NORMA VENEZOLANA
MONITORIZACIÓN RADIOLÓGICA. PARTE 1: MONITORIZACIÓN INDIVIDUAL DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL. REQUISITOS

COVENIN 2258-1:2026 (2da. Revisión)

1. OBJETO

Esta norma establece los requisitos para la monitorización radiológica individual del Trabajador Ocupacionalmente Expuesto (TOE) en situaciones de exposición planificada, de emergencia y en casos especiales.

2. ALCANCE

Esta norma se aplica a todas las exigencias de carácter técnico y administrativo requeridas para la monitorización radiológica individual de las dosis ocupacionales, en ocasión o por el hecho del trabajo, debido: a) exposición a radiación externa, b) exposición a radiación interna por incorporación de material radiactivo y c) contaminación de la piel.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones generales utilizadas para la elaboración de la norma o que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta norma; las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos con base en ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones más recientes de las normas citadas seguidamente:

ISO 7503-1:2016	Measurement of radioactivity- Measurement and evaluation of Surface contamination. Part 1: General principles.
Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). 1989.	Technical Reports Series No. 295. Measurement of Radionuclides in Food and The Environment A Guidebook.
Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). 2004.	Evaluación de la exposición ocupacional debida a incorporaciones de radionucleidos. Guía de seguridad Nº. RS-G-1.2.
Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). 2009.	Clasificación de fuentes radiactivas. Guía de seguridad N° RS-G-1.9.
Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). 2016.	Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: normas básicas internacionales de seguridad. Requisitos generales de seguridad Parte 3. Nº GSR Part 3.
Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). 2021.	IAEA-TECDOC-1974. Application of a Graded Approach in Regulating The Safety of Radiation Sources.
Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR). 1997.	Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers. Publication 78.
Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR). 2015.	Occupational Intakes Radionuclides: Part. 1 Publication 130.

PROYECTO DE NORMA

Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR). 2017.	Occupational Intake of Radionuclides. Part. 3 Publication 137.
Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR). 2018.	Occupational Radiological Protection in Interventional Procedures. Publication 139.
COVENIN 2256:2023	Protección radiológica. Términos y definiciones. (2da. Revisión).
COVENIN 2259:2023	Radiaciones ionizantes. Límites anuales de dosis. Requisitos. (2da. Revisión).
COVENIN 3299:1997	Programa de protección radiológica. Requisitos.
Herman Cember, Thomas E. Johnson. 2009.	Introduction to Health Physics. 4 ed.
Red de Optimización de Protección Radiológica Ocupacional en Latinoamérica y el Caribe (REPROLAM). 2021.	Guías para el Control in situ de la Exposición Interna al I-131].

4. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

A los fines de este documento, se aplican los siguientes símbolos y abreviaturas:

4.1. *A*

Actividad.

4.2. AMD

Actividad Mínima Detectable.

4.3. Bq

Becquerel.

4.4. *CA*

Concentración en aire.

4.5. CBCT

Cone Beam Computed Tomography (Tomografía Computarizada de Haz Cónico).

4.6. CMD

Count Median Diameter (Diámetro de la Mediana del Contaje).

4.7. CPM

Cuentas por Minuto.

PROYECTO DE NORMA

4.8. CPS

Cuentas por Segundo.

4.9. CT

Computed Tomography (Tomografía computarizada).

4.10. *DAMA*

Diámetro Aerodinámico de la Mediana de la Actividad.

4.11. d_{ae}

Diámetro Aerodinámico.

4.12. DDR

Dispositivo de Dispersión Radiológica.

4.13. *DMTA*

Diámetro Medio Termodinámico por Actividad.

4.14. D_T

Dosis absorbida media en un tejido u órgano.

4.15. DXA

Dual energy X-ray Absorptiometry (Densitometría Ósea).

4.16. *E*

Dosis efectiva.

4.17. *E*(50)

Dosis efectiva comprometida.

4.18. FWHM

Full Width at Half Maximum (Ancho a la Mitad del Pico).

4.19. HDR

High Dose Rate (Alta Tasa de Dosis).

4.20. $H_P(3)$

Dosis equivalente personal a una profundidad de 3 mm.

PROYECTO DE NORMA

4.21. $H_P(10)$

Dosis equivalente personal para radiación penetrante a 10 mm.

4.22. $H_P(0,07)$

Dosis equivalente personal para radiación poco penetrante a 0,07 mm.

4.23. HPGe

High Purity Germanium (Germanio de Alta Pureza).

4.24. *$\dot{H}^*(10)$*

Tasa de dosis equivalente ambiental.

4.25. H_T

Dosis equivalente.

4.26. $H_T(50)$

Dosis equivalente comprometida.

4.27. *I*

Actividad incorporada.

4.28. IAEA

International Atomic Energy Agency (Organismo Internacional de Energía Atómica).

4.29. ICRP

International Commission on Radiological Protection (Comisión Internacional de Protección Radiológica).

4.30. LDR

Low Dose Rate (Baja Tasa de Dosis).

4.31. LLD

Lower Limit of Detection (Límite más bajo de detección).

4.32. LOPCYMAT

Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo.

PROYECTO DE NORMA

4.33. NaI(Tl)

Yoduro de sodio (dopado con talio).

4.34. *NA*

Nivel de Acción.

4.35. NID_j

Nivel de Investigación Derivado.

4.36. *NI*

Nivel de Investigación.

4.37. *NR*

Nivel de Registro.

4.38. *NRD*

Nivel de Registro Derivado.

4.39. OIEA

Ver 4.28.

4.40. OPG

Orthopantomogram (Ortopantomografía o Radiografía Panorámica Dental).

4.41. OSR

Oficial de Seguridad Radiológica.

4.42. PMMA

Polimetilmetacrilato.

4.43. PPR

Programa de Protección Radiológica.

4.44. S

Dosis efectiva colectiva

4.45. SSST

Servicio de Seguridad y Salud en el Trabajo.

PROYECTO DE NORMA

4.46. Sv

Sievert.

4.47. *T*b

Vida media biológica.

4.48. *T*e

Vida media efectiva.

4.49. TOE

Trabajador Ocupacionalmente Expuesto.

4.50. ε

La eficiencia del sistema de detección.

5. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

A los fines de este documento, se aplican los términos y las definiciones indicadas en la COVENIN 2256, así como los siguientes:

5.1. Casos especiales

Situaciones donde el TOE requiere consideraciones adicionales para la monitorización individual a la exposición de la radiación ionizante, debido a circunstancias particulares que aumentan el riesgo o la complejidad de las condiciones de exposición en los ambientes de trabajo, con la finalidad de obtener una evaluación más completa de la dosis recibida.

5.2. Diámetro Aerodinámico (d_{ae})

Diámetro de una esfera de densidad unitaria (1 g/cm^3) o (1000 kg/m^3) que tiene la misma velocidad terminal de sedimentación en el aire que la partícula que se está estudiando, sin importar su forma irregular o densidad real.

5.3. Diámetro Aerodinámico de la Mediana de la Actividad (*DAMA*)

Valor del diámetro aerodinámico, tal que, el 50 % de la actividad en un aerosol especificado está asociada a partículas de mayor tamaño que el *DAMA*. Se emplea cuando la deposición depende principalmente del impacto inercial y de la sedimentación, típicamente cuando el *DAMA* es mayor que aproximadamente 0.5 µm.

5.4. Diámetro de la Mediana del Contaje (CMD)

Corresponde al 50 % del número de partículas, medidas en la muestra obtenida, que tienen un diámetro mayor que el CMD.

PROYECTO DE NORMA

5.5. Diámetro Medio Termodinámico por Actividad (*DMTA*)

Equivale al 50 % de la actividad de un aerosol asociados con partículas de un diámetro aerodinámico (*dae*) mayor que el *DMTA*. Utilizado cuando la deposición depende principalmente de la difusión, típicamente cuando el *DAMA* es menor de 0,3 μm.

5.6. Dosímetro de control o testigo

Dosímetro personal tipo pasivo destinado a establecer un valor de referencia de la dosis de fondo natural a la que estuvieron expuestos los dosímetros personales durante un período específico y que permite al prestador de servicio de dosimetría corregir las lecturas obtenidas en los dosímetros personales a causa de la exposición ocupacional.

5.7. Factor de transferencia f_A en el tracto gastrointestinal

Parámetro que da cuenta de la fracción total de absorción en sangre de un radionucleido en el modelo biocinético del tracto gastrointestinal. Se asume, en el modelo biocinético del tracto gastrointestinal en el intestino delgado.

5.8. Monitorización confirmatoria

Tipo de monitorización que tiene como objetivo verificar que el TOE no recibirá una dosis efectiva comprometida $E(50)$ que supere el valor de 1 mSv en un año. Con la monitorización confirmatoria se verifica que las condiciones de seguridad radiológica en el ambiente de trabajo se conservan y se confirma que no se requiere implantar un plan de monitorización de la radiación interna; puede ejecutarse con una frecuencia anual.

5.9. Monitorización tipo triaje

Tipo de monitorización que tiene como objetivo verificar si hubo o no incorporación de material radiactivo, empleando la instrumentación disponible en el laboratorio o servicio donde se empleen fuentes abiertas. No se emplea para evaluar la $E(50)$ o la $H_T(50)$.

5.10. Nivel de Acción (*NA*)

Valor de $H_P(10)$, $H_P(3)$ o $H_P(0,07)$ debido a exposición a radiación externa o $E(50)$ o $H_T(50)$ por exposición interna, que obliga al empleador o titular autorizado a introducir acciones correctivas a fin de mejorar las condiciones de seguridad radiológica en el ambiente de trabajo.

5.11. Nivel de exposición

Magnitud y probabilidad de estar sometido a radiaciones ionizantes. Este nivel considera tanto las exposiciones que ocurren bajo condiciones de operaciones normales, como las exposiciones potenciales que podrían surgir de sucesos operacionales previstos o accidentes.

5.12. Riesgo relativo general

Clasificación o jerarquización del riesgo radiológico asociado con instalaciones de radiaciones ionizantes y actividades para orientar el nivel apropiado de control regulatorio a aplicar para cada tipo de instalación y actividad autorizada. Se determina mediante una evaluación de la seguridad que combina tres criterios principales: el nivel de exposición, factores específicos de la fuente de radiación (fuentes selladas y no

PROYECTO DE NORMA

selladas, así como los generadores de radiación), y factores propios de la instalación y la actividad (diseño, competencia, desempeño humano, historial operativo).

5.13. Tipo de absorción

Clasificación que se aplica a los vapores y gases, de acuerdo a su solubilidad y reactividad en el tracto respiratorio (ver anexo A).

5.14. Vida media biológica (*T*b)

Tiempo que toma a un sistema biológico eliminar, por procesos naturales diferentes del decaimiento radiactivo, el 50 % de la cantidad de radionucleido que ha entrado en un tejido o en todo el cuerpo.

5.15. Vida media efectiva (*T*e)

Tiempo requerido para que la cantidad de un radionucleido específico depositado en el cuerpo humano, se reduzca en un 50 %, como resultado de la acción combinada de la vida media radiactiva (T_r) y la vida media biológica (T_b). La vida media efectiva (T_e) vendrá dada por:

$$T_e = \frac{T_b \times T_r}{T_b + T_r}$$

donde:
T_e es la vida media efectiva en unidades de tiempo.
T_b es la vida media biológica en unidades de tiempo.
T_r es la vida media radiactiva en unidades de tiempo.

