

PROTOCOLO PARA LA EVALUACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO CON EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES ASOCIADAS AL USO DE EQUIPOS DE TOMOGRAFÍA COMPUTADA

EDITOR RESPONSABLE:

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

REVISOR:

Juan Alcaíno Lara
Jefe Subdepartamento de Ambientes Laborales, Instituto de Salud Pública

D016-PR-500-02-001

Versión 1.0
Marzo, 2015

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 al Uso de Equipos de Tomografía Computada.

2014, Versión 1.0.

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/>.

PROTOCOLO PARA LA EVALUACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO CON EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES ASOCIADAS AL USO DE EQUIPOS DE TOMOGRAFÍA COMPUTADA

TABLA DE CONTENIDO

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

1. PRESENTACIÓN.

Cerca de 25.000 trabajadores del país son considerados ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes, y una gran mayoría de ellos se desempeñan en instalaciones radiactivas clasificadas como de segunda categoría.

En dicha categoría se encuentran fundamentalmente las aplicaciones de las radiaciones en el ámbito del diagnóstico médico, odontológico y veterinario, donde se utiliza en forma extensiva diferentes tipos de equipos generadores de radiaciones ionizantes, tales como los complejos y costosos equipos denominados tomógrafos computados. Al mismo tiempo, en dichas instalaciones es donde habitualmente se requieren las mejores condiciones estructurales dado que dichos equipos emiten las radiaciones más fuertemente penetrantes y que son utilizadas en el diagnóstico médico. Además, estos equipos involucran en determinadas ocasiones tiempos bastante prolongados de generación de radiación ionizante.

Para estos fines se conformó un comité de expertos pertenecientes a diferentes instituciones con competencia en la materia, con el propósito de uniformar una metodología para la determinación del nivel de exposición de los diferentes trabajadores que resultan expuestos a las radiaciones ionizantes generadas en este tipo de equipos y en este tipo de instalaciones, en virtud de lo establecido en el segundo inciso del artículo 3, del D.S. N°3 del 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."

Este mismo protocolo puede ser aplicado para la determinación de los niveles de exposición de individuos del público que se ubiquen en diferentes áreas de las instalaciones mencionadas. Sin embargo, no aplica para la determinación de los niveles de exposición de los pacientes en lo que se conoce como exposición médica.

Finalmente, el presente protocolo indica como determinar la exposición ocupacional a radiaciones

ionizantes con la magnitud dosis efectiva de cuerpo entero comparables con los límites establecidos en el país, así como también con las recomendaciones internacionales.

Bajo ninguna circunstancia se deben realizar estas evaluaciones con pacientes.

2. OBJETIVO.

Establecer una metodología estandarizada para determinar los niveles de dosis por exposición a radiaciones ionizantes de trabajadores que se desempeñan en instalaciones de segunda categoría donde se utilizan equipos de tomografía computada.

3. ALCANCE.

3.1. ALCANCE TEÓRICO.

Son variados los ámbitos en los cuales se pueden encontrar tomógrafos computados. Estos equipos se utilizan principalmente para el diagnóstico aplicado sobre diferentes estructuras, siendo los más frecuentes los estudios del cerebro, tórax, abdomen, pelvis o columna. Por otra parte, los mismos equipos pueden estar complementados con gamma cámaras para detectar materiales radiactivos utilizados en diferentes prácticas de la medicina nuclear y, además, complementados con detectores para la realización de tomografías de positrones, los cuales se conocen como equipos PET-CT. Otro uso que también pueden tener estos equipos es como complemento para la planificación en teleterapia oncológica.

De las anteriores situaciones, el presente protocolo está diseñado para evaluar sólo exposiciones asociadas a los rayos x producidos por el tomógrafo computado y así mismo, para usos fundamentalmente en el ámbito del diagnóstico médico. No es aplicable para detectar las exposiciones asociadas a materiales radiactivos presentes en las diferentes prácticas mencionadas.

