

# PROTOCOLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A RADIACIONES IONIZANTES EN PUESTOS DE TRABAJO ASOCIADOS AL USO MÉDICO DE EQUIPOS DE RAYOS X CONVENCIONALES

## **RESPONSABLE**

Alfonso Espinoza Leyton,  
Sección de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes

## **REVISOR:**

Juan Alcaíno Lara.  
Jefe de Subdepartamento de Ambientes Laborales.

D046-PR-500-02-001  
Versión 2.0  
2017

---

Para citar el presente documento:

Instituto de Salud Pública de Chile, Protocolo para la Evaluación de la Exposición Ocupacional a Radiaciones Ionizantes en Puestos de Trabajo Asociados al Uso Médico de Equipos de Rayos X Convencionales.

2017, Versión 2.0.

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

---

# PROTOCOLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A RADIACIONES IONIZANTES EN PUESTOS DE TRABAJO ASOCIADOS AL USO MÉDICO DE EQUIPOS DE RAYOS X CONVENCIONALES

---

## INDICE DE CONTENIDOS

1. PRESENTACIÓN .....	4
2. OBJETIVO .....	4
3. ALCANCE .....	4
4. MARCO LEGAL .....	5
5. TERMINOLOGÍA .....	5
6. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS .....	6
7. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN .....	7
8. RECOMENDACIONES .....	11
9. BIBLIOGRAFÍA .....	11
10. PARTICIPANTES .....	12
11. ANEXOS .....	13

## 1. PRESENTACIÓN.

En asociación al uso de distintos equipos o fuentes emisoras de radiaciones ionizantes, aparecen distintas situaciones de exposición de personas. De dichas exposiciones en algún momento aparece la necesidad de medir o estimar sus magnitudes.

La relación que tienen las personas con las distintas instalaciones radiactivas y sus exposiciones determina la forma en que se han de tratar las diferentes magnitudes encontradas, ya que los criterios son distintos para tratar las exposiciones de pacientes, de individuos del público y de trabajadores.

Para determinar las exposiciones de todos los trabajadores los procedimientos son los mismos, aunque los criterios para su tratamiento también difieren, ya que aquellos que no guardan relación alguna con el agente de riesgo, usualmente son tratados como individuos del público en dichas instalaciones, mientras que aquellos trabajadores que se espera tengan ciertos niveles de dosis, o que interactúan más directamente con el agente o con las fuentes que emiten las radiaciones, son frecuentemente considerados trabajadores ocupacionalmente expuestos, los que en Chile, según la regulación vigente, deben contar con autorizaciones de desempeño y también con dosimetría personal.

Un gran número de estas instalaciones y por lo tanto, de trabajadores expuestos, se encuentran en las aplicaciones de las radiaciones en el ámbito del diagnóstico médico, dental y veterinario, donde se utiliza en forma extensiva diferentes tipos de equipos generadores de radiaciones ionizantes, siendo uno de los más habituales, el de tipo convencional, también llamados equipos de rayos X osteoarticulares u osteopulmonares.

Para este tipo de práctica se planteó en 2013 el desarrollo de la primera versión del presente protocolo, a través de la conformación de un comité de expertos de diferentes instituciones, con el propósito de uniformar una metodología para la determinación del nivel de exposición de los diferentes trabajadores que resultan expuestos en este tipo de instalaciones. En 2017, se propuso bajo la misma metodología, revisar el protocolo y emitir una nueva versión para incorporar las mejoras que de su utilización hayan surgido.

## 2. OBJETIVO.

Establecer una metodología estandarizada para determinar los niveles de dosis de trabajadores por exposición ocupacional a radiaciones ionizantes en puestos de trabajo asociados al uso médico de equipos de rayos X convencionales.

## 3. ALCANCE.

### 3.1 ALCANCE TEÓRICO.

El presente protocolo busca dar cumplimiento a lo establecido en el inciso segundo del Artículo 3 del D.S. N°3, del 1985, del Ministerio de Salud, que indica que: “El Instituto de Salud Pública tendrá el carácter de laboratorio nacional y de referencia en las materias a que se refiere este reglamento. Le corresponderá, asimismo, fijar los métodos de análisis, procedimientos de muestreo y técnicas de medición orientadas al personal expuesto.”

Por lo anterior, indica como determinar la exposición ocupacional a radiaciones ionizantes en la magnitud dosis efectiva de cuerpo entero, comparable con el límite establecido en el país, así como también, con lo recomendado internacionalmente, cuando corresponda.

El protocolo puede ser aplicado para la determinación de los niveles de exposición de otros trabajadores que para la instalación son considerados individuos del público. No se aplica para la determinación de los niveles de exposición de los pacientes en lo que se conoce como exposición médica.

También se puede utilizar para equipos de tipo portátil, así como para instalaciones o equipos de uso veterinario.

Este protocolo se puede utilizar también para evaluaciones de puestos de trabajo donde los trabajadores se encuentran eventualmente ayudando a posicionar pacientes. En estos casos, las mediciones se pueden hacer ubicando los elementos de protección personal contra radiaciones, simulando su uso en el puesto de trabajo.

### 3.2 POBLACIÓN OBJETIVO.

Trabajadores que durante el desempeño de sus labores se exponen ocupacionalmente a radiaciones ionizantes asociadas al uso de equipos de rayos X convencionales.

