians, Colección Informes de Seguridad, N° 5, OIEA, Viena (1998).
- [31] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Radiological Protection and Safety in Medicine, Publication No. 73, Ann. ICRP 26 2, Elsevier Science Ltd, Oxford (1996).

- [32] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, General Principles for Radiation Protection of Workers, Publication No. 75, Ann. ICRP 27 1, Elsevier Science Ltd, Oxford (1997).
- [33] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Protection from Potential Exposures: Application to Selected Radiation Sources, Publication No. 76, Ann. ICRP 27 2, Elsevier Science Ltd, Oxford (1997).
- [34] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Manual sobre recintos blindados, Manual práctico de seguridad radiológica, PRSM-2 (Rev.1), OIEA, Viena (1997).
- [35] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Enseñanzas deducidas de accidentes ocurridos en instalaciones de irradiación industrial, OIEA, Viena (1997).
- [36] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Manual on Radiation Protection in Hospitals and General Practice, Vols 2–4, OMS, Ginebra (1977).
- [37] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, El accidente radiológico de San Salvador, OIEA, Viena (1991).
- [38] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, An Electron Accelerator Accident in Hanoi, Viet Nam, OIEA, Viena (1996).
- [39] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Accident at the Irradiation Facility in Nesvizh, OIEA, Viena (1996).

EJERCICIOS PRÁCTICOS DE LA PARTE VII

Núm.	Ejercicio práctico	Tipo
VII-1.	Visita a una instalación de radiografía industrial	Visita técnica
VII-2.	Visita a un irradiador o acelerador de uso industrial o con fines de investigación	Visita técnica
VII-3.	Visita al departamento de medicina nuclear de un hospital	Visita técnica
VII-4.	Preparación de un organigrama y elementos principales de un programa de protección radiológica en un hospital (radioterapia, radiología de diagnóstico o medicina nuclear) y en una instalación industrial (radiografía industrial o irradiador)	Estudio de casos
VII-5.	Cálculo del blindaje de una instalación de rayos X	Ejercicio
VII-6.	Aplicación del principio del ‘valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse’ (ALARA) en exposición ocupacional	Estudio de casos
VII-7.	Pruebas de hermeticidad de fuentes selladas	Ejercicio de laboratorio
VII-8.	Uso de equipo protector personal	Demostración práctica
VII-9.	Selección de un dosímetro personal e instrumentos de vigilancia radiológica	Demostración práctica
VII-10.	Preparación de un laboratorio para el trabajo temporal con fuentes no selladas	Simulación
VII-11.	Vigilancia radiológica de la radiación externa en un lugar de trabajo; selección de la instrumentación; interpretación de los resultados	Simulación

Núm.	Ejercicio práctico	Tipo
VII-12.	Vigilancia radiológica de la contaminación de superficies y del aire en un lugar de trabajo; mediciones alfa y beta globales y espectrometría gamma	Simulación
VII-13.	Descontaminación de superficies	Ejercicio de laboratorio
VII-14.	Determinación de la dosis individual debida a la contaminación del aire	Estudio de casos
VII-15.	Gestión de registros de dosis personales, medidas de reducción de dosis, vigilancia radiológica especial, medidas de seguimiento	Estudio de casos
VII-16.	Comparación de las dosis al personal previstas en función de los resultados de la vigilancia radiológica de lugares de trabajo con los resultados de la vigilancia radiológica individual en campos de radiación mixtos	Estudio de casos

**PARTE VIII: EXPOSICIONES MÉDICAS EN RADIOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO,
RADIOTERAPIA Y MEDICINA NUCLEAR**

Requisito previo: Conclusión satisfactoria de las Partes I–VI.

Objetivo: Adquisición de capacidad para aplicar los principios de protección radiológica a las exposiciones médicas. Comprensión de los conceptos empleados para calcular las dosis a los pacientes y aplicar procedimientos de garantía de calidad.

Módulo	Contenido	Referencias
VIII.1. Alcance y responsabilidades	<p>Principios generales</p> <p>Fines del diagnóstico y el tratamiento; inscripción en registro de profesionales; titulares licenciados; función del facultativo médico; función del experto cualificado en física médica</p> <p>Capacitación</p> <p>Trabajadores que requieren capacitación; contenido de los programas de capacitación; actualización de los programas; capacitación para actualizar los conocimientos</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 2, 4, 7, 8]</p>
VIII.2. Justificación de las exposiciones médicas	<p>Justificación de las exposiciones médicas</p> <p>Determinación de técnicas alternativas; evaluación del detrimento radiológico; criterios para la justificación de la exposición (diferencia entre las prácticas de diagnóstico y las de tratamiento)</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 8]</p>
VIII.3. Optimización de la protección en las exposiciones médicas	<p>Consideraciones sobre el diseño del equipo</p> <p>Seguridad radiológica; requisitos internacionales (normas (CEI, ISO) aplicables a los generadores de radiación y las fuentes radiactivas)</p> <p>Características técnicas básicas; examen y mantenimiento periódicos; factores que influyen en la dosis al paciente</p> <p>Determinación de la dosis al paciente</p> <p>Factores de corrección específicos para la determinación de la dosis absorbida en agua en el caso de haces de fotones o electrones; determinación de la dosis en medicina nuclear, radiología de diagnóstico y radioterapia: determinación por evaluación; determinación por medición; determinación por medición; comparación con los niveles de referencia</p> <p>Consideraciones operacionales</p> <p>Optimización de la distribución de la dosis en el tratamiento (planificación del tratamiento físico); minimización de la exposición de los pacientes (diferencias entre las prácticas de diagnóstico y las de tratamiento);</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 5, 6, 7, 8]</p>

