

PROTOCOLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A RADIACIONES IONIZANTES EN PUESTOS DE TRABAJO ASOCIADOS AL USO DE EQUIPOS DE RAYOS X ODONTOLÓGICO PARA TÉCNICAS INTRAORALES.

VERSIÓN 2.0

EDITOR RESPONSABLE:

Alfonso Espinoza Leyton
Departamento Salud Ocupacional

REVISOR:

Juan Alcaíno Lara,
Departamento Salud Ocupacional

D051-PR-500-02-002

VERSIÓN 2.0

2018

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 de equipos de rayos x odontológico para técnicas intraorales. 2018, 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/>.

PROTOCOLO PARA LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A RADIACIONES IONIZANTES EN PUESTOS DE TRABAJO ASOCIADOS AL USO DE EQUIPOS DE RAYOS X ODONTOLÓGICO PARA TÉCNICAS INTRAORALES.

ÍNDICE

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

1. PRESENTACIÓN.

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

La relación que tienen las personas con las distintas instalaciones radiactivas determina la forma en que se han de evaluar las diferentes dosis, ya que los criterios son distintos para los trabajadores, individuos del público y también, cuando corresponde, para los pacientes.

Para determinar las exposiciones de los trabajadores asociados a una instalación o práctica con exposición a radiaciones ionizantes, los procedimientos son similares, aunque los criterios para su tratamiento difieren, ya que aquellos que no guardan relación alguna con el agente de riesgo, deben ser tratados como individuos del público, mientras que aquellos trabajadores que, en el desempeño de sus labores, interactúan directamente con el agente o con las fuentes que emiten las radiaciones, son considerados trabajadores ocupacionalmente expuestos, los que en Chile, según la regulación vigente, deben contar con autorización de desempeño y también con un control a través de la dosimetría personal.

Un gran número de estas instalaciones 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.

Específicamente dentro de las prácticas radiológicas odontológicas, las técnicas intraorales son una de las más utilizadas. En 2014 se planteó el desarrollo de la primera versión del presente protocolo, el cual se confeccionó 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 dosis de los diferentes trabajadores que resultan expuestos en este tipo de instalaciones. En 2018, 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 de referencia para determinar los niveles de dosis de cuerpo entero por exposición ocupacional a radiaciones ionizantes de trabajadores que se desempeñan en instalaciones de segunda categoría donde se utilizan equipos de rayos X odontológico para técnicas intraorales.

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 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 a los que se exponen otros trabajadores, que en una instalación son considerados individuos del público. No se aplica para la determinación de los niveles a los que se exponen los pacientes, conocida como exposición médica.

Este protocolo también se puede utilizar para eventuales evaluaciones de las situaciones de exposición de trabajadores cuando se encuentran asistiendo a pacientes.

3.2 POBLACIÓN OBJETIVO.

Trabajadores que durante el desempeño de sus labores se exponen ocupacionalmente a radiaciones ionizantes asociadas al uso de equipos odontológico para técnicas intraorales.

3.3 POBLACIÓN USUARIA.

Personas con competencias afines de instituciones públicas y privadas, organismos administradores de la Ley 16.744 u otras. Los usuarios de este protocolo deben ser considerados Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos a radiaciones ionizantes, por lo que, según la reglamentación vigente, deben contar con dosimetría personal y Autorización de Desempeño en instalaciones radiactivas.

4. MARCO LEGAL.

- a. Ley N°16.744, de 1968, del Ministerio del Trabajo y Previsión Social, "Establece normas sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales".
- b. D.F.L. N°725, de 1967, del Ministerio de Salud Pública, "Código sanitario".
- c. 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".
- d. D.F.L. N°1, de 1990, del Ministerio de Salud, "Determina materias que requieren autorización sanitaria expresa".
- e. Decreto Supremo N°1.222, de 1996, del Ministerio de Salud, "Reglamento del Instituto de Salud Pública de Chile".
- f. 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".
- g. 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 da a causa o con ocasión del trabajo, excluye la exposición derivada de prácticas excluidas y de las prácticas o fuentes declaradas exentas.
- b. **Radiografías Intraorales:** Constituye una serie de técnicas radiográficas en las cuales se ubican películas radiográficas o detectores dentro de la cavidad bucal del paciente. Este tipo de radiografías se pueden dividir entre las Retroalveolares y Oclusales. Las primeras, a su vez, en Periapicales, Aleta Mordida, Paralelismo y Le Master.
- c. **Dosis:** Medida de la energía depositada por la radiación en un medio.
- d. **Dosis Acumulada:** Medida de la energía depositada por la radiación en un medio durante un intervalo de tiempo específico y definido. Corresponde a una lectura entregada por un detector de radiación.
- e. **Tasa de Dosis:** Medida de la energía depositada por la radiación en un medio por unidad de tiempo.