EJEMPLO:
Según lo especificado en el ICRP publicación 78 el modelo biocinético para el yodo, la tiroides tiene una vida media biológica de 80 días. Se quiere calcular la vida media efectiva de esta glándula para el isótopo de ^{131}I (yodo-131) con una vida media física de 8,04 días.

$$T_e = \frac{T_b \times T_r}{T_b + T_r} = \frac{80 \times 8{,}04}{80 + 8{,}04} = 7{,}3\ d$$

6. REQUISITOS

6.1. Generalidades

6.1.1. Los dosímetros personales tipo pasivos para el TOE, deben ir acompañado de un dosímetro de control o testigo.

6.1.2. La monitorización del TOE y trabajadores que responden a la emergencia radiológica comprende:

6.1.2.1. La monitorización de las dosis individuales, por exposición externa mediante el uso de dosímetros activos personales y dosímetros personales tipo pasivos.

6.1.2.2. La monitorización de las dosis individuales, por exposición interna mediante la medición directa *in vivo* o indirecta *in vitro* de la Actividad (*A*) incorporada en el organismo de un determinado radionucleido(s) en unidades de becquerel (Bq).

PROYECTO DE NORMA

6.1.2.3. La medición indirecta *in vitro* de la Actividad (*A*) se realizará mediante las técnicas de bioensayo, ensayos *in vitro* en muestras biológicas, o en muestras de aire inspirado.

6.1.2.4. La medición directa *in vivo* de la actividad (*A*) se realizará colocando el detector en el área de interés anatómico.

6.1.2.5. La monitorización de la contaminación cutánea, midiendo la Actividad (*A*) por unidad de área en los términos de Bq cm^2, a los fines de determinar la dosis equivalente (H_T) en piel.

6.1.3. Las magnitudes operacionales a ser utilizadas en la monitorización de la exposición a la radiación externa del TOE son:

6.1.3.1. La dosis equivalente personal $H_P(10)$ para radiación penetrante.

6.1.3.2. La dosis equivalente personal $H_P(0,07)$ para radiación poco penetrante, promediada sobre un área de 1 cm^2, con el objeto de estimar la dosis equivalente en pequeñas áreas de la piel.

6.1.3.3. La dosis equivalente $H_P(3)$ a una profundidad de 3 mm para la monitorización de las dosis recibidas en el cristalino.

6.1.4. Las magnitudes operacionales $H_P(10)$, $H_P(3)$ y $H_P(0,07)$ se interpretarán en los términos de las magnitudes de protección radiológica dosis efectiva (*E*), dosis equivalente (H_T) en cristalino y dosis equivalente (H_T) en piel y extremidades, respectivamente.

6.1.5. Las magnitudes de protección radiológica a ser utilizadas en la monitorización de la exposición a la radiación interna debido a incorporación de material radiactivo del TOE son:

6.1.5.1. La dosis equivalente comprometida $H_T(50)$ en el tejido u órgano T, integrada en los próximos 50 años, a partir del momento de la incorporación.

6.1.5.2. La dosis efectiva comprometida $E(50)$ integrada en los próximos 50 años, a partir del momento de la incorporación.

6.1.6. Las dosis ocupacionales anuales, correspondientes a las magnitudes operacionales $H_p(10)$, $H_p(3)$ y $H_p(0,07)$, así como la $E(50)$ y $H_T(50)$ del TOE, se contabilizarán retrospectivamente, según los últimos doce (12) meses continuos de desempeño del trabajador, a los fines de verificar los límites de dosis como se especifica en la COVENIN 2259.

6.1.7. El empleador o titular autorizado, debe implantar un sistema de gestión de las dosis ocupacionales de los trabajadores declarados como TOE, a través del servicio de medicina ocupacional adscrito al SSST bien sea propio o mancomunado contratado por el empleador o titular autorizado tipo 1 o tipo 2.

6.1.8. El servicio de dosimetría personal tipo pasivo contratado para evaluar las dosis ocupacionales, sólo podrá ser suministrado por empresas o instituciones debidamente autorizadas por la autoridad competente en materia de energía atómica.

6.1.9. El dosímetro personal tipo activo debe estar calibrado por empresas o instituciones debidamente autorizadas por la autoridad competente en materia de energía atómica.

6.1.10. El nivel de exposición del TOE se establecerá con base en la evaluación de la seguridad y en las dosis individuales en 12 meses continuos, según tres (03) niveles (ver tabla 1):

PROYECTO DE NORMA

a) Nivel bajo: cuando la dosis efectiva (E) sea menor o igual a 1 mSv (E ≤ l mSv) en 12 meses continuos.

b) Nivel moderado: cuando la dosis efectiva (E) sea superior a 1 mSv pero menor o igual a 6 mSv ($1\ mSv\ < E\ 6\ mSv$) en 12 meses continuos.

c) Nivel alto: cuando la dosis efectiva (E) sea superior a 6 mSv (E > 6 mSv) o la dosis equivalente (H_T) sea mayor o igual a 3/10 del límite anual de dosis para el cristalino, la piel y las extremidades ($H_T \geq 3/10$ del límite anual) en 12 meses continuos.

TABLA 1. Nivel de exposición en un enfoque graduado

Persona expuesta (tipo de exposición)	**Nivel de exposición según enfoque graduado**		
	Nivel alto	**Nivel moderado**	**Nivel bajo**
Trabajador Ocupacionalmente Expuesto (TOE)	E > 6 mSv en 12 meses dosis equivalente en un órgano $H_T \geq 3/10$ del límite anual de dosis efectiva	1 mSv < E ≤ 6 mSv en 12 meses	$E \leq 1$ mSv en 12 meses
Miembros del público	E > 0,3 mSv en 12 meses	0,1 mSv < E < 0,3 mSv en 12 meses	$E \leq 0,1$ mSv en 12 meses

[FUENTE: Elaboración propia del Subcomité Técnico de Normalización SC4 Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación, adscrito al CT6 Higiene, Seguridad y Protección a partir del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Application of Graded Approach in Regulating the Safety of Radiation Sources. Pág. 36].

6.1.11. La monitorización radiológica individual tendrá carácter obligatorio para el TOE en el nivel de exposición moderado o alto.

6.1.12. La monitorización radiológica individual del TOE tendrá carácter obligatorio, para una actividad o práctica en nivel de exposición bajo y con un riesgo relativo general moderado de acuerdo a la tabla 2 o tabla 3.

6.1.13. Respecto a la actividad o práctica en nivel de exposición bajo y con riesgo relativo general bajo, de acuerdo a la tabla 2 o tabla 3, el titular autorizado debe verificar el uso de monitorización radiológica individual del TOE con base en la evaluación de la seguridad y conforme al criterio de la autoridad competente en materia de energía atómica.

NOTA. En caso que no se requiera la monitorización radiológica individual se debe usar la monitorización radiológica de puestos de trabajo.

PROYECTO DE NORMA

TABLA 2. Clasificación relativa de riesgos asociados con instalaciones y actividades médicas

Instalación y actividades	Nivel de exposición	Factor específico a la fuente de radiación	Factor específico a la instalación y actividad	Riesgo relativo general
Radiografía dental (Intraoral)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Radiografía Panorámica Dental (OPG)	Bajo	Bajo/moderado	Bajo	Bajo
Densitometría Ósea (DXA)	Bajo	Bajo/moderado	Bajo	Bajo
Mamografía	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Radiografía móvil o portátil	Bajo	Moderado	Moderado	Moderado
Radiografía veterinaria	Bajo	Moderado	Moderado	Moderado
Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT)	Bajo	Moderado	Moderado	Moderado
Radiografía general	Bajo	Moderado	Moderado	Moderado
Fluoroscopia (diagnóstico)	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Tomografía computarizada (CT)	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Radiología intervencionista	Alto	Moderado	Alto	Alto
Radioterapia (aceleradores)	Moderado/alto	Alto	Alto	Alto
Radioterapia (Co-60)	Alto	Alto	Alto	Alto
Gamma knife	Moderado/alto	Alto	Alto	Alto
Terapia con protones e iones	Alto	Alto	Alto	Alto
Ciclotrón - producción de radioisótopos	Alto	Alto	Alto	Alto
Braquiterapia de alta tasa de dosis (HDR)	Alto	Alto	Alto	Alto
Braquiterapia de baja tasa de dosis (LDR)	Moderado	Moderado	Alto	Moderado
Terapia con rayos X superficial	Alto	Moderado	Alto	Alto
Medicina nuclear - terapia	Moderado/alto	Moderado	Alto	Alto
Medicina nuclear - diagnóstico	Moderado	Moderado	Alto	Moderado/alto
Radioinmunoanálisis	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

[FUENTE: Elaboración propia del Subcomité Técnico de Normalización SC4 Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación, adscrito al CT6 Higiene, Seguridad y Protección a partir del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Application of Graded Approach in Regulating the Safety of Radiation Sources. Tabla 4].

PROYECTO DE NORMA

TABLA 3. Clasificación relativa de riesgos asociados con instalaciones y actividades industriales

Instalación y actividades	Nivel de exposición	Factor específico a la fuente de radiación	Factor específico a la instalación y actividad	Riesgo relativo general
Fluorescencia usando rayos X	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Fluorescencia con fuentes radiactivas	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Sistemas de seguridad de rayos X	Bajo	Moderado	Bajo	Bajo
Contenedor con aceleradores (inspección aduanera)	Bajo	Alto	Moderado	Moderado
Radiografía industrial gamma	Alto	Alto	Alto	Alto
Radiografía industrial (rayos X)	Alto	Moderado	Moderado	Alto
Irradiadores con fuente	Moderado	Alto	Alto	Alto
Irradiadores con rayos X (sangre)	Bajo	Moderado	Moderado	Moderado
Fluorescencia usando rayos X	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Fluorescencia con fuentes radiactivas	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Sistemas de seguridad de rayos X	Bajo	Moderado	Bajo	Bajo
Contenedor con aceleradores (inspección aduanera)	Bajo	Alto	Moderado	Moderado
Radiografía industrial gamma	Alto	Alto	Alto	Alto
Radiografía industrial (rayos X)	Alto	Moderado	Moderado	Alto
Irradiadores con fuente	Moderado	Alto	Alto	Alto
Irradiadores con rayos X (sangre)	Bajo	Moderado	Moderado	Moderado
Calibración con fuentes	Moderado	Alto / Moderado	Moderado	Moderado / Alto

PROYECTO DE NORMA

TABLA 3. Clasificación relativa de riesgos asociados con instalaciones y actividades industriales (Continuación)

Instalación y actividades	Nivel de exposición	Factor específico a la fuente de radiación	Factor específico a la instalación y actividad	Riesgo relativo general
Calibración con rayos X	Bajo	Moderado	Moderado	Moderado
Medidores industriales fijos categoría 3	Bajo	Alto	Bajo	Moderado
Medidores industriales fijos categoría 4	Bajo	Moderado	Bajo	Bajo / Moderado
Medición industrial móvil	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Pararrayos radiactivos	Bajo	Bajo / Moderado	Bajo	Bajo
Dispositivos de registro de pozos	Bajo	Alto	Moderado	Moderado
Dispositivos de captura de electrones	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Fuentes de verificación de calibración	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

[FUENTE: Elaboración propia del Subcomité Técnico de Normalización SC4 Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación, adscrito al CT6 Higiene, Seguridad y Protección a partir del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Application of Graded Approach in Regulating the Safety of Radiation Sources. Tabla 4].

6.1.14. El empleador o titular autorizado de la entidad de trabajo, debe asegurar la elaboración y puesta en práctica del plan para la monitorización radiológica individual de los TOE tomando en consideración el nivel de exposición y el nivel de riesgo relativo, estableciendo el Nivel de Investigación (*NI*) y Nivel de Acción (*NA*) como se específica en la COVENIN 3299 y reglamentación técnica en materia de seguridad y salud en el trabajo.

6.1.15. El plan para la monitorización radiológica individual del TOE, debe formar parte de la estructura del Programa de Seguridad y Salud en el Trabajo, específicamente en el plan de trabajo del Programa de Protección Radiológica (PPR).

