



ASESORÍA JURÍDICA
DEPARTAMENTO SALUD OCUPACIONAL
LAR / PMA / FSM / CNA

APRUEBA PROTOCOLO PARA LA EVALUACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO CON EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES ASOCIADAS A PRÁCTICAS CON TÉCNICAS FLUOROSCÓPICAS DE USO MÉDICO.

RESOLUCIÓN EXENTA N° 03015 23.12.2020

SANTIAGO,

VISTOS estos antecedentes; la providencia interna 2872, de fecha 9 de diciembre de 2020, de la Jefa (S) de Asesoría Jurídica; la providencia 1858, de fecha 2 de diciembre de 2020, del Director (S) del Instituto de Salud Pública de Chile; el memorándum 368, de fecha 30 de noviembre de 2020, del Jefe del Departamento de Salud Ocupacional; el memorándum 36, de fecha 23 de noviembre de 2020, del Jefe del Subdepartamento de Ambientes Laborales, y

CONSIDERANDO

PRIMERO: Que, de acuerdo al artículo 57 del D.F.L. N° 1, de 2005, que "Fija el Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado del Decreto Ley N° 2.763, de 1979, y de las Leyes N° 18.933 y N° 18.469", el Instituto de Salud Pública de Chile es el *"laboratorio nacional y de referencia en los campos de la microbiología, inmunología, bromatología, farmacología, imagenología, radioterapia, bancos de sangre, laboratorio clínico, contaminación ambiental y salud ocupacional y desempeñará las demás funciones que le asigna la presente ley"*.

En este contexto, y como laboratorio de referencia en materia de salud ocupacional, corresponde ejercer las atribuciones legales conferidas para su control, lo que incluye al universo de elementos utilizados para la protección de la vida y seguridad de los trabajadores.

SEGUNDO: Que, la fluoroscopia es una técnica que consiste en la obtención de imágenes con rayos-x en tiempo real, existiendo diferentes configuraciones de equipos que disponen de esta capacidad, los que se diseñan y usan con diferentes fines pudiendo estos ser diagnósticos y, en otras ocasiones, terapéuticos.

En estas prácticas es frecuente encontrar las mayores exposiciones a radiaciones ionizantes en el ámbito laboral del país, así como también, exceptuando las prácticas como la radioterapia y algunos procedimientos de medicina nuclear, es habitual que se den también las mayores exposiciones para los pacientes.

Debido a la complejidad de estos procedimientos es habitual que el número de trabajadores ocupacionalmente expuestos sea un alto número, por lo que resulta necesario disponer de un procedimiento estandarizado para determinar los niveles de exposición de los diferentes trabajadores involucrados en estas prácticas. Lo anterior, a fin de establecer una metodología estandarizada de medición para estimar los niveles de dosis por rayos x, en puestos de trabajo que guarden relación con procedimientos de fluoroscopia de uso médico.

TERCERO: Que, a fin de lograr los objetivo estratégico enunciado en la consideración precedente, se hace necesario aprobar mediante resolución el protocolo para la evaluación de puestos de trabajo con exposición a radiaciones ionizantes asociadas a prácticas con técnicas fluoroscópicas de uso médico, por lo que

TENIENDO PRESENTE lo dispuesto en la Ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado; lo prescrito en la Ley N° 19.880 que “Establece Bases de los Procedimientos Administrativos que Rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado”; lo señalado en los artículos 59 letra b), 60 y 61 del Decreto con Fuerza de Ley N° 1, de 2005, que fija el texto refundido, coordinado y sistematizado del Decreto Ley N° 2763 y de las Leyes N° 18.933 y N° 18.469; lo prescrito en los artículos 8 y 10 letra a) del Decreto Supremo N° 1222, de 1996, del Ministerio de Salud, que aprueba el Reglamento del Instituto de Salud Pública de Chile; lo previsto en la Resolución Exenta N° 7, de 2019, de la Contraloría General de la República; y las facultades que me confiere el Decreto Supremo N° 51, de 2020, del Ministerio de Salud, dicto la siguiente

RESOLUCIÓN

1.- APRUÉBASE el “Protocolo para la evaluación de puestos de trabajo con exposición a radiaciones ionizantes asociadas a prácticas con técnicas fluoroscópicas de uso médico”, cuyo íntegro tenor es el siguiente:

“PROTOCOLO PARA LA EVALUACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO CON EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES ASOCIADAS A PRÁCTICAS CON TÉCNICAS FLUOROSCÓPICAS DE USO MÉDICO.

Diciembre, 2020
Versión 2.0

Editor Responsable:

Alfonso Espinoza Leyton, Sección de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes, Instituto de Salud Pública.

Revisor:

Juan Alcaíno Lara, Jefe de Subdepartamento de Ambientes Laborales.

Para citar el presente documento:

Instituto de Salud Pública de Chile, Protocolo para la evaluación de puestos de trabajo con exposición a radiaciones ionizantes asociadas a prácticas con técnicas fluoroscópicas de uso médico.

2020, Versión 2.0.

Para consultas o comentarios se solicita ingresar a la página del Instituto de Salud Pública de Chile, www.ispch.cl, a la sección OIRS. Link directo: <http://www.ispch.cl/oirs/>.

1	Presentación	.....	4
2	Objetivo	.....	4
3	Alcance	.....	5

4	Marco legal	.....	6
5	Materiales, insumos y equipos	.....	6
6	Procedimiento de medición	.....	8
7	Recomendaciones técnicas	.....	12
8	Bibliografía	.....	12
9	Participantes	.....	13
	Anexos	.....	14

1. PRESENTACIÓN.

La fluoroscopia es una técnica que consiste en la obtención de imágenes con rayos x en tiempo real. Hay diferentes configuraciones de equipos que disponen de esta capacidad, los que se diseñan y usan con diferentes fines, a veces sólo con fines diagnósticos y en otras ocasiones, con fines terapéuticos.

En estas prácticas es donde frecuentemente se pueden encontrar las mayores exposiciones a radiaciones ionizantes en el ámbito laboral del país. Así mismo, exceptuando las prácticas como la radioterapia y algunos procedimientos de medicina nuclear, es habitual que se den también las mayores exposiciones para los pacientes.

De esta manera, debido a lo complejo de los procedimientos, es habitual que los equipos de personas, por lo tanto, de individuos que han de ser considerados trabajadores ocupacionalmente expuestos, sean bastante numerosos, a diferencia de otras prácticas donde lo usual es que sea sólo una o dos personas.

Con el fin de disponer de un procedimiento estandarizado para determinar los niveles de exposición de los diferentes trabajadores involucrados en estas prácticas es que se conformó un comité de expertos pertenecientes a diferentes instituciones con competencia en la materia, todo ello en virtud de lo establecido en el segundo inciso del Artículo 3, del D.S. N°3, de 1985, del Ministerio de Salud, que establece que el Instituto de Salud Pública tendrá el carácter de laboratorio nacional y de referencia en las materias a que se refiere este reglamento y que le corresponderá, asimismo, fijar los métodos de análisis, procedimientos de muestreo y técnicas de medición orientadas al personal expuesto.

Finalmente, el presente protocolo indica una metodología para estimar la exposición ocupacional a radiaciones ionizantes en este tipo de prácticas con magnitudes comparables con los límites de dosis establecidos en el país, permitiendo también hacer comparaciones con referencias internacionales u otros criterios que se puedan utilizar, de acuerdo al objetivo de la evaluación propuesta.