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, $H^*(10)$.

Debe estar calibrada para medir fotones de 71 keV o menos.

- b. Simulador de cabeza (ver Figura N°1). El simulador está constituido por un volumen tejido equivalente de geometría cilíndrica cuyas dimensiones estén en este rango:

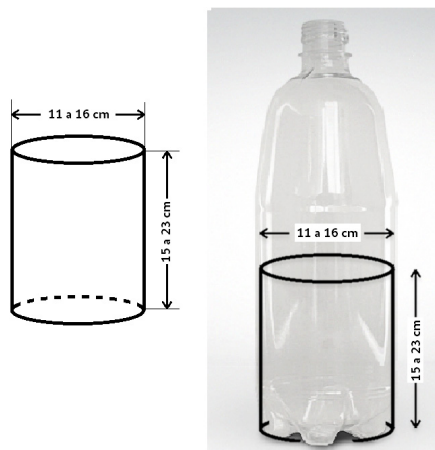
- Alto de 15 a 23 cm.
- Diámetro de 11 a 16 cm.

El requerimiento anterior se cumple por ejemplo con una botella de plástico de 3000 cc con agua hasta 23 cm.

- c. Cinta métrica o similar.

Figura N°1:

Ejemplo de Simulador de cabeza.



7. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN.

En 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:
- b. Identificación y ubicación del puesto de trabajo a evaluar.
- c. Ubicación de elementos relevantes relacionados con el puesto de trabajo, tales como, el equipo de rayos x, puesto de comando, biombo, entre otros.
- d. Identificación de áreas adyacentes como cámara oscura, sala de espera, baños, circulación interna, circulación externa, etc.
- e. Otras condiciones existentes al momento de la evaluación.

7.2 PARÁMETROS DE OPERACIÓN.

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

7.2.1. Según tipo de equipo de rayos x:

- a. Con kV y mA fijos, que permiten modificar sólo tiempos de exposición.
Utilizar los tiempos mayores permitidos por el equipo.
- b. Que utilizan sólo técnicas programadas.
Utilizar la técnica que emplee los mayores factores de exposición. Como referencia la técnica de un molar superior de adulto. Para poder evaluar este tipo de equipos se requiere conocer si efectivamente el equipo sólo modifica los tiempos de exposición y mantiene los parámetros de kV y mA, esto puede ser conocido a través de display, catálogo o del servicio técnico del equipo. Así mismo, se requiere conocer efectivamente el tiempo de exposición de la técnica empleada. De no ser posible se deberá contar con otro instrumento que permita medir efectivamente ese tiempo, de lo contrario este protocolo no se podrá aplicar.
- c. Que permiten modificar kV, mA y tiempos de exposición.
Utilizar el mayor kilovoltaje (kV) de los utilizados. El menor mA de las técnicas realizadas. Utilizar en esa condición los tiempos mayores permitidos por el equipo.
Se recomienda, de ser posible, no utilizar tiempos inferiores a 1 segundo en todos los casos. Si no fuera 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 una de las exposiciones 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. Si no fuera posible utilizar tiempos mayores de 0,5 segundos, la evaluación se puede realizar, no obstante, se deberá explicitar en el informe.

7.2.2 Anotar los datos de operación del equipo de rayos x: kV, mA y tiempo.

7.2.3 Anotar los datos de la cámara de ionización: marca, modelo, factor de calibración que corresponda. También magnitud y unidad de las lecturas obtenidas.

7.3. MEDICIONES.

7.3.1. Colocar el simulador en la posición y altura habitual de la cabeza del paciente de manera que el eje del mismo se encuentre en posición vertical, tal como lo muestra la Figura N°2. Registre esta altura.