### 3.3 POBLACIÓN USUARIA.

Personas con competencias afines de instituciones públicas y privadas, organismos administradores de la Ley 16.744 u otras.

## 4. MARCO LEGAL.

- a. DFL N°1 de 2005, del Ministerio de Salud, refunde el texto del Decreto con Fuerza de Ley N°2.763 de 1979 y las Leyes N°18.933 y N°18.469 y que crea el Instituto de Salud Pública de Chile.
- b. Ley N°16.744 de 1968, del Ministerio del Trabajo y Previsión Social Seguro Social contra Riesgos de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales.
- d. Decreto Supremo N°1.222 de 1996 del Ministerio de Salud, Reglamento del Instituto de Salud Pública de Chile.
- e. Decreto Supremo N° 133 “Reglamento sobre autorizaciones para instalaciones radiactivas o equipos generadores de radiaciones ionizantes, personal que se desempeña en ellas, u opere tales equipos y otras actividades afines” de 1984 del Ministerio de Salud.
- f. Decreto Supremo N°3 “Reglamento de Protección Radiológica de instalaciones radioactivas” de 1985 del Ministerio de Salud.

## 5. TERMINOLOGÍA.

- a. **Exposición Ocupacional:** Exposición a radiación ionizante recibida por los trabajadores durante el desempeño de su trabajo.
- b. **Equipo de Rayos X Convencional:** La Radiología Convencional consiste en un amplio espectro de técnicas que utilizan básicamente equipos emisores de rayos X para la formación de imágenes, ya sea análogas (Película) o digitales, del tipo CR o DR. La radiografía convencional implica el uso de rayos X en equipos fijos como portátiles, cuya denominación incluye “radiografía simple”, “Radiografía Ósteo-articular” o “Radiografía Ósteo-pulmonar”, para distinguirla de otras que también utilizan los rayos X, como por ejemplo, Tomografía Computada, Radiografía Dental, Radiografía Intervencional o Intraoperatoria, Mamografía, etc.

## 6. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS.

- a. Cámara de ionización presurizada con un volumen mínimo de 200 cc, o una no presurizada con un volumen mínimo 340 cc.

En cualquier caso, con tiempos de respuesta inferiores a 5 segundos, de acuerdo a información proporcionada por el fabricante.

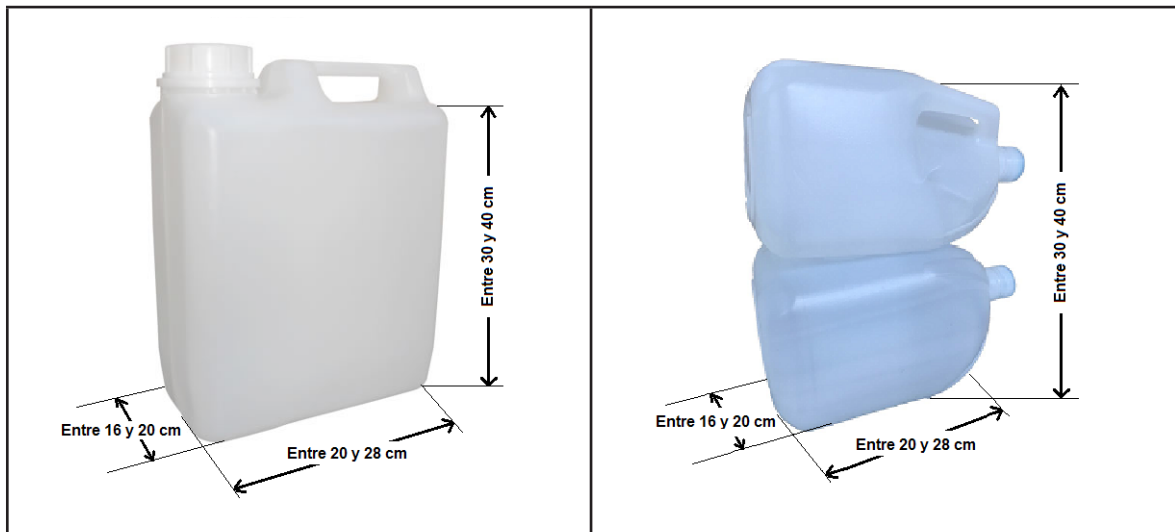
Detección de fotones entre 25 keV hasta 250 keV por lo menos.

Su calibración debe estar referida a la magnitud Dosis Equivalente Ambiental, es decir,  $H^*(10)$ .

- b. Simulador de un tórax: El simulador está constituido por un volumen de agua de geometría lo más próxima a un paralelepípedo con dimensiones entre los siguientes rangos:

- Alto entre 30 y 40 cm.
- Ancho entre 20 y 28 cm.
- Espesor entre 16 y 20 cm.

Esto puede ser logrado con uno o más contenedores, a modo de ejemplo se cita que un bidón de sección rectangular de 10 litros o dos bidones de 5 litros cumplen satisfactoriamente lo anterior, tal como lo indican las siguientes imágenes:



- c. Cinta métrica o similar.

## 7. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN.

Bajo ninguna circunstancia se deben realizar estas evaluaciones con pacientes.

Para la evaluación de los puestos de trabajo, el manejo del equipo de rayos X debe ser realizado por su operador habitual.