Módulo	Contenido	Referencias
	<p>comparación entre equipo móvil y fijo; exposición de mujeres en edad de procrear; utilización de blindaje de órganos</p> <p>Niveles orientativos para el paciente</p> <p>Niveles orientativos para el paciente especificados por organismos profesionales basándose en encuestas pertinentes (en diagnóstico y radioterapia); restricciones de dosis (personas expuestas con fines de investigación médica) y personas que cuidan del bienestar de los pacientes; comité de examen ético para experimentos; actividad en los pacientes al término de un tratamiento en medicina nuclear</p>	
VIII.4. Garantía de calidad	<p>Programas completos específicos de garantía de calidad</p> <p>Pruebas antes del uso; control periódico (parámetros físicos y clínicos); auditoría y examen de calidad periódicos.</p> <p>Calibración de las fuentes y el equipo</p> <p>Trazabilidad hasta un laboratorio secundario de calibración dosimétrica (LSCD); magnitudes empleadas para la calibración; criterios aplicados para la calibración de diferente tipos de equipo (equipo de radioterapia, fuentes selladas y no selladas); normas</p> <p>Registros</p> <p>Determinación de la información que es preciso registrar en relación con el tipo de exposición médica</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 7]</p>
VIII.5. Exposiciones accidentales en las aplicaciones médicas	<p>Exposiciones médicas accidentales</p> <p>Detección e investigación de las exposiciones médicas accidentales; informe a la autoridad reguladora; enseñanzas de la experiencia y retroinformación a efectos operacionales</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 3]</p>

REFERENCIAS DE LA PARTE VIII

- [1] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1997).

- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Building Competence in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources, Colección Normas de Seguridad N° RS.G-1.4, OIEA, Viena (2001).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy, Colección Informes de Seguridad N° 17, OIEA, Viena (2000).
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Training in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources, Colección Informes de Seguridad N° 20, OIEA, Viena (2001).
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Determinación de la dosis absorbida en haces de fotones y electrones: Código de Práctica Internacional, 2da edición, Colección Informes Técnicos N° 277, OIEA, Viena (1998).
- [6] COMISIÓN INTERNACIONAL DE UNIDADES Y MEDIDAS RADIOLÓGICAS, Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry, Report No. 51, ICRU, Bethesda, MD (1993).
- [7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Design and Implementation of a Radiotherapy Programme: Clinical, Medical Physics, Radiation Protection and Safety Aspects, IAEA-TECDOC-1040, Viena (1998).
- [8] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Radiological Protection and Safety in Medicine, Publication No. 73, Ann ICRP 26 2, Elsevier Science Ltd, Oxford (1996).

EJERCICIOS PRÁCTICOS DE LA PARTE VIII

Núm.	Ejercicio práctico	Tipo
VIII-1.	Determinación de las dosis a los pacientes	Estudio de casos
VIII-2.	Optimización de las dosis a los pacientes en radiología de diagnóstico	Estudio de casos
VIII-3.	Optimización de las dosis a los pacientes en medicina nuclear y radioterapia	Estudio de casos
VIII-4.	Medición de la dosis absorbida en el cuerpo en el caso de una exposición unidireccional a cobalto-60 utilizando un maniquí y detectores dosimétricos por termoluminiscencia	Ejercicios de laboratorio
VIII-5.	Visita a un hospital: departamentos de radiología, radioterapia, medicina nuclear: demostración práctica de procedimientos y especificación de la información que es preciso registrar	Visita técnica
VIII-6.	Análisis de accidentes en el campo de la exposición médica	Estudio de casos

PARTE IX: EXPOSICIÓN DEL PÚBLICO DEBIDA A LAS PRÁCTICAS

Requisito previo: Conclusión satisfactoria de las Partes I–VII.

Objetivo: Conocimiento de las diversas vías por las que el público pudiera quedar expuesto a la radiación como resultado de prácticas, así como de los métodos de determinación de las dosis.

Módulo	Contenido	Referencias
IX.1. Fuentes de exposición del público	<p>Fuentes de exposición naturales (reseña)</p> <p>Fuentes terrestres (potasio-40, uranio, torio, radón); exposición a la radiación cósmica y la radiación cosmogénica; variación geográfica</p> <p>Fuentes de exposición artificiales (reseña)</p> <p>Precipitaciones radiactivas originadas por los ensayos de bombas atómicas; vertidos de efluentes; transporte; productos de consumo; etc.</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[13]</p>
IX.2. Responsabilidades y organización	<p>Responsabilidades</p> <p>Responsabilidades de los titulares licenciados y los titulares registrados; autoridades reguladoras; reglamentos; inspección; vigilancia radiológica; presentación de informes; registros apropiados; planificación para casos de emergencia; comunicación con el público; protección física y empleo de las fuentes en condiciones de seguridad; registro e inventario físico periódico de las fuentes; control y disposición final de las fuentes gastadas; control de los visitantes</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[2]</p>
IX.3. Transporte seguro de materiales radiactivos	<p>Transporte seguro</p> <p>Terminología en el ámbito reglamentario; conceptos básicos de seguridad: materiales y bultos; límites de actividad y restricciones relativas a los materiales; límites aplicables a los bultos, contenidos típicos; requisitos relativos a los materiales, requisitos relativos a los bultos y su diseño; procedimientos de ensayo de los materiales y bultos; controles y comunicaciones; etiquetas, índice de transporte; material fisionable; responsabilidades del remitente y del transportista; planificación y preparación para casos de emergencia; autoridades competentes nacionales; organizaciones y acuerdos modelo internacionales; responsabilidad y seguros a nivel internacional; servicios de información que presta el OIEA; capacitación</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[3, 4]</p>

