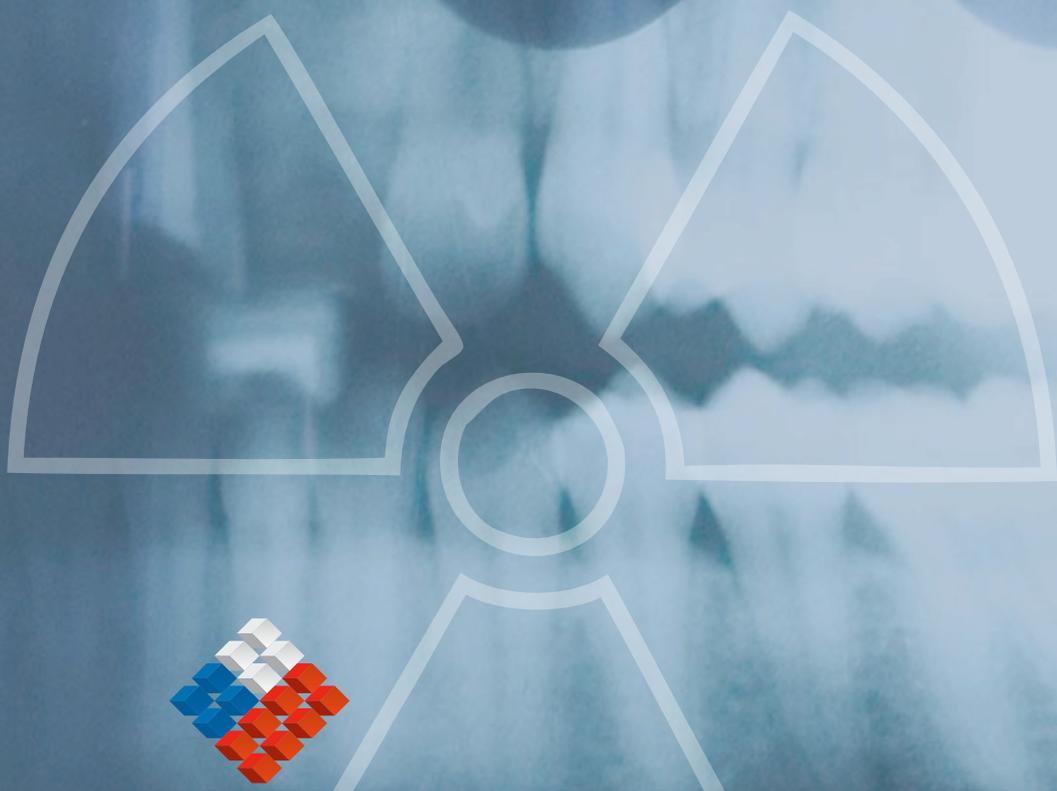


MANUAL DE

**PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
Y DE BUENAS PRÁCTICAS EN
RADIOLOGÍA DENTO-MAXILO-FACIAL**



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE SALUD



MANUAL DE

**PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
Y DE BUENAS PRÁCTICAS EN
RADIOLOGÍA DENTO-MAXILO-FACIAL**



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE SALUD



Autores:

- Dr. Otto Delgado Ramos, Instituto de Salud Pública
- Dra. Olaya Fernández Fredes, Departamento de Salud Pública
- Sr. Fernando Leyton Legues, Instituto de Salud Pública
- Dra. Ana María Rodríguez Casas, Hospital de Salvador
- Dra. Sofía Tagle Sepúlveda, Hospital Sótero del Río

Índice

INTRODUCCIÓN	5
CAPITULO I	
Principios generales asociados con una buena práctica en la obtención de imágenes	7
CAPÍTULO II	
Principios básicos de un programa de Protección radiológica	9
CAPÍTULO III	
Generalidades de física nuclear, radiaciones ionizantes, principales magnitudes y unidades, aplicaciones, métodos de medición y equipos generadores de Rx	11
CAPÍTULO IV	
Equipo generador de rayos x	21
CAPÍTULO V	
Principios de protección radiológica	25
CAPÍTULO VI	
Vigilancia radiológica personal por dosimetría de los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes	33
CAPÍTULO VII	
Protección radiológica operacional	37
CAPÍTULO VIII	
Efectos biológicos por radiaciones ionizantes	41
CAPÍTULO IX	
Principales técnicas radiológicas de uso en odontología	51
Resumen pruebas de control de calidad en radiología dental, basado en el protocolo ARCAL XLIX	59
REFERENCIAS	69
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	71
ANEXOS: Legislación Vigente en Chile en materia de Protección Radiológica	
Decretos Ley N° 03. Aprueba Reglamento de Protección Radiológica, de Instalaciones Radiactiva	73
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.	77

Introducción

Entre todas las prácticas que involucran radiaciones ionizantes, la aplicación en el campo de la salud, es la responsable de la mayor contribución de la exposición de la población. Por tal motivo, organismos internacionales como la Comisión Internacional de Protección Radiológica, la Organización Mundial de la Salud, la Organización Panamericana de la Salud y el Organismo Internacional de Energía Atómica, aúnan esfuerzos proponiendo recomendaciones y normas básicas que sirvan de referencia, permitiendo una aplicación óptima de las técnicas radiológicas para un mayor beneficio de la sociedad con un riesgo mínimo por reducción efectiva de las dosis de exposición, ocupacional y de la población.

Para la implementación de estas recomendaciones, el Comité Internacional de Protección Radiológica (ICRP) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) recomiendan la aplicación de tres principios básicos, **Justificación, Limitación de dosis y la Optimización** de la práctica. Estos principios son aceptados por la comunidad internacional como los requerimientos básicos para la seguridad radiológica.

La justificación, es el primer paso en la protección radiológica. Se acepta que una exposición en el área de la Salud, no se justifica sin una indicación clínica válida basada en un análisis riesgo beneficio, a fin que todo procedimiento resulte un beneficio para el paciente. Una vez justificada la práctica, la misma debe ser optimizada, lo que significa que la dosis debe ser tan baja como razonablemente sea posible, consistente con la obtención de una adecuada calidad de imagen. En esta área es donde existen considerables perspectivas asociadas a la reducción de las dosis.

Las Normas Básicas de Seguridad (NBS) y el Comité Internacional de Protección Radiológica recomiendan el uso de guías con niveles orientativos y/o de referencia de dosis en las diferentes prácticas que se desarrollan en el campo de la salud, como una ayuda para la optimización de la protección en las exposiciones médicas y odontológicas. Los niveles de referencia son un indicador de la dosis en una buena práctica para exámenes donde se utilizan rayos X.

Los límites de dosis primarios establecidos en Chile para los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes se establecen en el D.S. N° 03/1985 "Reglamento de Protección Radiológica", 5 rem/año (50 mSv/año) para cuerpo total.

Existe la necesidad de evaluar la situación de la optimización y protección en radiodiagnóstico, identificando los puntos donde la acción es necesaria y documentar la mejora después de las acciones correctivas aplicadas.

Este Manual se ha elaborado en el marco del Proyecto Nacional del Organismo Internacional de Energía Atómica N° CHI/6/018 "Control de Calidad en Radiología Odontológica" (2007 2008) y es un producto concreto del trabajo que desde hace varios años se está realizando por parte del Depto. de Salud Bucal del Ministerio de Salud, en conjunto con el Instituto de Salud Pública de Chile, Sociedades Científicas, Universidades e instituciones de salud. Su objetivo principal es, servir de guía y orientación en el campo de la Seguridad y Protección Radiológica; está dirigido principalmente a aquellos profesionales de la salud del área odontológica, así como a técnicos, auxiliares y demás personas que de una manera u otra se desempeñan en su trabajo con alguna fuente emisora de radiaciones ionizantes. De igual se manera, se definen los mecanismos y procedimientos a cumplir para la implementación de las Normas Básicas de Seguridad y Protección Radiológica así como de Programas de Gestión de Calidad, teniendo en cuenta los criterios, requerimientos y recomendaciones internacionales.

El presente Manual debe ser evaluado, aplicado y adaptado a las necesidades de los Servicios de Radiología Dento Maxilo Facial en distintas etapas, a la vez que el personal involucrado se capacite en el uso y aplicación del mismo.

OBJETIVO

El presente Manual tiene como objetivo principal, servir de guía en el área de la Seguridad y Protección Radiológica y está dirigido principalmente, a aquellos profesionales de la salud del área odontológica, técnicos, auxiliares y demás personas que de una manera u otra se desempeñan con equipos generadores de rayos X.

Las temáticas contenidas están basadas en las recomendaciones internacionales vigentes, principalmente las establecidas en las Normas Básicas de Seguridad del Organismo Internacional de Energía Atómica; de igual manera se presentan propuestas y recomendaciones para la elaboración e implementación de Programas de radioprotección y de gestión de la calidad en imagenología.

APLICACIÓN

Los procedimientos propuestos son aplicables solo a unidades de Radiología Dento Máxilo Facial incluyendo equipos generadores de rayos X, proceso de revelado, condiciones físicas y técnicas del sistema de revelado, evaluación técnica de los sistemas de visualización de imagen, estudio de la tasa de rechazo de las imágenes radiológicas y dosimetría a pacientes.