### 7.1. CONSIDERACIONES GENERALES.

- a) Confeccionar un plano o croquis de la instalación, con dimensiones aproximadas y que contenga al menos lo siguiente:
  - Identificación y ubicación del o los puestos de trabajo a evaluar.
  - Ubicación de elementos relevantes relacionados con el puesto de trabajo, tales como, el equipo de rayos x, puesto de comando, biombo, mesa de examen, estativo, entre otros.
  - Identificación de áreas adyacentes como cámara oscura, sala de espera, vestidores, baños, circulación interna, circulación externa, etc.
  - Otras condiciones existentes al momento de la evaluación.
- b) Medir y registrar el nivel de radiación de fondo.

### 7.2 PARÁMETROS DE OPERACIÓN.

- a) Selección del kV: Consultar al operador habitual del equipo acerca de las técnicas empleadas para seleccionar el mayor kilovoltaje (kV) utilizado.
- b) Control automático de exposición: Desactivar el control automático de exposición. Es factible que para esto se requiera contactar al servicio técnico del equipo de rayos X. De no poder resolverse este punto, se debe seleccionar la técnica que utilice el mayor tiempo. En este caso, según la tecnología actual, las conclusiones que se podrán obtener de las mediciones estarán limitadas, así mismo, de decidir finalmente la realización de la medición, se debe explicitar claramente en el informe.
- c) Manejo de la corriente: Seleccionar una de las alternativas siguientes:
  - c.1 Para equipos donde se maneja mA y tiempo por separado: Utilizar el mA habitual, generando las exposiciones con tiempos iguales a 1 segundo o más, buscando emplear los mayores tiempos posibles manteniendo estas condiciones. Si el equipo exige disminuir el mA para extender el tiempo de exposición, se debe disminuir sólo cuando el equipo lo exija y tanto como para mantener el tiempo. No se recomienda utilizar tiempos superiores a 5 segundos.
  - c.2 Para equipos que sólo permiten manejar el mAs: Utilizar para las mediciones el mAs más alto que permita el equipo.
- d) Manejo del tiempo: Seleccionar una de las alternativas siguientes:
  - d.1 Para equipos donde se maneja mA y tiempo por separado: El tiempo se resolvió según c.1. Realizar la evaluación con la cámara en modo tasa de dosis.
  - d.2 Si no fue posible utilizar tiempos mayores de 1 segundo, realizar la evaluación seleccionando en la cámara el modo de dosis acumulada, empleando el mayor tiempo posible y realizando las exposiciones necesarias para acumular un tiempo mínimo de 2 segundos, considerando que cada uno de los disparos que se realicen no sean con tiempos inferiores a 0,5 segundos. Por ejemplo,

si se utilizan 0,5 segundos se deberá acumular por lo menos 4 disparos. Todo esto se debe realizar sin ninguna manipulación ni reubicación de la cámara.

Con lo anterior determinar una tasa de dosis dividiendo la dosis acumulada por el tiempo total nominal de emisión del equipo generador.

- d.3. Si no es posible utilizar tiempo de disparo mayor o igual de 0,5 segundos, realizar la evaluación seleccionando en la cámara el modo de dosis acumulada, empleando el mayor tiempo posible y realizando la acumulación de hasta 5 disparos. Todo esto se debe realizar sin ninguna manipulación ni reubicación de la cámara. En este caso, según la tecnología actual, las conclusiones que se podrán obtener de las mediciones estarán limitadas, así mismo, de decidir finalmente la realización de la medición, se debe explicitar claramente en el informe.

**Nota:** Tanto para el punto d.2 como para d.3 se requiere conocer el tiempo de exposición, el que puede obtenerse desde la consola del equipo de rayos x, luego de efectuada la exposición. De igual manera, por esta vía se puede obtener el mA de la exposición efectuada.

De no ser posible lo anterior, se deberá disponer de un equipo auxiliar para medir el tiempo de exposición, lo que permitirá posteriormente calcular el mA.

- e) Selección distancia. Se debe utilizar la distancia habitual tanto para la mesa como para el estativo, como referencia la mesa se ubica usualmente a 100 cm, mientras que para el estativo las distancias son entre 180 y 200 cm.
- f) Ubicar el simulador (fantoma) en la mesa o estativo según corresponda, exponiendo la cara plana de mayor superficie (Alto x Ancho) de forma perpendicular al haz de radiación.
- g) Selección del campo de radiación: Se debe colimar al tamaño completo del simulador (fantoma), enfocando el campo de radiación hacia el centro.
- h) 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.

### 7.3. MEDICIONES.

- a) Ubicar la cámara al nivel del tórax del puesto de trabajo a evaluar, intentando no interferir en el campo de radiación, tanto por parte del evaluador como de trabajadores que puedan estar presentes en la medición. Registrar la altura y distancias a las diferentes barreras establecidas.
- b) Solicitar al operador que realice la o las exposiciones necesarias con los parámetros seleccionados (primera medición).
- c) Registrar la lectura de la cámara.
- d) Realizar una segunda medición según a) y b), registrar la nueva lectura.
- e) De las dos lecturas seleccionar la mayor para los cálculos posteriores.
- f) Repetir este procedimiento para las diferentes orientaciones del haz de radiación, es decir, mesa y estativo.

**Nota:** Observar que los parámetros técnicos seleccionados no sobrepasen la carga máxima permitida para el equipo, esto puede apoyarse en el manual del equipo. Así mismo, considerar que entre cada disparo es posible se deba esperar algunos segundos para volver a operar el equipo.