Módulo	Contenido	Referencias
IX.4. Seguridad en la gestión de desechos radiactivos	Gestión de desechos radiactivos	Apuntes de conferencias [5, 6]
	Fuentes de desechos radiactivos, tipos de desechos, clasificación de desechos, caracterización de desechos	
	Principios de gestión de desechos radiactivos, opciones técnicas básicas de gestión: dilución y dispersión, concentración y contención, almacenamiento para que decaiga la radiactividad y se dispensen las medidas de control	[2, 5, 7]
	Minimización de los desechos	[8]
	Gestión de desechos previa a la disposición final: acopio, segregación, tratamiento, acondicionamiento, almacenamiento en condiciones de seguridad	[5, 9, 10, 11]
	Control de los efluentes: criterios de control reglamentario, establecimiento de niveles de vertido autorizados	[2, 12]
	Gestión de fuentes selladas en desuso: opciones técnicas y aspectos de seguridad	[13, 14, 15]
	Gestión de los desechos resultantes de la clausura	[9, 16]
	Disposición final de desechos sólidos: opciones de disposición final para diferentes tipos de desechos, principios de seguridad y tecnologías para velar por la seguridad a largo plazo, métodos de evaluación de la seguridad	[7, 17, 18]
	Gestión de desechos resultantes de la minería y tratamiento del uranio y del torio	[19]
Gestión de desechos de materiales radiactivos presentes en la naturaleza		
Limpieza de zonas contaminadas	[20, 21]	
IX.5. Evaluación de la dosis ambiental	Evaluación ambiental	[22]
	Dispersión ambiental y rutas de transferencia (atmosférica, terrestre, acuática), vías de exposición de los seres humanos, grupos críticos, modelos de evaluación, evaluación de la dosis individual y colectiva, dosis efectiva comprometida por unidad de incorporación en función de la edad	

Módulo	Contenido	Referencias
IX.6. Vigilancia radiológica de las fuentes y el medio ambiente	<p>Vigilancia radiológica ambiental</p> <p>Vigilancia radiológica en la fuente: radiación externa y efluentes líquidos y gaseosos, verificación del cumplimiento de los límites de vertido</p> <p>Vigilancia radiológica ambiental: atmósfera, masas de agua, alimentos, otros indicadores ambientales, verificación del cumplimiento de los niveles de referencia ambientales derivados, técnicas de encuesta</p> <p>Aplicación a diferentes fuentes: centrales nucleares, instalaciones de desechos, incluidos los repositorios, actividades de minería y tratamiento, colas residuales, tierra contaminada</p>	[2, 23]
IX.7. Productos de consumo	<p>Productos de consumo</p> <p>Definición; justificación; optimización (incluidos ensayos de tipos); responsabilidades del fabricante y el suministrador; autorización previa; orientación a los usuarios; etiquetado</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[2]</p>

REFERENCIAS DE LA PARTE IX

- [1] COMITÉ CIENTÍFICO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LAS RADIACIONES ATÓMICAS (UNSCEAR), Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2000, Report to the General Assembly with Scientific Annexes, Volume 1: Sources, Naciones Unidas, Nueva York (2000).
- [2] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1997).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos, Colección de Normas de Seguridad N° TS-R-1 (edición de 1996 (Revised)), OIEA, Viena (2000).
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Safe Transport of Radioactive Materials (3rd edition), Colección Cursos de Capacitación N° 1, OIEA, Viena (1999).
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Radioactive Waste Management, An IAEA Source Book, OIEA, Viena (1992).
- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Classification of Radioactive Waste, Colección Seguridad No. 111-G-1.1, OIEA, Viena (1994).
- [7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Principios para la gestión de desechos radiactivos, Colección Seguridad N° 111-F, OIEA, Viena (1996).
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Minimization and Segregation of Radioactive Wastes, IAEA-TECDOC-652, OIEA, Viena (1992).
- [9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Predisposal Management of Radioactive Waste, Including Decommissioning, Colección Normas de Seguridad N° WS-R-2, OIEA, Viena (2000).

- [10] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Management of Radioactive Waste from Nuclear Applications, Colección Cursos de Capacitación N° 8, OIEA, Viena (1997).
- [11] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Management of Small Quantities of Radioactive Waste, IAEA-TECDOC-1041, OIEA, Viena (1998).
- [12] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Regulatory Control of Discharges to the Environment, Colección Normas de Seguridad N° WS-G-2.3, OIEA, Viena (2000).
- [13] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Safe Use of Radiation Sources, Colección Cursos de Capacitación N° 6, OIEA, Viena (1995).
- [14] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Métodos para la identificación y localización de fuentes radiactivas gastadas, IAEA-TECDOC-804, Viena (1995).
- [15] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Handling, Conditioning and Storage of Spent Sealed Radioactive Sources, IAEA-TECDOC-1145, OIEA, Viena, (2000).
- [16] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Decommissioning of Medical, Industrial and Research Facilities, Colección Normas de Seguridad N° WS-G-2.2, OIEA, Viena, (1999).
- [17] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Near Surface Disposal of Radioactive Waste, Colección Normas de Seguridad N° WS-R-1, OIEA, Viena (1999).
- [18] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Safety Assessment for Near Surface Disposal of Radioactive Waste, Colección Normas de Seguridad N° WS-G-1.1, OIEA, Viena (1999).
- [19] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Safe Management of Wastes from the Mining and Milling of Uranium and Thorium Ores, Colección Normas de Seguridad N° 85, OIEA, Viena (1987).
- [20] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Protection of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure, ICRP Publication 82, Oxford (2000).
- [21] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Restoration of Environments with Radioactive Residues (Proc. Int. Symp. Arlington, Estados Unidos, 1999), OIEA, Viena (2000).
- [22] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, Colección Informes de Seguridad N° 19, OIEA, Viena (2001).
- [23] COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Principles of Monitoring for the Radiation Protection of the Population, ICRP Publication 43, Ann. ICRP **15** 1, Oxford (1985).