Figura N°2:

Imagen de la ubicación del dispositivo simulador de paciente.



7.3.2. Posicionar el localizador del equipo en contacto directo con el simulador y en dirección perpendicular al eje del mismo.

7.3.3. Considerando que el simulador reemplaza la cabeza de un paciente, dirigir el haz de rayos x apuntando hacia el costado derecho de la cabeza.

7.3.4. Ubicar la cámara en el punto de interés al nivel del tórax del trabajador, 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.

7.3.5. Solicitar al operador que realice las exposiciones requeridas por el evaluador con los parámetros indicados en 7.2.

7.3.6. Realizar dos mediciones en modo de tasa en el punto de interés registrando ambas lecturas y seleccionando la mayor para los cálculos posteriores. Registrar también el nivel de radiación de fondo obtenido.

7.3.7. Repetir desde 7.3.4. a 7.3.6 con el haz de radiación hacia el costado izquierdo del simulador. Considerar entre las lecturas el tiempo que requiere la cámara de ionización para encontrarse en condiciones de una nueva exposición.

7.4 CÁLCULOS.

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

Para el puesto de trabajo evaluado se debe obtener el valor de Tasa de Dosis Promedio (TDP) en mSv/h, que corresponde al promedio de las máximas lecturas obtenidas para cada una de las orientaciones del haz de radiación descritas en 7.3.

El cálculo de la dosis semanal se obtiene con la siguiente fórmula:

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

Donde:

TDP: Corresponde al valor promedio de las tasas de dosis máximas obtenidas en cada punto para cada orientación del haz de radiación, 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): U = 1. Se utiliza un valor igual a 1 ya que la fórmula anterior permite llegar a un resultado que matemáticamente es equivalente a realizar los cálculos por separado con Factores de uso equivalentes a 0,5 y luego sumar dos dosis acumuladas. Para efectos de simplificación, en este protocolo se trabajará con el promedio descrito.

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): Corresponde a la proporción de tiempo de permanencia del trabajador en el puesto de trabajo a evaluar respecto del tiempo total utilizado en la carga de trabajo. Este valor debe ser mayor que cero hasta 1. Como referencia se puede utilizar alguno de los siguientes valores de la Tabla N°1. Se deberá especificar la metodología utilizada para obtener este valor.

Tabla N°1:

Algunos factores de ocupación (T) posibles de utilizar.

Ocupación	Lugar	T
Integral	Puesto de comando, sala de rayos, recepción.	1
Parcial	Sala de espera, vestidores, pasillos internos.	1/4
Eventual	Pasillos externos, baños, escaleras.	1/16
Esporádico	Jardines, patios, calle, entre otros.	1/32

Carga de trabajo semanal (W): Es el producto del número de radiografías semanales por el mAs promedio utilizado. Se deberá especificar la metodología, origen y lapso de tiempo empleado para la obtención de estos valores.

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

Donde:

NR es el número de radiografías por semana. Corresponde al número de exposiciones por semana.

It es el mAs promedio por radiografía.

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

Finalmente, estimar la dosis anual de la siguiente manera:

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

7.5. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

- Comparar los resultados obtenidos con los valores legalmente establecidos, mostrados en el Anexo B, y también, con otros criterios aplicables de acuerdo al objetivo de la evaluación propuesta, ver Anexo C.
- Si se detectan puestos de trabajo que exceden los criterios utilizados, 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.
- Se recomienda considerar tiempos de espera entre las diferentes exposiciones del equipo de rayos x a fin de evitar problemas de sobrecalentamiento. Esto puede apoyarse en información proporcionada por el fabricante en los respectivos manuales.
- Los evaluadores que aplican este protocolo deben tener capacitación y entrenamiento en el uso del instrumental y conocimientos en seguridad y protección radiológica. 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.
- e. 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.

10. PARTICIPANTES.

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

- Boris Torres Cofré, Representante Departamento de Salud Ocupacional, Ministerio de Salud.
- Sergio Soto Soto, Representante Secretaría Regional Ministerial de Salud Región Metropolitana.
- Esteban Villarroel Cantillana, Representante Asociación Chilena de Seguridad (ACHS).
- Roció Córdova Avendaño, Representante Instituto de Seguridad del Trabajo (IST).
- Otto Delgado Ramos, Jefe de Sección de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes (ISP).
- Oscar Edding Munizaga, Sección de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes (ISP).
- Cristóbal Guerrero Lara, Sección de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes (ISP).
- María Inés Martínez Alfaro, Sección de Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes (ISP).