6.1.16. Es un derecho del trabajador declarado como TOE, exigir al empleador o titular autorizado, la monitorización radiológica individual, siempre y cuando, el primero se encuentre en un nivel de exposición calificado como moderado o alto y de conformidad a la reglamentación técnica en materia de seguridad y salud en el trabajo.

NOTA. En el caso de nivel de exposición calificado como bajo dependerá que la evaluación de la seguridad estime un nivel de riesgo relativo general moderado o alto.

PROYECTO DE NORMA

6.2. Monitorización radiológica individual de la exposición a radiación externa

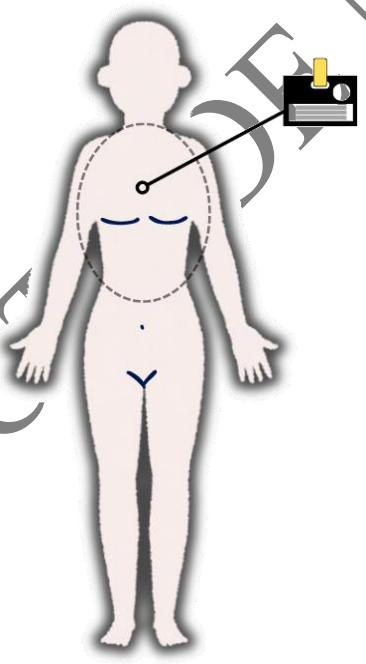
6.2.1. Monitorización de las dosis ocupacionales debido a exposición externa mediante el uso de dosímetros tipo pasivos

6.2.1.1. La monitorización rutinaria de las dosis ocupacionales debido a radiación externa del TOE, que se encuentre en un nivel de exposición moderado o alto, se debe realizar como mínimo mensualmente y máximo trimestralmente, empleando un dosímetro tipo pasivo y de acuerdo al tipo de tecnología empleada, con el fin de verificar el cumplimiento de los límites de dosis efectiva (E) y dosis equivalente (H_T).

6.2.1.2. El dosímetro debe colocarse en la posición de la superficie del torso donde se prevea la máxima exposición.

6.2.1.3. Cuando la radiación incida principalmente desde el frente (geometría anteroposterior), el dosímetro debe ubicarse en la parte anterior del tronco, entre los hombros y la cintura (ver figura 1).

FIGURA 1. Posicionamiento del dosímetro personal en torso en geometría anteroposterior



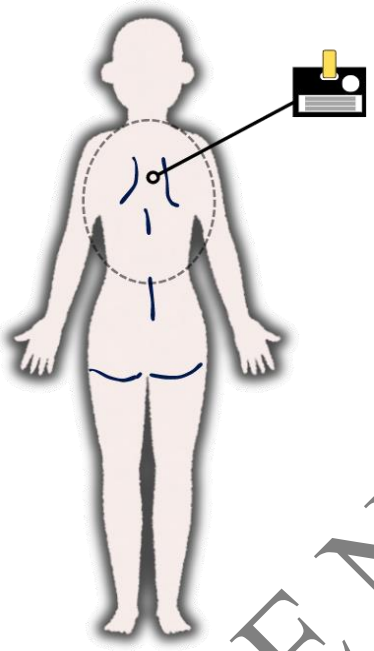
[FUENTE: Elaboración propia del Subcomité Técnico de Normalización SC4 Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación, adscrito al CT6 Higiene, Seguridad y Protección].

6.2.1.4. Cuando la radiación incida principalmente desde la parte posterior (geometría posteroanterior), el dosímetro debe ubicarse en la espalda (ver figura 2).

EJEMPLO:
Un caso de la geometría posteroanterior es el conductor de un vehículo que transporta materiales radiactivos.

PROYECTO DE NORMA

FIGURA 2. Posicionamiento del dosímetro personal en espalda en geometría posteroanterior



[FUENTE: Elaboración propia del Subcomité Técnico de Normalización SC4 Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación, adscrito al CT6 Higiene, Seguridad y Protección].

6.2.1.5. El Nivel de Registro (*NR*) mensual para la monitorización rutinaria, en ningún caso, debe ser inferior al límite de detección del dosímetro personal pasivo, debidamente documentado por la empresa o institución prestadora del servicio de dosimetría personal, conforme a las instrucciones o disposiciones de la autoridad competente.

6.2.1.6. El NR para la monitorización de la dosis equivalente $H_P(10)$ se determina mediante la siguiente expresión:

$$NR = 1\,mSv \times \frac{Periodo\ de\ monitorización(meses)}{12}$$

donde:
NR es el nivel de registro.
1 mSv es el límite de dosis al público.
12 es el número de meses en un año.

EJEMPLO:
El NR mensual para dosis equivalente personal *H*p(10) es de 0,1 mSv.

6.2.1.7. El Nivel de Investigación (*NI*) mensual para la monitorización rutinaria de la exposición externa, asumiendo una frecuencia mensual de evaluación de dosis, en un lapso de un año y de acuerdo con el límite anual de dosis establecido, estará dado por la siguiente expresión:

$$NI = \frac{20\,mSv}{12} \times \frac{1}{3}$$

PROYECTO DE NORMA

donde:
NI es el Nivel de Investigación.
20 mSv es el límite anual de dosis efectiva.
12 corresponde a los meses de monitorización en un año.

EJEMPLO:
El NI mensual para dosis equivalente personal *H*p(10) es de 0,6 mSv para una dosis anual de 20 mSv.

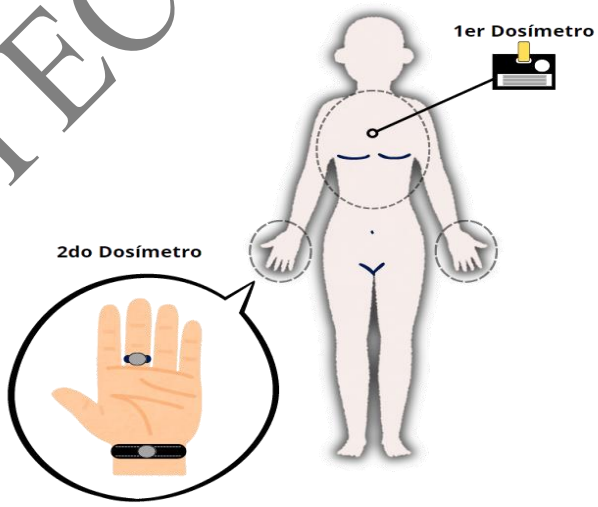
6.2.1.8. El dosímetro personal tipo pasivo utilizado en el torso debe discriminar el tipo de radiación indirectamente ionizante incidente en el cuerpo humano, cuando el TOE esté expuesto a un campo mixto de radiación conformado por neutrones y fotones, y se encuentre en un nivel de exposición moderado o alto. De lo contrario, será obligatorio emplear dos dosímetros, uno para evaluar las dosis por exposición a fotones y otro para neutrones, mediante detectores de trazas nucleares de estado sólido o detectores de albedo.

6.2.1.9. Cuando el TOE se encuentre en un nivel de exposición moderado o alto, dentro de su puesto de trabajo se prevé el fraccionamiento de trazadores radiactivos, debe ser obligatorio el uso de dosímetros pasivos en extremidades superiores, ya sea dosímetros de anillo o de muñeca, con un único elemento detector y filtro para evaluar la dosis equivalente personal $H_P(0,07)$ para radiación poco penetrante. (Ver figura 3).

6.2.1.10. En el caso del uso de dosímetro de anillo, se debe usar en la mano que se considere con mayor exposición, en la base del dedo índice, medio o anular, preferiblemente con el elemento detector situado hacia el interior de la mano.

6.2.1.11. En el caso de dosímetro de muñeca se debe usar en la mano que se considere con mayor exposición, preferiblemente con el elemento detector situado hacia la parte interna de la muñeca.

FIGURA 3. Posicionamiento del dosímetro personal en torso y en extremidades superiores en fraccionamiento de trazadores radiactivos



[FUENTE: Elaboración propia del Subcomité Técnico de Normalización SC4 Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación, adscrito al CT6 Higiene, Seguridad y Protección].

PROYECTO DE NORMA

6.2.2. Monitorización de las dosis ocupacionales debido a radiación externa mediante el uso de dosímetro activo personal

6.2.2.1. El dosímetro activo personal debe informar al TOE en tiempo real, la dosis equivalente personal $H_P(10)$ acumulada por radiación penetrante y la tasa de dosis equivalente ambiental $H^*(10)$.

6.2.2.2. El dosímetro activo personal debe estar dotado de al menos una alarma sonora que se accionará cuando se supere un valor prefijado de dosis acumulada o tasa de dosis.

6.2.2.3. El dosímetro activo personal debe ser utilizado en situaciones donde se emplean fuentes radiactivas pertenecientes a las categorías 1 y 2 como se específica en la Clasificación de fuentes radiactivas en la Guía de seguridad N° RS-G-1.9 del OIEA y las mismas se encuentren fuera de su blindaje por razones de trabajo o situaciones de exposición planificada especiales como cambio de fuentes radiactivas o bien, en situaciones de exposición a emergencias y exista la posibilidad de superar un valor de $Hp(10)$ de 50 mSv.

6.2.2.4. El TOE involucrado en procedimientos intervencionistas guiados por imágenes que se encuentre en un nivel de exposición alto y, dependiendo de la carga de trabajo, podrá ser requerida la monitorización del trabajador utilizando un dosímetro activo personal.

6.2.2.5. El TOE que realice la actividad o práctica de ensayo no destructivo de radiografía industrial, debe ser dotado de un dosímetro activo personal como dosímetro principal, en cada oportunidad de ejecutar el referido ensayo.

6.2.2.6. El TOE que participe en operaciones de respuesta y acciones protectoras en situaciones de exposición a emergencia y exista la posibilidad de recibir una dosis efectiva superior a 50 mSv, debe estar dotado de un dosímetro activo personal.

6.2.2.7. La monitorización con el dosímetro personal tipo pasivo debe utilizarse en todos los casos antes descritos.

6.2.3. Monitorización de la exposición a radiación externa en casos especiales

6.2.3.1. En caso de TOE embarazada: el empleador o titular autorizado, al ser notificado por el SSST o los canales dispuestos para este fin, del estado de gravidez de la trabajadora mediante examen de embarazo, debe garantizar condiciones de seguridad radiológica tal que, el embrión/feto goce del mismo nivel de protección que los miembros del público, considerando los siguientes:

6.2.3.1.1. Para la evaluación y control de la protección radiológica prenatal, la dosis acumulada por el embrión o feto debe calcularse para todo el periodo transcurrido entre la fecha estimada de la concepción y la fecha de notificación del embarazo.

6.2.3.1.2. A los fines del apartado 6.2.3.1.1, la TOE debe presentar ante el SSST, o la unidad funcional competente, un informe médico que especifique la fecha estimada de la concepción.

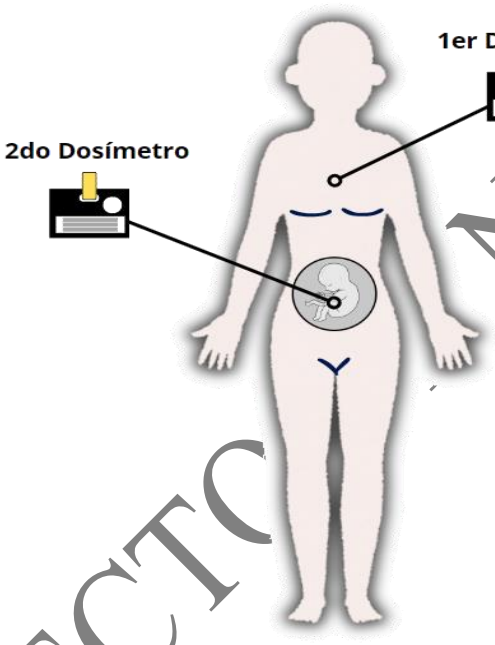
6.2.3.1.3. El empleador o titular autorizado debe suministrar un segundo dosímetro personal tipo pasivo, para ser utilizado en la región del abdomen o cintura, debajo del delantal plomado en caso de utilizarlo, a los fines de estimar la dosis en el embrión o feto, en el lapso comprendido desde el momento de declararse el embarazo hasta el permiso prenatal (ver figura 4).