## 7.4 CÁLCULOS.

Todo el cálculo está basado en la carga de trabajo semanal, considerando la estimación del número de exposiciones que implica el total de exámenes realizados. Lo anterior, en razón de que cada examen involucra una o más exposiciones.

El cálculo de la dosis semanal se debe hacer con la siguiente fórmula, la cual se aplica dos veces, una para el estativo y otra para la mesa, para posteriormente sumar ambas dosis acumuladas semanales.

Cálculo de las dosis para las exposiciones al estativo:

$$Dosis_E \left[ \frac{mSv}{semana} \right] = \frac{Lectura_E \left[ \frac{mSv}{h} \right]}{60 \left[ \frac{min}{h} \right] \times I[mA]} \times F_C \times T \times W_E \left[ \frac{mAmin}{semana} \right] \quad (1)$$

$$W_E \left[ \frac{mAmin}{semana} \right] = \frac{2 \times (N_E \times mAs_E)}{60 \left[ \frac{s}{min} \right]} \quad (2)$$

Donde:

**Lectura<sub>E</sub>:** Es el valor mayor de tasa de dosis medido por el instrumento con emisión de radiación dirigida hacia el estativo expresada en mSv/h. En el caso en que se haya medido dosis acumulada, se debe determinar la tasa de dosis en mSv/h dividiendo la dosis acumulada por el tiempo total con la que se obtuvo.

**Corriente (I):** Es la utilizada por el equipo de rayos X durante la medición, expresada en mA. En el caso en que sólo se pudo manejar el mAs, se debe determinar el tiempo de emisión de radiación, el cual puede ser entregado por el equipo de rayos X, luego de la exposición, o puede ser medido con otro equipo<sup>1</sup>. Luego la corriente en mA se obtendrá dividiendo el mAs por el tiempo en segundos.

**Factor de calibración de la cámara de ionización (F<sub>C</sub>):** Utilizar el valor correspondiente al kV más bajo disponible en el certificado de calibración vigente.

**Factor de ocupación (T):** Factor entre 0 y 1 que representa la estimación del tiempo de ocupación o permanencia de personas en el puesto evaluado, durante el período de operación del equipo o la instalación. Para efectos de este protocolo este factor corresponderá a la proporción de tiempo de permanencia del trabajador en el puesto de trabajo estudiado respecto del tiempo total utilizado en la carga de trabajo. En general, este valor es 1 para los puestos de trabajo ocupados por trabajadores ocupacionalmente expuestos. El valor escogido debe quedar registrado con una breve explicación de su obtención.

**N<sub>E</sub>:** Número de exámenes realizados con el mayor kV de los practicados hacia el estativo.

**mAs<sub>E</sub>:** Corresponde a la corriente utilizada en los exámenes con mayor kV de los practicados hacia el estativo.

**Carga de trabajo semanal (W<sub>E</sub>)** que corresponde a los mAmin/semana de los exámenes practicados hacia el estativo. De no contarse con información, pueden utilizarse prospectivamente valores como los mostrados en el Anexo D.

<sup>1</sup> Este equipo que permite medir el tiempo en que hubo emisión de rayos x, no aparece en el listado del punto 6, por no resultar indispensable para la situación habitual de estas mediciones, su necesidad puede aparecer para casos muy particulares. No se trata de un cronómetro sino de un equipo específico.

Por otro lado, la dosis para las exposiciones a la mesa:

$$Dosis_M = \frac{Lectura_M \left[ \frac{mSv}{h} \right]}{60 \left[ \frac{min}{h} \right] \times I[mA]} \times F_C \times T \times W_M \left[ \frac{mAmin}{semana} \right] \quad (3)$$

$$W_M \left[ \frac{mAmin}{semana} \right] = \frac{2 \times (N_M \times mA_{s_M})}{60 \left[ \frac{s}{min} \right]} \quad (4)$$

Donde:

**Lectura<sub>M</sub>**: Es el valor mayor de tasa de dosis medido por el instrumento con emisión de radiación dirigida hacia la mesa expresada en mSv/h. En el caso en que se haya medido dosis acumulada, se debe determinar la tasa de dosis en mSv/h dividiendo la dosis acumulada por el tiempo total con la que se obtuvo.

**Corriente (I)**: Es la utilizada por el equipo de rayos X durante la medición, expresada en mA.

**Factor de calibración de la cámara de ionización (F<sub>C</sub>)**: Utilizar el valor correspondiente al kV más bajo disponible en el certificado de calibración vigente.

**Factor de ocupación (T)**: Factor entre 0 y 1 que representa la estimación del tiempo de ocupación o permanencia de personas en el puesto evaluado, durante el período de operación del equipo o la instalación.

**N<sub>M</sub>**: Número de exámenes realizados con el mayor kV de los practicados hacia la mesa.

**mA<sub>sM</sub>**: Corresponde a la corriente utilizada en los exámenes con mayor kV de los practicados hacia la mesa.

**Carga de trabajo semanal (W<sub>M</sub>)**: Corresponde a los mAmin/semana de los exámenes practicados hacia la mesa.

Luego, se determina la dosis total con la siguiente fórmula:

$$Dosis_T \left[ \frac{mSv}{semana} \right] = Dosis_E \left[ \frac{mSv}{semana} \right] + Dosis_M \left[ \frac{mSv}{semana} \right] \quad (5)$$

Finalmente, se estima la dosis anual con la siguiente fórmula:

$$Dosis \left[ \frac{mSv}{año} \right] = 50 \left[ \frac{mSv}{año} \right] \times Dosis_T \left[ \frac{mSv}{semana} \right] \quad (6)$$

## 7.5. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

- a) Comparar los resultados obtenidos con los valores legalmente establecidos, mostrados en el Anexo B, también con otros criterios aplicables de acuerdo al objetivo de la evaluación propuesta, ver Anexo C.
- b) Si se detectan puestos de trabajo que exceden los criterios utilizados, se deberán entregar las recomendaciones pertinentes.