No se recomienda su utilización en tomógrafos utilizados para la planificación en radioterapia ya que las técnicas utilizadas difieren de las aquí planteadas.

3.2. POBLACIÓN OBJETIVO.

Trabajadores que se exponen a radiaciones ionizantes derivadas del uso de equipos de tomografía computada.

3.3. POBLACIÓN USUARIA.

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

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, que Establece Normas sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales.
- c) Decreto Supremo N° 1.222, de 1996, del Ministerio de Salud, Reglamento del Instituto de Salud Pública de Chile.
- d) Decreto Supremo N° 133, de 1984, del Ministerio de Salud, "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".
- e) Decreto Supremo N°3, de 1985, del Ministerio de Salud, "Reglamento de Protección Radiológica de Instalaciones Radioactivas".

5. TERMINOLOGÍA.

- a) **Exposición Ocupacional:** Toda exposición que se produce a causa o con ocasión del trabajo. No incluye la exposición derivada de prácticas excluidas y de las prácticas o fuentes declaradas exentas.
- b) **Exposición Médica:** Exposición recibida por los pacientes en el curso de su propio diagnóstico o tratamiento médico o dental. También la

exposición sufrida de forma consciente por personas que no estén expuestas profesionalmente mientras ayudan voluntariamente a procurar alivio y bienestar a pacientes; asimismo, la sufrida por voluntarios en el curso de un programa de investigación biomédica que implique su exposición.

- c) **Exposición del Público:** Exposición sufrida por miembros del público a causa de fuentes de radiación, excluyendo las exposiciones ocupacionales o médicas. Se excluye también la exposición a la radiación natural de fondo normal en la zona, pero incluye la exposición debida a las fuentes y prácticas autorizadas y a las situaciones de intervención.

6. 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).
- b) Simulador de cráneo del tomógrafo.
- c) Cinta métrica o distanciómetro.

7. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN.

7.1. METODOLOGÍA.

- a) Confeccionar un plano, layout 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 del tomógrafo computado u otros elementos que pudieran ser relevantes en lo que concierne a la protección radiológica.

- Áreas adyacentes tales como sala de espera, vestidores, baños, circulación interna, circulación externa, etc.
- Puntos de medición de importancia ocupacional, dentro y fuera de la sala donde los trabajadores del establecimiento puedan resultar expuestos a radiaciones, tales como puestos de comando, estaciones de visualización, puestos auxiliares, etc.

7.2. PARÁMETROS DE OPERACIÓN.

Para la evaluación, el manejo del tomógrafo debe ser realizado preferentemente por un operador habitual o personal capacitado en su operación.

- a) Selección del kV: Seleccionar el mayor valor de kV utilizado en los exámenes de cerebro, tórax, abdomen, pelvis o columna lumbo sacra. En cualquier caso no utilizar un valor menor de 120 kV.
- b) Selección de mA: Seleccionar la mínima corriente utilizada en los exámenes de cerebro, tórax, abdomen, pelvis o columna lumbo sacra.
- c) Espesor de corte: Utilizar el mayor espesor de corte que permita el equipo.
- d) Con los parámetros anteriores solicitar al operador habitual del equipo realizar la exposición del simulador de manera que el estudio genere una exposición de a lo menos 5 segundos, considerando que el estudio no supere las dimensiones del simulador.
- e) Desde el punto de vista de la optimización de la exposición de las personas intervinientes en la evaluación no se sugiere extender más de 5 segundos la exposición.
- f) 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) Colocar el simulador en la camilla del tomógrafo. Ajustar el centro del simulador con el isocentro del gantry.
- b) Ubicar la cámara en cada uno de los puntos seleccionados a la altura del tórax del operador del equipo. Tanto este como el evaluador no deben interferir en el campo de radiación. Registrar la altura y distancias a las diferentes barreras establecidas.
- c) Solicitar al operador que realice la exposición descrita en 7.2.
- d) Realizar una única medición en modo de tasa en cada punto seleccionado.