PROYECTO DE NORMA

6.2.3.1.4. El empleador o titular autorizado establecerá las medidas de protección radiológica necesarias para que no ocurra la separación del puesto de trabajo de la TOE embarazada, ejecutando lo dispuesto en el Programa de Protección Radiológica, pudiendo disponer su traslado, con el consentimiento escrito de la TOE, a otro lugar y actividades donde la exposición a las radiaciones ionizantes sea de nivel de público para el embrión o feto.

NOTA. Si la TOE embarazada después del traslado se encuentra en el nivel de exposición de público para el embrión o feto, el empleador o titular autorizado no requiere suministrar un segundo dosímetro personal tipo pasivo.

FIGURA 4. Posicionamiento del dosímetro personal en torso y abdomen para el caso de TOE embarazada



[FUENTE: Elaboración propia del Subcomité Técnico de Normalización SC4 Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación, adscrito al CT6 Higiene, Seguridad y Protección].

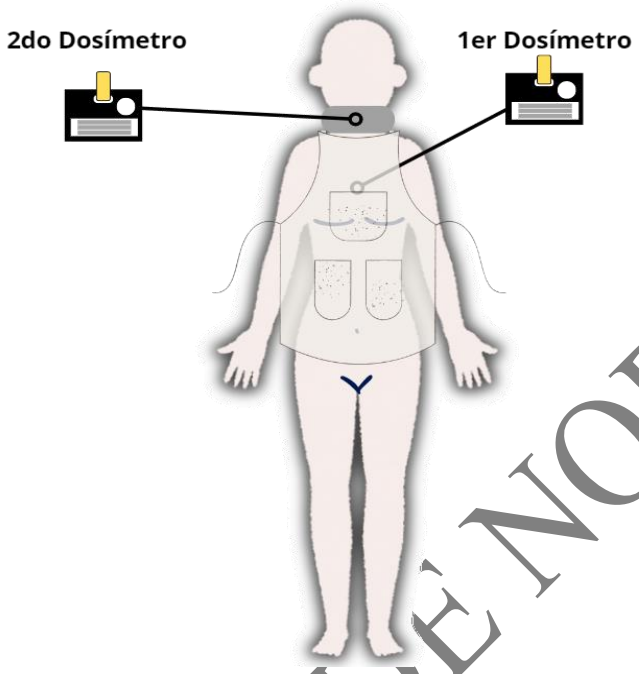
6.2.3.2. El empleador o titular autorizado debe suministrar al TOE doble dosimetría con dosímetro personal tipo pasivo (ver figura 5), cuando éste requiera el uso de equipos de protección personal y esté en un ambiente con un nivel de exposición moderado o alto, los cuales serán posicionados en:

a) Un dosímetro a nivel del torso, a ser utilizado debajo del delantal plomado.
b) Otro dosímetro a nivel del cuello sobre el delantal o protector plomado de tiroides.

EJEMPLO:
El uso de delantal plomado y protector de tiroides en los procedimientos intervencionistas.

PROYECTO NORMA

FIGURA 5. Posicionamiento del dosímetro personal a nivel de torso debajo del delantal plomado y a nivel de cuello por fuera del protector plomado de tiroides



[FUENTE: Elaboración propia del Subcomité Técnico de Normalización SC4 Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación, adscrito al CT6 Higiene, Seguridad y Protección].

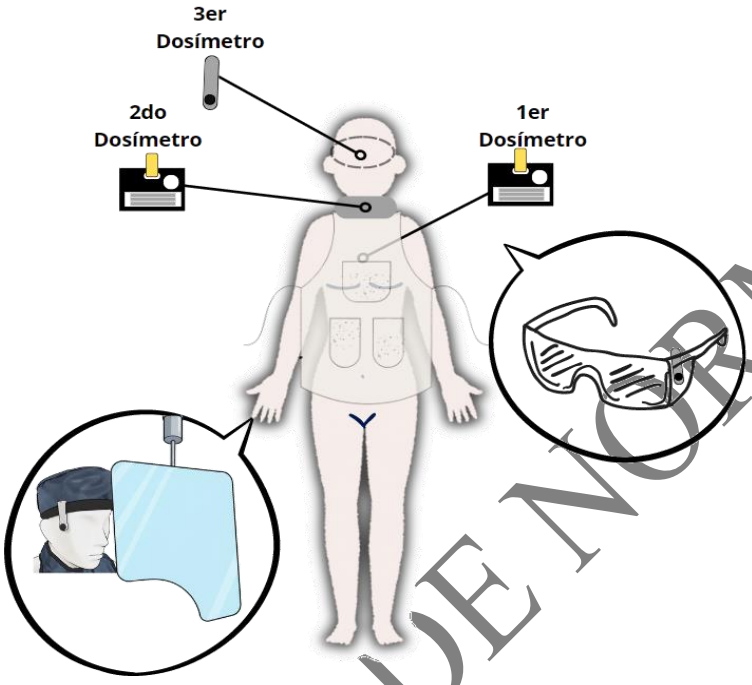
6.2.3.3. En procedimientos intervencionistas cuando el TOE esté utilizando fluoroscopia, el empleador o titular autorizado debe suministrar al trabajador un tercer dosímetro pasivo para la monitorización de la dosis equivalente personal *H*p(3), para evaluar de forma exhaustiva las dosis en cristalino a los fines de optimización, como se especifica en 6.2.3.2 y cuyo dosímetro personal pasivo colocado en el cuello registre valores de *H*p(3) o *H*p(0,07) superiores a 1,5 mSv en dos meses de forma reiterada durante un año.

6.2.3.3.1. En caso de usar lente plomado, el dosímetro será colocado por detrás del lente de protección de ojos del trabajador (ver figura 6).

6.2.3.3.2. De lo contrario, o con el uso de mamparas suspendidas en techo, podrá usarse en la frente del TOE, en el lado más cercano al tubo de rayos X.

PROYECTO DE NORMA

FIGURA 6. Posicionamiento del dosímetro personal a nivel de torso debajo del delantal plomado, a nivel de cuello por fuera del protector plomado de tiroides y a nivel de ojos por detrás del lente plomado



[FUENTE: Elaboración propia del Subcomité Técnico de Normalización SC4 Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación, adscrito al CT6 Higiene, Seguridad y Protección].

6.2.3.4. En procedimientos intervencionistas guiados por imágenes, el empleador o titular autorizado debe dotar al TOE, que se encuentre en un nivel de exposición alto, de dosímetros pasivos tanto en extremidades superiores como en extremidades inferiores, con un único elemento detector y filtro para evaluar la dosis equivalente personal $H_p(0,07)$ (ver figura 7).

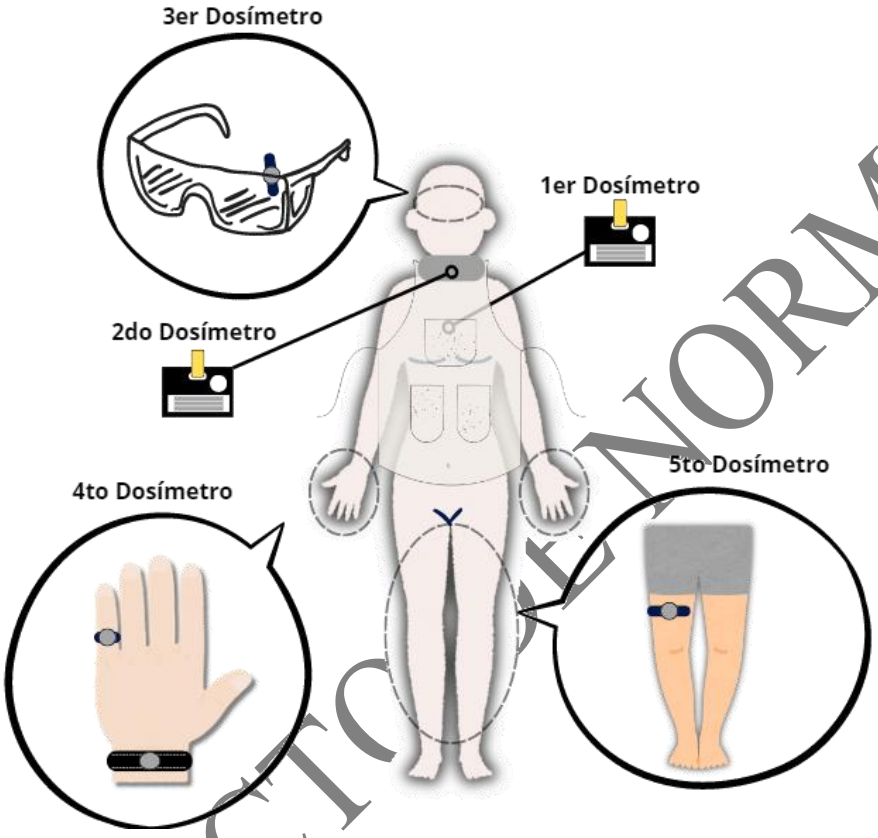
6.2.3.4.1. En el caso de extremidades superiores se podrá usar dosímetro pasivo de muñeca o dosímetro pasivo de anillo, para evaluar de forma exhaustiva las dosis en piel a los fines de optimización.

6.2.3.4.2. El dosímetro pasivo de muñeca o anillo puede colocarse en la mano más cercana al tubo de rayos X; el dosímetro de anillo en el dedo más expuesto a la mayor dosis de radiación.

6.2.3.4.3. En el caso de extremidades inferiores se podrá usar el dosímetro pasivo en la pierna más cercana al tubo de rayos X y en la zona que no esté protegida por el delantal plomado y que esté propensa a recibir la mayor cantidad de dosis, para evaluar de forma exhaustiva las dosis en piel a los fines de optimización.

PROYECTO DE NORMA

FIGURA 7. Posicionamiento del dosímetro personal a nivel de torso debajo del delantal plomado, a nivel de cuello por fuera del protector plomado de tiroides, a nivel de ojos por detrás del lente plomado y en extremidades superiores e inferiores



[FUENTE: Elaboración propia del Subcomité Técnico de Normalización SC4 Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación, adscrito al CT6 Higiene, Seguridad y Protección].

6.2.3.5. La dosis efectiva (E) a estimarse cuando se suministra al trabajador doble dosimetría con dosímetro personal tipo pasivo, como se establece en 6.2.3.2, debe determinarse con base al algoritmo como se especifica en ICRP 139 (tabla 4.1, p.59) utilizando los coeficientes propuestos por Von Boetticher et. al., reseñados en la misma publicación.

$$E = 0{,}79\ Hp(10)_{delantal} + 0{,}051\ Hp(10)_{tiroides}$$

donde:

E es la dosis efectiva estimada.

$Hp(10)_{delantal}$ es la dosis equivalente personal $H_p(10)$ evaluada en el dosímetro ubicado en el torso, debajo del delantal plomado.

$Hp(10)_{tiroides}$ es la dosis equivalente personal $H_p(10)$ evaluada en el dosímetro ubicado a nivel del cuello sobre el delantal o protector plomado de tiroides.