CAPITULO I

Principios generales asociados con una buena práctica en la obtención de imágenes

Los siguientes principios generales son comunes a todos los exámenes del radiodiagnóstico médico y dental y corresponden a las áreas en las cuales se deben disponer recursos y prioridades para desarrollar el programa de control y garantía de calidad, por ende concierne a todo el equipo de salud involucrado en la protección, en el proceso de obtención de imágenes, en la realización del procedimiento y quienes informen los resultados.

1. Identificación de la Imagen

Identificación del paciente, fecha del examen, proyección, nombre de quien realiza el procedimiento, etc. Ubicado en el soporte de la película.

2. Control de Calidad en equipos de rayos X

Programas de Control y Garantía de calidad en equipos de rayos X (protocolo sugerido).

3. Posicionamiento del Paciente

La correcta posición del paciente es determinante en el éxito de cualquier examen radiológico.

4. Limitaciones en el haz de rayos X

La calidad de imagen es mejorada y la dosis al paciente es reducida.

5. Barreras y elementos de protección

Para propósitos de protección radiológica.

6. Condiciones de exposición radiográfica

Conocer y corregir el uso apropiado de las técnicas radiológicas (factores de exposición).

7. Sistema película pantalla

Conocer la velocidad de sistema película pantalla utilizados (sensibilidad).

8. Densidad óptica de la película

El ennegrecimiento de la película (densidad óptica) influye fuertemente en la calidad de imagen. Conocer los rangos promedios de ennegrecimiento en una radiografía.

9. Exposición radiográfica por examen

Numero de exposiciones radiográficas dentro de un examen.

10. Revelado de la película

Controlar y optimizar el rendimiento y mantenimiento de las condiciones del proceso de revelado.

11. Condiciones de Visualización

Optimizar las condiciones de visualización para la evaluación de la calidad de imagen y la exactitud de la información diagnóstica.

12. Tasa de Rechazo

Crear un registro de las películas rechazadas y sus motivos para un posterior análisis e implementar las acciones para su corrección.



CAPÍTULO II

Principios básicos de un programa de Protección radiológica

El Programa deberá desarrollarse en tres áreas, lo cual implica una coordinación entre el área clínica y administrativa:

1. Práctica Clínica

Aplicación de los protocolos de control de calidad, estudios e investigación de las dosis impartidas a los pacientes y estrategias de optimización.

2. Protección Radiológica de los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOE) y del Público

Verificación de los elementos de protección personal y barreras de protección, levantamiento radiométrico, catastro protocolizado y unificado de todos los generadores emisores de radiación ionizante, programa de mantención y control de equipos.

3. Vigilancia Radiológica Personal (dosimetría)

Programa de control y registro de la dosimetría de los funcionarios ocupacionalmente expuestos.

Para una buena aplicación y desarrollo del programa de estos programas de control y garantía de calidad, es necesario definir prioridades que estén dirigidas a la optimización de los recursos del establecimiento; de esta manera el programa debería estructurarse en cadena, controlando y optimizando en primer lugar los sistemas o dispositivos más sencillos y que no estén influenciados por el resto de los sistemas a controlar.

De esta manera se iniciará los controles en los sistemas de visualización de las radiografías (control de brillo, uniformidad y limpieza), optimizar y controlar el sistema de procesado de películas (sensitometría), control del cuarto oscuro, almacenamiento de placas, chasis, películas.

En forma conjunta se desarrollará un plan en el área administrativa dirigida principalmente al control dosimétrico de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y al catastro de los equipos de rayos X.

Para una segunda etapa se implementará el programa de control de calidad en los equipos generadores de rayos X, la evaluación de la calidad de imagen y la aplicación de protocolos de estudio para determinar la posibilidad de establecer niveles de referencia en radiodiagnóstico e intervencionismo.

CAPÍTULO III

Generalidades de física nuclear, radiaciones ionizantes, principales magnitudes y unidades, aplicaciones, métodos de medición y equipos generadores de Rx

Estructura del átomo, definiciones y conceptos básicos de Física Nuclear

El **átomo** se considera como la estructura básica de la materia, se compone de **un núcleo** y **una envoltura electrónica**. En el **núcleo** se encuentran los *nucleones*, constituidos por los **protones**, con cargas positivas y los **neutrones**, sin carga eléctrica; en la **envoltura** del átomo, girando alrededor del núcleo en diferentes órbitas con niveles energéticos bien definidos, se encuentran los **electrones**, con cargas negativas.

Para que un átomo sea eléctricamente neutro, el N° de electrones debe coincidir con el N° de protones.

■ **Número atómico:** Se simboliza con la letra **Z** y representa el N° de protones del núcleo. Este caracteriza al elemento químico, sus propiedades físicas y químicas específicas..

Todos los átomos con igual Z tienen las mismas propiedades químicas.

■ El **número de neutrones** de un átomo se simboliza con la letra **N**.

■ **Número másico:** Se simboliza con la letra **A** y representa el número total de nucleones, es decir, el número de protones y neutrones de un átomo ($A = Z + N$). Este caracteriza el peso, la masa del átomo.

Teniendo en cuenta lo antes expresado, el núcleo atómico se representa: ${}_Z X^A$

■ **Núclido o nucleido:** Caracteriza una especie atómica teniendo en cuenta el número de protones y neutrones. Cuando un núclido o nucleido emite radiaciones ionizantes, se denomina **radionúclido o radionucleido**.

Los átomos, según las características de su núcleo pueden ser:

■ **Isótopos:** Son núclidos de átomos con **igual Z** pero con **diferente A**. **Ejs:** Iodo¹²⁶, Iodo¹³¹. Estos tienen las mismas propiedades químicas y pertenecen al mismo elemento atómico. Los isótopos a su vez pueden ser, *estables*, si no emiten radiaciones ionizantes y *radiactivos*, si emiten radiaciones.

■ **Isóbaros:** Son átomos con el **mismo A** pero con **diferente Z**. Estos son núclidos de distintos elementos por lo que difieren en sus propiedades físico químicas.

■ **Isótonos:** Son átomos que coinciden en tener igual número de neutrones pero con diferentes **Z** y **A**. Al ser núclidos de distintos elementos, sus propiedades físicas químicas son también diferentes.

■ **Radioactividad:** Fue descubierta por Antoine Henri Becquerel en 1896 y por los franceses Marie y Pierre Curie. La radioactividad no es más que un *proceso nuclear* donde, de manera continua y por un tiempo definido dado por el elemento en cuestión, hay emisión de radiaciones ionizantes. Lo anterior ocurre como consecuencia de la transformación de átomos inestables a otros de mayor estabilidad. Estos núclidos radioactivos son llamados radionúclidos o radionucleidos y pueden ser *naturales* (presentes en la naturaleza) o *artificiales* (producidos por el hombre).

Según el radionúclido, la emisión de radiaciones ionizantes, puede ser de horas como es el caso del Tecnecio⁹⁹, días como es el del Iodo¹³¹, años como del Cesio¹³⁷, de cientos o miles de años como es el del Radio²²⁶, Uranio²³⁸, etc. Cada radionúclido tiene bien definido su período de semi-desintegración, basado en una expresión matemática que refleja su *decaimiento radiactivo*.

Las radiaciones ionizantes. Conceptos básicos, tipos y fuentes emisoras:

Definición: Son aquellas radiaciones de naturaleza electromagnética o corpusculares, con suficiente energía capaces de causar por un mecanismo directo o indirecto, excitación o ionización en los átomos de la materia con la que interactúa.

Se entiende por **ionización**, al proceso o fenómeno en el cuál se generan pares de iones, que en líneas generales no son más que átomos cargados eléctricamente por la pérdida o ganancia de electrones.

Se entiende por **excitación**, al fenómeno mediante el cuál un electrón de un átomo salta de una órbita a otra de distinto nivel energético, regresando inmediatamente después al nivel original, emitiendo energía durante el transcurso de este proceso.

Principales tipos de radiaciones ionizantes:

Radiaciones corpusculares ionizantes:

Partículas Alfa (α).

Partículas Beta (β).

Radiación neutrónica.

Radiaciones electromagnéticas ionizantes:

Rayos X.

Rayos Gamma (γ).

Cada una de ellas tienen sus características particulares e interactúan con la materia de diferentes maneras; no se van a detallar por encontrarse fuera de los objetivos de este manual, basta decir, que todo este grupo de radiaciones tiene como denominador común, que cuando interactúan con los átomos de cualquier materia pueden producir en éstos, el fenómeno de excitación y/o ionización. De manera general, las radiaciones corpusculares y tienen muy poco alcance o nivel de penetración, pero poseen un gran poder de ionización; lo contrario sucede con los rayos **X** y γ , que tienen menos poder de ionización pero tienen un gran alcance y nivel de penetración. Los **neutrones** tienen a su vez, un gran alcance y también un gran nivel de ionización.

De los tipos de radiaciones ionizantes señalados, los Rx se pueden generar por un mecanismo eléctrico como es el caso del tubo generador de Rx pero el resto, solamente se pueden generar por un mecanismo radiactivo o nuclear, es decir, solo pueden obtenerse a través de fuentes radiactivas y/o por reacciones nucleares.

Fuentes emisoras de radiaciones ionizantes:

■ **Fuentes naturales:** Están dadas esencialmente, por los rayos cósmicos y por los elementos radiactivos naturales presentes en la naturaleza, en el aire, suelo, alimentos. Estas fuentes originan el fondo natural de exposición de la población a las radiaciones ionizantes. Hoy en día se considera el Radón²²² como el máximo expositor de este fondo.