## 8. RECOMENDACIONES.

- a) Para enriquecer el análisis y hacerse cargo del proceso de optimización es recomendable establecer comparaciones con otros los límites recomendados internacionalmente o con valores normales para las diferentes prácticas, ver Anexo C.
- b) Se recomienda hacer esta evaluación al comienzo de utilización del equipo y ante cualquier cambio en las condiciones evaluadas. También ante cualquier otro requerimiento que lo justifique.
- c) Se recomienda que previo a cualquier visita a terreno, el evaluador se comunique con el encargado del equipo a evaluar, con vista a informar la necesidad de utilizar en la evaluación, técnicas que pueden diferir de las utilizadas corrientemente, por lo que se requerirá la utilización de técnicas libres y con desactivación del control automático de exposición (CAE). Para esto el operador del equipo debe saber hacer esto, para ello es posible que deba contactarse previamente con el servicio técnico.

## 9. BIBLIOGRAFÍA.

- a. IAEA. Protocolos de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, ARCAL XLIX.
- b. ICRP 2007, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 103.
- c. IAEA 1996, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series 115.
- d. General Safety Requirements Part 3, N° GSR Part 3, 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.
- e. NCRP 147, Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities, National Council on Radiation Protection and Measurement, 2004.

## 10. PARTICIPANTES.

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

- a. Axel Miranda Reyes, Instituto de Seguridad Laboral.
- b. Esteban Villarroel Cantillana, Asociación Chilena de Seguridad.
- c. Rocío Córdova Avendaño, Instituto de Seguridad del Trabajo.
- d. Marcelo Molina Ibaceta, Mutual de Seguridad Cámara Chilena de la Construcción.
- e. Sergio Soto Soto, Secretaría Regional Ministerial de Salud Región Metropolitana.
- f. Otto Delgado Ramos, Jefe de Sección de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes.
- g. Oscar Edding Munizaga, Sección de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes.
- h. Cristóbal Guerrero Lara, Sección de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes.
- i. María Inés Martínez, Sección de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes.

## **10. ANEXOS.**

### **ANEXO A: ASPECTOS MÍNIMOS QUE DEBE CONSIDERAR EL INFORME.**

El informe debe contener al menos lo siguiente:

- a) Resumen.
- b) Contexto.
- c) Individualización de las personas intervinientes en la evaluación e informe.
- d) Objetivos.
- e) Metodología.
- f) Instrumentación.
- g) Datos de la instalación.
- h) Resultados.
- i) Análisis de resultados.
- j) Conclusiones.
- k) Recomendaciones.
- l) Anexos, que incluyan, entre otros, imágenes, planos, certificados de calibración de equipos, etc.

## ANEXO B: LÍMITE LEGAL.

Extracto del Artículo 12, del D.S. N°3, de 1985, del Ministerio de Salud:

Órgano Expuesto	Límite de Dosis Anual [rem]
Cuerpo entero	5

Correspondencia del límite de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades:

Órgano Expuesto	Dosis Efectiva Anual [mSv]
Cuerpo entero	50

## ANEXO C: OTROS VALORES RECOMENDADOS INTERNACIONALMENTE.

Referencia	Tipo	Límite	Aplicación
General Safety Requirements Part 3, IAEA.	Límite de Dosis Efectiva	20 mSv como promedio en 5 años 50 mSv en un año	Exposición Ocupacional
General Safety Requirements Part 3, IAEA.	Límite de Dosis Efectiva	1 mSv al año	Exposición de Público
ARCAL XX, Directrices para el control de fuentes de radiación (1997-2000).	Nivel de Restricción de Dosis Efectiva	0,10 mSv por semana 5,0 mSv al año	Área Controlada
ARCAL XX, Directrices para el control de fuentes de radiación (1997-2000).	Nivel de Restricción de Dosis Efectiva	0,01 mSv por semana 0,5 mSv al año	Área Libre

## ANEXO D: VALORES NORMALES DE CARGA DE TRABAJO DE UNA SALA DE RAYOS X CONVENCIONAL.

Referencia	Carga de Trabajo W [mAmin/semana]
ARCAL XLIX, Radiografía General, 125 kV, Radiografía de Tórax.	80
NCRP 147, Sala de Tórax.	46,2

## ANEXO E: EJEMPLOS DE CÁLCULO.

### EJEMPLO 1. EQUIPO PERMITE CONTROLAR TIEMPOS E INDEPENDIENTEMENTE LA CORRIENTE.

Se muestra un ejemplo donde se levantó información en una sala donde el equipo de rayos x permite el manejo en forma independiente del tiempo y de la corriente (mA).

Se requiere evaluar el puesto de trabajo desde donde se opera el equipo de rayos x convencional, puesto de comando, ubicado detrás de biombo plomado de espesor equivalente no especificado.