2. OBJETIVO.

Establecer una metodología estandarizada de medición para estimar los niveles de dosis por rayos x, en puestos de trabajo que guarden relación con procedimientos de fluoroscopia de uso médico.

3. ALCANCE.

3.1 ALCANCE TEÓRICO.

Son variados los usos de la fluoroscopia, para ello hay equipos que utilizan configuraciones que van orientadas fundamentalmente a procedimientos diagnósticos, hasta aquellos destinados y configurados predominantemente a la realización o asistencia de procedimientos terapéuticos.

El presente protocolo está diseñado para evaluar los diferentes puestos de trabajo que tengan una relación directa con la práctica, como también aquellos puestos que puedan estar asociados a la misma, aun cuando no guarden una relación directa con la actividad.

También puede ser utilizado con equipos con más de un tubo de rayos x, en la medida que las distintas condiciones definidas se cumplan al menos para uno de los tubos.

Se debe tener presente que, este protocolo busca entregar cifras que constituyen una estimación de los niveles de dosis de los trabajadores involucrados en la práctica. Además, este protocolo puede ser utilizado también para abordar las diferentes modalidades de uso de los equipos y los diferentes procedimientos realizados. Claramente con esto último se mejorará la estimación de los niveles de dosis, sin embargo, la decisión de realizarse debe ser ponderada en función del objetivo propuesto para cada evaluación.

Se debe considerar que todas las estimaciones realizadas con este protocolo están sujetas a la generación de una serie de condiciones con las cuales se pretende simular escenarios mensuales, trimestrales o anuales, las cuales pueden acercarse a la situación real de exposición, por lo tanto, cualquier comparación de estos resultados con la información entregada por distintos dispositivos de dosimetría personal se debe efectuar con las debidas precauciones.

Bajo ninguna circunstancia se deben realizar las evaluaciones establecidas en el presente protocolo con pacientes, para esto se deben utilizar algunos de los simuladores indicados en punto 5 del presente documento.

3.2 POBLACIÓN OBJETIVO.

Trabajadores que se exponen a radiaciones ionizantes asociadas a prácticas de fluoroscopia de uso médico con fines diagnósticos o terapéuticos.

3.3 POBLACIÓN USUARIA.

Instituciones públicas, organismos administradores de la Ley N°16.744, u otras personas o entidades que realicen estas evaluaciones.

4. MARCO LEGAL.

- a) D.F.L. N° 1, de 2005, del Ministerio de Salud.*
- b) Ley N° 16.744.*
- c) Decreto Supremo N° 1222, de 1996, del Ministerio de Salud.*
- d) Decreto Supremo N° 133, de 1984, del Ministerio de Salud.*

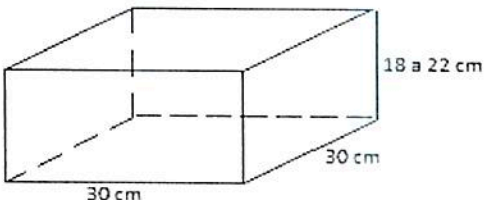
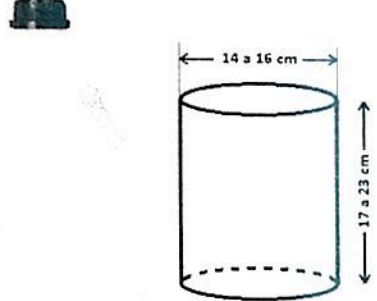
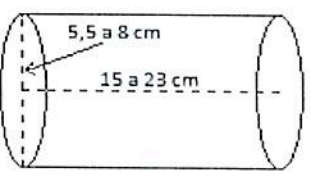
e) Decreto Supremo N° 3, de 1985, del Ministerio de Salud.

5. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS.

a) Cámara de Ionización:

- Volumen mínimo de 200 cc para aquellas presurizadas o un volumen mínimo 340 cc para aquellas no presurizadas.
- Tiempos de respuesta inferiores a 5 segundos.
- Detección de fotones entre 25 keV hasta 250 keV por lo menos.
- Calibración referida a la magnitud Dosis Equivalente Ambiental, es decir, $H^*(10)$.
- Capacidad para medir tanto en modo de dosis integrada como en modo de tasa de dosis.
- Se debe tener la calibración del detector al menos para una energía de 71 kV.

b) Fantoma o simulador de la estructura irradiada en el procedimiento a evaluar. Preferir los que puedan estar disponibles en la instalación, como los que se utilicen para pruebas de calidad o simuladores antropométricos. En caso de no tener, utilizar alguno de los siguientes:

Estructura irradiada	Simulador	Ejemplo
Tórax, abdomen y pelvis	Contenedor plástico con agua que contenga un paralelepípedo de espesor entre 18 y 22 cm, largo y ancho con dimensiones mínimas de 30 cm.	
Cabeza	Contenedor plástico de 5 litros con agua que contenga un cilindro con las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> • Alto de 17 a 23 cm. • Diámetro de 14 a 16 cm. 	
Extremidades	Contenedor cilíndrico plástico con agua cuyas dimensiones interiores estén en este rango de longitud entre 15 a 23 cm y diámetro de 5,5 a 8 cm.	

Nota: Estas dimensiones, estructuras y materiales se han determinado por similitud a los simuladores utilizados en protocolos de control de calidad, así mismo, se han realizado pruebas en términos de su comportamiento similar cuando se trata de radiación dispersa.

c) Delantal plomado o de otro material, así mismo, otro elemento utilizado para proteger el cuerpo del trabajador. El que se utilice en el puesto de trabajo.

- d) *Dispositivo para montar el delantal. Se sugiere portasueros y gancho para colgar el delantal.*
- e) *Cinta métrica o distanciómetro.*
- f) *Medidor de tiempo de exposición.*

6. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN.

6.1. METODOLOGÍA.

- a) *Confeccionar un plano o croquis de la sala con sus dimensiones y las áreas adyacentes, representando las condiciones existentes al momento de la evaluación. Se deberá identificar:*
 - *Elementos relevantes relacionados con el puesto de trabajo, tales como la orientación o ubicación del equipo, también otros elementos que pudieran ser importantes en lo que concierne a la protección radiológica. Por ejemplo, biombos, intensificadores de imagen, pantallas protectoras, etc.*
 - *Incluir, si corresponde, salas de comando u otras relacionadas directamente con la práctica.*
 - *Puesto de trabajo definido para la evaluación, especificar distancias referenciales.*
- b) *Descripción completa del o los elementos de protección personal utilizados en el puesto de trabajo evaluado, cuando corresponda. Especificar:*
 - *Tipo de elemento, ejemplo delantal tipo pechera o tubular, chaqueta, faldón, etc.*
 - *Marca.*
 - *Modelo.*
 - *Números de serie.*
 - *Año de fabricación.*
 - *Espesor equivalente de atenuación en plomo.*
 - *Talla.*
 - *Condiciones y forma de almacenamiento. Ejemplo, colgado en gancho en rack de muro.*
 - *Evaluación cualitativa.*
- c) *Descripción de barreras atenuadoras de radiación relacionadas con el puesto de trabajo en estudio.*

6.2 PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL EQUIPO DE RAYOS X.

Para la presente evaluación, el manejo del equipo de rayos x debe ser realizado por su operador habitual. En el puesto de trabajo se evaluará el procedimiento más frecuente o el escogido de acuerdo al objetivo propuesto utilizando el simulador que corresponda, de acuerdo a la zona irradiada.