EJERCICIOS PRÁCTICOS DE LA PARTE IX

Núm.	Ejercicio práctico	Tipo
IX-1.	Procedimientos de transporte de materiales: caracterización de materiales y selección del tipo óptimo de bulto	Estudio de casos
IX-2.	Embalaje de radioisótopos para el transporte	Ejercicio de laboratorio
IX-3.	Preparación de los documentos de expedición para el transporte por carretera y por vía aérea	Ejercicio de laboratorio
IX-4.	Acopio y segregación de desechos: vigilancia radiológica, acondicionamiento preliminar y etiquetado	Ejercicio de laboratorio
IX-5.	Visita a una instalación de tratamiento de desechos y a una instalación de gestión de desechos	Visita técnica
IX-6.	Enumeración de los componentes de un programa de vigilancia radiológica ambiental de una instalación determinada	Estudio de casos
IX-7.	Preparación y mediciones de muestras del medio ambiente: de aire, suelo, agua y alimentos.	Ejercicio de laboratorio
IX-8.	Interpretación de los resultados de un programa de vigilancia radiológica ambiental	Estudio de casos

PARTE X: INTERVENCIÓN EN SITUACIONES DE EXPOSICIÓN CRÓNICA Y DE EXPOSICIÓN DE EMERGENCIA

Requisito previo: Conclusión satisfactoria de las Partes I–VII y de la Parte IX.

Objetivo: Conocimiento de las causas y consecuencias de situaciones de exposición crónica y de los accidentes radiológicos y nucleares, así como de los planteamientos para mitigar sus consecuencias.

Módulo	Contenido	Referencias
X.1. Principios generales y tipos de sucesos	<p>Principios de intervención</p> <p>Situaciones de exposición crónica: tipos - radón, contaminación residual, etc.; planes de acción reparadora; niveles de actuación</p> <p>Accidentes nucleares y radiológicos: accidente de reactor nuclear; accidente relacionado con fuentes de radiación, accidente fuera del país con efectos transfronterizos; satélites con alimentación eléctrica nuclear y reentrada; historial de accidentes pasados; enseñanzas deducidas</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 4, 5, 13, 19–29]</p>
X.2. Conceptos básicos relativos a la respuesta en caso de emergencia	<p>Respuesta en caso de emergencia</p> <p>Conceptos y objetivos de la respuesta de emergencia; principios de intervención, inclusive niveles de intervención; acciones protectoras y niveles de intervención operacionales; estrategias de respuesta a emergencias; organización genérica de la respuesta</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 2,17]</p>
X.3. Conceptos básicos relativos a la preparación para responder a accidentes nucleares o emergencias radiológicas	<p>Preparación para casos de emergencia</p> <p>Conceptos y objetivos de la preparación para casos de emergencia; categorías de planificación para emergencias; zonas y espacios de planificación; niveles y responsabilidades de planificación; elementos de la planificación para la preparación frente a emergencias; conceptos integrados de planificación; equipo y dispositivos de protección personal; capacitación; ejercicios</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[2, 3, 6, 8, 18]</p>
X.4. Creación de capacidad nacional para responder a accidentes nucleares o emergencias radiológicas	<p>Aplicación de planes de respuesta a emergencias</p> <p>Enfoque gradual para el establecimiento y aplicación de planes y procedimientos de respuesta a emergencias; determinación y asignación de las tareas esenciales; concepto de las operaciones; plan nacional de respuesta a emergencias</p> <p>Listas de verificación de la preparación para emergencias; consideraciones relativas a accidentes radiológicos y nucleares: elementos infraestructurales; elementos funcionales</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[8, 9]</p>

Módulo	Contenido	Referencias
X.5. Visión panorámica de la evaluación y respuesta en caso de emergencia radiológica	<p>Evaluación de la emergencia radiológica</p> <p>Escenarios de accidente; organización genérica de la respuesta en caso de emergencia radiológica; gestión de la emergencia; la respuesta en marcha: coordinación de las organizaciones involucradas; respuesta inicial; respuesta radiológica: recuperación de la fuente, descontaminación, eliminación de los desechos radiactivos; visión panorámica de la evaluación de dosis: externas e internas; enseñanzas derivadas del accidente de Goiânia</p>	Apuntes de conferencias [7, 11, 19, 20, 21, 22, 23, 25]
X.6. Visión panorámica de la evaluación y respuesta en caso de emergencia en un reactor nuclear	<p>Evaluación de la emergencia nuclear</p> <p>Sucesos que conducen a una emisión radiactiva procedente del núcleo; emisiones procedentes del núcleo y al medio ambiente; vías de exposición; acciones protectoras; revisión de los niveles de intervención operacionales; enseñanzas derivadas de accidentes en reactores (Three Mile Island, Chernóbil)</p>	Apuntes de conferencias [9]
X.7. Vigilancia de la radiactividad en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica	<p>Visión panorámica de la vigilancia radiológica en caso de emergencia</p> <p>Objetivos; organización genérica y estrategia de la vigilancia; accidentes de escasa y gran magnitud; cualificación del personal; instrumentación; método básico de reconocimiento durante una emergencia; garantía de calidad</p> <p>Vigilancia de la radiación y contaminación sobre el terreno</p> <p>Objetivos; métodos y técnicas básicos (reconocimiento de la nube radiactiva; reconocimiento de la deposición sobre el terreno; dosimetría ambiental; vigilancia radiológica de la fuente; reconocimiento de la contaminación de superficies; reconocimiento aéreo); muestreo sobre el terreno: objetivos; métodos y técnicas (muestreo del aire, el suelo, la leche, los alimentos, los pastos, los sedimentos) técnicas de medición; espectrometría gamma (en laboratorio e in situ); mediciones totales alfa y beta; análisis radioquímico</p> <p>Protección radiológica de los equipos de vigilancia radiológica</p> <p>Objetivos; guías de protección personal; vigilancia radiológica personal; técnicas simples de descontaminación</p>	Apuntes de conferencias [12, 15]