7.4. CÁLCULOS.

Todo el cálculo está basado en un tiempo de operación semanal.

El cálculo de la dosis semanal se debe hacer con la siguiente fórmula:

$$Dosis \left[\frac{mSv}{semana} \right] = \frac{Lectura \left[\frac{mSv}{h} \right]}{60 \left[\frac{min}{h} \right] \times I [mA]} \times F_c \times U \times T \times W \left[\frac{mAmin}{semana} \right] \quad (1)$$

Donde:

Lectura: Es el valor de tasa de dosis medido por el instrumento expresada en mSv/h.

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

Factor de uso (U): Utilizar U = 1.

Factor de calibración de la cámara de ionización (Fc): Utilizar el valor correspondiente al kV más bajo disponible en el certificado de calibración.

Factor de ocupación (T): Factor entre 0 y 1 que representa la estimación del tiempo de ocupación o permanencia de personas en cada punto particular, 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.

Carga de trabajo semanal (W): Utilizar las cargas de trabajo máximas de rutina. Corresponde al valor determinado por la suma de los productos de la corriente por el tiempo utilizados. Deben ser considerados los exámenes realizados semanalmente de cerebro, tórax, abdomen, pelvis, columna lumbo sacra. Se deberá especificar la metodología, origen y lapso de tiempo empleado para la obtención de estos valores. Ver Anexo B1 donde se propone tabla para su presentación.

$$W \left[\frac{mAmin}{semana} \right] = \sum_{n=1}^{N_e} It[mAs]_n \times \frac{1}{60 \left[\frac{s}{min} \right]} \times \frac{1}{[semana]} \quad (2)$$

Donde:

N_e es el número de exámenes por semana.

It es el mAs correspondiente a la multiplicación de la corriente por el tiempo empleado para cada examen de la semana. Con tiempo t en segundos.

W es la carga de trabajo expresado en [mAmin/semana].

Si no se dispone de información para estimar la carga de trabajo se puede utilizar como referencia un valor de 5000 [mAmin/semana] lo que corresponde a una alta utilización del equipo.

Finalmente, estimar la dosis anual de la siguiente manera:

$$Dosis \left[\frac{mSv}{año} \right] = 50 \left[\frac{semana}{año} \right] \times Dosis \left[\frac{mSv}{semana} \right] \quad (3)$$

El cálculo se deberá realizar para cada puesto de trabajo establecido.

7.5. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

- Comparar los resultados obtenidos con los diferentes valores aplicables de acuerdo al objetivo de la evaluación propuesta y de los valores legalmente establecidos.
- Para enriquecer el análisis y hacerse cargo del proceso de optimización es recomendable establecer comparaciones con otros límites recomendados internacionalmente o con valores normales para las diferentes prácticas. Ver en anexo algunas recomendaciones internacionales.
- Si se detectan puntos que exceden los criterios analizados, se deberán entregar las recomendaciones pertinentes.

8. RECOMENDACIONES TÉCNICAS.

- Existen cámaras de ionización que disponen de un modo de medición que registra o almacena las lecturas máximas a las que se somete el instrumento. Dicho sistema permite la disminución de las exposiciones de los evaluadores por lo que se recomienda su utilización.

- b) Los evaluadores que aplican este protocolo deben tener capacitación y entrenamiento en el uso del instrumental y conocimientos en seguridad y protección radiológica de acuerdo a lo establecido en la regulación vigente. Lo anterior también permite que los evaluadores determinen en cada caso la utilización de las diferentes medidas de protección radiológica operacional pertinentes.

9. BIBLIOGRAFÍA.

- a) IAEA. Protocolos de Control de Calidad en Radiodiagnóstico, ARCAL XLIX.
- b) IAEA. Guía Reguladora de Seguridad Radiológica para la práctica de Radiodiagnóstico Médico, ARCAL XX.
- c) ICRP 2007, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 103.
- d) IAEA 1996, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series 115.