■ **Fuentes artificiales:** Son las fuentes generadoras producidas por el hombre que se han ido incorporando en casi todas las actividades del quehacer humano. Ejemplos: Equipos de Rx diagnóstico (médico, dental, veterinario, industrial, de control de bultos), equipos de radioterapia, reactores nucleares de potencia y de investigación, medidores nucleares industriales (densímetros nucleares), etc.

Mecanismos y fuentes generadoras de radiaciones ionizantes:

■ **Fuentes radiactivas:** Están constituidos por los **radionúclidos naturales** y **artificiales** que generan radiaciones ionizantes por un mecanismo radiactivo; éstos la emiten de manera

continúa durante todo el período de tiempo según el elemento de que se trate, hasta que todos sus átomos se hayan estabilizado.

Las fuentes radiactivas artificiales, pueden ser **selladas** o **abiertas**. En el primer caso, el elemento radiactivo se encuentra confinado para evitar la dispersión del material radiactivo en el medio ambiente; a su vez, cuando no se está trabajando con ella, la fuente está dentro de un contenedor con un blindaje adecuado que contiene la salida de las radiaciones ionizantes al medio circundante. Ejemplos: Equipos de radioterapia, densímetros nucleares de uso industrial, etc.

En el caso de las fuentes *abiertas*, se trabaja de manera directa con el material radiactivo sin que exista ningún dispositivo que la confine, ejemplos: Radionúclidos de uso en Medicina Nuclear, en investigación, en radioinmunoanálisis, etc. Estas fuentes son en general de baja actividad y nivel energético con períodos de semidesintegración de corta duración. No obstante, cuando no se trabaja con ellas deben permanecer en lugares bien definidos, señalizados y contenidas en algún recipiente especial con un blindaje tal que evite la dispersión de las radiaciones y la innecesaria contaminación de áreas y puestos de trabajo.

■ **Equipos generadores:** En estos se encuentran los **equipos generadores de Rx** y los **aceleradores de partículas**. Ejemplos: Equipos de Rx para radiodiagnóstico médico, dental, veterinario, de uso industrial, para control de bultos y equipajes, equipos aceleradores de partículas. Estas fuentes emisoras tienen como característica principal, que exclusivamente hay emisión de las radiaciones ionizantes por el tiempo en que se activa y se hace el disparo con el equipo. El principal mecanismo de producción es eléctrico.

Principales magnitudes y unidades utilizadas en el campo de la Protección Radiológica

Las **magnitudes** caracterizan los procesos físicos asociados a las radiaciones, surgimiento, propagación e interacción con la materia. Las **unidades** representan la cantidad, es la manera que se tiene para cuantificar estos procesos; una misma unidad puede corresponder a varias magnitudes.

En la actualidad, las unidades básicas que se utilizan están contempladas en el Sistema Internacional de Unidades. A continuación, según los objetivos del manual, expondremos los aspectos básicos de las principales magnitudes y unidades utilizadas en el campo de la Protección Radiológica.

■ **Magnitud y unidades de exposición:** La **magnitud exposición (X)** está definida solamente, para Rayos X o Gamma en un punto específico en el aire. La **unidad** actual es el Coulomb/Kg (C/Kg) aunque se continúa utilizando de manera muy frecuente el Roentgen (R).
Conversión: $1 R = 2,58 \times 10^{-4} C/Kg$

Esta magnitud es la que suele medirse con instrumentos especiales (Contador Geiger, cámaras de ionización) cuando se hace, por ejemplo, un levantamiento radiométrico en un servicio de radiología o una evaluación en un puesto de trabajo, pudiéndose determinar los diferentes niveles de exposición a las radiaciones ionizantes en los alrededores de los equipos, de las salas, en los pasillos de tránsito, salas de espera, en puestos de trabajo, etc. De esta manera, se podrá controlar y clasificar las zonas de acceso al público, las distintas áreas de trabajo y tomar en cada caso, las medidas sanitarias oportunas necesarias en el campo de la radioprotección.

■ **Magnitudes y unidades de dosis:** La magnitud **Dosis** es muy importante en el campo de la Radiobiología, pues nos da la medida de la "cantidad de radiaciones que una persona ha recibido y con la que ha interactuado". Dentro de éstas se encuentran: **La dosis absorbida, la dosis equivalente y la dosis efectiva.**

■ **Dosis absorbida (Dt):** Refleja la cantidad de energía absorbida dada una exposición a las radiaciones ionizantes, por unidad de masa o volumen de sustancia irradiada. Esta depende, únicamente, de la cantidad de energía absorbida por la materia en cuestión y no del tipo de radiación, ni de la naturaleza de ésta, por lo que está definida para todo tipo de radiación y medio absorbente. La **unidad** en el Sistema Internacional de Unidades es el **Gray (Gy)**, utilizándose con anterioridad la unidad **rad**. **Conversión:** 1 Gy = 100 rad.

■ **Dosis equivalente (Ht):** Se define a partir de la dosis absorbida (Dt) pero teniendo en cuenta algunos factores que intervienen en el efecto biológico por las radiaciones, dado principalmente por la calidad de la radiación (factores de ponderación W_r).

Se ha demostrado que los efectos de los diferentes tipos de radiaciones ionizantes sobre la materia viva no son iguales, depende por un lado, de la naturaleza del tejido irradiado, por otro lado, del tipo y calidad de radiación absorbida, de la potencia y distribución de la dosis, entre otros aspectos.

En la actualidad, la ICRP, en las nuevas y vigentes recomendaciones establecidas en su Pub. Nº 60 de 1990, ratificadas recientemente en el 2007, emplea con relación a esta magnitud, el término "**Dosis equivalente en el órgano (Ht)**" y en vez del factor de calidad Q utiliza el indicador "**coeficiente de radiación (W_r)**" cuyo sentido o razón de ser es muy similar al anterior, aunque sus valores difieren en algunos aspectos. Las ecuaciones matemáticas actuales de Ht son:

$H_t = W_r \cdot D_t$: Representa la dosis equivalente en el tejido u órgano dada por la cantidad de radiación absorbida por él, teniendo en cuenta su coeficiente de radiación.

$H_t = r W_r \cdot D_t$: En ésta, el campo de radiación sobre el tejido u órgano está dado por radiaciones de diversos tipos y energías con diferentes W_r .

Los diferentes valores de W_r (coeficiente de radiación sobre el tejido) son:

Fotones (Rx y Gamma) y electrones (Beta) = 1.

Neutrones: Energía < 10 Kev = 5.

" 10 – 100 Kev = 10.

" >100 Kev 2 Mev = 20.

" > 2 – 20 Mev = 10.

" > 20 Mev = 5.

Protones (energía > 2 Mev) = 5.

Partículas Alfa, productos de fisión, núcleos pesados = 20.

La **unidad** actual de Ht es el **Sievert (Sv)**, utilizándose con anterioridad el **rem**.

Conversión: 1 Sv = 100 rem.

■ **Dosis equivalente efectiva (He) o Dosis efectiva (E):** Esta magnitud permite realizar una mejor interpretación del **detrimento** a la salud (término utilizado por la Comisión Internacional de Protección Radiológica relacionado con la probabilidad de ocurrencia y gravedad de cáncer causado por la exposición a las radiaciones ionizantes). Posee una implicación mayor, puesto que evalúa, además del riesgo de muerte por cáncer, el riesgo de sufrir cáncer no mortal, teniendo en cuenta la radiosensibilidad de los diferentes órganos y tejidos. Matemáticamente, es el valor medio ponderado de la dosis equivalente Ht en los tejidos y órganos del cuerpo humano.

La Unidad de **E** es también el **Sievert (Sv)**, utilizándose con anterioridad el **rem**, con la conversión ya conocida de 1 Sv = 100 rem.

El **factor de ponderación W_t** representa el detrimento relativo (proporción del riesgo) asociado a los efectos biológicos cancerígenos en el tejido irradiado T . Para una irradiación uniforme de cuerpo entero se cumple: $\sum W_t = 1$, por lo que en este caso en particular $E=Ht$.

Los factores de ponderación W_t se utilizan en los cálculos de las dosis efectivas recibidas por personas que han sufrido en su cuerpo una irradiación no uniforme. Los mismos expresan la contribución de los respectivos tejidos y órganos irradiados al daño total con relación a los probables efectos cancerígenos por las radiaciones. El valor de la sumatoria de todos ellos es igual a **1**.

Las nuevas recomendaciones de la ICRP de 1990 y recientemente en las del 2007, a través de los análisis e investigaciones efectuados, señalan cambios en los valores W_t con relación a los emitidos con anterioridad, inclusive se plantean nuevos valores en tejidos que no tenían. A continuación se comparan los últimos W_t recomendados internacionalmente con los emitidos en 1997.

ÓRGANO	Wt (Pub. 27 ICRP, 1977)	Wt (Pub. 60 ICRP, 1990)
Gónadas	0,25	0,20
Médula ósea	0,12	0,20
Mamas	0,15	0,05
Pulmones	0,12	0,12
Tiroides	0,03	0,05
Estómago		0,12
Colón		0,12
Vesícula e Hígado		0,05
Esófago		0,05
Vejiga		0,05
Piel		0,01
Superficie cortical (ósea)	0,03	0,01
Resto de los órganos	0,3	0,05

FUENTE: Pub. Nº 60, ICRP, 1990.