Módulo	Contenido	Referencias
	Evaluación de los datos básicos	
	Métodos; evaluación de los datos de vigilancia radiológica sobre el terreno; evaluación de los datos sobre concentración de radionucleidos; levantamiento de mapas; vinculación con los niveles de intervención operacionales	
X.8. Control médico de radiolesiones	Control médico Responsabilidades y control de la intervención médica; clasificación de las víctimas; diagnóstico y tratamiento; capacitación de los encargados del control médico de las víctimas (personal médico o paramédico); efectos psicológicos	Apuntes de conferencias [1, 10, 14]
X.9. Comunicación con el público	Comunicación Comunicación con el público y otras partes, entre ellas las autoridades reguladoras de los países vecinos; objetivos de la comunicación con el público; persona portavoz; preparación de un mensaje; métodos y medios de comunicación; calendario de comunicaciones; recursos; capacitación sobre comunicaciones	Apuntes de conferencias [16]
X.10. Cooperación internacional	Cooperación internacional Convenciones de seguridad y su aplicación Red de Respuesta a Emergencias del OIEA (ERNET)	Apuntes de conferencias

REFERENCIAS DE LA PARTE X

- [1] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1997).
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Emergency Planning and Preparedness for Accidents Involving Radioactive Materials Used in Medicine, Industry, Research and Teaching, Colección Seguridad N° 91, OIEA, Viena (1989).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Building Competence in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources, Colección Normas de Seguridad N° RS.G-1.4, OIEA, Viena (2001).
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries, Colección Informes de Seguridad N° 2, OIEA, Viena (1998).
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Lessons Learned from Accidents in Industrial Radiography, Colección Informes de Seguridad N° 7, OIEA, Viena (1998).

- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy, Colección Informes de Seguridad N° 17, OIEA, Viena (2000).
- [7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Training in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources, Colección Informes de Seguridad N° 20, OIEA, Viena (2001).
- [8] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Métodos para la identificación y localización de fuentes radiactivas gastadas, IAEA-TECDOC-804, OIEA, Viena (1995).
- [9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Método para el desarrollo de la preparación de la respuesta a emergencias nucleares o radiológicas, IAEA-TECDOC-953, OIEA, Viena (1997).
- [10] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Generic Procedures for Determining Protective Actions during a Reactor Accident, IAEA-TECDOC-955, OIEA, Viena (1997).
- [11] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Health Effects and Medical Surveillance, Practical Radiation Technical Manual, PRTM-3, OIEA, Viena (1998).
- [12] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Generic Procedures for Assessment and Response during a Radiological Emergency, IAEA-TECDOC-1162, OIEA, Viena (2000).
- [13] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Rapid Monitoring of Large Groups of Internally Contaminated People Following a Radiation Accident, IAEA-TECDOC-746, OIEA, Viena (1994).
- [14] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Planning the Medical Response to Radiological Accidents, Colección Informes de Seguridad N° 4, OIEA, Viena (1998).
- [15] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Assessment and Treatment of External and Internal Radionuclide Contamination, IAEA-TECDOC-869, OIEA, Viena (1996).
- [16] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Generic Procedures for Monitoring in a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA-TECDOC-1092, OIEA, Viena (1999).
- [17] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Criterios de intervención en caso de emergencia nuclear o radiológica, Colección Seguridad N°109, OIEA, Viena (1996).
- [18] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Plan modelo nacional de respuesta de emergencia para accidentes radiológicos, IAEA-TECDOC-718, OIEA, Viena (1993).
- [19] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, El accidente radiológico de Goiânia, OIEA, Viena (1988).
- [20] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, El accidente radiológico de San Salvador, OIEA, Viena (1991).
- [21] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, An Electron Accelerator Accident in Hanoi, Viet Nam, OIEA, Viena (1996).
- [22] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Accident at the Irradiation Facility in Nesvizh, OIEA, Viena (1996).
- [23] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Accident in Tammiku, OIEA, Viena (1998).
- [24] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Dosimetric and Medical Aspects of the Radiological Accident in Goiânia in 1987, IAEA-TECDOC-1009, Viena (1998).
- [25] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Sobreexposición accidental de pacientes de radioterapia en San José (Costa Rica), OIEA, Viena (2000).
- [26] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Situation at the Atolls of Mururoa and Fangataufa, OIEA, Viena (1998).
- [27] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Accident in the Reprocessing Plant at Tomsk, OIEA, Viena (1998).

- [28] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Accident in Soreq, OIEA, Viena (1993).
- [29] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Lessons Learned from Accidents in Industrial Radiography, Colección Informes de Seguridad N° 7, OIEA, Viena (1998).

EJERCICIOS PRÁCTICOS DE LA PARTE X

Núm.	Ejercicio práctico	Tipo
X-1.	Medición del radón en viviendas y comparación con el nivel de actuación	Ejercicio de laboratorio
X-2.	Respuesta a un accidente hipotético: pérdida de una fuente de radiografía gamma	Estudio de casos
X-3.	Respuesta a un accidente hipotético: emisión al medio ambiente de una cantidad considerable de material radiactivo	Estudio de casos
X-4.	Estimación de las dosis individuales resultantes de una sobreexposición accidental	Estudio de casos
X-5.	Búsqueda de una fuente perdida	Simulación
X-6.	Respuesta a un accidente hipotético de transporte que afecte a material radiactivo	Simulación
X-7.	Comunicación con el público y los medios de información tras un accidente hipotético; conferencia de prensa	Simulación

PARTE XI: CAPACITACIÓN DE INSTRUCTORES

Requisito previo: Para los talleres: Conclusión satisfactoria de las Partes I–X.