6.2.3.6. En el caso de los TOE, profesionales o técnicos considerados como itinerantes, que deban realizar actividades o procedimientos que involucren un nivel de exposición moderado o alto, deben ser monitorizados de acuerdo con lo previsto en la presente norma.

PROYECTO DE NORMA

6.2.3.7. El titular autorizado de la entidad de trabajo a la cual pertenezcan los TOE, profesionales o técnicos contratados o el titular autorizado donde se realicen las actividades o procedimientos, podrán ser solidariamente responsables de conformidad con lo dispuesto en la LOPCYMAT.

EJEMPLO:
Los médicos que son invitados a realizar un procedimiento específico en intervencionismo y que no forman parte del personal de la entidad de trabajo.

6.2.3.8. En el caso de estudiantes o pasantes también considerados como itinerantes, el titular autorizado de la entidad de trabajo donde se realizará la práctica debe evaluar el nivel de exposición al que estarán sometidos durante sus actividades, a fin de garantizar la monitorización individual en caso de ser necesario.

6.3. Monitorización individual de la exposición interna

6.3.1. La monitorización ocupacional de las dosis debido a exposición interna comprende:

a) Monitorización rutinaria.
b) Monitorización por tarea.
c) Monitorización especial.
d) Monitorización confirmatoria.
e) Monitorización tipo triaje.

6.3.2. La monitorización rutinaria de la exposición interna se debe realizar de forma continua y a intervalos regulares, cuando el TOE se encuentre en un nivel de exposición moderado o alto en las siguientes situaciones de exposición planificada:

6.3.2.1. En caso de elaboración y manipulación de una actividad superior a 20 GBq de ^{131}I (yodo-131) para fines terapéuticos o de diagnóstico.

EJEMPLO:
^{131}I (yodo-131) con fines terapéuticos, como la elaboración de cápsulas para pacientes oncológicos.

6.3.2.2. Cuando en el ambiente de trabajo se realicen operaciones empleando fuentes abiertas de radiotoxicidad alta o muy alta.

6.3.2.3. En plantas de producción de radioisótopos o ciclotrones donde se producen altas actividades de radionucleidos.

6.3.2.4. Laboratorios de radiofarmacia donde se ejecuten operaciones de síntesis y fraccionamiento de radiofármacos.

6.3.2.5. Cuando exista la posibilidad que el TOE reciba una dosis efectiva comprometida $E(50)$ superior a 1 mSv en un año debido a incorporación de material radiactivo.

6.3.2.6. Para verificar si existe la posibilidad de exceder el valor de 1 mSv en un año, en el término dosis efectiva E(50), como se específica en la Guía de seguridad Nº. RS-G-1.2, denominado factor de decisión (dj) por radionucleido j y tipo de operación.

PROYECTO DE NORMA

6.3.3. Para la selección de la técnica y frecuencia de la monitorización rutinaria el titular autorizado deberá evaluar:

6.3.3.1. El tipo de emisor y energía de las radiaciones emitidas.

6.3.3.2. La vida media efectiva (*T*e) del radionucleido en el organismo.

6.3.3.3. Sensibilidad del sistema de detección.

6.3.3.4. La biocinética del compuesto radiactivo.

6.3.3.5. Las condiciones del medio ambiente de trabajo.

6.3.3.6. El nivel de exposición del TOE (ver tabla 1).

6.3.4. La monitorización por tarea será necesaria cuando se introduzca un nuevo protocolo o procedimiento que pueda involucrar la incorporación de radionucleidos en los servicios de medicina nuclear o radiofarmacia, así como en el uso de radiotrazadores de uso industrial y radiotoxicidad alta.

6.3.5. La monitorización especial será necesaria en situaciones de exposición a emergencia cuando el TOE responde a eventos donde hay una importante dispersión de radionucleidos de alta y muy alta radiotoxicidad.

EJEMPLO:
Escenario donde existe una cantidad importante de dispersión de material radiactivo debido a la activación de un dispositivo de dispersión radiológica (DDR) o en el caso de un derrame importante de ^{131}I (yodo-131) en un servicio de medicina nuclear o laboratorio de radiofarmacia.

6.3.6. Para la monitorización confirmatoria el titular autorizado deberá verificar que el TOE no recibirá una dosis efectiva comprometida $E(50)$ que supere el valor de 1 mSv en un año. Con la monitorización confirmatoria se verifica que las condiciones de seguridad radiológica en el ambiente de trabajo se conservan y se confirma que no se requiere implantar un plan de monitorización de la radiación interna; puede ejecutarse con una frecuencia anual.

6.3.7. Para la monitorización tipo triaje el titular autorizado deberá verificar si hubo o no incorporación de material radiactivo, empleando la instrumentación disponible en el laboratorio o servicio donde se empleen fuentes abiertas. No se emplea para evaluar la $E(50)$ o la $H_T(50)$.

6.3.8. Los métodos directos para medir la actividad incorporada, deberán ser los de primera elección cuando en la contaminación interna se encuentren involucrados los radionucleidos ^{131}I (yodo-131), ^{137}Cs (cesio-137) y ^{18}F (flúor-18), este último en la región anatómica del cerebro.

6.3.9. Los métodos indirectos para medir la actividad incorporada, deberán ser los de primera elección cuando en la contaminación interna se encuentren involucrados radionucleidos emisores beta como ^{3}H, ^{90}Sr (estroncio-90), ^{90}Y (itrio-90), ^{14}C (carbono-14) o emisores alfa como ^{239}Pu (plutonio-239).

6.3.10. A los fines de la presente norma, en la monitorización ocupacional rutinaria de la exposición interna, se deberá considerar:

PROYECTO DE NORMA

6.3.10.1. Un tiempo de integración de cincuenta (50) años, evaluado a partir del momento de la incorporación de material radiactivo, a los fines de calcular la dosis efectiva comprometida $E(50)$ y dosis equivalente comprometida $H_T(50)$.

6.3.10.2. Un diámetro aerodinámico medio por actividad (*DAMA*) de 5 µm, como el diámetro más apropiado de la partícula de un determinado radionucleido j presente en el lugar de trabajo.

6.3.10.3. La absorción Tipo F para ^{18}F(flúor-18), ^{131}I (yodo-131), y ^{137}Cs (cesio-137).

6.3.10.4. Un factor de transferencia (f_A) de valor uno (1) para ^{18}F (flúor-18), ^{131}I (yodo-131), y ^{137}Cs (cesio-137) en caso de incorporación a través del tracto gastrointestinal.

6.3.10.5. La incorporación de material radiactivo se deberá fijar a mitad del periodo de monitorización, de forma aguda (una única incorporación), a objeto de calcular la dosis efectiva comprometida $E(50)$ y dosis equivalente comprometida $H_T(50)$, una vez establecida la frecuencia y lapsos de la monitorización.

EJEMPLO:
En la monitorización ocupacional, debido a incorporación de ^{131}I (yodo-131), en TOE ubicados en un nivel de exposición moderado, se deberá fijar un periodo de monitorización de catorce (14) días y, para fines de estimar la dosis efectiva $E(50)$ se asumirá una única incorporación a los siete (7) días.

6.3.11. El programa de monitorización ocupacional relativo a la exposición a radiación interna deberá establecer el nivel de investigación (*NI*), en un periodo de monitorización, utilizando como referencia la siguiente expresión:

$$NI_j = \frac{0{,}005}{N \times e(g)_j}$$

donde:

NI_j es el nivel de investigación en Bq para la incorporación del radionucleido j-ésimo.
0,005 es la dosis efectiva comprometida $E(50)$ debido a incorporación en un año.
N es el número de monitorizaciones en un año.
$e(g)_j$ es el coeficiente dosimétrico en Sv/Bq para el radionucleido $_j$-ésimo como se específica en el Cuadro III.2 A de los Requisitos Generales de Seguridad, Parte 3. N^0. GSR. del OIEA.

6.3.12. El programa de monitorización ocupacional relativo a la exposición a radiación interna deberá establecer el nivel de investigación derivado NID_j, en un periodo de monitorización, para el caso de las mediciones de la actividad, ya sea *in vitro* o *in vivo*, utilizando como referencia la siguiente expresión:

$$NID_j = \frac{0{,}005}{N \times e(g)_j} m(t_0)_j$$

donde:

NID_j es el nivel de investigación derivado en Bq para la incorporación del radionucleido j-ésimo.
0,005 es la dosis efectiva comprometida $E(50)$ debido a incorporación en un año.
N es el número de monitorizaciones en un año.
$E(g)_j$ es el coeficiente dosimétrico en Sv/Bq para el radionucleido $_j$-ésimo como se específica en el Cuadro III.2 A de los Requisitos Generales de Seguridad, Parte 3. N^0. GSR Part 3 del OIEA.

PROYECTO DE NORMA

$M(t_0)_j$ es la fracción retenida o excretada del radionucleido j-ésimo transcurrido un periodo de tiempo t_0 después de la incorporación.

t_0 tiene como base la incorporación a mitad de período, y está dado por:

$$t_0 = \frac{365}{2N}\ días$$

donde:

t_0 es tiempo (en días) asumido entre la incorporación del radionúclido y el día de la toma de muestra (asume el punto medio del intervalo).

365 días del año (periodo base del límite anual de dosis).

N es el número de controles o monitoreos de rutina hechos en el año (espaciados uniformemente).

6.3.13. El programa de monitorización ocupacional relativo a la exposición a radiación interna deberá establecer el nivel de registro (*NR*) y vendrá dado por:

$$NR_j = \frac{0{,}001}{N \times e(g)_j}$$

donde:

NR_j es el nivel de registro en Bq para la incorporación del radionucleido j-ésimo.

0,001 es la dosis efectiva comprometida *E*(50) debido a incorporación en un año.

N es el número de monitorizaciones en un año.

$e(g)_j$ es el coeficiente dosimétrico en Sv/Bq para el radionucleido j-ésimo como se específica en el Cuadro III.2 A de los Requisitos Generales de Seguridad, Parte 3. N^0. GSR Part 3 del OIEA.

6.3.14. El programa de monitorización ocupacional relativo a la exposición a radiación interna deberá establecer, en el caso de las mediciones de la actividad *in vitro* o *in vivo* un nivel de registro derivado (*NRD*) y vendrá dado por:

$$NRD_j = \frac{0.001}{Ne(g)_j} m(t_0)_j$$

donde:

NRD_j es el nivel de registro derivado en Bq para la incorporación del radionucleido j-ésimo.

0,001 es la dosis efectiva comprometida *E*(50) debido a incorporación en un año.

N es el número de monitorizaciones en un año.

$e(g)_j$ es el coeficiente dosimétrico en Sv/Bq para el radionucleido j-ésimo como se específica en el Cuadro III.2 A de los Requisitos Generales de Seguridad, Parte 3. N^0. GSR Part 3 del OIEA.

$m(t_0)_j$ es la fracción retenida o excretada del radionucleido j-ésimo transcurrido un periodo de tiempo t_0 después de la incorporación.