Otras magnitudes: Todas las magnitudes anteriores cuando se relacionan con el factor tiempo reciben el nombre de **Tasa o Potencia** de la magnitud específica. Ejemplos:

- **Tasa o potencia de exposición:** No es más que el cociente o relación entre el nivel de exposición dX con el intervalo de tiempo dt . Ej: 2,5 R/min.
- **Tasa o potencia de dosis absorbida:** Es el cociente o relación entre el incremento de la dosis absorbida dD en un intervalo de tiempo dt . Ej: 1 Gy/hora.
- **Tasa o potencia de dosis equivalente:** Es el cociente o relación entre el incremento de la dosis equivalente dH en un intervalo de tiempo dt . Ej: 12,5 mSv/trim.
- **Tasa o potencia de dosis efectiva:** Es el cociente o relación entre el incremento de la dosis efectiva dE en un intervalo de tiempo dt . Ej: 50 mSv/año.

Como se observa, las unidades utilizadas en cada caso son las mismas, agregándoles las del factor tiempo expresándola en segs, minutos, horas, días, año, según el caso.

En la siguiente Tabla se presenta un resumen de las principales magnitudes y unidades utilizadas en el campo de la Protección Radiológica y en Radiopatología.

PRINCIPALES MAGNITUDES Y UNIDADES UTILIZADAS EN Protección Radiológica

MAGNITUD	DEFINICION	UNIDAD	EQUIVALENCIA
EXPOSICIÓN (X)	Es la cantidad de radiación en un punto específico en el aire. Sólo se define para Rx y Gamma	Actual: Coulomb/Kg (C/Kg) Antigua: Roentgen (R)	Equivalencia: $1 \text{ R} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$
ACTIVIDAD (A)	Número de desintegraciones de un radio-núclido por unidad de tiempo.	Actual: Becquerel (Bq) Antigua: Curie (Ci)	Equivalencia: $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$

MAGNITUDES DOSIS

DOSIS ABSORBIDA (Dt)	Energía absorbida por unidad de masa en un tejido u órgano.	Actual: Gray (Gy) Antigua: Rad (rad)	Equivalencia: $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$
DOSIS EQUIVALENTE (Ht)	Se define a partir de la dosis absorbida pero teniendo en cuenta, tipo de radiación (W_r)	Actual: Sievert (Sv) Antigua: Rem (rem)	Equivalencia: $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$
DOSIS EFECTIVA (E)	Dosis absorbida en todo el cuerpo ponderada por la calidad de la radiación, teniendo en cuenta tipo de tejido (W_t)	Actual: Sievert (Sv) Antigua: Rem (rem)	Equivalencia: $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$
TASA O POTENCIA:	Es la magnitud que se esté aplicando por unidad de tiempo.	Unidad: Unidad magnitud / unidad tiempo Ejemplos: Tasa de exposición: R/hora o min. Tasa de dosis absorbida: mGy/hora o min.	

Aplicaciones de las radiaciones ionizantes en las actividades del quehacer humano

Desde finales del siglo XIX se han incorporado de manera creciente el uso y empleo de fuentes artificiales de radiaciones ionizantes en todas las actividades del ser humano, en la investigación, en la industria, en la agricultura, en la docencia, en la energética, en la medicina, etc. Como fuente de energía inagotable en la naturaleza que es, el desarrollo y progreso de la humanidad ha estado muy ligado a su incorporación en todo el quehacer humano siendo las perspectivas aún mayores. De todas las actividades del hombre, la medicina ha sido y posiblemente será, la que más contribuye al uso pacífico de la energía nuclear y de otras fuentes generadoras de radiaciones ionizantes. A continuación y a manera de ejemplos, exponemos los principales usos en distintas actividades:

- **Utilización en el sector salud:** Es el más amplio de todos, aportando la mayor contribución a la exposición del hombre a las radiaciones ionizantes; se estima que el 90% de la exposición del ser humano a fuentes artificiales de radiaciones está dada en el sector de la Medicina y dentro de este campo, principalmente por la radiología diagnóstica convencional e intervencionista, médica y dental. Como ejemplos de estas fuentes podemos citar:
- **Con fines diagnósticos:**
 - Equipos de Rx médico y dental convencionales.
 - Equipos panorámicos de uso odontológico
 - Equipos de scanner para tomografía axial computarizadas.

Equipos de centigrafía ósea.
Fuentes radiactivas utilizadas en exámenes de Medicina.
Nuclear, etc.

■ **Con fines terapéuticos:**

Equipos de radioterapia y teleterapia.
Fuentes radiactivas utilizadas en braquiterapia.
Equipos de Rx utilizados en radioterapia superficial.

■ **Uso veterinario:**

Equipos generadores de Rx.

■ **Uso industrial:**

Radiografía industrial por equipos de Rx.
Medidores nucleares de niveles, espesores, etc.
Fuentes radiactivas de gammagrafía industrial.
Plantas de irradiación de alimentos y esterilización de productos, etc.

■ **Uso en la producción de energía eléctrica:**

Reactores nucleares de potencia.

■ **Uso en la investigación y docencia:**

Equipos de técnicas nucleares de laboratorio (por difracción de Rx, por activación neutrónica, aceleradores de partículas).
Fuentes radiactivas abiertas para radioinmunoanálisis.
Equipos radiactivos utilizados en el campo de la docencia.
Reactores de investigación, etc.

■ **Uso en el campo de la seguridad y de la protección:**

Fuentes radiactivas utilizadas en equipos detectores de humo.
Equipos de Rx analizadores de bultos y equipajes, etc.

Instrumentos utilizados en el campo de la Protección Radiológica para la medición de las radiaciones ionizantes

Los instrumentos que se utilizan para “medir” las radiaciones ionizantes constan esencialmente de, **un detector** y de **un equipo electrónico asociado**. El *detector* es un dispositivo capaz de transformar la energía del campo de radiaciones ionizantes que detecta en otra, que pueda ser procesada por el sistema electrónico anexo. El *equipo electrónico anexo* es el que analiza y procesa la energía convertida por el detector, mostrando de manera sencilla y útil la información al operador del instrumento.

Existen aspectos de suma importancia que hay que tener en cuenta a la hora de trabajar y realizar mediciones con estos instrumentos: Estado de calibración de los mismos, mantenimiento, el procedimiento de su uso, sus limitaciones, el riesgo a controlar, etc. Los más utilizados son: Contador Geiger Muller.

- Cámara de ionización.
- Contador de centelleo.
- Contador proporcional.

Cada uno tiene sus funciones y especificaciones, algunos no discriminan tipo de radiaciones ni rango de dosis, otros sí, etc. Una de las magnitudes y unidades más utilizadas por estos instrumentos, es la de *tasa o potencia de dosis de exposición*, dada en múltiplos o submúltiplos de Roetgen, por ejemplo, *miliRoetgen/hora (mR/h)*.

Existe toda una metodología bien establecida para realizar una evaluación en un ambiente donde haya exposición a las radiaciones ionizantes. Este proceder se conoce con el nombre de **"levantamiento radiométrico"**. De manera operativa, en Chile se tiene establecido por las autoridades sanitarias que realizan el proceso de fiscalización, un límite de 2,5 mR/h para un puesto de trabajo.

CAPÍTULO IV

Equipo generador de Rayos X

Los Rayos X fueron descubiertos por un científico alemán, Wilhelm Conrad Roentgen en 11/1895, registrando éste hallazgo por medio de una publicación que la tituló “*una nueva especie de Rayos*”; posteriormente, en enero de 1896, en Inglaterra, el Dr. John F. Hall Edwards hizo las primeras radiografías clínicas mostrando una aguja enterrada en la mano de una paciente. A partir de entonces, su uso se extendió por todo el mundo y la incorporación de estos equipos ha ido en un aumento considerable por los múltiples beneficios que esta actividad reporta en la práctica médica y odontológica; es obvio, que se han incorporando a la vez, múltiples modificaciones y evoluciones en los tubos generadores de Rx y en los sistemas de registros con vista a lograr una mayor calidad en la imagen radiológica, con una menor exposición a las radiaciones.

Los Rayos X son radiaciones electromagnéticas (fotones) ionizantes; tienen su origen en las órbitas electrónicas de los átomos, a diferencia de las radiaciones Gamma cuyo origen es en el núcleo del átomo, o sea, estos últimos sólo se pueden originar mediante un proceso nuclear radiactivo, mientras que los rayos X se pueden generar por un proceso eléctrico, no radiactivo como ocurre en los tubos de rayos X de los equipos de radiodiagnóstico médico y dental. Esto es importante porque en este caso ***solo hay emisión de radiaciones ionizantes, exclusivamente, por el tiempo que se activa y se hace el disparo con el equipo.***

Un equipo generador de Rx con fines diagnóstico consta esencialmente de:

- Un tubo generador de Rx.
- Un transformador o generador de alto voltaje.
- Un panel de mando y controles (panel de comandos).
- Dispositivos extras, camilla, stativo, etc.

En los equipos hay tres principales indicadores o variables que nos expresan las características esenciales de la calidad y formación del haz de rayos X, así como del tiempo por el que éstos, se producen. Estos son:

- **Kilovoltaje (Kv):** Expresa la potencia y el nivel energético del haz de fotones de rayos X; a mayor Kv, mayor energía y mayor nivel de penetración del haz.
- **Miliamperaje (mA):** expresa "la cantidad" de haces que se forman, es decir, un aumento de la corriente provoca un aumento del número de fotones de rayos X por unidad de área y tiempo.
- **Tiempo (t):** expresa el tiempo de emisión del haz de radiación; a mayor tiempo, mayor exposición.