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:

Tabla N°2:

Límites de dosis para cuerpo entero.

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

Correspondencia del límite de acuerdo al Sistema Internacional (S.I.) de Unidades:

Tabla N°3:

Límites de dosis para cuerpo entero en S.I.

Órgano Expuesto	Dosis Efectiva Anual [mSv]
Cuerpo entero	50

ANEXO C: OTROS VALORES RECOMENDADOS INTERNACIONALMENTE.

Tabla N°4:

Valores de dosis 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 PROPUESTA DE TABLAS PARA RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN Y DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

D.1 Datos de operación del equipo de rayos x odontológico.

Tabla N°5:

Parámetros de operación del equipo de rayos x en la evaluación.

kV	mA	Tiempo de exposición [s]
Kilovoltaje empleado	Corriente utilizada	Tiempo empleado

D.2 Detalle de la ubicación del simulador.

Tabla N°6:

Detalle de la ubicación del simulador.

Simulador utilizado	Altura respecto del piso [cm]
Descripción del simulador	Altura

D.3 Ubicación del detector de radiación.

Tabla N°7:

Detalle de la ubicación de la cámara de ionización.

Distancias	Altura respecto del piso [cm]
Distancia de barreras o estructuras	Altura de la cámara de ionización

D.4 Lecturas de dosis.

Tabla N°8:

Registro de mediciones de tasa de dosis.

Orientación derecha		Orientación izquierda		Máximo derecha	Máximo izquierda
Lectura 1	Lectura 2	Lectura 1	Lectura 2	Máximo entre Lectura 1 y Lectura 2, exposición hacia la derecha	Máximo entre Lectura 1 y Lectura 2, exposición hacia la izquierda

D.5 Resultados.

Tabla N°9:

Resumen de resultados.

TDP [mSv/h]	T	U	W [mAmín/semana]	Dosis semanal [mSv/semana]	Dosis anual [mSv/año]
Tasa de Dosis Promedio de los valores máximos	Factor de Ocupación	1	Carga de trabajo	Dosis semanal	Dosis anual

ANEXO E. EJEMPLO DE CÁLCULO.

E.1 Ejemplo para equipo con kV y mA fijos. Sólo permite controlar tiempo de exposición.

Se muestra un ejemplo donde se levantó información en una sala que dispone de un equipo de rayos x para técnicas intraorales. El equipo es con kV y mA fijos, permitiendo además de la orientación y ubicación del tubo, sólo el manejo del tiempo de emisión de radiación. El kV es de 65 y el mA de 7,0.

Se realizaron mediciones en el puesto de trabajo del operador del equipo, el cual se ubica detrás de un biombo plomado de espesor equivalente no especificado. Las mediciones fueron efectuadas con una cámara de ionización presurizada que cumple las especificaciones del protocolo y con calibración vigente, además presenta un Fc de 1,115 para RX71KV en el rango de 50 µSv/h, que son el kV y la tasa de dosis menor de las empleadas en la calibración.

El equipo de rayos x permite tiempos de exposición de hasta 2 segundos, tiempo que será empleado para las mediciones.

Resumen de las condiciones utilizadas en la evaluación utilizando las tablas sugeridas:

kV	mA	Tiempo de exposición [s]
65	7,0	2

Simulador utilizado	Altura respecto del piso [cm]
Botella de 3 litros con agua hasta 20 cm de altura	120

Distancias	Altura respecto del piso [cm]
15 cm detrás del biombo plomado	140

Se consultó al operador respecto de los tiempos con que se obtenían las imágenes, con el objetivo de determinar el It. Éste indicó que prácticamente todas las imágenes se obtenían con 0,8 segundos. Por lo que It se determina de la siguiente manera:

$$It = 7 [mA] \times 0,8 [s] = 5,6 [mAs]$$

También se le solicitó revisar sus registros a fin de hacer una estimación de las cargas de trabajo semanales, pudiéndose estimar, observando la carga de las anteriores 50 semanas, una carga promedio de 100 radiografías semanales. Utilizando la Fórmula (2) se tiene:

$$W = \frac{N_R \times It [mAs]}{60 \left[\frac{s}{min} \right]} \times \frac{1}{[semana]} = \frac{100 \times 5,6 [mAs]}{60 \left[\frac{s}{min} \right]} \times \frac{1}{[semana]} = 9,3 \left[\frac{mAmin}{semana} \right]$$