6.3.15. La estimación de la dosis efectiva comprometida *E*(50) y dosis equivalente comprometida $H_T(50)$ se debe obtener a partir de la actividad incorporada (*I*) determinada en Bq. La actividad incorporada (*I*) viene dada por la siguiente expresión:

$$I = \frac{M}{(m_t)}$$

PROYECTO DE NORMA

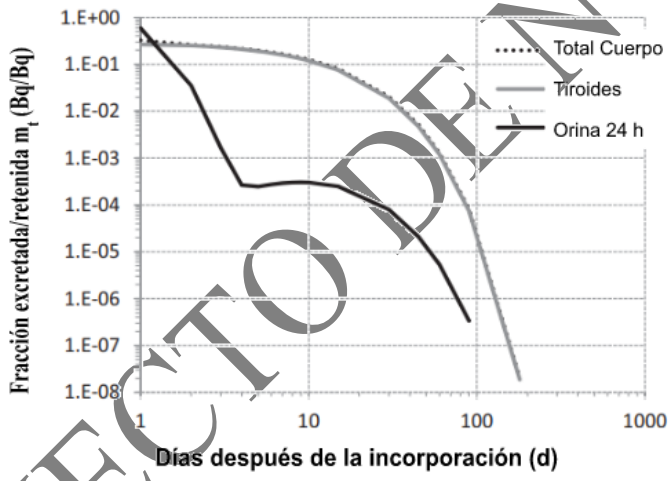
donde:

I es la actividad incorporada en Bq.
M es la actividad en Bq del radionucleido j-ésimo medida bien sea, por métodos directos *in vivo* o indirectos *in vitro*.
(m_t) en Bq Bq^{-1} es la fracción de actividad remanente (retenida o que persiste) en el cuerpo o la excretada para el radionucleido $_j$-ésimo para un tiempo *t* transcurrido entre la incorporación (*I*) y el tiempo de medición.

NOTA 1. En la figura 8, se muestra el valor de m_t, en los casos de retención y excreción del ^{131}I (yodo-131) en tiroides y orina respectivamente, en función de los días después de la incorporación.

NOTA 2. En la tabla B1 del anexo B se informan las fracciones $(m_t)j$ en Bq Bq^{-1} de retención en tiroides para ^{131}I (yodo-131) obtenidas a partir del modelo biocinético del tracto respiratorio, como se especifica en las publicaciones ICRP 78 y 130.

FIGURA 8. Fracción m_t de retención y excreción del ^{131}I en tiroides y orina respectivamente, en función de los días (t) después de la incorporación aguda por inhalación



[FUENTE: Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) 137. Occupational Intake of Radionuclides. Part. 3, pág.125].

6.3.16. La dosis efectiva comprometida *E*(50) debido a incorporación se deberá calcular mediante la siguiente expresión:

$$E(50) = I \times (e)g$$

donde:

E(50) es dosis efectiva comprometida.
I es la actividad incorporada del radionucleido en Bq.
(e)g es el coeficiente dosimétrico para el radionucleido incorporado en Sv/Bq.

6.3.17. La monitorización de la exposición a radiación interna podrá ser realizada por una empresa privada, instituciones académicas que auspician programas pilotos de monitorización, por las propias organizaciones (los propios usuarios) que desarrollen actividades de radiofarmacia o medicina nuclear

PROYECTO DE NORMA

mediante planes de trabajo o programas de monitorización *in situ,* o por instituciones o entidades públicas, todas las cuales deberán estar previamente autorizadas o acreditadas.

6.3.18. Los programas de monitorización de la radiación interna *in situ,* deberán ser supervisados por un experto en protección radiológica, un físico médico o profesional con experiencia en la materia.

6.4. Monitorización individual de la exposición interna por métodos directos *in vivo*

6.4.1. La monitorización mediante métodos directos se debe realizar in vivo cuando los radionucleidos incorporados al organismo emitan radiación penetrante como radiación gamma, radiación de frenado o rayos X característicos.

6.4.2. Si el radionucleido se distribuye uniformemente en el cuerpo la medición directa se debe realizar a cuerpo entero, bien sea utilizando un único detector o un conjunto de detectores.

6.4.3. Si el radionucleido se concentra en un órgano en particular, se podrá realizar la medición de la actividad (Bq) en esa región anatómica de interés.

EJEMPLO:
En el caso de incorporación de ^{131}I (yodo-131) se recomienda realizar la medición sobre la región de la tiroides.

6.4.4. En la medición directa se podrá utilizar detectores construidos con cristales inorgánicos preferiblemente de tamaño de 7,62 cm x 7,62 cm (3 in x 3 in), o detectores semiconductores de alta pureza.

EJEMPLO:
Cristales inorgánicos como NaI(Tl) (yoduro de sodio dopado con talio) CsI(Tl) (yoduro de cesio dopado con talio), o semiconductores de germanio de alta pureza (HPGe).

6.4.5. La eficiencia de los detectores utilizados en las mediciones directas deberá ser determinada empleando un maniquí antropomórfico que pueda ser llenado con agua y en el que se haya incorporado una solución con el radionucleido de interés y actividad (Bq) conocida, preparada a partir de una solución estándar, debidamente certificada por un laboratorio trazable a un primario.

6.4.6. En el caso del ^{131}I (yodo-131), el maniquí o simulador de cuello empleado para determinar la eficiencia del detector requerido para medir *in vivo* la actividad retenida en esa glándula, en un determinado momento después de la incorporación, puede ser un cilindro de polimetil metacrilato (PMMA).

6.4.7. El maniquí descrito en 6.4.6., debe poseer una cavidad en cuyo interior sea posible el posicionamiento de un vial de 20-30 ml en el cual se pueda introducir una solución estándar de ^{133}Ba (Bario-133) trazable a un laboratorio primario u otra de ^{131}I (yodo-131) con una actividad conocida, determinada con el activímetro del servicio de medicina nuclear o laboratorio de radiofarmacia.

NOTA. En el anexo C se muestra un modelo de maniquí de cuello para las mediciones de la actividad *in vivo* en tiroides con sus correspondientes dimensiones.

6.4.8. El sistema de detección debe estar calibrado, lo cual consiste en determinar el factor de calibración (fc); el mismo corresponde al cociente entre la velocidad de contaje registrada en la región de interés del espectro (ROI), en la zona del ancho a la mitad del pico (FWHM), y la actividad de la solución patrón

PROYECTO DE NORMA

contenida en el maniquí antropomórfico. El factor de calibración (fc) será expresado en CPM Bq o cps cps/Bq^{-}.

6.4.9. La eficiencia (ε) del sistema de detección se debe determinar realizando el contaje (CPS) en la región de interés (ROI) correspondiente al área del fotópico, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\varepsilon = \frac{CPS_{PATRON} - CPS_{FONDO}}{A_{PATRON}}$$

donde:

ε es la eficiencia.
CPS_{PATRON} son las cuentas por segundo del patrón.
CPS_{FONDO} son las cuentas por segundo del fondo.
A_{PATRON} es la actividad en Bq del patrón.

6.4.10. En el caso de mediciones *in vivo* de ^{131}I (yodo-131) en la región del cuello, cuando se utiliza un patrón de ^{133}Ba, la eficiencia (ε) vendrá dada por la siguiente expresión:

$$\varepsilon = \frac{CPS_{PATRON} - CPS_{FONDO}}{A_{PATRON}\ ^{133}Ba\ X\ f_{corrección}}$$

donde:

ε es la eficiencia.
CPS_{PATRON} son las cuentas por segundo del patrón.
CPS_{FONDO} son las cuentas por segundo del fondo.
A_{PATRON} es la actividad en Bq del patrón.
$f_{corrección}$ es el cociente entre las intensidades de emisión de fotones del ^{133}Ba (bario-133) y ^{131}I (yodo-131) en la región de interés seleccionada (ROI).

6.4.11. El límite más bajo de detección (LLD) del sistema se debe determinar de acuerdo a la siguiente expresión:

$$LLD = (4{,}66\ \times\ \sigma_n) + 3$$

donde:

LLD es el límite más bajo de detección.
σ_n es la desviación estándar del contaje de fondo.

6.4.12. La actividad mínima detectable (AMD) deberá determinarse a las distancias de 5, 10 y 15 cm de la zona anatómica y estará dada por la siguiente expresión, como se especifica en la IAEA Technical Reports Series N° 295:

$$AMD = \frac{LLD}{\varepsilon \times Y}$$

donde:

AMD es la actividad mínima detectable medida en Bq.
LLD es el límite más bajo de detección.

PROYECTO DE NORMA

ε es la eficiencia del sistema de detección.
Y es la probabilidad de emisión de cada línea o fotópico del espectro correspondiente a una determinada energía.

EJEMPLO:
Un *AMD*, dependiendo de la distancia, para la medición de ^{131}I en tiroides, en las distancias detector-región anatómica, estaría en el rango de 50-150 Bq cuando se emplea un detector de NaI(Tl) (yoduro de sodio dopado con talio) plano de 5,08 cm x 5,08 cm (2 in x 2 in). La dosis efectiva comprometida $E(50)$ mínima detectable estaría en el orden de 0,01 mSv.

6.4.13. El valor de la actividad M se debe obtener mediante la siguiente ecuación:

$$M = fc\left(\frac{N_m}{t_m} - \frac{N_b}{t_b}\right)$$

donde:

M es la actividad medida en Bq.
N_m es el número de cuentas de la muestra.
N_b es el número de cuentas del fondo.
t_m es el tiempo de contaje de la muestra en segundos.
t_b es el tiempo de contaje del fondo en segundos.
f_c es el factor de calibración y está dado por:

$$fc = \frac{1}{\varepsilon \times Y}$$

donde:

f_c es el factor de calibración y está dado por:
ε es la eficiencia del sistema de detección.
Y es la probabilidad de emisión de cada línea o fotópico del espectro correspondiente a una determinada energía.

6.4.14. El valor de la incertidumbre Tipo A σ_A vendrá dada por:

$$\sigma_A = \frac{fc}{t_m}\sqrt{N_m - \frac{N_b}{R_b^2}}$$

donde:

σ_A es valor de la incertidumbre Tipo A.
R_b es el cociente entre el tiempo de contaje de fondo y la muestra.
N_m es el número de cuentas de la muestra.
N_b es el número de cuentas del fondo.
t_m es el tiempo de contaje de la muestra en segundos.
f_c es el factor de calibración.

6.5. Monitorización individual de la exposición interna por métodos indirectos *in vitro*

PROYECTO DE NORMA

6.5.1. La monitorización de la exposición interna por métodos indirectos *in vitro* se podrá realizar para determinar la concentración de la actividad en muestras biológicas extraídas del cuerpo como sangre, orina o heces.

6.5.2. Los métodos indirectos se pueden emplear para la evaluación de la radiación interna para radiación poco penetrante como emisores alfa o beta.

6.5.3. En el bioensayo de orina de 24 horas, el factor de calibración (fc) y la actividad mínima detectable (AMD) deben expresarse en unidades de concentración de becquereles por litro (Bq/L).

6.5.4. Para la estimación de la dosis efectiva comprometida $E(50)$, la actividad detectada en las muestras de orina debe normalizarse en unidades de concentración de becquereles por litro (Bq/L).

6.5.5. En el caso del ^{131}I (yodo-131) puede emplearse el análisis de orina, recolectada en 24 horas, a los fines de comparar los resultados de este bioensayo con aquellos obtenidos in vivo.

6.5.6. La selección del bioensayo dependerá de:

a) La vía principal de excreción.
b) La forma fisicoquímica de la incorporación.
c) El modelo biocinético aplicable.

6.5.7. Para compuestos solubles, el método de primera elección debe ser el bioensayo de orina recolectada en 24 horas.

6.5.8. Para compuestos poco insolubles puede emplearse el análisis radiométrico de muestras de heces diarias durante un período de 3 a 4 días.

6.5.9. En el caso de emisores alfa y beta, el análisis radiométrico de las muestras biológicas puede realizarse con contadores proporcionales de flujo continuo de gas.

6.5.10. En el caso de contaminación interna con agua tritiada o con emisores beta como ^{14}C (carbono-14) o ^{32}P (fosforo-32) el análisis radiométrico del bioensayo de orina puede realizarse mediante la técnica de centelleo líquido.