Los equipos convencionales de radiodiagnóstico médico operan normalmente en un rango de potencial de voltaje entre los 30 a 150 Kv, con una corriente de tubo entre los 10 y 20 a 500 o más mA y un tiempo de emisión de rayos variable según el tipo de examen que se vaya a realizar, por lo general, de fracciones (centésimas) a segundos. Específicamente en **radiología dental**, algunos equipos convencionales operan con un **Kv fijo, encontrándose en el mercado con Kv** entre los **50 a 70 Kv**, con un **amperaje también fijo** entre los **5 a 10 mA** y es la variable **tiempo**, la que el operador puede cambiar; como promedio, las técnicas que más se utilizan oscilan entre los 0,1 a 2 segundos con una distancia foco paciente entre 18 a 23 cms.; en este medio, una técnica muy empleada es la de 3 segs con 70 Kv. Señalamos que los ortopantomógrafos (equipos panorámicos) de reciente incorporación en la clínica dental, son de características similares a los de Rx diagnóstico convencional, o sea, pueden variar sus distintos indicadores (Kv, mA) en cambio el tiempo de rotación es fijo, salvo programas infantiles que tienen un tiempo de giro menor).

Un **tubo de Rx** consta principalmente de una ampolla de vidrio Pyrex (resistente al calor) al vacío en cuyo interior se encuentran dos elementos con una separación entre ellos que son los electrodos, el cátodo (electrodo negativo) y el ánodo (electrodo positivo). En el cátodo se encuentra el filamento, donde, durante la activación y disparo del equipo, se producen por una emisión termoiónica, una corriente de electrones que se proyecta a grandes velocidades al electrodo positivo (ánodo). Por tal motivo tiene que estar hecho de un material con un punto de fusión elevado, por ejemplo, el tungsteno; por lo general, los equipos de Rx de uso médico tienen dos filamentos, uno *fino* y otro *grueso*, dado por el diámetro de él y el uso que se quiera dar. El ánodo es llamado "blanco" y puede ser fijo (como el de los equipos de Rx dental convencional y portátiles) o rotatorio (como el de los equipos fijos de Rx de uso médico); es aquí donde inciden e impactan estos electrones producidos en el filamento del cátodo por la diferencia de potencial que se crea cuando se hace el disparo.

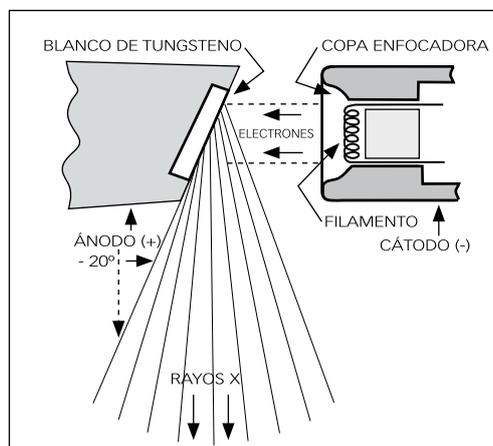
Esquema de un tubo de Rx

Los rayos X son producidos cuando se crea entre ambos electrodos, una diferencia de potencial eléctrica (de decenas a centenas de Kv) generándose así, una corriente electrónica (de algunos mA) entre el cátodo y el ánodo. Cuando estos electrones violentamente acelerados impactan en el ánodo, interactúan con sus átomos, desviándose o perdiendo velocidad por lo que se origina una liberación de energía, el 99 % en calor y el 1% de Rayos X por diversos mecanismos, el principal por el fenómeno de Bremstrahlung (radiación de frenado).

Por la cantidad de energía calorica que se produce, el "blanco" del ánodo también debe estar hecho de un material de alta fusión y conductividad térmica, por ejemplo, el tungsteno y el walframio; el molibdeno, también es muy utilizado en los equipos de mamografía; a su vez, éste lo asocian o lo incluyen dentro de una gran masa de cobre que actúa como recipiente y disipador del calor. En los tubos de mayor carga y potencia, se utiliza además un medio refrigerante como el aire, agua o aceite (este último el más utilizado) que se ubica entre el tubo y su carcasa o cabezote de plomo.

El haz de fotones (rayos X) que se produce tiene un espectro con energías que oscila desde casi 0 hasta el valor máximo de voltaje aplicado al tubo. No todos estos rayos son útiles para fines diagnósticos, por eso se hace necesario absorber toda la radiación secundaria que no contribuya a la formación de la imagen radiográfica, ya que ésta incide en una dosis innecesaria e injustificada para los operadores y pacientes. Para esto, existe una *filtración inherente* que depende de la absorción del propio vidrio de la ampolla, del refrigerante, de la ventana de cristal de la coraza de plomo, la cual debe ser equivalente al menos de 0,5 mm de Al. A lo anterior, se le agrega la *filtración añadida*, con el objetivo de disminuir al máximo posible la radiación secundaria no útil, por medio de un **filtro** que se coloca a la salida del haz primario en la "ventana" del tubo, de cobre o de aluminio (el más utilizado) cuyo espesor oscila desde los 0,5 mm para los equipos de Rx dental hasta 1,5 – 2,5 mm para los equipos de mayor potencia de radiología médica. Además, el tubo de rayos X se encierra dentro de **una cúpula o cabezal** construido de plomo con un espesor acorde a las características técnicas de él, evitando así, la salida al medio circundante de las radiaciones innecesarias. Por otra parte, para que el paciente sea irradiado solamente en el área de interés, el haz primario ya filtrado debe ser limitado (colimado) a través de **diafragmas o colimadores luminosos**. En radiología dental convencional se utiliza los **localizadores**, dispositivos diseñados para "fijar" el área a estudiar, no tienen que ser de plomo; los actuales son cilíndricos de plástico con un tamaño (distancia tubo piel) que puede oscilar entre 15 a 18 cms con un diámetro no mayor de 6 cms como máximo. Los antiguos colimadores cónicos de plomo están prohibidos, por la múltiple irradiación secundaria e innecesaria que producen (por reflexión del haz primario) con el subsiguiente aumento de la dosis al paciente.

Esquema de un tubo de Rx con el cabezote, colimador, etc.



CAPÍTULO V

Principios de protección radiológica

Introducción

Las radiaciones ionizantes forman parte de nuestro entorno, dado principalmente por los radionúclidos presentes en la naturaleza (suelo, aire, agua, alimentos) estimándose una dosis promedio por persona de 1 – 3 mSv/año, no obstante, no fueron descubiertas hasta finales del siglo XIX. Desde entonces, ha existido una creciente exposición a fuentes artificiales de radiaciones ionizantes que se han ido incorporando en todas las actividades del ser humano. Dentro de éstas, el sector de la Salud es el mayor contribuidor a la exposición del hombre, estimándose que más del 90% de ella proviene del uso médico y dental de las radiaciones, principalmente en radiodiagnóstico.

Chile no está exento de lo anterior siendo conocido el aumento sostenido tanto en número de exámenes como de incorporación de nuevas técnicas en el campo de la imagenología.

La siguiente Tabla muestra distintas tasas de dosis efectivas según las actividades del quehacer humano.

Estimado de dosis efectivas en distintas prácticas

Tasas de Dosis efectivas (mSv/año)		
FUENTE O PRÁCTICA	Promedio en población mundial	Promedio individual
Fondo natural:	2,4	1 5
Radiología diagnóstica:	0,4 1	0,1 10
Exposición ocupacional:	0,002	0,5 5
Energética nuclear:	0,0002	0,001

FUENTE: UNSCEAR "Sources, effects and risks of ionizing radiation", 2005.

Los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes se conocieron también desde el mismo momento en que éstas fueron descubiertas, demostrados más tarde, por los estudios efectuados en poblaciones expuestas en accidentes radiológicos, durante el ataque nuclear de las ciudades de Hiroshima y Nagasaki, (Japón, 8/1945) y en las múltiples investigaciones realizadas al efecto, en las personas sobreexpuestas en accidentes, así como en animales de experimentación a nivel de laboratorio.

Por lo tanto, la filosofía que actualmente se considera, es la de restringir al máximo posible, el riesgo con relación al gran beneficio que nos reporta la utilización de técnicas radiológicas y/o nucleares, siendo innegable que el desarrollo y progreso impiden el no uso y empleo de las radiaciones ionizantes. El objetivo principal de la Protección Radiológica es asegurar un nivel apropiado de protección del hombre, sin limitar de forma indebida, las prácticas beneficiosas que dan lugar a su exposición. Este objetivo no se consigue solamente con la aplicación de conceptos teóricos o científicos; todas las personas involucradas en este campo de acción, deben hacer valoraciones y análisis riesgo – beneficio para poder tomar, casuísticamente, las decisiones pertinentes. Todo sistema de Protección Radiológica debe tener como meta fundamental, la de obtener **“más beneficio que daño”**.

Teniendo en cuenta lo anterior, desde principios del siglo XX (1925), se han estado planteando límites de dosis con el objetivo de determinar niveles de exposición del hombre a las radiaciones, minimizando lo más posible, el riesgo de aparición de los efectos nocivos. Las últimas recomendaciones en este sentido y vigentes en la actualidad fueron planteadas en la **Publicación Nº 60 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica en 1990**, ratificadas recientemente en las emitidas en el 2007.