De acuerdo al procedimiento establecido se procedió a generar las exposiciones completándose la siguiente tabla:

Orientación derecha		Orientación izquierda		Máximo derecha	Máximo izquierda
2,5 $\mu\text{Sv/h}$	2,4 $\mu\text{Sv/h}$	4,8 $\mu\text{Sv/h}$	5,1 $\mu\text{Sv/h}$	2,5 $\mu\text{Sv/h}$	5,1 $\mu\text{Sv/h}$

Luego TDP se obtuvo según:

$$TDP = \left(\frac{2,5 \left[\frac{\mu\text{Sv}}{h} \right] + 5,1 \left[\frac{\mu\text{Sv}}{h} \right]}{2} \right) \times \frac{1 \left[\text{mSv} \right]}{1000 \left[\mu\text{Sv} \right]} = 3,8 \times 10^{-3} \left[\frac{\text{mSv}}{h} \right]$$

Luego utilizando la Fórmula (1) se tiene:

$$Dosis = \frac{3,8 \times 10^{-3} \left[\frac{\text{mSv}}{h} \right]}{60 \left[\frac{\text{min}}{h} \right] \times 7 \left[\text{mA} \right]} \times 1,115 \times 1 \times 1 \times 9,3 \left[\frac{\text{mAmin}}{\text{semana}} \right] = 9,38 \times 10^{-5} \left[\frac{\text{mSv}}{\text{semana}} \right]$$

Para finalmente estimar la dosis anual utilizando la Fórmula (3) de la siguiente manera:

$$Dosis \left[\frac{\text{mSv}}{\text{año}} \right] = 50 \left[\frac{\text{semana}}{\text{año}} \right] \times 9,38 \times 10^{-5} \left[\frac{\text{mSv}}{\text{semana}} \right] = 4,69 \times 10^{-3} \left[\frac{\text{mSv}}{\text{año}} \right]$$

Con lo que se puede completar la tabla:

TDP [mSv/h]	T	U	W [mAmin/semana]	Dosis [mSv/semana]	Dosis [mSv/año]
$3,8 \times 10^{-3}$	1	1	9,3	$9,38 \times 10^{-5}$	$4,69 \times 10^{-3}$

E.2 Ejemplo para equipo que permite sólo operación con técnicas programadas.

Se muestra un ejemplo donde se levantó información en una sala que dispone de un equipo de rayos x para técnicas intraorales que cuenta con receptor de imagen digital directo y con control automático de exposición. El equipo permite el uso de las técnicas programadas sin el control automático o con dicho sistema habilitado. Se determina según el catálogo que el equipo utiliza kV y mA fijos, por lo que las técnicas programadas sólo emplean cambios en los tiempos de las exposiciones, a su vez, se conocen los tiempos de exposición que utilizará el equipo en dichas técnicas, mientras que con el exposímetro automático los tiempos son determinados para cada condición. Debido a que no se cuenta con equipo especializado que

permita la medición de los tiempos de exposición, se decidió operar el equipo de rayos x desactivando el control automático y utilizando, de las técnicas programadas, la que emplea el mayor tiempo.

El puesto de trabajo de interés para la evaluación es el lugar donde se desempeña un médico que atiende en un box contiguo a la sala de rayos x odontológica. Las mediciones fueron efectuadas con una cámara de ionización presurizada que cumple las especificaciones del protocolo y con calibración vigente, además presenta un Fc de 1,115 para RX71KV en el rango de 50 μ Sv/h, que son la energía y la tasa de dosis menor de las empleadas en la calibración.

El equipo de rayos x, en la técnica de mayor tiempo emite radiación por 0,4 segundos, no permitiendo cumplir la recomendación de la utilización de tiempos mayores de un segundo. De acuerdo a ello, se medirá en modo de dosis acumulada acumulando 5 exposiciones para completar 2 segundos. Se sabe que no son las condiciones más óptimas para efectuar la medición, ya que los tiempos de exposición no alcanzan los 0,5 segundos, pero atendiendo la necesidad de la evaluación, se decidió realizar efectivamente la medición.