Objetivo: Adquisición de capacidad para organizar y realizar cursos de capacitación nacionales. Desarrollo de aptitudes didácticas.

Módulo	Contenido	Referencias
XI.1. Necesidades de capacitación.	<p>Consideraciones generales sobre las personas a capacitar y los tipos de capacitación</p> <p>Conocimientos, competencia y procesos de cualificación</p> <p>Características de las personas a capacitar: expertos cualificados; oficiales de protección radiológica; operadores cualificados; profesionales de la salud; facultativos médicos; trabajadores, con inclusión del personal encargado de la aplicación de la radiación y de quienes sólo tengan una participación secundaria en el trabajo; personal de las autoridades reguladoras; personal de respuesta a emergencias; instructores</p> <p>Capacitación en clase, capacitación a distancia, capacitación en el trabajo, actualización de la capacitación; enseñanza en las escuelas; programa de sensibilización del público a la radiación</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[1, 2]</p>
XI.2. La función del conferenciante	<p>La función del conferenciante</p> <p>Organización de sesiones de estudio estructuradas para lograr objetivos</p> <p>Diferencias entre los objetivos de estudio y el contenido del curso; definición de objetivos de estudio adecuados a la formación de los participantes; desarrollo gradual del ritmo de estudio; elección de un método de enseñanza; optimización del tiempo de estudio para conseguir los objetivos</p> <p>Cómo enseñar estimulando la participación del grupo</p> <p>Creación de un clima positivo; motivación de los participantes; fomento de las deliberaciones en grupo: no hablar ni actuar uno mismo, estimular a los participantes para que analicen y den solución a los problemas; resolver las dificultades con los participantes; concepción del material didáctico; aumentar su valor con ayuda de medios visuales; evaluación permanente de los conocimientos adquiridos</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[3]</p>

Módulo	Contenido	Referencias
XI.3. Organización de un curso de capacitación	<p>Diseño del curso</p> <p>Fines y objetivos, plan resumido, planes de conferencias, programa del curso, apuntes de conferencias.</p> <p>Selección de los conferenciantes/instructores</p> <p>Organización del curso</p> <p>Administración del curso, instalaciones y equipo, selección de los participantes, métodos pedagógicos, preparación de demostraciones prácticas, ejercicios prácticos y estudios de casos, visitas de campo, preparación de los exámenes</p> <p>Evaluación del curso</p> <p>Resultados de los exámenes, retroinformación proveniente de los participantes y los conferenciantes, resultados de la evaluación, auditorías independientes del curso</p>	<p>Apuntes de conferencias</p> <p>[3]</p>

REFERENCIAS DE LA PARTE XI

- [1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1997).
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Building Competence in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources, Colección Normas de Seguridad, RS-G-1.4, OIEA, Viena (2001).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Training in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources, Colección Informes de Seguridad N° 20, OIEA, Viena (2001).

EJERCICIOS PRÁCTICOS DE LA PARTE XI

Núm.	Ejercicio práctico	Tipo
XI-1.	Preparación de plan resumido y programa de un curso de capacitación sobre protección radiológica y seguridad de los usuarios	Estudio de casos
XI-2.	Temas de disertación y deliberación que se sugieren a los participantes: <ul style="list-style-type: none">– Protección radiológica ocupacional en una aplicación determinada de la radiación ionizante– Evaluación de la seguridad a efectos de concesión de licencia para una instalación determinada– Preparación de una inspección de una instalación determinada– Aplicación médica de fuentes de radiación ionizante y aspectos de seguridad conexos– Limitaciones y empleo de la instrumentación de protección radiológica– Radiactividad natural y exposición del público a la radiación– Planificación teórica para responder a una emergencia radiológica en una instalación determinada	Disertaciones y talleres

BIBLIOGRAFÍA

ATTIX, F.H., Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, Wiley, Nueva York (1986).

CEMBER, H., Introduction to Health Physics, 3rd Edition, McGraw-Hill, Nueva York (2000).

FIRESTONE, R.B., BAGLIN, C.M., FRANK-CHU, S.Y. (Eds), Table of Isotopes (8th Edition, 1999 update), Wiley, Nueva York (1999).

KNOLL, G.T., Radiation Detection and Measurement, 3rd Edition, Wiley, Nueva York (2000).

COMISIÓN INTERNACIONAL DE UNIDADES Y MEDIDAS RADIOLÓGICAS (CIUMR)

COMISIÓN INTERNACIONAL DE UNIDADES Y MEDIDAS RADIOLÓGICAS, Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry, Report No. 51, ICRU, Bethesda, MD (1993).

COMISIÓN INTERNACIONAL DE UNIDADES Y MEDIDAS RADIOLÓGICAS, Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation, Report No. 60, ICRU, Bethesda, MD (1998).

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA (CIPR)

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication No. 60, Ann. ICRP **21** 1–3, Pergamon Press, Oxford y Nueva York (1991).

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection, Publication No. 66, Ann. ICRP **24** 1–3, Elsevier Science Ltd, Oxford (1994).

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers (Revision of ICRP Publication No. 61), Publication No. 68, Ann. ICRP **24** 4, Elsevier Science Ltd, Oxford (1994).