Objetivo de la Protección Radiológica

“Garantizar que toda práctica que conlleve exposición a las radiaciones ionizantes se realice con la mayor seguridad y protección, minimizando al máximo posible, la exposición y el riesgo, de los trabajadores expuestos, de la población y el medio ambiente”.

Principios de Protección Radiológica:

- Justificación.
- Limitación de Dosis.
- Optimización.

Principio de Justificación: Tiene como objetivo, garantizar que toda exposición este debidamente justificada. Casuísticamente, ante cada aplicación de una práctica que conlleva exposición a las radiaciones, es necesario realizar un análisis “riesgo beneficio”, donde prevalezca el último aspecto. La idea es evitar la realización de prácticas

que suponga exposiciones injustificadas que conlleven un riesgo innecesario de las personas expuestas.

Principio de Limitación de Dosis: La base fundamental de este principio, es establecer límites de exposición para las personas, los principales son los **“límites primarios de dosis” para trabajadores expuestos y público en general.**

Estos límites no deben considerarse como la frontera entre la seguridad y el peligro, sino como un indicador evaluativo de exposición, de riesgo y de detrimento a la salud. Actualmente, el cumplimiento de estos límites **garantiza**, la no aparición de los **efectos determinísticos** y limita al máximo, el riesgo a padecer los **efectos estocásticos** (cánceres y alteraciones genéticas) producidos por las radiaciones ionizantes.

En Chile, los **límites primarios se establecen** en el **Decreto Supremo N° 03 del 3/1/1985 “Reglamento de Protección Radiológica de instalaciones radiactivas”**. Para los trabajadores expuestos se establece para cuerpo total un límite de 5 rem/año, equivalente a 50 mSv/año, según el sistema internacional de unidades.

Principio de Optimización: Con este principio se trata de que desde el origen, planificación, hasta su uso y aplicación de cualquier fuente de radiaciones ionizantes se realice, de forma tal, que se aseguren los niveles más bajos que **razonablemente** se puedan conseguir, teniendo en cuenta factores económicos y sociales. Este principio satisface de modo cualitativo el trabajo con las radiaciones ionizantes.

Antiguamente se conocía como el “Principio de ALARA” cuyas siglas en inglés, significa “as low as reasonably achievable”.

Aspectos Regulatorios en Radioprotección

Para los fines de este Manual solo se hará mención a los principales documentos regulatorios vinculados con las prácticas en radiología médica y dental. Los mismos se encuentran íntegramente en el Capítulo de Anexos.

Decreto N° 133 del MINSAL del 22/5/1984: “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”.

A manera de resumen, este Decreto establece las condiciones y requisitos que deben cumplir las instalaciones radiactivas o los equipos generadores de radiaciones ionizantes (**proceso de licenciamiento**), el personal que se desempeña en ellas u opere estos equipos, la impor-

tación, exportación, distribución y venta de sustancias radiactivas que se utilicen o se mantengan en las instalaciones, el de los desechos radiactivos, así como los aspectos fundamentales relacionados con los equipos generadores.

Con relación al personal solo se refiere a la **autorización de desempeño** que debe tener toda persona que por el desempeño de su trabajo se exponga a las radiaciones ionizantes por una fuente emisora artificial (*Art. N° 3 y en Título IV, los artículos 16, 17, 18 y 19*).

Decreto N° 03 del MINSAL del 3/1/1985: "Reglamento de Protección Radiológica de instalaciones radiactivas".

Este Decreto establece las medidas básicas de protección radiológica, la necesidad de la vigilancia radiológica personal por dosimetría de los trabajadores expuestos, de los elementos de Protección personal, etc. En éste, se establecen además los límites primarios de dosis para los trabajadores expuestos: **5 rem/año (50 mSv/año) para cuerpo total**.

Estos límites fueron seleccionados a partir de los resultados de estudios e investigaciones reportadas en las recomendaciones de la ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica) en su Publicación N° 26 de 1977.

Como se ha señalado, la ICRP en 1990 por medio de su Pub. N° 60, ratificada recientemente en el 2007, ha recomendado nuevos límites para trabajadores expuestos inferiores a los recomendados con anterioridad. Esto fue producto de complejos estudios e investigaciones realizadas en las últimas décadas. Los nuevos límites recomendados internacionalmente son: 100 mSv en 5 años consecutivos (promedio: 20mSv/año) permitiéndose en un año particular hasta 50 mSv.

Desde el punto de vista práctico y operativo dentro del campo de la Seguridad y Protección Radiológica, debe trabajarse con los valores recomendados internacionalmente, hasta que legalmente puedan ser incluidos de manera oficial en los documentos regulatorios nacionales, aspecto en el que se está trabajando en la actualidad.

El Sistema de Vigilancia Radiológica personal que lleva a cabo el Instituto de Salud Pública se guía por las últimas recomendaciones internacionales .

En ninguno de los dos Decretos Supremos mencionados ni se indican ni se promueven, al igual de lo que sucede con las recomendaciones internacionales, regímenes especiales de trabajo ni de ninguna otra condición particular sobre los trabajadores expuestos, que no sea **la autorización** para el desempeño del trabajo y el de **cumplir con las medidas de protección radiológica establecidas** y estar sometido a un sistema de **vigilancia y control radiológico personal por medio de la dosimetría**.

Algunas consideraciones sobre las recomendaciones actuales internacionales en el campo de la Protección Radiológica

La ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica), mediante la aplicación actualizada de nuevos conceptos y novedosos modelos matemáticos aplicados en las evaluaciones anteriores realizadas en personas que han estado involucrados en accidentes con sobre exposición, ha determinado un aumento de la probabilidad de ocurrencia del efecto, del **factor de riesgo**, principalmente con relación a un aumento de la tasa de inducción de cánceres, razón por la cuál, dieron origen a los principales argumentos para modificar las recomendaciones emitidas con anterioridad en 1977 (ICRP, Pub. N° 26), con la reducción de los límites básicos de exposición y la emisión de nuevos conceptos y valoraciones. Según la información científica de la que se dispone, un 3 % de todos los cánceres pueden tener un origen radiogénico dado por la exposición al fondo natural, mientras que el 97 % restante son por otras causas. El riesgo actual estimado a padecer de cáncer por la exposición a las radiaciones ionizantes es de 5×10^{-2} Sv.

Como se observa y a pesar de lo anterior, el riesgo a padecer de cáncer por las radiaciones ionizantes cuando las exposiciones están por debajo de los límites establecidos es mínimo e insignificante, prácticamente despreciable en comparación al riesgo que se tiene normalmente por otros factores.

Como consecuencia de lo antes expresado, las nuevas recomendaciones entrega mucho valor, dentro de los **Principios de la Protección Radiológica**, a los principios de la **Justificación** y el de la **Optimización**.

Es importante señalar que la ICRP considera que, con los límites actuales de dosis planteados en sus recomendaciones, no es necesario establecer ningún régimen especial (reducción de horario de trabajo, aumento de la periodicidad de las vacaciones, jubilación anticipada, alimentación especial, etc.) sobre los trabajadores expuestos secundario al factor de riesgo ocasionado por las radiaciones ionizantes, inclusive, para las embarazadas, si se cumple con garantizar el límite establecido al efecto, unos 2 mSv sobre la piel en la región inferior del abdomen durante todo el embarazo, no se plantea la necesidad de cambios ni condiciones especiales de trabajo; no obstante, en este último aspecto, de manera práctica, la legislación de la mayoría de los países, incluyendo la de Chile, promueve e indica el cambio de puesto de trabajo durante este período a otro donde no haya exposición a las radiaciones, garantizando así los límites antes mencionados.

PROGRAMAS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Cada instalación con fuentes emisoras de radiaciones ionizantes deben establecer Programas de Seguridad y Protección Radiológica. Éstos deben tener una estructura organizativa, funcional, operativa, que establezcan y definan, los objetivos, funciones y acciones a realizar. De igual manera, debe estar nombrada oficialmente la persona que se hará responsable de la Seguridad y Protección Radiológica de la instalación.

Las acciones básicas contempladas en estos Programas van dirigidas a dos aspectos fundamentales, al **hombre** y al **medio ambiente**.

En el **hombre**, hay que actuar sobre **el trabajador ocupacionalmente expuesto**, ejerciendo un control sobre él, principalmente, por medio de la **vigilancia radiológica personal** (dosimetría), que nos permita conocer la dosis que va recibiendo y acumulando a través del tiempo, permitiendo realizar las evaluaciones pertinentes y tomar las decisiones oportunas que se requieran en caso necesario. La entrega y el uso adecuado de los elementos de protección personal así como el cumplimiento de las medidas de protección radiológica operacional son aspectos relevantes que deben tenerse muy en cuenta.

Por otra parte, hay que actuar sobre la **población**, debiéndose establecer todo un sistema de control y de optimización de las prácticas encaminado a disminuir, lo más posible, las dosis.

Con relación a la **vigilancia de salud de los trabajadores expuestos**, sólo es importante desde el punto de vista de satisfacer los principios básicos de la Salud Ocupacional, es decir, poder relacionar las condiciones psico físicas del trabajador con los requerimientos del puesto de trabajo. En condiciones normales de trabajo, con límites de dosis por debajo de los establecidos, no existen indicadores biológicos de exposición, de ahí la importancia de la vigilancia radiológica personal por medio de la dosimetría.