- a) *Utilizar los parámetros de operación habituales del equipo. Registrar y describir los parámetros de la técnica utilizada, tales como kV, mA, tiempo de exposición, modo pulsado o continuo, características de pulsos, orientación del o los tubos de rayos x, etc.*

- b) Utilizar el tamaño de campo de radiación habitual (colimación) del procedimiento evaluado. Registrar el utilizado.

6.3. MEDICIONES.

- a) Colocar el simulador seleccionado sobre la camilla o mesa de examen en la posición y distancia habituales. En el caso de utilizarse el paralelepípedo disponer la cara de 30x30 cm al haz de radiación, en el caso de los simuladores cilíndricos disponer su eje en forma horizontal en el sentido de la mesa de examen. En el caso de utilizarse simuladores de calidad, ubicarlos de acuerdo a la posición normal del paciente y a las especificaciones técnicas del mismo.

- b) De acuerdo a las dosis de interés en la evaluación, se deben realizar las siguientes acciones:

- Si lo que se busca es estimar la dosis efectiva (cuerpo entero), ubicar la cámara de ionización en el puesto de trabajo a la altura y posición del tórax del trabajador, montando el elemento de protección personal utilizado para proteger el cuerpo del trabajador en el dispositivo descrito en punto 5 letra d, considerando las condiciones, posición y orientación habitual que demanda el puesto de trabajo evaluado.

Si adicionalmente es de interés conocer antecedentes respecto de la eficacia del elemento de protección, repita esta medición con la cámara de ionización en el mismo punto y con idénticas condiciones, en este caso, retirando el elemento de protección personal.

- Si lo que se busca es estimar la dosis equivalente en un órgano o tejido, ubicar la cámara en el puesto de trabajo a la altura y posición del órgano o tejido de interés a evaluar en el trabajador, tales como tiroides, extremidades o cristalino.
- c) En cada caso, orientar la cámara de ionización con la superficie más sensible a la radiación, según lo especificado por el fabricante de esta, en la dirección desde donde se genera la mayor exposición hacia el punto evaluado.
- d) Utilizar la cámara de ionización en modo de dosis integrada.
- e) Solicitar al operador del equipo realizar la emisión de radiación por 10 segundos. Si no se logra sensibilizar la cámara a un nivel de diez veces la unidad mínima de acumulación en este tiempo, utilizar tiempos de hasta 30 segundos. Si la condición persiste, hacer las mediciones en modo de tasa de dosis instantánea generando radiación por 10 segundos.
- f) Para las mediciones efectuadas en modo de dosis integrada se observará que descontar la radiación de fondo será irrelevante, por lo que, se deberá descontar sólo para aquellas situaciones en las que se debió medir en modalidad de tasa de dosis.
- g) Repetir cada una de estas mediciones una segunda vez para posteriormente trabajar con las lecturas más altas obtenidas en cada caso. En el caso de que se detecten significativas diferencias en las lecturas, las cuales pueden deberse a algún mal funcionamiento o uso de la cámara de ionización o a la existencia de algún otro problema. Ante esta situación, considerar repetir las mediciones o revisar cualquier otro aspecto relevante.

- h) Registrar el kV y el mA o mAs, según corresponda, con la información entregada por el equipo.
- i) Anotar los datos de los parámetros de operación de la cámara de ionización (incluyendo los datos de calibración), y los de la magnitud y unidades de lectura utilizadas.
- j) Medir y registrar distancias entre la superficie del simulador e intensificador de imagen o flat panel. Registrar además la distancia entre el tubo y la superficie más cercana de la camilla.

6.4 CÁLCULOS.

Se determinará una tasa de dosis a utilizar para cualquier estimación posterior con la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de Dosis} \left[\frac{\mu\text{Sv}}{\text{min}} \right] = \frac{\text{Lectura}[\mu\text{Sv}]}{\text{Tiempo de Emisión de Radiación}[\text{s}] \times \frac{1}{60} \left[\frac{\text{min}}{\text{s}} \right]} \times F_c \quad (1)$$

Dónde:

Lectura: Es el valor de dosis integrada entregada por la cámara de ionización expresada en μSv .

Factor de calibración de la cámara de ionización (F_c): Utilizar el valor correspondiente para la calibración de 71 kV.

Por otro lado, en la situación en que se debió hacer mediciones de Tasa de Dosis, en vez de la Formula N° 1, se utilizará la fórmula siguiente:

$$\text{Tasa de Dosis} \left[\frac{\mu\text{Sv}}{\text{min}} \right] = \frac{\text{Lectura} \left[\frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}} \right]}{60 \left[\frac{\text{min}}{\text{h}} \right]} \times F_c \quad (2)$$

Dónde:

Lectura: Es el valor de tasa de dosis entregada por la cámara de ionización expresada en $\mu\text{Sv/h}$.

Factor de calibración de la cámara de ionización (F_c): Utilizar el valor correspondiente para la calibración de 71 kV.

Con la tasa anteriormente obtenida se podrán realizar estimaciones de las dosis acumuladas anualmente considerando los tiempos de exposición anual en el puesto de trabajo evaluado.

$$\text{Dosis} \left[\frac{\text{mSv}}{\text{año}} \right] = \text{Tasa de Dosis} \left[\frac{\mu\text{Sv}}{\text{min}} \right] \times \left[\frac{1 \text{ mSv}}{1000 \mu\text{Sv}} \right] \times \text{Tiempo de Exposición Anual} \left[\frac{\text{min}}{\text{año}} \right] \quad (3)$$

Tiempo de Exposición Anual se puede obtener de:

$$\text{Tiempo de Exposición Anual} \left[\frac{\text{min}}{\text{año}} \right] = TP[\text{min}] \times N \left[\frac{\text{procedimientos}}{\text{semana}} \right] \times SA \left[\frac{\text{semana}}{\text{año}} \right] \quad (4)$$

Dónde:

TP: Tiempo total de emisión de radiación que demanda el procedimiento evaluado en minutos.

N: Es el número de veces que se realiza el procedimiento por semana.

SA: El número de semanas que se realiza el trabajo al año. Comúnmente se utiliza que en el año se trabajan 50 semanas.

6.5. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

- a) *El valor obtenido será la dosis que la práctica puede implicar anualmente en el puesto de trabajo evaluado, sin embargo, se recomienda utilizar dicho resultado con criterio, ya que para estos puestos puede resultar habitual que existan otras fuentes de exposición a radiaciones ionizantes, y así mismo, puede ser que dicho puesto sea ocupado por diferentes trabajadores durante el mismo año.*
- b) *En las situaciones en que se realicen evaluaciones en puestos de trabajo aplicando el elemento de protección personal, los resultados obtenidos deben ser interpretados como un indicador del efecto del elemento en un puesto y condición específica, y no deben ser considerados como una determinación directa de la eficacia de atenuación del elemento de protección utilizado. La determinación de dicha propiedad se obtiene con ensayos específicos que no son materia del presente protocolo.*

7. RECOMENDACIONES TÉCNICAS.

Los evaluadores que aplican este protocolo deben tener las competencias técnicas, capacitación y entrenamiento en la operación de detectores de radiación y conocimientos en seguridad y protección radiológica, así mismo, deberán cumplir lo establecido en la regulación vigente. Lo anterior, permite que los evaluadores determinen, en cada caso, la utilización de las diferentes medidas de protección radiológica operacional pertinentes.