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Age Dependent Doses to Members of the Public from Intakes of Radionuclides: Part 5: Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients, Publication No. 72, Ann. ICRP **26** 1, Elsevier Science Ltd, Oxford (1996).

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Radiological Protection and Safety in Medicine, Publication No. 73, Ann. ICRP **26** 2, Elsevier Science Ltd, Oxford (1996).

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, General Principles for Radiation Protection of Workers, Publication No. 75, Ann. ICRP **27** 1, Elsevier Science Ltd, Oxford (1997).

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Protection from Potential Exposures: Application to Selected Radiation Sources, Publication No. 76, Ann. ICRP **27** 2, Elsevier Science Ltd, Oxford (1997).

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers (Revision of ICRP Publication No. 54) Publication No. 78, Ann. ICRP **27** 3–4, Elsevier Science Ltd, Oxford (1997).

GRUPO INTERNACIONAL ASESOR EN SEGURIDAD NUCLEAR (INSAG)

GRUPO INTERNACIONAL ASESOR EN SEGURIDAD NUCLEAR, Cultura de la Seguridad, Colección Seguridad N° 75-INSAG-4, OIEA, Viena (1991).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, La exposición potencial en seguridad nuclear, INSAG-9, OIEA, Viena (1997).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (OIEA)

Colección Seguridad

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Emergency Planning and Preparedness for Accidents Involving Radioactive Materials Used in Medicine, Industry, Research and Teaching, Colección Seguridad N° 91, OIEA, Viena (1989).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Recommendations for the Safe Use and Regulation of Radiation Sources in Industry, Medicine, Research and Teaching, Colección Seguridad N° 102, OIEA, Viena (1990).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Principios para la gestión de desechos radiactivos, Colección Seguridad N° 111-F, OIEA, Viena (1996).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Direct Methods for Measuring Radionuclides in the Human Body, Colección Seguridad N° 114, OIEA, Viena (1996).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1997).

Colección de Normas de Seguridad

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Legal and Governmental Infrastructure for Nuclear, Radiation, Radioactive Waste and Transport Safety, Colección Normas de Seguridad N° GS-R-1, OIEA, Viena (2000).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Protección radiológica ocupacional, Colección de Normas de Seguridad N° RS-G-1.1, OIEA, Viena (1999).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Assessment of Occupational Exposure due to Intakes of Radionuclides, Colección Normas de Seguridad N° RS-G-1.2, OIEA, Viena (1999).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, Assessment of Occupational Exposure due to External Sources of Radiation, Colección Normas de Seguridad N° RS-G-1.3, OIEA, Viena (1999).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Building Competence in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources, Colección Normas de Seguridad, RS-G-1.4, OIEA, Viena (2001).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos, Colección de Normas de Seguridad Núm. TS-R-1 (edición de 1996 (Revised)), OIEA, Viena (2000).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Near Surface Disposal of Radioactive Waste, Colección Normas de Seguridad N° WS-R-1, OIEA, Viena (1999).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Predisposal Management of Radioactive Waste, Including Decommissioning, Colección Normas de Seguridad N° WS-R-2, Requirements, OIEA, Viena (2000).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment, Colección Normas de Seguridad N° WS-G-2.3, OIEA, Viena (2000).

Colección de Informes de Seguridad

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Examples of Safety Culture Practices, Colección Informes de Seguridad N° 1, OIEA, Viena (1997).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries, Colección Informes de Seguridad N° 2, OIEA, Viena (1998).

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

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Health Surveillance of Persons Occupationally Exposed to Ionizing Radiation: Guidance for Occupational Physicians, Colección Informes de Seguridad N° 5, OIEA, Viena (1998).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Lessons Learned from Accidents in Industrial Radiography, Colección Informes de Seguridad N° 7, OIEA, Viena (1998).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Radiation Protection and Safety in Industrial Radiography, Colección Informes de Seguridad N° 13, OIEA, Viena (1999).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Assessment of Doses to the Public from Ingested Radionuclides, Colección Informes de Seguridad N° 14, OIEA, Viena (1999).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments, Colección Informes de Seguridad N° 16, OIEA, Viena (2000).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy, Colección Informes de Seguridad N° 17, OIEA, Viena (2000).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Indirect Methods for Assessing Intakes of Radionuclides Causing Occupational Exposure, Colección Informes de Seguridad N° 18, OIEA, Viena (2000).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Training in Radiation Protection and the Safe Use of Radiation Sources, Colección Informes de Seguridad N° 20, OIEA, Viena (2001).

Colección de Informes Técnicos

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Determinación de la dosis absorbida en haces de fotones y electrones: Código de Práctica Internacional, 2^{da} edición, Colección Informes Técnicos N° 277, OIEA, Viena (1998).

Informes sobre accidentes

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, El accidente radiológico de Goiânia, OIEA, Viena (1988).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, El accidente radiológico de San Salvador, OIEA, Viena (1991).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Accident in Soreq, OIEA, Viena (1993).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, An Electron Accelerator Accident in Hanoi, Viet Nam, OIEA, Viena (1996).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Enseñanzas deducidas de accidentes ocurridos en instalaciones de irradiación industrial, OIEA, Viena (1997).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Accident at the Irradiation Facility in Nesvizh, OIEA, Viena (1996).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Sobreexposición accidental de pacientes de radioterapia en San José (Costa Rica), OIEA, Viena (2000).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Accident in Tammiku, OIEA, Viena (1998).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Radiological Accident in the Reprocessing Plant at Tomsk, OIEA, Viena (1998).