Es preciso incorporar la cultura de la "**seguridad y percepción de riesgo**".

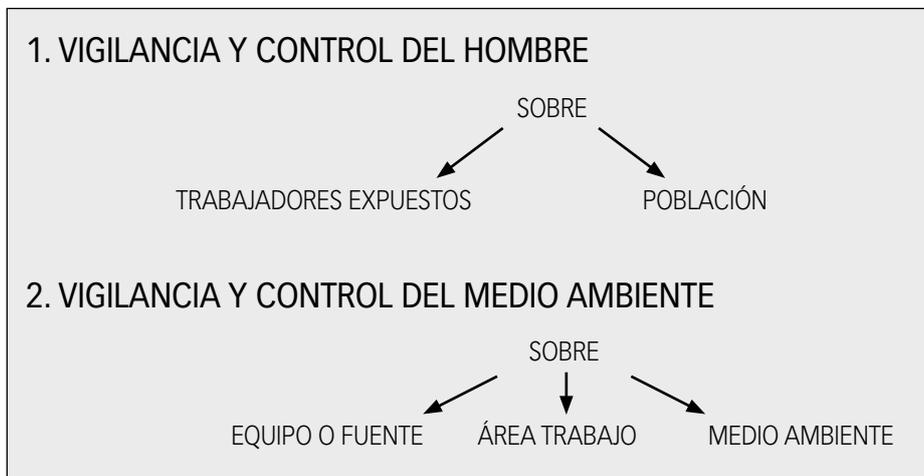
Sobre el **medio ambiente**, hay que tener definidas las distintas acciones a realizar con el objetivo de mantener una vigilancia y control estricto sobre los **equipos o fuentes** de radiaciones ionizantes, sobre los **locales y puestos de trabajo** y el **medio ambiente** en general.

La **capacitación y entrenamiento** en materia de radioprotección es fundamental y es un aspecto que todo Programa debe tener muy en cuenta. Con éste se logra un aumento sostenido de una cultura radiológica con la subsiguiente optimización de las prácticas y menor exposición de los trabajadores y población.

De manera general, todos los componentes del Programa deben estar encaminados a la prevención, en primer lugar, todas las acciones deben dirigirse a obtener una efectiva prevención primaria, **“evitar el efecto dañino a la salud y al medio ambiente por las radiaciones ionizantes”**, pero también tienen que estar contempladas las acciones que se realizarían, de manera oportuna y rápida, a nivel secundario y terciario de la prevención, en caso de algún accidente con sobre exposición de personas y/o contaminación ambiental.

Los elementos básicos de un Programa de este tipo, lo resumimos en el siguiente esquema:

COMPONENTES BÁSICOS DE UN PROGRAMA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA



CAPÍTULO VI

Vigilancia radiológica personal por dosimetría de los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes

En el campo de la Protección Radiológica, la **vigilancia radiológica personal** del trabajador expuesto ocupa un lugar relevante por cuánto ésta tiene como objetivo fundamental el registro, la evaluación, control e interpretación de la dosis que el operador va recibiendo y acumulando a través del tiempo por el desempeño de sus actividades. Esto permite tomar una conducta sanitaria específica cuando las dosis no se corresponden al tipo ni a la carga de trabajo en la que el trabajador se desempeña.

La técnica más empleada para estos fines es la **dosimetría personal** y dentro de ésta, una de la más utilizada es la **dosimetría filmica**, aunque de igual manera en los últimos años está tomando auge otras técnicas como las de TLD (termoluminiscente) y la de Infolight. La legislación que regula nacionalmente el uso de la dosimetría, es el **D.S. N° 03 del MINSAL del 3/1/1985 "Reglamento de Protección Radiológica de instalaciones radiactivas"**.

¿Para qué sirve la dosimetría personal?

- Para efectuar una eficaz vigilancia radiológica individual, obteniendo la información necesaria que permite calcular y estimar la dosis efectiva recibida por irradiación externa en un período de tiempo determinado.
- Permite el registro, control y evaluación de la dosis que el operador va recibiendo y acumulando por su trabajo, teniendo en cuenta los límites de dosis establecidos y recomendados internacionalmente.
- Permite detectar posibles casos con exposiciones inadecuadas y elevadas para las prácticas que realizan.

- Permite realizar un análisis del nivel de exposición e indicar la necesidad de posibles modificaciones de las técnicas o procedimientos de trabajo.
- Permite efectuar una efectiva vigilancia epidemiológica del personal expuesto y correlacionar la exposición con posibles efectos adversos a la salud.

Tipos de dosímetros personales:

Dosímetros filmicos (películas fotográficas)
Dosímetros termoluminiscencia (de TLD).
Dosímetros de lapicero (de lectura directa).
Dosímetros digitales (de lectura directa).
Dosímetros infolight.

Otras observaciones de importancia relacionadas con la dosimetría:

- El D.S. N° 03 del MINSAL (3/1/1985) establece en su Art. N° 4 *“que todo trabajador ocupacionalmente expuesto deberá portar durante su jornada laboral, un dosímetro personal, siendo obligación del empleador, su suministro y costo”*
- En el referido D.S. N° 03 del MINSAL se establece en su Art. N° 5, que el cambio del dosímetro para su evaluación y control debe realizarse, hasta la fecha actual, como máximo, *trimestralmente*.
- El dosímetro **no constituye un medio de protección personal**, constituye un medio de control que permite conocer la dosis que una persona va recibiendo (por irradiación externa) y acumulando durante un tiempo y poder tomar una conducta sanitaria preventiva según el caso. Su utilización **no excluye** el cumplimiento de las medidas de seguridad y protección radiológica establecidas para cada práctica, incluyendo en éstas, la tenencia y uso de elementos de protección personal cuando sea necesario.
- En la mayoría de los casos es suficiente el uso de un solo dosímetro, el cuál como se plantea y se recomienda internacionalmente, debe ser ubicado en la región anterior del tórax cercano al área cardiaca. Esta ubicación facilita la medición representativa de las dosis en las partes del cuerpo más expuestas.
- En casos especiales y en determinadas prácticas puede resultar necesario usar varios dosímetros en diferentes partes del cuerpo, por ejemplo, en las manos, para facilitar una estimación más precisa de la dosis a la que el operador se expone durante el desempeño laboral.

■ Cuando se usan elementos de protección personal, por ejemplo, delantal plomado, el dosímetro **deber estar por debajo de éste**, puesto que lo que interesa es conocer la dosis que la persona recibe y no la que recibe el delantal.

Características y cuidados generales en el uso del dosímetro:

El dosímetro es de **uso personal e intransferible**. Debe usarse permanentemente durante la jornada laboral y todos los trabajadores expuestos de un centro de trabajo, deben tener su propio dosímetro. Un mismo operador puede tener más de un dosímetro en dependencia, principalmente, del N° de centros de trabajo donde labore con distinto empleador.

El dosímetro es específico del centro de trabajo, por lo que al finalizar la jornada laboral se debe dejar en un lugar común, bien definido y apropiado, no expuesto a las radiaciones ionizantes.

Cada centro de trabajo con fuentes o equipos emisores de radiaciones ionizantes, debe tener un personal responsable de la Seguridad y Protección Radiológica, el cuál deberá velar por el uso adecuado, cuidado, cambio y reposición de los dosímetros de los trabajadores expuestos. De igual manera, deberá llevar un control y registro de las dosis que cada trabajador va recibiendo y acumulando, de manera que cada funcionario conozca el nivel de exposición que va teniendo a través de su vida laboral.

El dosímetro no debe someterse, por sí solo, a irradiaciones directas e innecesarias ni a otras fuentes directas de energía, por ejemplo, calóricas.

El protector de la película dosimétrica no debe abrirse ni tampoco ser dañado, perforado o eliminado, puesto que esto conlleva al velado de la película sensible por entrada de la luz.

Se debe revisar sistemáticamente el estado físico de los portadosímetros y la tenencia en éstos de sus filtros respectivos. En caso de alguna alteración consultar con el proveedor del servicio para su reparación o reposición.

Se debe evitar el lavado del dosímetro o su contaminación por sustancias químicas como por ejemplo, las del revelado. Esto puede traer consigo un daño irreparable de la película con la imposibilidad posterior de poder calcular la dosis de radiación a la que se ha estado expuesto.

¿Qué es el historial dosimétrico?:

Es un documento oficial que acredita un resumen de las dosis recibidas en un período de tiempo por una persona expuesta a las radiaciones ionizantes en su desempeño laboral. Esto está establecido en el D.S del MINSAL N° 133 (23/8/1984) y sirve, entre otros aspectos, para la

renovación (actualmente cada 3 años) de la autorización de desempeño que es otorgada por la SEREMI de Salud correspondiente.

La Sección de Radiaciones del Instituto de Salud Pública de Chile (ISP) es el encargado de efectuar la Vigilancia Radiológica personal de los trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes del país y es el que está autorizado para emitir los Historiales Dosimétricos del personal expuesto a fuentes de 2da. y 3ra. categoría (D.S. del MINSAL N° 03 en su Art. N° 5).