8. BIBLIOGRAFÍA.

- a) *ICRP 2007, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 103.*
- b) *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, European Commission, Food and Agriculture Organization of United Nations, International Atomic Energy Agency, International Labour Organization, OECD Nuclear Energy Agency, Pan American Health Organization, United Nations Environment Programme, World Health Organization, IAEA Safety Standards Series N°. GRS Part 3, 2014.GSR Part 3.*
- c) *IAEA, Safety Standard Series N° GSG 7, Occupational Radiation Protection, 2018.*
- d) *IAEA, Implications for Occupational Radiation Protection of the New Dose Limit for the Lens of the Eye, TEC DOC 1731, 2013.*
- e) *ICRP 116, Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures, 2010.*
- f) *ICRU Report 57, Conversion Coefficients for use in Radiological Protection. Against External Radiation, 1998.*
- g) *IAEA, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series 115, 1996.*

- h) IAEA, Protocolos de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, ARCAL XLIX, 2001.*
- i) IAEA, Guía Reguladora de Seguridad Radiológica para la práctica de Radiodiagnóstico Médico, ARCAL XX. 1997-2000.*

9. PARTICIPANTES.

Agradecemos la participación y contribución del Comité de Expertos conformado por:

- a) Otto Delgado Ramos, Jefe de Sección de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes, ISP.*
- b) Alfonso Espinoza Leyton, Sección de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes, ISP.*
- c) Oscar Edding Munizaga, Sección de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes, ISP.*
- d) Cristóbal Guerrero Lara, Sección de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes, ISP.*
- e) Boris Torres Cofré, Representante Departamento de Salud Ocupacional, Ministerio de Salud.*
- f) Norma Carreño Palacios, Representante Departamento de Salud Ocupacional, Ministerio de Salud.*
- g) Jaime Villarroel Galindo, Representante Secretaría Regional Ministerial de Salud Región Metropolitana.*
- h) Sandra Poblete Sánchez, Instituto de Seguridad del Trabajo.*
- i) Esteban Villarroel Cantillana, Asociación Chilena de Seguridad.*

ANEXOS

ANEXO A: ASPECTOS MÍNIMOS QUE DEBE CONSIDERAR EL INFORME.

El informe debe contener al menos lo siguiente:

- a) Resumen.*
- b) Contexto.*
- c) Descripción general de los procedimientos realizados.*
- d) Individualización de las personas intervinientes en la evaluación e informe.*
- e) Objetivos.*
- f) Metodología.*
- g) Instrumentación.*
- h) Datos de la instalación.*
- i) Resultados.*
- j) Análisis de resultados.*
- k) Conclusiones.*
- l) Recomendaciones.*

ANEXO B: PROPUESTA DE TABLA PARA RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

B.1 Datos:

B.1.1. Para mediciones de Dosis Integrada y estimación de dosis efectiva:

Procedimiento	Estructura irradiada	Técnica			Tamaño de campo [cm]	Distancia simulador intensificador [cm]	Distancia tubo camilla [cm]
		kV	mA	Tiempo de emisión [s]			

Tiempo total del procedimiento [min]	Ancho de Pulsos [ms]	FPS o Pulsos por segundo [1/s]	Número de Procedimientos por semana

Punto de medición	Lectura 1 con EPP $H^*(10)$ [μ Sv]	Lectura 2 con EPP $H^*(10)$ [μ Sv]	Lectura 1 sin EPP $H^*(10)$ [μ Sv]	Lectura 2 sin EPP $H^*(10)$ [μ Sv]

B.1.2. Para mediciones de Dosis Integrada y estimación de dosis equivalente en órgano o tejido:

Procedimiento	Estructura irradiada	Técnica			Tamaño de campo [cm]	Distancia simulador intensificador [cm]	Distancia tubo camilla [cm]
		kV	mA	Tiempo de emisión [s]			

Tiempo total del procedimiento [min]	Ancho de Pulsos [ms]	FPS o Pulsos por segundo [1/s]	Número de Procedimientos por semana

Punto de medición	Lectura 1 $H^*(10)$ [μ Sv]	Lectura 2 $H^*(10)$ [μ Sv]

B.1.3. Para mediciones de Tasa de Dosis, utilizada sólo para niveles de tasas de dosis que no superan el criterio de sensibilización de la cámara de ionización con tiempos de 30 segundos:

Procedimiento	Estructura irradiada	Técnica			Tamaño de campo [cm]	Distancia simulador intensificador [cm]	Distancia tubo camilla [cm]
		kV	mA	Tiempo de emisión [s]			

Tiempo total del procedimiento [min]	Ancho de Pulsos [ms]	FPS o Pulsos por segundo [1/s]	Número de Procedimientos por semana

Punto de medición	Lectura 1 \dot{H}^*10 [$\mu\text{Sv/h}$]	Lectura 1 \dot{H}^*10 [$\mu\text{Sv/h}$]

Nota: En este caso se propone, a diferencia de las tablas en B.1.1, obtener lecturas sólo sin elementos de protección personal, ya que se estima que esta situación sólo se requerirá para puestos de trabajo que se encuentran fuera de la sala que aloja el equipo de rayos x, para puestos en los cuales efectivamente no se contempla la utilización de elementos de protección personal o en los cuales se puede asumir que el trabajador se encuentra en un campo de radiación relativamente homogéneo, por lo que, no habría significativas diferencias para las distintas partes del cuerpo. De no aplicar lo antes indicado, utilizar la tabla siguiente:

Punto de medición	Lectura 1 con EPP \dot{H}^*10 [$\mu\text{Sv/h}$]	Lectura 2 con EPP \dot{H}^*10 [$\mu\text{Sv/h}$]	Lectura 1 sin EPP \dot{H}^*10 [$\mu\text{Sv/h}$]	Lectura 2 sin EPP \dot{H}^*10 [$\mu\text{Sv/h}$]

B.2 Resultados:

B.2.1. Para estimaciones de Dosis Efectiva en cuerpo entero.

Punto de medición	Procedimiento	Tasa de dosis [$\mu\text{Sv/min}$]	Tiempo de exposición anual [min/año]	Dosis anual $H^*(10)$ [mSv]	Dosis Efectiva anual [mSv]

Comparación de Tasas de Dosis con y sin elemento de protección personal*.

Punto de medición	Procedimiento	Tasa de dosis con EPP [$\mu\text{Sv/min}$]	Tasa de dosis sin EPP [$\mu\text{Sv/min}$]

Nota: *Esta tabla sólo se utiliza para presentar resultados en puestos de trabajo donde efectivamente se utiliza elementos de protección personal para el cuerpo, y así mismo, se evaluó la condición de exposición con y sin el elemento.

B.2.2. Para estimaciones de Dosis Absorbida en órgano o tejido.

Punto de medición	Procedimiento	Tasa de dosis [$\mu\text{Sv/min}$]	Tiempo de exposición anual [min/año]	Dosis anual $H^*(10)$ [mGy]	Dosis Absorbida anual [mGy]

ANEXO C: EJEMPLO DE LOS CÁLCULOS.