Se consultó al operador las condiciones de uso del equipamiento, éste indicó que la técnica que demanda el mayor kV corresponde a una técnica de tórax, la que se realiza con 125 kV, con una corriente de 250 mA y un tiempo de 0,05 segundos. La exposición se realiza hacia el estativo. Se seleccionaron estas condiciones en la consola de comando del equipo de rayos x.

Según 7.2 letra a se utilizará entonces la evaluación operando el equipo de rayos x con 125 kV y desactivando el control automático de exposición según 7.2 letra b.

Debido a que el equipo permite extender los tiempos de exposición, independientemente de la corriente, se buscará extender dichos tiempos. En este proceso se logró aumentar hasta 3 segundos, para esto el equipo de rayos x requirió disminuir la corriente hasta 50 mA. De esta manera se verifica que se pudo operar de acuerdo a punto 7.2 letras c.1 y d.1, por lo que se realizarán las mediciones en modo de tasa de dosis con la cámara de ionización disponible.

Con las anteriores condiciones se realizaron las mediciones con 180 cm de distancia entre el foco del tubo y el estativo, y con 100 cm de distancia para las exposiciones hacia la mesa. En cada caso con el simulador de tejido descrito en punto 6 letra b colimando completo a la superficie frontal del simulador.

En el lugar de las mediciones se obtuvieron las siguientes lecturas con disparos hacia el estativo:

Lectura 1	Lectura 2
180 $\mu$ Sv/h	200 $\mu$ Sv/h

De acuerdo a esto, LecturaE para aplicar la Fórmula 1 será 200  $\mu$ Sv/h, que llevado a mSv/h corresponde a 0,200 mSv/h.

En el lugar de las mediciones se obtuvieron las siguientes lecturas con disparos hacia la mesa:

Lectura 1	Lectura 2
120 $\mu$ Sv/h	100 $\mu$ Sv/h

De acuerdo a esto, LecturaM para aplicar la Fórmula 3 será 120  $\mu$ Sv/h, que llevado a mSv/h corresponde a 0,120 mSv/h.

Se evaluó con una cámara de ionización calibrada en el LMRI cuyo certificado de calibración indica que para fotones de rayos x de 105 kV y el rango de 500  $\mu$ Sv/h, FC tiene un valor de 1,115.

El factor T corresponde a 1 ya que siempre se encuentra un trabajador en el puesto de comando cuando hay emisión de radiación.

Para la realización del punto 7.4 se requiere la siguiente información aportada por el encargado del equipo:

Examen y cantidad semanal con mayor kV de las exposiciones realizadas al estativo.

Examen	kV	Tiempo (s)	mA	Cantidad
Tórax adulto	125	0,05	250	60

Examen y cantidad semanal con mayor kV de las exposiciones realizadas a la mesa.

Examen	kV	Tiempo (s)	mA	Cantidad
Tórax pediátrico	100	0,02	200	20

De acuerdo a todo lo anterior, reemplazando en la Fórmula 2 se obtiene la siguiente carga de trabajo para el estativo:

$$W_E \left[ \frac{mAmin}{semana} \right] = \frac{2 \times (60 \times 250[mA] \times 0,05[s])}{60 \left[ \frac{s}{min} \right]} = 25,0 \left[ \frac{mAmin}{semana} \right]$$

Luego reemplazando en la Fórmula 1:

$$Dosis_E \left[ \frac{mSv}{semana} \right] = \frac{0,200 \left[ \frac{mSv}{h} \right]}{60 \left[ \frac{min}{h} \right] \times 50[mA]} \times 1,115 \times 1 \times 25,0 \left[ \frac{mAmin}{semana} \right] = 1,86 \times 10^{-3} \left[ \frac{mSv}{semana} \right]$$

Por otro lado, para la mesa, a través de la Fórmula 4 se tiene:

$$W_M \left[ \frac{mAmin}{semana} \right] = \frac{2 \times (20 \times 200[mA] \times 0,02[s])}{60 \left[ \frac{s}{min} \right]} = 2,7 \left[ \frac{mAmin}{semana} \right]$$

Luego reemplazando en la Fórmula 3:

$$Dosis_M \left[ \frac{mSv}{semana} \right] = \frac{0,120 \left[ \frac{mSv}{h} \right]}{60 \left[ \frac{min}{h} \right] \times 50[mA]} \times 1,115 \times 1 \times 2,7 \left[ \frac{mAmin}{semana} \right] = 1,19 \times 10^{-4} \left[ \frac{mSv}{semana} \right]$$



Luego reemplazando en la Fórmula 5 se obtiene:

$$Dosis_T \left[ \frac{mSv}{semana} \right] = 1,86 \times 10^{-3} \left[ \frac{mSv}{semana} \right] + 1,19 \times 10^{-4} \left[ \frac{mSv}{semana} \right] = 1,98 \times 10^{-3} \left[ \frac{mSv}{semana} \right]$$

Finalmente, reemplazando en la Fórmula 6 se obtiene:

$$Dosis \left[ \frac{mSv}{año} \right] = 50 \left[ \frac{semana}{año} \right] \times 1,98 \times 10^{-3} \left[ \frac{mSv}{semana} \right] = 0,10 \left[ \frac{mSv}{año} \right]$$

## EJEMPLO 2. EQUIPO QUE NO SEPARA TIEMPO DE CORRIENTE.

Se muestra un ejemplo donde se levantó información en una sala donde el equipo de rayos x no permite deshabilitar el control automático de exposición, al menos por parte del usuario, al mismo tiempo, sólo se puede operar con técnicas pre definidas, por lo que no se puede separar completamente los kV, tiempos y mA, por añadidura tampoco el mAs.