10. PARTICIPANTES.

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

- a) Alfonso Espinoza Leyton, Sec. Técnico Comité de Expertos, Sección Radiaciones, ISP.
- b) Otto Delgado Ramos, Jefe de Sección de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes, ISP.
- c) Niurka Perez Romo, Sección de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes, ISP.
- d) Oscar Edding Munizaga, Sección de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes, ISP.
- e) Boris Torres Cofré, Representante Departamento de Salud Ocupacional, Ministerio de Salud.
- e) Sergio Soto, Representante Secretaría Regional Ministerial de Salud Región Metropolitana.
- f) René Prado León, Representante Asociación Chilena de Seguridad (ACHS).
- g) Marcelo Molina Ibaceta, Representante Mutual de Seguridad Cámara Chilena de la Construcción.

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. Incluido layout.
- h) Resultados.
- i) Análisis de resultados.
- j) Conclusiones.

ANEXO B: Propuesta de tabla para recopilación de la información y de presentación de resultados.

B.1 Datos:

Examen o estudio	Técnica			Número de exámenes por semana
	kV	mA o mAs	Tiempo [s]	
Cerebro				
Tórax				
Abdomen				
Pelvis				
Columna lumbo sacra				

B.2 Resultados:

Punto de Medición	Lectura [mSv/h]	T	U	W [mAmin/semana]	Dosis [mSv/semana]	Dosis [mSv/año]
A			1			

ANEXO C: Ejemplo de los cálculos a realizar.

Se obtuvo en terreno la siguiente información relativa a los exámenes practicados en la instalación a evaluar:

Examen o estudio	Técnica			Número de exámenes por semana
	kV	mA	Tiempo [s]	
Cerebro	120	300	12	153
Tórax	120	220	7	104
Abdomen	120	250	12	89
Pelvis	120	250	7	84
Columna lumbo sacra	120	250	15	54

La carga de trabajo se calcula aplicado la fórmula 2 de la siguiente manera:

$$Wm_{Aminsemana} = n = 1 n e I t m A s n \times 160 s min \times 1 semana$$

$$= 300 mA \times 12 s \times 153 + 220 mA \times 7 s \times 104 + 250 mA \times 12 s \times 89 + 250 mA \times 7 s \times 84 + 250 mA \times 15 s \times 54 \times 160 s min \times 1 semana$$

$$= 1327460 mA s \times 160 s min \times 1 semana$$

Entonces:

$$W = 22124,3 mA min semana$$

Se realizó una exposición de 5 segundos con 120 kV y 220 mA y se midió una tasa de dosis de 100 μ Sv/h en el puesto donde se ubica el operador del equipo. Por esto último es que se utilizará un T=1. El detector indica un factor FC = 1,1.

Se determinará la dosis semana en el punto evaluado utilizando la fórmula 1:

$$Dosis mSv semana = Lectura mSv h 60 min h \times I mA \times Fc \times U \times T \times W m_{Aminsemana}$$

Reemplazando:

$$Dosis mSv semana = 0,100 mSv h 60 min h \times 220 mA \times 1,1 \times 1 \times 1 \times 22124,3 mA min semana$$

Entonces:

$$Dosis = 0,184 mSv semana$$

Finalmente reemplazando en la fórmula 3:

$$Dosis_{mSv/año} = 50 \text{ semana/año} \times Dosis_{mSv/semana}$$

Reemplazando:

$$Dosis_{mSv/año} = 50 \text{ semana/año} \times 0,184 \text{ mSv/semana}$$

$$Dosis = 9,22 \text{ mSv/año}$$

Resumiendo en la tabla propuesta en el Anexo B2 se tiene:

Punto de Medición	Lectura [mSv/h]	T	U	W [mAmin/semana]	Dosis [mSv/semana]	Dosis [mSv/año]
A	0,100	1	1	22124,3	0,184	9,22