C.1. Para mediciones de Dosis Integrada y estimación de Dosis Efectiva:

Se levantó en terreno la siguiente información para el puesto de trabajo de un médico:

Procedimiento	Estructura irradiada	Técnica			Tamaño de campo [cm]	Distancia simulador intensificador [cm]	Distancia tubo camilla [cm]
		kV	mA	Tiempo de emisión [s]			
Instalación de marcapasos	Tórax del paciente	90	200	10	20 x 20	10	42

Tiempo del procedimiento [min]	Ancho de Pulsos [ms]	FPS o Pulsos por segundo [1/s]	Número de Procedimientos por semana
5	10	30	20

Punto de medición	Lectura 1 con EPP H*(10) [μSv]	Lectura 2 con EPP H*(10) [μSv]	Lectura 1 sin EPP H*(10) [μSv]	Lectura 2 sin EPP H*(10) [μSv]
Tórax Médico Cirujano	0,61	0,64	7,25	7,18

Para cada caso se debe utilizar las mayores lecturas y aplicar la Fórmula N°1:

$$Tasa\ de\ Dosis\ \left[\frac{\mu Sv}{min}\right] = \frac{Lectura[\mu Sv]}{Tiempo\ de\ Emisión\ de\ Radiación[s] \times \frac{1}{60} \left[\frac{min}{s}\right]} \times F_c$$

Se midió con una cámara de ionización que tiene un $F_c = 0,971$, para fotones de 71 keV. Entonces reemplazando para el caso de operación normal con uso del elemento de protección personal se tiene lo siguiente:

$$Tasa\ de\ Dosis = \frac{0,64\ [\mu Sv]}{10\ [s] \times \frac{1}{60} \left[\frac{min}{s}\right]} \times 0,971 = 3,73\ \left[\frac{\mu Sv}{min}\right]$$

Y para el caso de la medición sin elemento de protección personal:

$$Tasa\ de\ Dosis = \frac{7,25\ [\mu Sv]}{10\ [s] \times \frac{1}{60} \left[\frac{min}{s}\right]} \times 0,971 = 42,24\ \left[\frac{\mu Sv}{min}\right]$$

Por otro lado, para estimar la Dosis anual $H^*(10)$ se debe utilizar la Fórmula N°3 siguiente:

$$Dosis \left[\frac{mSv}{año} \right] = Tasa \ de \ Dosis \left[\frac{\mu Sv}{min} \right] \times \left[\frac{1 \ mSv}{1000 \ \mu Sv} \right] \times Tiempo \ de \ Exposición \ Anual \left[\frac{min}{año} \right]$$

Reemplazando también con la Fórmula N°4 se tiene:

$$Dosis \left[\frac{mSv}{año} \right] = 3,73 \left[\frac{\mu Sv}{min} \right] \times \left[\frac{1 \ mSv}{1000 \ \mu Sv} \right] \times \left(5 \ [min] \times 20 \left[\frac{procedimientos}{semana} \right] \times 50 \left[\frac{semana}{año} \right] \right)$$

$$Dosis = 18,65 \left[\frac{mSv}{año} \right]$$

Dado que este valor se encuentra en $H^*(10)$ o Equivalente de Dosis Ambiental, se transformará a Kerma en Aire utilizando la Tabla D.1 del Anexo D, empleando, a modo de ejemplo, una energía de 0,080 MeV u 80 keV. En este ejemplo, como criterio se utiliza una menor energía de fotones que la del haz directo en consideración de que se está midiendo radiación dispersa.

$$\dot{K}_a = 18,65 \left[\frac{mSv}{año} \right] \times \frac{1}{1,72} \left[\frac{Gy}{Sv} \right] = 10,84 \left[\frac{mGy}{año} \right]$$

Posteriormente se transforma de Kerma en Aire a Dosis Efectiva utilizando la Tabla D.2 del Anexo D, empleando, para este ejemplo, una energía de 0,080 MeV u 80 keV y para irradiación Antero Posterior:

$$\dot{E} = 10,84 \left[\frac{mGy}{año} \right] \times 1,44 \left[\frac{Sv}{Gy} \right] = 15,61 \left[\frac{mSv}{año} \right]$$

Con los anteriores resultados es factible completar las tablas con los resultados tal como se muestra en el punto B.2 del Anexo B:

Estimación de la Dosis Efectiva Anual.

Punto de medición	de	Procedimiento	Tasa de dosis [$\mu Sv/min$]	Tiempo de exposición anual [$min/año$]	Dosis anual $H^*(10)$ [mSv]	Dosis Efectiva anual [mSv]*
Tórax	Médico	Instalación de marcapasos	3,73	5000	18,65	15,61

Nota: *Para efectos de comparación con los límites legales se tiene que 10 mSv=1 rem.

Comparación de las Tasas de Dosis con y sin elemento de protección personal.

Punto de medición	Procedimiento	Tasa de dosis con EPP [μSv/min]	Tasa de dosis sin EPP [μSv/min]
Tórax Médico Cirujano	Instalación de marcapasos	3,73	42,24

C.2. Para mediciones de Dosis Integrada y estimación de Dosis Equivalente en órgano o tejido:

Se levantó en terreno la siguiente información para el puesto de trabajo de un médico donde se pretende estimar la dosis en cristalino.

Procedimiento	Estructura irradiada	Técnica			Tamaño de campo [cm]	Distancia simulador intensificador [cm]	Distancia tubo camilla [cm]
		kV	mA	Tiempo de emisión [s]			
Instalación de marcapasos	Tórax del paciente	90	200	10	20 x 20	10	42

Tiempo del procedimiento [min]	Ancho de Pulsos [ms]	FPS o Pulsos por segundo [1/s]	Número de Procedimientos por semana
5	10	30	20

Punto de medición	Lectura 1 H*(10) [μSv]	Lectura 2 H*(10) [μSv]
Cabeza del Médico Cirujano	8,48	8,64

Se debe utilizar la mayor lectura y aplicar la Fórmula N°1:

$$Tasa\ de\ Dosis\ \left[\frac{\mu Sv}{min}\right] = \frac{Lectura[\mu Sv]}{Tiempo\ de\ Emisión\ de\ Radiación[s] \times \frac{1}{60} \left[\frac{min}{s}\right]} \times F_c$$

Se midió con una cámara de ionización que tiene un $F_c = 0,971$, para fotones de 71 keV. Entonces reemplazando se tiene lo siguiente:

$$Tasa\ de\ Dosis = \frac{8,64\ [\mu Sv]}{10\ [s] \times \frac{1}{60} \left[\frac{min}{s}\right]} \times 0,971 = 50,34\ \left[\frac{\mu Sv}{min}\right]$$

Por otro lado, para estimar la Dosis anual $H^*(10)$ se debe utilizar la Fórmula N°3 siguiente:

$$Dosis \left[\frac{mSv}{año} \right] = Tasa \ de \ Dosis \left[\frac{\mu Sv}{min} \right] \times \left[\frac{1 \ mSv}{1000 \ \mu Sv} \right] \times Tiempo \ de \ Exposición \ Anual \left[\frac{min}{año} \right]$$

Reemplazando también con la Fórmula N°4 se tiene:

$$Dosis \left[\frac{mSv}{año} \right] = 50,34 \left[\frac{\mu Sv}{min} \right] \times \left[\frac{1 \ mSv}{1000 \ \mu Sv} \right] \\ \times \left(5 \ [min] \times 20 \left[\frac{procedimientos}{semana} \right] \times 50 \left[\frac{semana}{año} \right] \right) \\ Dosis = 251,70 \left[\frac{mSv}{año} \right]$$

Dado que este valor se encuentra en $H^*(10)$ o Equivalente de Dosis Ambiental, se transformará a Kerma en Aire utilizando la Tabla D.1 del Anexo D, empleando, a modo ejemplo, una energía de 0,080 MeV u 80 KeV. En este ejemplo, como criterio se utiliza una menor energía de fotones que la del haz directo en consideración de que se está midiendo radiación dispersa:

$$\dot{K}_a = 251,70 \left[\frac{mSv}{año} \right] \times \frac{1}{1,72} \left[\frac{Gy}{Sv} \right] = 146,34 \left[\frac{mGy}{año} \right]$$

Posteriormente se transforma de Kerma en Aire a Dosis Absorbida utilizando la Tabla D.4 del Anexo D, empleando, para este ejemplo, una energía de 0,080 MeV u 80 KeV y para irradiación Antero Posterior:

$$\dot{D}_T = 146,34 \left[\frac{mGy}{año} \right] \times 1,550 \left[\frac{Gy}{Gy} \right] = 226,83 \left[\frac{mGy}{año} \right]$$

Con los anteriores resultados es factible completar las tablas con los resultados tal como se muestra en el punto B.2 del Anexo B:

Estimación de Dosis Absorbida anual en Cristalino*.