De los registros y de las técnicas predefinidas se pudo constatar que la técnica de tórax es la que utiliza los mayores kV, del orden de 125 kV, resolviendo de esta manera el punto 7.2. Considerando dicho kV, se buscó la técnica que permitiera su selección pero que utilizara los mayores mAs, con esto se logró llegar sólo a un valor de 0,65 mAs, todo ello de acuerdo con el punto 7.2 letra c.2. Se midió con un equipo auxiliar el tiempo de exposición que en dicha condición genera el equipo determinándose un valor de 0,65 segundos. Dado que dicho valor es superior a 0,5 segundos se continúa según punto 7.2 letra d.2, por lo que se debió utilizar la cámara de ionización en modo de dosis acumulada. Se acumulan las dosis de 4 exposiciones haciendo un total de tiempo de 2,6 segundos.

Se requiere evaluar el puesto de trabajo desde donde se opera el equipo de rayos x convencional, puesto de comando, ubicado detrás de biombo plomado de espesor equivalente no especificado.

Con las anteriores condiciones se realizaron las mediciones con 180 cm de distancia entre el foco del tubo y el estativo, y con 100 cm de distancia para los disparos hacia la mesa. En cada caso con el simulador de tejido descrito en punto 6 letra b) colimando completo a la superficie frontal del simulador.

En el lugar de las mediciones con exposiciones hacia el estativo, en cada caso se obtuvo la dosis acumulada:

Lectura 1	Lectura 2
0,05 µSv	0,06 µSv

De acuerdo a esto, se debe obtener la LecturaE en tasa de dosis para aplicar la Fórmula 1, para ello previamente se debe aplicar:

$$Tasa\ de\ dosis = \frac{0,06 \left[ \mu Sv \right]}{2,6 \left[ s \right]} \times \frac{3600 \left[ s \right]}{1 \left[ h \right]} = 83,1 \left[ \frac{\mu Sv}{h} \right] = 0,083 \left[ \frac{mSv}{h} \right]$$

En el lugar de las mediciones con exposiciones hacia la mesa, en cada caso se obtuvo la dosis acumulada:

Lectura 1	Lectura 2
0,04 $\mu\text{Sv/h}$	0,05 $\mu\text{Sv/h}$

De acuerdo a esto, LecturaM para aplicar la Fórmula 3, será 69,2  $\mu\text{Sv/h}$ , que llevado a mSv/h corresponde a 0,069 mSv/h. Esto se realizó de manera similar al caso anterior para el estativo.

Se evaluó con una cámara e ionización calibrada en el LMRI cuyo certificado de calibración indica que para fotones de rayos x de 105 kV y el rango de 500  $\mu\text{Sv/h}$ , FC tiene un valor de 1,115.

El factor T corresponde a 1 ya que siempre se encuentra un trabajador en el puesto de comando cuando hay emisión de radiación.

Para la realización del punto 7.4 se requiere la siguiente información aportada por el encargado del equipo:

Examen y cantidad semanal con mayor kV de las exposiciones realizadas al estativo.

Examen	kV	Tiempo (s)	mA	Cantidad
Tórax adulto	125	0,05	250	60

Examen y cantidad semanal con mayor kV de las exposiciones realizadas a la mesa.

Examen	kV	Tiempo (s)	mA	Cantidad
Tórax pediátrico	100	0,02	200	20

De acuerdo a todo lo anterior, reemplazando en la Fórmula 2 se obtiene la siguiente carga de trabajo:

$$W_E \left[ \frac{mAmin}{semana} \right] = \frac{2 \times (60 \times 250[mA] \times 0,05[s])}{60 \left[ \frac{s}{min} \right]} = 25,0 \left[ \frac{mAmin}{semana} \right]$$

Luego reemplazando en la Fórmula 1:

$$Dosis_E \left[ \frac{mSv}{semana} \right] = \frac{0,083 \left[ \frac{mSv}{h} \right]}{60 \left[ \frac{min}{h} \right]} \times 1,115 \times 1 \times 25,0 \left[ \frac{mAmin}{semana} \right] = 6,43 \times 10^{-4} \left[ \frac{mSv}{semana} \right]$$

Por otro lado, a través de la Fórmula 4 se tiene:

$$W_M \left[ \frac{mAmin}{semana} \right] = \frac{2 \times (20 \times 200 [mA] \times 0,02 [s])}{60 \left[ \frac{s}{min} \right]} = 2,7 \left[ \frac{mAmin}{semana} \right]$$

Luego reemplazando en la Fórmula 3:

$$Dosis_M \left[ \frac{mSv}{semana} \right] = \frac{0,069 \left[ \frac{mSv}{h} \right]}{60 \left[ \frac{min}{h} \right] \times 1 [mA]} \times 1,115 \times 1 \times 2,7 \left[ \frac{mAmin}{semana} \right] = 3,46 \times 10^{-3} \left[ \frac{mSv}{semana} \right]$$