6.5.11. En el caso de muestras de orina de 24 horas que puedan contener emisores gamma, requeridas para el análisis radiométrico, debería utilizarse un detector semiconductor de germanio hiperpuro (HP(Ge)) de alta resolución, en virtud de su muy bajo límite de detección, aun cuando, puede realizarse *in situ* con la gamma cámara del servicio o un sistema de detección dotado de un centellador sólido, empleado en la monitorización *in vivo* del TOE.

6.6. Monitorización individual de la exposición interna mediante muestreo del aire inspirado

6.6.1. Para la evaluación de la exposición interna se podrá emplear muestreadores de aire fijo o personal:

6.6.1.1. La exposición interna, podrá ser estimada mediante el empleo de un monitor continuo de aire multicanal en tiempo real, tipo fijo, que informe la concentración de actividad en aire en $\mu Ci/cm^3$ o Bq/m^3 integrada en un período de 8 o 40 horas.
6.6.1.2. La exposición interna, en ausencia de monitores continuos de aire fijos, podrá ser estimada mediante el empleo de aspiradoras o muestreadores de aire personales dotadas de filtros específicos,

PROYECTO DE NORMA

según el radionucleido, a los fines de ser analizado por espectrometría gamma o contadores proporcionales de flujo continuo de manera diferida.

6.6.1.3. Cuando se empleen bombas portátiles o muestreadores de aire fijos, la estimación de la dosis efectiva comprometida $E(50)$ podrá calcularse a partir de la determinación de la concentración de la actividad en el aire, según:

a) Se determina la concentración del radionucleido en aire, de acuerdo a:

$$CA = CPM \times \frac{1}{fc} \times \frac{1}{Q_b \times t_m} \times \frac{1}{\varepsilon_r} \times \frac{1}{e^{-\lambda t}} \times \frac{1000\ L}{m^3} \times k$$

donde:

CA es la concentración de actividad en aire en Bq m^3.
CPM son las cuentas por minuto que informa el sistema de detección.
f_c es el factor de calibración expresado en CPM/Bq.
Q_b es el caudal del aspirador expresado en L/min^{-1}.
t_m es el tiempo de muestreo en min.
ε_r es la eficiencia de retención del filtro.
$e^{-\lambda t}$ (Factor de decaimiento) es la corrección por la desintegración del radionúclido desde el fin del muestreo hasta la medición, con constante $\lambda = \frac{ln(2)}{T_{1/2}}$.
1000 L/ m^3 (Factor de conversión volumétrico) es el factor dimensional para transformar el volumen de aire muestreado de litros (L) a metros cúbicos (m^3).
k (Factor de corrección de condiciones de aire) ajusta el volumen de muestreo a condiciones normales o estándar de temperatura y presión (STP/PNT).

b) Se estima la dosis efectiva comprometida $E(50)$ según:

$$E(50) = CA \times t_r \times B \times e_{j.inh} \times t_E$$

donde:

$E(50)$ es la dosis efectiva comprometida en Sv.
CA es la concentración de actividad en aire en Bq/m^3.
t_r es la tasa de respiración.
B es la tasa de inhalación respiratoria habitual del trabajador de 1,1 m^3/h
$e_{j.inh}$ es el coeficiente dosimétrico para el radionucleido j por inhalación en Sv/Bq.
t_E es el tiempo de exposición del TOE en hora.

6.6.2. La estimación de la dosis efectiva comprometida $E(50)$ podrá ser estimada mediante el empleo de muestreadores personales, que utilicen bombas de bajo caudal (2 L/min), colocado en la solapa del traje de protección personal a los fines de monitorizar una tarea en específico.

EJEMPLO:
Fraccionamiento de ^{131}I (yodo-131) con fines de radiodiagnóstico en los servicios de medicina nuclear; en esta situación el muestreador personal deberá estar dotado de un filtro de carbón activado.

PROYECTO DE NORMA

6.6.3. La estimación de la dosis efectiva comprometida $E(50)$ utilizando los muestreadores personales se podrá realizar, según el procedimiento indicado de acuerdo con 6.6.1.3.

6.6.4. La estimación de la dosis efectiva comprometida $E(50)$ utilizando muestreadores de aire podrá ser utilizada como un indicador de las condiciones de seguridad radiológica en el ambiente de trabajo.

NOTA. La estimación de la dosis efectiva comprometida $E(50)$ se utiliza como referencia para la toma de decisión en cuanto a la necesidad de la monitorización de la exposición interna, bien sea, por el método directo *in vivo* o por el método indirecto *in vitro*.

6.7. Monitorización de la contaminación radiactiva cutánea

6.7.1. La monitorización de la contaminación radiactiva cutánea se debe utilizar para detectar y medir la presencia de material radiactivo en la superficie del cuerpo, así como, verificar el cumplimiento del límite de dosis equivalente (H_T) en piel (ver COVENIN 2259).

6.7.2. Para la estimación de la dosis equivalente (H_T) en piel para radiación poco penetrante se debería:

6.7.2.1. Evaluar la contaminación radiactiva cutánea empleando detectores que posean como mínimo un área de detección de 100 cm^2.

6.7.2.2. Realizar la medición directa de la contaminación radiactiva en el término de actividad por unidad de área (Bq/cm^2) como se especifica en la ISO 7503-1 "Measurement of radioactivity- Measurement and evaluation of Surface contamination. Part 1: General principles", utilizando la siguiente expresión:

$$A_S = C(A) \times (\rho_g - \rho_0) = \frac{P}{\varepsilon \times S_p} \times (\rho_g - \rho_0)$$

donde:

A_s es la actividad por unidad de área en Bq/cm^2.
$C(A)$ es el factor de calibración en $Bq.cm^{-2} / s^{-1}$.
ρ_g es la medida del total de la velocidad de contaje en s^{-1}.
ρ_0 es la medida de la velocidad de contaje del fondo en s^{-1}.
P es el inverso de la probabilidad de emisión (Pe) dado por $P = 1/P_e$.
ε es la eficiencia del instrumento.
S_p es el área efectiva del detector en cm^2.

6.7.3. El cálculo de dosis equivalente (H_T) en piel se debe realizar a la profundidad de 7 mg cm^{-2} (0,07 mm) para radiación poco penetrante mediante el siguiente procedimiento:

6.7.3.1. Se determina el coeficiente de absorción energético ($\mu_{\beta,t}$) para el emisor beta específico, según:

$$\mu_{\beta,t} = 18{,}6\ (Emax - 0{,}036)^{-1{,}37}$$

donde:

$\mu_{\beta,t}$ es el coeficiente de absorción para el emisor beta a la profundidad t de 7 mg/cm^2 en cm^2/g; y
E_{max} es la energía máxima de la radiación beta emitida en MeV.
18,6, -0,036 y -1,37 son constantes empíricas derivadas del ajuste estadístico de datos experimentales de absorción beta en tejidos o materiales de bajo número atómico (Z).

PROYECTO DE NORMA

6.7.3.2. Se calcula el factor de conversión de dosis (FCD) por Bq/cm^2 según lo especificado en la Introduction to Health Physics, fourth Edition, pág. 227, ecuación 6.24:

$$FCD = 2{,}9 \times 10^{-4} \times \underline{E} \times \mu_{\beta,t} \times e^{-(\mu_{\beta,t}\, x\, 0{,}007)}$$

donde:

FCD es el factor de conversión de dosis en $\frac{mGy/h}{Bq/cm^2}$

$\bar{E}$ es la energía promedio de las partículas beta emitidas en MeV.

$\mu_{\beta,t}$ es el coeficiente de absorción para el emisor beta a la profundidad t de 7 mg/cm^2 en cm^2/gr.

2,9 x 10^{-4} es factor constante de conversión de unidades de Loevinger (1956) para tasa de dosis absorbida superficial (mGy / h por kBq / cm^2).

6.7.3.3. Se determina la tasa de dosis absorbida ($\dot{D}_T$) en mGy/h y dosis absorbida (D_T) en mGy según:

$$\dot{D}_T = FCD \times C_a$$

$$D_T = \dot{D} \times t$$

donde:

$\dot{D}_T$ es la tasa de dosis absorbida

D_T es la dosis absorbida a la profundidad de 7 mg/cm^2 en mGy.

FCD es el factor de conversión dosimétrica $\frac{mGy/h}{Bq/cm^2}$

C_a es la actividad en Bq en el área monitorizada en Bq/cm^2.

t es el tiempo de exposición en hora.

$\dot{D}$ es la dosis absorbida impartida por unidad de tiempo, expresada en Gy / h, μGy / h o mGy / s.

6.7.3.4. La frecuencia de la monitorización de la contaminación radiactiva cutánea dependerá de la complejidad de las operaciones con el uso de fuentes abiertas y deberá estar perfectamente definida en el Programa de Protección Radiológica (PPR) del titular autorizado.

6.7.3.5. En caso de derrames o accidentes radiológicos que involucren fuentes abiertas es obligatorio la monitorización de la contaminación radiactiva cutánea de acuerdo a lo previsto en la presente norma.

6.8. Resultados de la monitorización radiológica individual del TOE

6.8.1. Las dosis ocupacionales del TOE, informadas por las empresas e instituciones prestadoras de los servicios de dosimetría personal, ya sea periódicamente o de forma excepcional, deben ser gestionadas de forma conjunta entre el OSR y el servicio de medicina ocupacional adscrito al SSST bien sea propio o mancomunado contratado por el empleador o titular autorizado tipo 1 o tipo 2, e incorporadas a la historia médica ocupacional.

6.8.2. Los resultados de la monitorización radiológica individual del TOE son estrictamente personales; cada TOE tendrá su historial dosimétrico individualizado que debe ser incorporado a la historia médica ocupacional, actualizada y resguardada por el servicio de medicina ocupacional adscrito al SSST bien sea propio o mancomunado contratado por el empleador o titular autorizado tipo 1 o tipo 2.

6.8.3. Los trabajadores calificados como TOE tienen el derecho de obtener del servicio de medicina ocupacional adscrito al SSST bien sea propio o mancomunado contratado por el empleador o titular

PROYECTO DE NORMA

autorizado tipo 1 o tipo 2, toda la información acerca de los resultados de la monitorización radiológica individual concernientes al trabajador.

6.8.4. Los resultados de la monitorización radiológica individual son confidenciales frente a terceros, los cuales sólo podrán comunicarse a éstos, previa autorización del trabajador salvo aquella que sea requerida por los delegados de prevención, las autoridades judiciales, las autoridades competentes en materia de energía atómica, salud o los órganos de gestión en materia de seguridad y salud en el proceso social del trabajo.

6.8.5. El registro del historial dosimétrico del TOE comprende los resultados de la evaluación de:

6.8.5.1. La exposición externa, mensual, anual y total vida, para radiación penetrante y no penetrante, en los términos de dosis equivalente personal $H_p(10)$ y radiación poco penetrante $H_p(0{,}07)$ respectivamente.

6.8.5.2. En el caso de la monitorización de extremidades, la exposición externa, mensual, anual y total vida, para radiación poco penetrante, se determina en términos de dosis equivalente personal $H_p(0{,}07)$.

6.8.5.3. En el caso de la monitorización del cristalino, la exposición a radiación externa, mensual, anual y total vida, se determina en término de dosis equivalente personal $H_p(3)$.

6.8.5.4. La exposición a radiación interna en los términos de dosis efectiva comprometida $E(50)$ y dosis equivalente comprometida en los órganos $H_T(50)$ en cada periodo de monitorización, el modelo biocinético utilizado, el método empleado para la determinación de la actividad, bien sea directo *in vivo* o indirecto *in vitro,* y el código informático de cálculo.

6.8.5.5. La exposición a radiación externa y radiación interna, de aquellos TOE involucrados en las acciones de protección y salvamento en situaciones de emergencia radiológica.