Punto de medición	Procedimiento	Tasa de dosis [$\mu Sv/min$]	Tiempo de exposición anual [$min/año$]	Dosis anual $H^*(10)$ [mGy]	Dosis Absorbida anual [mGy]**
Cabeza del Médico Cirujano	Instalación de marcapasos	50,34	5000	251,70	226,83

Notas: *Esta es una estimación de la Dosis Absorbida en un año en el cristalino sin protección personal. En el caso de que se utilice protección personal se puede hacer alguna estimación de la dosis real utilizando fórmulas de blindaje y las especificaciones del elemento.

Se destaca que, existen otras metodologías con las cuales, de requerirse y de ser factibles de realizar, se pueden hacer estimaciones más precisas de las exposiciones del cristalino, como las que utilizan detectores o dosímetros calibrados en la magnitud Hp(3) y los mismos se ubiquen directamente debajo del elemento protección personal (ver bibliografía 8 letra d).

**En este caso, los mGy de Dosis Absorbida son equivalentes a los mSv en términos de Dosis Equivalente. Luego, para efectos de comparación con los límites legales se tiene que 10 mSv=1 rem.

C.3. Para mediciones de Tasa de Dosis, utilizada sólo para niveles de Tasas de Dosis que no sensibilizan la cámara de ionización con tiempos de 30 segundos:

Procedimiento	Estructura irradiada	Técnica			Tamaño de campo [cm]	Distancia simulador intensificador [cm]	Distancia tubo camilla [cm]
		kV	mA	Tiempo de emisión [s]			
Instalación de marcapasos	Tórax del paciente	90	200	120	20 x 20	5	47

Tiempo del procedimiento [min]	Ancho de Pulsos [ms]	FPS o Pulsos por segundo [1/s]	Número de Procedimientos por semana
5	10	30	20

Punto de medición	Lectura 1 $\dot{H} \cdot 10 [\mu\text{Sv}/\text{h}]$	Lectura 2 $\dot{H} \cdot 10 [\mu\text{Sv}/\text{h}]$
Puesto de trabajo de un médico que se ubica en sala contigua al pabellón	1,78	1,52

Se debe utilizar la mayor lectura, es decir, a 1,78 μSv se le debe descontar el fondo, a modo de ejemplo, se descontará el fondo obtenido en C.4 de la siguiente manera:

$$\text{Lectura} \left[\frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}} \right] = 1.78 \left[\frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}} \right] - 0.12 \left[\frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}} \right] = 1.66 \left[\frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}} \right]$$

Con este valor se debe aplicar la Fórmula N°2:

$$\text{Tasa de Dosis} \left[\frac{\mu\text{Sv}}{\text{min}} \right] = \frac{\text{Lectura} \left[\frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}} \right]}{60 \left[\frac{\text{min}}{\text{h}} \right]} \times F_c$$

Se midió con una cámara de ionización que tiene un $F_c = 0,971$, para fotones de 71 keV. Entonces reemplazando se tiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Tasa de Dosis} \left[\frac{\mu\text{Sv}}{\text{min}} \right] &= \frac{1,66 \left[\frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}} \right]}{60 \left[\frac{\text{min}}{\text{h}} \right]} \times 0,971 \\ \text{Tasa de Dosis} &= 0,027 \left[\frac{\mu\text{Sv}}{\text{min}} \right] \end{aligned}$$

Por otro lado, para estimar la Dosis anual $H^*(10)$ se debe utilizar la Fórmula N°3 siguiente:

$$\text{Dosis} \left[\frac{\text{mSv}}{\text{año}} \right] = \text{Tasa de Dosis} \left[\frac{\mu\text{Sv}}{\text{min}} \right] \times \left[\frac{1 \text{ mSv}}{1000 \mu\text{Sv}} \right] \times \text{Tiempo de Exposición Anual} \left[\frac{\text{min}}{\text{año}} \right]$$

Reemplazando también con la Fórmula N°4 se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Dosis} \left[\frac{\text{mSv}}{\text{año}} \right] &= 0,027 \left[\frac{\mu\text{Sv}}{\text{min}} \right] \times \left[\frac{1 \text{ mSv}}{1000 \mu\text{Sv}} \right] \\ &\times \left(5 \left[\text{min} \right] \times 20 \left[\frac{\text{procedimientos}}{\text{semana}} \right] \times 50 \left[\frac{\text{semana}}{\text{año}} \right] \right) \\ \text{Dosis} &= 0,135 \left[\frac{\text{mSv}}{\text{año}} \right] \end{aligned}$$

Dado que este valor se encuentra en $H^*(10)$ o Equivalente de Dosis Ambiental, se transformará a Kerma en Aire utilizando la Tabla D.1 del Anexo D, empleando, a modo de ejemplo, una energía de 0,080 MeV u 80 KeV. En este ejemplo, como criterio se utiliza una menor energía de fotones que la del haz directo en consideración de que se está midiendo radiación dispersa:

$$\dot{K}_a = 0,135 \left[\frac{\text{mSv}}{\text{año}} \right] \times \frac{1}{1,72} \left[\frac{\text{Gy}}{\text{Sv}} \right] = 0,078 \left[\frac{\text{mGy}}{\text{año}} \right]$$

Posteriormente se transforma de Kerma en Aire a Dosis Efectiva utilizando la Tabla D.2 del Anexo D, empleando para este ejemplo, una energía de 0,080 MeV u 80 KeV y para irradiación Lateral Izquierda:

$$\dot{E} = 0,078 \left[\frac{\text{mGy}}{\text{año}} \right] \times 0,693 \left[\frac{\text{Sv}}{\text{Gy}} \right] = 0,054 \left[\frac{\text{mSv}}{\text{año}} \right]$$

Con los anteriores resultados es factible completar las tablas con los resultados tal como se muestra en el punto B.2 del Anexo B:

Estimación de la Dosis Efectiva Anual.

Punto de medición	Procedimiento	Tasa de dosis [μSv/min]	Tiempo de exposición anual [min/año]	Dosis anual H*(10) [mSv]	Dosis Efectiva anual [mSv]
Puesto de trabajo de un médico que se ubica en sala contigua al pabellón	Instalación de marcapasos	0,027	5000	0,135	0,054

Nota: *Para efectos de comparación con los límites legales se tiene que 10 mSv=1 rem.

C.4. Ejemplo de cálculo de la determinación del nivel de radiación de fondo.