Luego reemplazando en la Fórmula 5 se obtiene:

$$Dosis_T \left[ \frac{mSv}{semana} \right] = 6,43 \times 10^{-4} \left[ \frac{mSv}{semana} \right] + 3,46 \times 10^{-3} \left[ \frac{mSv}{semana} \right] = 4,10 \times 10^{-3} \left[ \frac{mSv}{semana} \right]$$

Finalmente, reemplazando en la Fórmula 6 se obtiene:

$$Dosis \left[ \frac{mSv}{año} \right] = 50 \left[ \frac{semana}{año} \right] \times 4,10 \times 10^{-3} \left[ \frac{mSv}{semana} \right] = 0,21 \left[ \frac{mSv}{año} \right]$$

### EJEMPLO 3. EQUIPO PORTÁTIL.

Se muestra un ejemplo donde se levantó información asociada a un equipo de rayos x portátil, el cual no cuenta con control automático de exposición. El equipo permite seleccionar kV, mA y mAs, con lo que indirectamente se determina el tiempo de exposición.

De los registros se pudo constatar que el equipo siempre se utiliza generando las exposiciones hacia camillas (mesa), y no cuenta con estativo, por lo que no se aplican las Fórmulas 1 y 2, ya que dichas cargas de trabajo son nulas, es decir NE=0, por lo que se deberán aplicar sólo las Fórmulas 3, 4, 5 y 6.

La técnica de tórax es la que utiliza los mayores kV, del orden de 125 kV, resolviendo de esta manera el punto 7.2. Con este kV, 100 mA y 5 mAs es que se realizan dichas radiografías. Esta situación implica tiempos de 0,05 segundos por lo que según el punto 7.2 letra c.1., se deberá aumentar el tiempo de las exposiciones disminuyendo, a requerimiento del equipo, las corrientes, realizando esto se constata que el equipo permitió generar exposiciones con 125 kV pero con 20 mA y 40 mAs, es decir, hará exposiciones de 2 segundos.

De acuerdo a lo anterior, se podrá seguir el procedimiento según punto 7.2 letra d.1, por lo que se realizarán las mediciones en modo de tasa de dosis con la cámara de ionización disponible.

Con las anteriores condiciones se realizaron las mediciones a 100 cm de distancia entre el foco del tubo y el sistema receptor de imagen, que es como se obtienen las radiografías, todo ello con el simulador de tejido descrito en punto 6, letra b) colimando completo a la superficie frontal del simulador.

En la posición desde donde se opera el equipo portátil se obtuvieron las siguientes lecturas:

Lectura 1	Lectura 2
580 $\mu\text{Sv/h}$	600 $\mu\text{Sv/h}$

De acuerdo a esto, LecturaM para aplicar la Fórmula 3 será 600  $\mu\text{Sv/h}$ , que llevado a  $\text{mSv/h}$  corresponde a 0,600  $\text{mSv/h}$ .

Se evaluó con una cámara de ionización calibrada en el LMRI cuyo certificado de calibración indica que para fotones de rayos x de 105 kV y el rango de 500  $\mu\text{Sv/h}$ , FC tiene un valor de 1,115.

El factor T corresponde a 1 ya que siempre se encuentra un trabajador en la posición de operación del equipo cuando hay emisión de radiación.

Para la realización del punto 7.4 se requiere la siguiente información aportada por el encargado del equipo:

Examen y cantidad semanal con mayor kV de las exposiciones realizadas hacia las camillas (mesa).

Examen	kV	mA	mAs	Tiempo (s)	Cantidad
Tórax adulto	125	100	5	0,05	60

De acuerdo a todo lo anterior, reemplazando en la Fórmula 4 se obtiene la siguiente carga de trabajo:

$$W_M \left[ \frac{\text{mAmin}}{\text{semana}} \right] = \frac{2 \times (60 \times 100 [\text{mA}] \times 0,05 [\text{s}])}{60 \left[ \frac{\text{s}}{\text{min}} \right]} = 10,0 \left[ \frac{\text{mAmin}}{\text{semana}} \right]$$

Luego reemplazando en la Fórmula 3:

$$\text{Dosis}_M \left[ \frac{\text{mSv}}{\text{semana}} \right] = \frac{0,600 \left[ \frac{\text{mSv}}{\text{h}} \right]}{60 \left[ \frac{\text{min}}{\text{h}} \right] \times 20 [\text{mA}]} \times 1,115 \times 1 \times 10,0 \left[ \frac{\text{mAmin}}{\text{semana}} \right] = 5,58 \times 10^{-3} \left[ \frac{\text{mSv}}{\text{semana}} \right]$$

Luego reemplazando en la Fórmula 5 se obtiene:

$$\text{Dosis}_T \left[ \frac{\text{mSv}}{\text{semana}} \right] = 0 \left[ \frac{\text{mSv}}{\text{semana}} \right] + 5,58 \times 10^{-3} \left[ \frac{\text{mSv}}{\text{semana}} \right] = 5,58 \times 10^{-3} \left[ \frac{\text{mSv}}{\text{semana}} \right]$$

Finalmente, reemplazando en la Fórmula 6 se obtiene:

$$\text{Dosis} \left[ \frac{\text{mSv}}{\text{año}} \right] = 50 \left[ \frac{\text{semana}}{\text{año}} \right] \times 5,58 \times 10^{-3} \left[ \frac{\text{mSv}}{\text{semana}} \right] = 0,28 \left[ \frac{\text{mSv}}{\text{año}} \right]$$