6.8.6. En el caso de exposición externa en campos de radiación mixtos, conformados por radiación gamma y neutrones, los resultados de las evaluaciones dosimétricas deben indicar los valores de dosis equivalente personal $H_p(10)$ por radiación penetrante para cada tipo de radiación por separado.

6.8.7. A los fines de verificar el cumplimiento de los límites de dosis, las evaluaciones de la dosis equivalente personal $H_p(10)$ para radiación penetrante por radiación gamma y neutrones, deben ser sumadas.

6.8.8. Los resultados de las evaluaciones de dosis equivalente personal $H_p(0{,}07)$ en extremidades y dosis equivalente $H_p(3)$ en cristalino, deben mantenerse en registros separados del historial dosimétrico relacionado con las dosis equivalente personal $H_p(10)$ por radiación penetrante y dosis equivalente personal $H_p(0{,}07)$ para radiación poco penetrante.

6.8.9. Cuando a un TOE se le asigne más de un dosímetro para la monitorización radiológica individual de la dosis recibida en distintas zonas del cuerpo, el registro del historial dosimétrico debe identificar de manera clara e inequívoca la localización específica de cada dosímetro durante su uso.

EJEMPLO:
a) Dosímetro de torso o delantal: dosímetro ubicado en el torso, debajo del delantal plomado.
b) Dosímetro en superficie o tiroides: dosímetro ubicado a nivel del cuello sobre el delantal o protector plomado de tiroides.

PROYECTO DE NORMA

c) Dosímetro de extremidad superior: dosímetro ubicado en la muñeca o el dedo de la mano más expuesta.
d) Dosímetro de extremidad inferior, dosímetro ubicado en la pierna más expuesta y sin protección.
e) Dosímetro de Cristalino: dosímetro ubicado a nivel del ojo o en la frente.
f) Dosímetro abdominal: dosímetro ubicado en el abdomen para la dosimetría del embrión de la TOE embarazada.

6.8.10. Los registros correspondientes a la evaluación de las dosis de cada TOE deben mantenerse actualizados durante su vida laboral y conservarse posteriormente hasta que el trabajador alcance la edad de 75 años, garantizando un periodo de retención no menor a 30 años tras la finalización de la relación laboral.

6.8.11. Las entidades de trabajo y las instituciones prestadoras de servicios de dosimetría personal deben garantizar el cumplimiento de las disposiciones sobre la conservación de registros establecidos en el apartado 6.8.10.

6.8.12. El servicio de medicina ocupacional adscrito al SSST bien sea propio o mancomunado contratado por el empleador o titular autorizado tipo 1 o tipo 2, debe implementar un sistema de gestión de dosis de la entidad de trabajo donde conste:

6.8.12.1. El promedio mensual de las dosis individuales del TOE, tanto para la dosis equivalente personal *H*p(10) para radiación penetrante, como para la dosis equivalente personal *Hp*(0,07) para radiación poco penetrante.

6.8.12.2. El promedio mensual de la dosis efectiva colectiva (S), tanto para la dosis equivalente personal *H*p(10) para radiación penetrante, como para la dosis equivalente personal *H*p(0,07) para radiación poco penetrante.

6.8.12.3. La ocurrencia mensual de la superación de un Nivel de Investigación (NI).

PROYECTO DE NORMA

BIBLIOGRAFÍA

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA. 2007, 3 de enero. *Reglamento Parcial de la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo.* Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 38.596. http://www.inpsasel.gob.ve/.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (OIEA). 2022. *Protección Radiológica Ocupacional. Guía de Seguridad General N^{0}. GSG-7*. Viena: OIEA.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (OIEA). 2016. *Protección Radiológica y seguridad de las Fuentes de Radiación: Normas Básicas Internacionales de Seguridad*. Viena: OIEA.

ICRP. 2008. *Las recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica*. ICRP Publicación 103. Madrid: Senda Editorial.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS (ICRU). 1988. *Determination of dose equivalents from external radiation sources*. ICRU Report 43, part 2. Maryland (USA).

NATIONAL COUNCIL ON RADIATION ON PROTECTION AND MEASUREMENTS (NCRP). 1995. *Use of Personal Monitors to Estimate Effective Dose Equivalent Dose and Effective Dose To Workers for External Exposure To Low-Let Radiation*, Report No. 122.

ISO 16637:2016 *Radiological Protection. Monitoring and internal dosimetry for staff members exposed to medical radionuclides as unsealed sources.*

COVENIN 2257:2024. *Instalaciones de radiaciones ionizantes. Parte 1: clasificación, delimitación y señalización de ambientes de trabajo. Requisitos.* Caracas.

PROYECTO DE NORMA

ANEXO A (Normativo)

TABLA A.1. Tipos de absorción para fases y vapores en el tracto respiratorio

Tipo de absorción	Periodos biológicos	Ejemplos
Tipo F	100 % absorbido con un período de 10 min. Hay absorción rápida de casi todo el material depositado en BB[a], bb[b] y AI[c]. La mitad del material depositado en ET_2[d] se deriva al tracto gastrointestinal por transporte de partículas, la otra mitad es absorbida.	Todos los compuestos de cesio y yodo.
Tipo M	10 % absorbido con un período biológico de 10 min. y 90 % con uno de 140 días. Hay absorción rápida de aproximadamente el 10 % del depósito en BB[a] y en bb [b] y 5 % del material depositado en ET_2[d] cerca del 70 % del depósito en AI[c] a la larga llega los fluidos del cuerpo por absorción.	Todos los compuestos de radio y americio.
Tipo S	0.1 % absorbido con un período de 10 min. y 99.9 % con uno de 7 000 días. Hay poca absorción desde ET[e], BB[a], bb [b] y cerca del 10 % del depósito en AI[c] a la larga llega a los fluidos del cuerpo por absorción.	Compuestos insolubles del uranio y del plutonio.

[a] BB vía torácica
[b] bb bronquiolos
[c] AI alveolares intersticiales
[d] ET_2 vías extratorácicas
[e] ET vías extratorácicas, tracto nasal anterior.

[FUENTE: Elaboración propia del Subcomité Técnico de Normalización SC4 Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación, adscrito al CT6 Higiene, Seguridad y Protección].

PROYECTO DE NORMA

ANEXO B (Normativo)

TABLA B.1. Valores de las fracciones de retención m(t) Bq Bq^{-1} en tiroides obtenidos para el I-131, a partir del modelo biocinético del tracto respiratorio para partículas con una *DAMA* de 5 µm y absorción tipo F

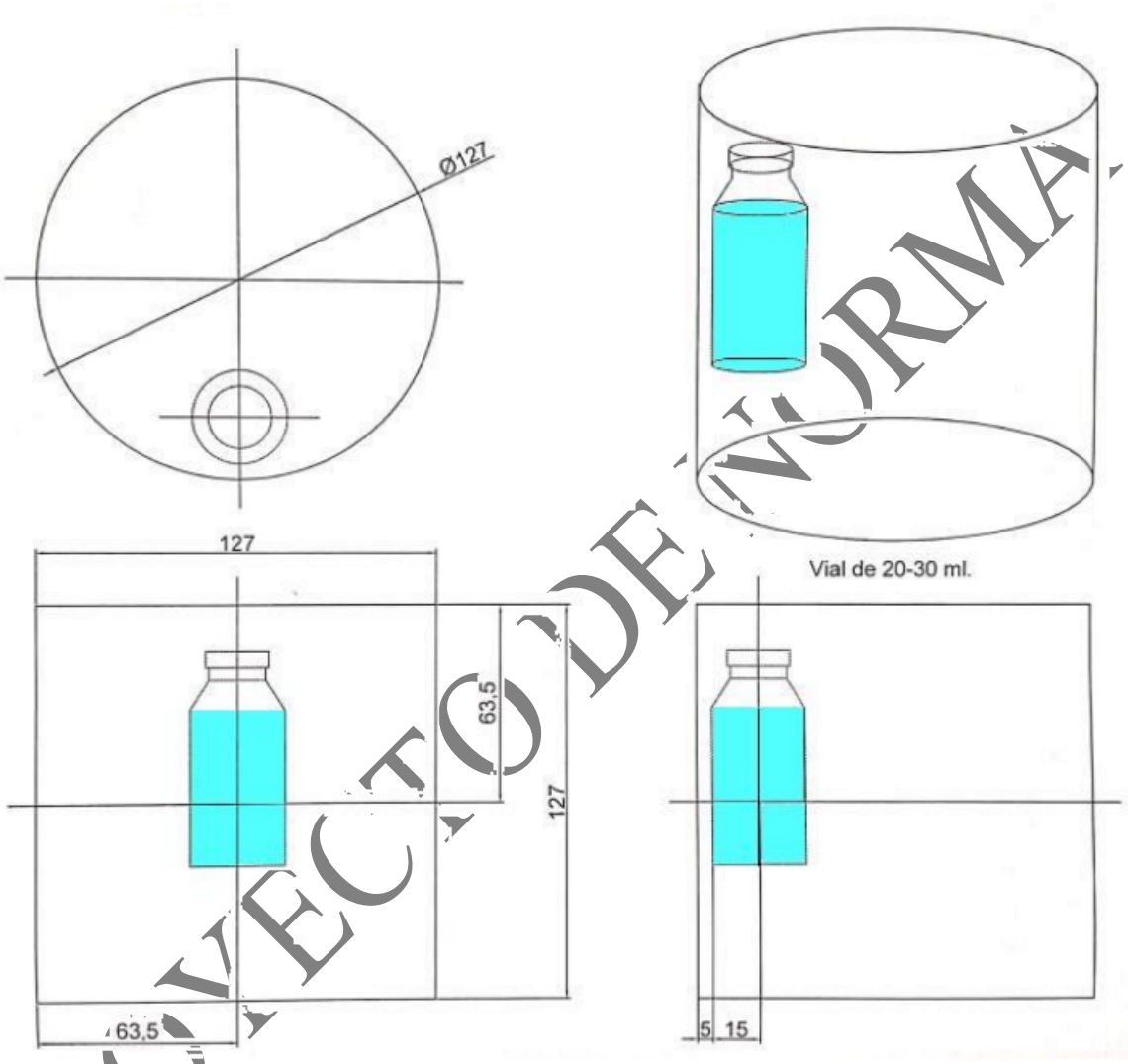
Fracciones de retención en tiroides m(t) Bq Bq^{-1}		
Días después de la incorporación (d)	**m(t) ICRP 78**	**m(t) ICRP 137**
1	2.3×10^{-1}	2.6×10^{-1}
2	2.2×10^{-1}	2.5×10^{-1}
3	2.0×10^{-1}	2.3×10^{-1}
4	1.9×10^{-1}	2.1×10^{-1}
5	1.7×10^{-1}	1.90×10^{-1}
6	1.5×10^{-1}	1.70×10^{-1}
7	1.4×10^{-1}	1.60×10^{-1}
8	1.3×10^{-1}	1.40×10^{-1}
9	1.2×10^{-1}	1.30×10^{-1}
10	1.1×10^{-1}	1.20×10^{-1}

[FUENTE: Elaboración propia del Subcomité Técnico de Normalización SC4 Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación, adscrito al CT6 Higiene, Seguridad y Protección a partir de las publicaciones 78 y 137 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)].

PROYECTO DE NORMA

ANEXO C (Normativo)

Maniquí de cuello de polimetil metacrilato (PMMA OIEA/ANSA) de 12.7 cm de alto x 12.7 cm de ancho, que permita la ubicación de un vial de 20-30 ml con una solución estándar de ^{133}Ba o ^{131}I.



[FUENTE: Tomado de la Red de Optimización de Protección Radiológica Ocupacional en Latinoamérica y el Caribe (REPROLAM). Guías para el Control *in situ* de la Exposición Interna al I-131].

PROYECTO DE NORMA