Se realizó en el punto de interés a evaluar el conjunto de procedimientos descritos en el Anexo G obteniéndose la siguiente información:

Tiempo (hh:mm:ss)	Tiempo (s)	Dosis Integrada (μSv)
00:05:12	312	0,01

De acuerdo a lo anterior, se puede determinar que para muestreos de 10 segundos en términos de dosis integrada se tendría que descontar proporcionalmente:

$$Dosis = \frac{10[s]}{312 [s]} \times 0,01[\mu Sv] = 3,2 \times 10^{-4}[\mu Sv]$$

De la misma manera, puede determinar que para muestreos de 30 segundos en términos de dosis acumulada se tendría que descontar proporcionalmente:

$$Dosis = \frac{30[s]}{312 [s]} \times 0,01[\mu Sv] = 9,6 \times 10^{-4}[\mu Sv]$$

Por otro lado, para las situaciones en que se debió medir tasas de dosis, la tasa a ser descontada se obtendrá de la siguiente manera:

$$Tasa\ de\ Dosis = \frac{0,01[\mu Sv]}{312 [s]} = 3,2 \times 10^{-5} \left[\frac{\mu Sv}{s} \right] = 0,12 \left[\frac{\mu Sv}{h} \right]$$

ANEXO D: TABLAS DE CONVERSIÓN DE MAGNITUDES DOSIMÉTRICAS OPERACIONALES A MAGNITUDES DOSIMÉTRICAS DE PROTECCIÓN.

Tabla D.1: Tabla A.21 ICRU Report 57, 1998.

Table A.21. Conversion coefficients ^a for the ambient dose equivalent, $H^*(10)$, and directional dose equivalent, $H'(0.07,0^\circ)$, from photon fluence and air kerma free-in-air					
Photon energy (MeV)	$H^*(10)/K_a$ (Sv/Gy)	$H'(0.07,0^\circ)/K_a$ (Sv/Gy)	K_a/Φ (pGy cm ²)	$H^*(10)/\Phi$ (pSv cm ²)	$H'(0.07,0^\circ)/\Phi$ (pSv cm ²)
0.010	0.008	0.95	7.60	0.061	7.20
0.015	0.26	0.99	3.21	0.83	3.19
0.020	0.61	1.05	1.73	1.05	1.81
0.030	1.10	1.22	0.739	0.81	0.90
0.040	1.47	1.41	0.438	0.64	0.62
0.050	1.67	1.53	0.328	0.55	0.50
0.060	1.74	1.59	0.292	0.51	0.47
0.080	1.72	1.61	0.308	0.53	0.49
0.100	1.65	1.55	0.372	0.61	0.58
0.150	1.49	1.42	0.600	0.89	0.85
0.200	1.40	1.34	0.856	1.20	1.15
0.300	1.31	1.31	1.38	1.80	1.80
0.400	1.26	1.26	1.89	2.38	2.38
0.500	1.23	1.23	2.38	2.93	2.93
0.600	1.21	1.21	2.84	3.44	3.44
0.800	1.19	1.19	3.69	4.38	4.38
1	1.17	1.17	4.47	5.20	5.20
1.5	1.15	1.15	6.12	6.90	6.90
2	1.14	1.14	7.51	8.60	8.60
3	1.13	1.13	9.89	11.1	11.1
4	1.12	1.12	12.0	13.4	13.4
5	1.11	1.11	13.9	15.5	15.5
6	1.11	1.11	15.8	17.6	17.6
8	1.11	1.11	19.5	21.6	21.6
10	1.10	1.10	23.2	25.6	25.6

^aData compiled from ICRU Report 47 (1992a) using Hubbell and Seltzer (1995). The K_a/Φ data are slightly different from those used for the protection quantities (see Table A.1) which used earlier data from Hubbell (1982).

Tabla D.2: Extracto Tabla A.2. Photons: effective dose per air kerma free-in-air, in units of Sv/Gy, for mono-energetic particles incident in various geometries. Referencia ICRP Publication 116, 2010.

Energy (MeV)	AP	PA	LLAT	RLAT	ROT	ISO
0.01	0.0090	0.0024	0.0025	0.0024	0.0044	0.0038
0.015	0.0485	0.0048	0.0130	0.0122	0.0207	0.0175
0.02	0.130	0.0151	0.0379	0.0332	0.0571	0.0470
0.03	0.423	0.127	0.149	0.121	0.214	0.171
0.04	0.801	0.369	0.319	0.261	0.455	0.361
0.05	1.13	0.633	0.487	0.406	0.688	0.548
0.06	1.33	0.827	0.604	0.513	0.850	0.680
0.07	1.42	0.935	0.668	0.574	0.939	0.751
0.08	1.44	0.974	0.693	0.599	0.963	0.773
0.1	1.39	0.970	0.694	0.605	0.953	0.769

Tabla D.3: Tabla A.16 ICRU Report 57, 1998.

TABLE A.16—Thyroid absorbed dose per unit air kerma free in air, D_T/K_a , for monoenergetic photons incident in various geometries on an adult anthropomorphic computational model. These data are presented graphically in Fig. A.15 (Annex 1)

Photon energy (MeV)	D_T/K_a (Gy/Ky)				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0.010	0.00126	0.000	0.000	0.00029	0.00012
0.015	0.0962	0.000	0.00211	0.0227	0.00969
0.020	0.358	0.000	0.0543	0.121	0.0510
0.030	0.910	0.0114	0.335	0.409	0.206
0.040	1.355	0.106	0.650	0.718	0.409
0.050	1.670	0.253	0.892	0.968	0.592
0.060	1.846	0.383	1.062	1.122	0.715
0.070	1.925	0.465	1.146	1.204	0.783
0.080	1.938	0.503	1.179	1.234	0.818
0.100	1.873	0.532	1.188	1.229	0.817
0.150	1.674	0.544	1.131	1.161	0.773
0.200	1.543	0.538	1.091	1.109	0.752
0.300	1.410	0.560	1.059	1.055	0.739
0.400	1.354	0.589	1.057	1.031	0.741
0.500	1.324	0.616	1.063	1.021	0.748
0.600	1.302	0.640	1.069	1.019	0.754
0.800	1.269	0.677	1.076	1.023	0.766
1.000	1.244	0.704	1.081	1.031	0.777
2.000	1.166	0.761	1.093	1.054	0.819
4.000	1.093	0.814	1.075	1.066	0.870
6.000	1.053	0.851	1.052	1.066	0.901
8.000	1.026	0.878	1.036	1.064	0.920
10.000	1.007	0.899	1.023	1.064	0.935

Tabla D.4: Tabla A.18 ICRU Report 57, 1998.

TABLE A.18—Eye lens absorbed dose per unit air kerma free-in-air, D_T/K_a , for monoenergetic photons incident in various geometries on an adult anthropomorphic computational model. These data are presented graphically in Fig. A.17 (Annex 1)

Photon energy (MeV)	D_T/K_a (Gy/Ky)				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0.010	0.304	0.000	0.0880	0.114	0.0877
0.015	0.664	0.000	0.252	0.287	0.236
0.020	0.912	0.000	0.390	0.423	0.365
0.030	1.197	0.000	0.579	0.588	0.523
0.040	1.334	0.0186	0.718	0.694	0.639
0.050	1.419	0.0521	0.838	0.793	0.742
0.060	1.492	0.0837	0.930	0.886	0.812
0.070	1.536	0.122	0.988	0.958	0.867
0.080	1.550	0.156	1.023	0.999	0.882
0.100	1.530	0.193	1.049	1.030	0.907
0.150	1.425	0.241	1.024	1.017	0.894
0.200	1.357	0.262	1.020	0.994	0.868
0.300	1.280	0.295	1.015	0.958	0.846
0.400	1.232	0.333	1.013	0.935	0.839
0.500	1.199	0.369	1.012	0.921	0.836
0.600	1.174	0.401	1.010	0.913	0.835
0.800	1.138	0.453	1.007	0.908	0.837
1.000	1.113	0.495	1.004	0.909	0.843
2.000	1.047	0.618	1.005	0.943	0.878
4.000	0.995	0.723	1.015	0.995	0.917
6.000	0.967	0.776	1.022	1.024	0.936
8.000	0.946	0.807	1.028	1.044	0.950
10.000	0.931	0.833	1.034	1.063	0.963

Tabla D.5: Tabla A.18 ICRU Report 57, 1998.