Manuales prácticos de seguridad radiológica

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Manual sobre gammagrafía industrial, Manual práctico de seguridad radiológica, PRSM-1 (Rev.1), OIEA, Viena (1997).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Manual sobre recintos blindados, Manual práctico de seguridad radiológica, PRSM-2 (Rev.1), OIEA, Viena (1997).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Medidores nucleares, Manual práctico de seguridad radiológica, PRSM-3 (Rev.1), OIEA, Viena (1997).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Manual sobre teleterapia de alta energía, Manual práctico de seguridad radiológica, PRSM-4 (Rev.1), OIEA, Viena (1997).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Manual sobre braquiterapia, Manual práctico de seguridad radiológica, PRSM-5 (Rev.1), OIEA, Viena (1997).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Manual sobre los usos terapéuticos del yodo 131, Manual práctico de seguridad radiológica, PRSM-6 (Rev.1), OIEA, Viena (1997).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Manual sobre irradiadores gamma con blindaje intrínseco (categorías I y III), Manual práctico de seguridad radiológica, PRSM-7 (Rev.1), OIEA, Viena (1997).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Manual sobre irradiadores gamma panorámicos (categorías I y IV), Manual práctico de seguridad radiológica, PRSM-8 (Rev.1), OIEA, Viena (1997).

Practical Radiation Technical Manuals

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Workplace Monitoring for Radiation and Contamination, Practical Radiation Technical Manual, PRTM-1, OIEA, Viena (1995).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Personal Monitoring, Practical Radiation Technical Manual, PRTM-2, OIEA, Viena (1995).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Health Effects and Medical Surveillance, Practical Radiation Technical Manual, PRTM-3, OIEA, Viena (1998).

Colección IAEA-TECDOC

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Minimization and Segregation of Radioactive Wastes, IAEA-TECDOC-652, OIEA, Viena (1992).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Plan modelo nacional de respuesta de emergencia para accidentes radiológicos, IAEA-TECDOC-718, OIEA, Viena (1993).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Rapid Monitoring of Large Groups of Internally Contaminated People Following a Radiation Accident, IAEA-TECDOC-746, OIEA, Viena (1994).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Métodos para la identificación y localización de fuentes radiactivas gastadas, IAEA-TECDOC-804, OIEA, Viena (1995).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Assessment and Treatment of External and Internal Radionuclide Contamination, IAEA-TECDOC-869, OIEA, Viena (1996).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Método para el desarrollo de la preparación de la respuesta a emergencias nucleares o radiológicas, IAEA-TECDOC-953, OIEA, Viena (1997).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Generic Procedures for Determining Protective Actions during a Reactor Accident, IAEA-TECDOC-955, OIEA, Viena (1997).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Dosimetric and Medical Aspects of the Radiological Accident in Goiânia in 1987, IAEA-TECDOC-1009, OIEA, Viena (1998).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Design and Implementation of a Radiotherapy Programme: Clinical, Medical Physics, Radiation Protection and Safety Aspects, IAEA-TECDOC-1040, OIEA, Viena (1998).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Organization and Implementation of a National Regulatory Infrastructure Governing Protection Against Ionizing Radiation and the Safety of Radiation Sources, IAEA-TECDOC-1067, OIEA, Viena (1999).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Communications on Nuclear, Radiation, Transport and Waste Safety: A Practical Handbook, IAEA-TECDOC-1076, OIEA, Viena (1999).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Generic Procedures for Monitoring in a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA-TECDOC-1092, OIEA, Viena (1999).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Safety Assessment Plans for Authorization and Inspection of Radiation Sources, IAEA-TECDOC-1113, OIEA, Viena (1999).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Assessment by Peer Review of the Effectiveness of a Regulatory Programme for Radiation Safety, IAEA TECDOC-1217, OIEA, Viena (2001).

Colección cursos de capacitación

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Safe Transport of Radioactive Materials (3rd edition), Colección Cursos de Capacitación N° 1, OIEA, Viena (1999).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, The Safe Use of Radiation Sources, Colección Cursos de Capacitación N° 6, OIEA, Viena (1995).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Management of Radioactive Waste from Nuclear Applications, Colección Cursos de Capacitación N° 8, OIEA, Viena (1997).

COMITÉ CIENTÍFICO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LAS RADIACIONES ATÓMICAS (UNSCEAR)

COMITÉ CIENTÍFICO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LAS RADIACIONES ATÓMICAS (UNSCEAR), Sources and Effects of Ionizing Radiation (Informe a la Asamblea General, 1994), Naciones Unidas, Nueva York (1994).

COMITÉ CIENTÍFICO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LAS RADIACIONES ATÓMICAS (UNSCEAR), Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2000, Report to the General Assembly with Scientific Annexes, Volume 1: Sources, Naciones Unidas, Nueva York (2000).

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS)

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Manual on Radiation Protection in Hospitals and General Practice, Vols 2–4, OMS, Ginebra (1977).

COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y REVISIÓN

Cruz Suárez, R.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Cullingwood, I.	National Radiological Protection Board (Reino Unido)
Gustafsson, M.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Hamoleila, M.	Comisión de Energía Atómica (República Árabe Siria)
Iskef, H.	Comisión de Energía Atómica (República Árabe Siria)
Lirsac, P.-N.	Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (Francia)
Massera, G.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Mrabit, K.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Nogueira de Oliveira, C.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Oliveira, A.	Autoridad Regulatoria Nuclear (Argentina)
Ortiz López, P.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Sadagopan, G.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Schmitt-Hannig, A.	Bundesamt für Strahlenschutz (Alemania)
Sharma, D.N.	Centro de Investigaciones Atómicas Bhabha (India)
Sohrabi, M.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Turai, I.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Wieland, P.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Wrixon, A.	Organismo Internacional de Energía Atómica

Reunión de Consultores

Viena (Austria): 19 a 23 de abril de 1999