Resumen de las condiciones utilizadas en la evaluación utilizando las tablas sugeridas:

kV	mA	Tiempo de exposición [s]
65	7,0	0,4

Simulador utilizado	Altura respecto del piso [cm]
Botella de 3 litros con agua hasta 20 cm de altura	120

Distancias	Altura respecto del piso [cm]
10 cm del escritorio del trabajador	100

Se consultó al operador respecto de los tiempos con que se obtenían las imágenes, con el objetivo de determinar el It. Éste indicó que prácticamente todas las imágenes se obtenían con 0,4 segundos. Por lo que It se determina de la siguiente manera:

$$It = 7 [mA] \times 0,4 [s] = 2,8 [mAs]$$

También se le solicitó revisar sus registros a fin de hacer una estimación de las cargas de trabajo semanales, pudiéndose estimar, observando la carga de las anteriores 50 semanas, una carga promedio de 100 radiografías semanales. Utilizando la Fórmula (2) se tiene:

$$W = \frac{N_R \times It[mAs]}{60 \left[\frac{s}{min} \right]} \times \frac{1}{[semana]} = \frac{100 \times 2,8[mAs]}{60 \left[\frac{s}{min} \right]} \times \frac{1}{[semana]} = 4,7 \left[\frac{mAmin}{semana} \right]$$

De acuerdo al procedimiento establecido se procedió a generar las exposiciones obteniéndose las siguientes lecturas:

	Orientación derecha		Orientación izquierda	
Dosis acumulada en 5 exposiciones	0,08 μSv	0,09 μSv	0,12 μSv	0,11 μSv

Las tasas de dosis se pueden obtener dividiendo la dosis acumulada por el tiempo de exposición utilizando la siguiente fórmula, por ejemplo:

$$\text{Tasa de Dosis} = \frac{0,08 [\mu\text{Sv}]}{2 [s]} \times \frac{3600 [s]}{1 [h]} = 144 \left[\frac{\mu\text{Sv}}{h} \right]$$

Con lo que se pudo completar la siguiente tabla:

Orientación derecha		Orientación izquierda		Máximo derecha	Máximo izquierda
144 $\mu\text{Sv/h}$	162 $\mu\text{Sv/h}$	216 $\mu\text{Sv/h}$	198 $\mu\text{Sv/h}$	162 $\mu\text{Sv/h}$	216 $\mu\text{Sv/h}$

Donde TDP se obtuvo según:

$$\text{TDP} = \left(\frac{162 \left[\frac{\mu\text{Sv}}{h} \right] + 216 \left[\frac{\mu\text{Sv}}{h} \right]}{2} \right) \times \frac{1 [m\text{Sv}]}{1000 [\mu\text{Sv}]} = 0,189 \left[\frac{m\text{Sv}}{h} \right]$$

Luego utilizando la Formula (1) se tiene:

$$\text{Dosis} = \frac{0,189 \left[\frac{m\text{Sv}}{h} \right]}{60 \left[\frac{\text{min}}{h} \right] \times 7 [mA]} \times 1,115 \times 1 \times \frac{1}{2} \times 4,7 \left[\frac{mA \cdot \text{min}}{\text{semana}} \right] = 1,18 \times 10^{-3} \left[\frac{m\text{Sv}}{\text{semana}} \right]$$

Para finalmente estimar la dosis anual utilizando la Fórmula (3) de la siguiente manera:

$$\text{Dosis} \left[\frac{m\text{Sv}}{\text{año}} \right] = 50 \left[\frac{\text{semana}}{\text{año}} \right] \times 1,18 \times 10^{-3} \left[\frac{m\text{Sv}}{\text{semana}} \right] = 5,9 \times 10^{-2} \left[\frac{m\text{Sv}}{\text{año}} \right]$$

Con lo que se puede completar la tabla:

TDP [mSv/h]	T	U	W [mAmin/semana]	Dosis [mSv/semana]	Dosis [mSv/año]
0,189	1/2	1	4,7	1,18x10 ⁻³	5,9x10 ⁻²