TABLE A.7 – Gonads female (ovaries) absorbed dose per unit air kerma free-in-air, D_T/K_a , for monoenergetic photons incident in various geometries on an adult anthropomorphic computational model. These data are presented graphically in Fig. A.6 (Annex I)

Photon energy (MeV)	D_T/K_a (Gy/Gy)				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.030	0.158	0.0785	0.00963	0.0660	0.0351
0.040	0.511	0.345	0.0996	0.277	0.191
0.050	0.846	0.676	0.234	0.527	0.383
0.060	1.072	0.944	0.345	0.723	0.520
0.070	1.200	1.113	0.414	0.844	0.607
0.080	1.262	1.201	0.453	0.901	0.653
0.100	1.282	1.234	0.479	0.926	0.666
0.150	1.185	1.116	0.470	0.882	0.609
0.200	1.106	1.034	0.478	0.841	0.588
0.300	1.017	0.963	0.491	0.810	0.586
0.400	0.972	0.936	0.501	0.796	0.599
0.500	0.948	0.924	0.511	0.789	0.614
0.600	0.934	0.918	0.522	0.786	0.627
0.800	0.921	0.911	0.542	0.787	0.650
1.000	0.918	0.908	0.559	0.793	0.668
2.000	0.936	0.905	0.624	0.833	0.719
4.000	0.981	0.910	0.696	0.891	0.769
6.000	1.013	0.917	0.740	0.926	0.799
8.000	1.037	0.922	0.772	0.949	0.820
10.000	1.056	0.926	0.796	0.966	0.836

Tabla D.6: Tabla A.8 ICRU Report 57, 1998.

TABLE A.8 – Gonads male (testes) absorbed dose per unit air kerma free-in-air, D_T/K_a , for monoenergetic photons incident in various geometries on an adult anthropomorphic computational model. These data are presented graphically in Fig. A.7 (Annex I)

Photon energy (MeV)	D_T/K_a (Gy/Gy)				
	AP	PA	LAT	ROT	ISO
0.010	0.0292	0.000	0.000	0.00744	0.00559
0.015	0.195	0.000	0.000	0.0571	0.0446
0.020	0.503	0.000	0.000	0.160	0.138
0.030	1.093	0.0411	0.0230	0.381	0.337
0.040	1.506	0.160	0.105	0.593	0.516
0.050	1.767	0.308	0.198	0.763	0.661
0.060	1.908	0.440	0.264	0.863	0.754
0.070	1.961	0.524	0.312	0.921	0.802
0.080	1.953	0.565	0.339	0.946	0.815
0.100	1.855	0.599	0.372	0.934	0.792
0.150	1.631	0.629	0.392	0.866	0.744
0.200	1.497	0.641	0.422	0.831	0.720
0.300	1.366	0.675	0.457	0.794	0.710
0.400	1.303	0.705	0.480	0.781	0.712
0.500	1.265	0.726	0.503	0.779	0.717
0.600	1.238	0.743	0.527	0.780	0.725
0.800	1.202	0.765	0.572	0.789	0.742
1.000	1.177	0.782	0.607	0.799	0.757
2.000	1.119	0.831	0.703	0.848	0.799
4.000	1.071	0.864	0.776	0.895	0.843
6.000	1.043	0.874	0.807	0.916	0.868
8.000	1.023	0.880	0.822	0.930	0.883
10.000	1.004	0.884	0.833	0.940	0.893

ANEXO E: PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RADIACIÓN DE FONDO.

E.1. Energice la cámara de ionización. Considere los tiempos que se requieren para estar en condiciones de efectuar mediciones, según lo que describe el fabricante del equipo.

E.2. Seleccione el modo de dosis integrada.

E.3. Ubique la cámara de ionización en el punto en que se requerirá evaluar. Así mismo, elimine aquellas fuentes de radiación artificial que sean factibles de suprimir para todo momento de la evaluación.

E.4. Comience a acumular dosis tomando el tiempo en el momento en que se hace cero al proceso de acumulación.

E.5. Acumule dosis por un tiempo que permita alcanzar una dosis correspondiente a la unidad mínima que permite sensibilizar su detector.

E.6. Registre la dosis y el tiempo.

E.7. La dosis obtenida es la que se deberá descontar proporcionalmente a cada tiempo muestreado. Por otro lado, si los descuentos se requieren realizar para mediciones de tasas de dosis, determine la tasa de dosis de fondo dividiendo la dosis integrada medida por el tiempo antes registrado. En todos los casos transforme a las unidades requeridas.

ANEXO F: EJEMPLOS DE PROCEDIMIENTOS COMUNES.

Tabla F.1: Algunos ejemplos orientativos de procedimientos comunes y el simulador a utilizar.

Estructura irradiada	Ejemplos de procedimientos más comunes	Simulador a utilizar
Cabeza	Angiografía cerebral. Reducción e implantes de titanio o acero (trauma cráneo y máxilo facial).	Cabeza
Tórax	Instalación de marcapasos, angioplastias (coronarias, venosas, arterial), drenajes intrapleurales, esófago estómago duodeno (EED), angiografía coronaria.	Paralelepípedo
Abdomen	Instalación de stent, litotripsia extra corpórea (LEC), instalación de sonda intra uretral (pigtail), sonda naso yeyunal (SNY) o nasogástrica (SNG), enema baritada, tránsito intestinal, sonda T en muñón cístico post colestectomía, colangiografía transparietohepática, angiografía aórtica.	Paralelepípedo
Pelvis	Trauma pelviano, prótesis de cadera con vástago endomedular, prótesis de rodilla, clavo endomedular huesos largos, reducción con instalación de elemento de osteosíntesis (tornillos y placas de titanio o acero), pielografía retrógrada, histerosalpingografía, uretrocistografía, cistografía.	Paralelepípedo
Columna Vertebral	Prótesis discal intervertebral cervical, dorsal, lumbar, barras de Harrington (torácica y lumbar), bloqueo facetario lumbar, angiografía cervical, dorsal, lumbar.	Paralelepípedo

Extremidad	Reducción fractura, implantes de titanio, acero, angiografía, neumoartrografías (muñeca, rodilla y hombro), prótesis parcial y total de rodilla.	Cilindro"
-------------------	--	------------------

2.- **PUBLÍQUESE** la presente resolución en la página web del Instituto de Salud Pública de Chile y un extracto en el Diario Oficial de Chile.

Anótese, comuníquese y publíquese



Q.F. HERIBERTO GARCÍA ESCORZA
DIRECTOR (S)
INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE

10/12/2020
 Resol. A1/N° 1521
 Ref., S/R
 ID N° 703886

Distribución:

- Asesoría Jurídica. ✓
- Departamento de Salud Ocupacional. ✓
- Oficina de Partes.


 Transcrito Fielmente
 Ministro de Fomento