CAPÍTULO VII

Protección radiológica operacional

El riesgo radiológico dado por la exposición a las radiaciones ionizantes puede estar asociado a **equipos generadores y/o a fuentes radiactivas**.

Los **equipos generadores** comprenden los *equipos de Rx* como los utilizados en la práctica del radiodiagnóstico médico y dental y los *aceleradores de partículas*, como los que se usan en el campo científico.

Las fuentes radiactivas pueden ser *selladas* o *abiertas*. A su vez, éstas fuentes pueden ser de "*alta actividad*", cuando generan una tasa de dosis igual o superior a 1 rem/hora (0,01 Sv/h); por debajo de éstas, son consideradas fuentes de "*baja actividad*".

El hombre puede irradiarse principalmente de dos maneras: **Por irradiación externa y por contaminación radiactiva**.

- **Irradiación externa:** Es cuando la fuente emisora de radiaciones se encuentra fuera de la persona que se expone y es irradiada. Esta irradiación puede ser, de cuerpo total, parcial o localizada. Esta situación puede presentarse tanto con equipos generadores como con fuentes radiactivas.
- **Contaminación:** En ésta, la fuente emisora se encuentra en contacto con la persona, si es en la superficie (piel, mucosas y/o faneras) la *contaminación es superficial*, si la fuente se encuentra en el interior del organismo, entonces es una *contaminación interna*. Esta situación **exclusivamente** puede presentarse con fuentes radiactivas.

Riesgo radiológico:

Desde el punto de vista de la Protección Radiológica, actualmente las áreas de trabajo con alguna fuente emisora de radiaciones ionizantes se clasifican en: **Zona controlada y supervisada**. El resto debe ser tratado como **“zona libre”**.

La **Zona controlada** es aquella área en la cuál por el tipo de trabajo que se desempeña, los operadores pueden exponerse a dosis superiores a los 3/10 del límite anual establecido o según las recomendaciones internacionales actuales pudieran tener por la carga de trabajo dosis iguales o superiores a 0,1 mSv/semana. En ésta, tiene que existir una correcta señalización y debe cumplirse todas las medidas de protección radiológica tales como, tener barreras físicas definidas, control de las personas que allí laboran y transitan, uso de la vigilancia radiológica personal por dosimetría, uso de elementos de protección personal etc. La **Zona supervisada** es aquella área de trabajo donde la exposición a las radiaciones ionizantes está por debajo de los 3/10 del límite primario de dosis pero por encima del límite establecido para el público; según recomendaciones actuales, son aquellas que las dosis pudieran estar por debajo de 0,1 mSv/semana pero superiores a 0,01 mSv/semana, que son los niveles máximos permisibles para las “Áreas o Zonas libres”. En las áreas supervisadas, los trabajadores deben cumplir un mínimo de medidas de protección radiológica operacional y deben estar debidamente señalizadas.

Las zonas libres son todas aquellas donde no haya fuentes emisoras de radiaciones, por ejemplo, las salas de espera, los pasillos, oficinas administrativas en un servicio de imagenología, etc. En éstas no se requieren ningún tipo de medidas de protección radiológica.

Las medidas de Protección Radiológica son múltiples y específicas según la clasificación de la zona de trabajo. Para los fines de este Manual, puntualizaremos en aquellas medidas en el campo de radiodiagnóstico médico y dental donde el **riesgo radiológico es a una irradiación externa**.

Las medidas básicas de protección radiológica operacional son:

- **BLINDAJE**
- **TIEMPO**
- **DISTANCIA**

Blindaje: Este método disminuye el campo de radiación entre la fuente y la persona o punto de interés específico, logrando así una disminución de las tasas de dosis de exposición, tanto de los trabajadores expuestos como del resto de la población.

Existe toda una metodología con procedimientos matemáticos y cálculos bien establecidos para lograr un adecuado blindaje según las características de la fuente generadora, es decir,

cada caso es particular y el cálculo de blindaje también será específico. Los materiales de absorción más eficaces y que más se utilizan es el plomo y el concreto. En muchas ocasiones, como es el caso de los equipos de Rx dental convencional, tan solo basta el blindaje que puede brindar una pared de ladrillos o concreto con un espesor normal, no obstante y a manera de resumen, todo dependerá del nivel energético de la fuente que se vaya a blindar y de las características de la instalación o área de trabajo.

Elementos de Protección Personal: Son considerados dentro del blindaje. Deben ser usados cada vez que se exponga a un campo de radiaciones, tanto por el personal expuesto como por los acompañantes y hasta por los mismos pacientes si es necesario. Existen distintas alternativas o medios que van desde el uso de ropa exclusiva de trabajo, guantes plomados, lentes de seguridad, protección respiratoria, etc, hasta el uso de los delantales plomados y collarines que son los más conocidos y utilizados dentro de la radiología médica y dental. Estos últimos pueden tener diferentes espesores según el campo de radiación al que se expone; en el caso particular de la radiología clínica dental convencional el espesor es de 0,25 mm de Plomo. Hay que tener muy en cuenta que en muchas ocasiones el solo uso del delantal plomado no significa la no exposición a las radiaciones, por lo que hay que presente el cumplimiento de las otras medidas de protección operacional. Estos elementos de protección personal deben cuidarse y protegerse de manera adecuada para mantener su efectividad y prolongar su vida útil.

Tiempo: Esta técnica es importante para lograr una disminución de la dosis de exposición tanto del personal expuesto como la de los pacientes. Es directamente proporcional, o sea, a mayor tiempo de exposición a la radiación mayor será la dosis absorbida y viceversa; de aquí se deduce la importancia de utilizar en cada práctica el menor tiempo posible de radiación sin afectar la calidad del estudio radiográfico.

Distancia: Esta técnica es una de las más importante, segura, fácil de aplicar y menos costosa con la que se logra una disminución del nivel de exposición al campo de radiaciones dentro del ámbito de la radiología médica y dental.

En este proceder se aplica "**la Ley del cuadrado inverso de la distancia**" que significa: *"Sí se conoce la intensidad de la dosis en un punto, esta irá disminuyendo según el cuadrado inverso de la distancia"*. Existe una expresión matemática en este sentido que demuestra que al duplicar la distancia desde la fuente emisora al sujeto o punto de interés, se reducen la dosis de exposición a la cuarta parte con relación al punto inicial y así sucesivamente.

CAPÍTULO VIII

Efectos biológicos por radiaciones ionizantes

Introducción:

El hombre siempre ha estado expuesto a las radiaciones ionizantes provenientes de un fondo natural radiactivo, a esto hay que sumarle la exposición por la creciente incorporación, desde finales del siglo XIX, de un gran número de fuentes artificiales en todas las actividades del ser humano.

DIVERSAS FUENTES DE EXPOSICIÓN A LAS RADIACIONES PARA EL HOMBRE

FUENTE	mrem/año (mSv/año)
ATMÓSFERA (RAYOS CÓSMICOS)	45 (0,45)
SUELO	15 (0,15)
AGUA, ALIMENTOS, AIRE	25 (0,25)
RADÓN Y PRODUCTOS DE DESINTEGRACIÓN	128 (1,28)
TELEVISION	< 10 (< 0,1)
DOSIS ANUAL TRABAJADORES ENERGÍA NUCLEAR EN U.E.	300 (3)
VIAJES AEREOS (IDA Y VUELTA DE LONDRES A NEW YORK)	4 (0,04)
VECINDAD A UNA PLANTA NUCLEAR	1 (0,01)
DIAGNÓSTICO POR Rx	20 o más (0,2 o más)
VIVIENDA CON PAREDES DE LADRILLO	50 100 (0,5 1)
VIVIENDA CON PAREDES DE CONCRETO	70 100 (0,7 1)
VIVIENDA CON PAREDES DE MADERA	30 50 (0,3 0)

FUENTE: UNCEAR, " IONIZING, RADIATION SOURCES AND BIOLOGICAL EFFECTS"

**PROMEDIO DE DOSIS ABSORBIDA POR ÓRGANO EN DIFERENTES
EXÁMENES EN RX DIAGNÓSTICO**

TIPO DE EXAMEN	DOSIS PROMEDIO SEGUN EL ÓRGANO (mGy)			
	ÚTERO (EMBRIÓN / FETO)	MÉDULA ÓSEA	MAMA	TIROIDES
COLUMNA CERVICAL	< 0,01	0,1	< 0,01	4
COLUMNA TORÁCICA	< 0,01	0,4	3	0,8
COLUMNA LUMBO SACRA	6	2	< 0,01	< 0,01
UROGRAMA DESCENDENTE	8	1	< 0,01	< 0,01
TÓRAX	< 0,01	0,04	0,1	0,07
COLON X ENEMA (INCLUYE FLUOROCOSPIA)	35	10	< 0,01	< 0,01
RX DENTAL	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,03
MAMOGRAFIA	< 0,01	< 0,01	2	< 0,01

FUENTE: PUB. 33, ICRP

Desde los primeros estudios sobre los Rx y materiales radiactivos (Roentgen, 1895; esposos Curie, 1898), hasta las prolongadas investigaciones epidemiológicas efectuadas en poblaciones expuestas, especialmente en los sobrevivientes de los bombardeos atómicos de Hiroshima y Nagasaki (agosto/1945), en pacientes tratados con radioterapia y más recientemente, en los accidentes ocurridos principalmente el de Chernobyl, (abril/1986), en del Goiania, Brasil, (septiembre/1987) además, por los estudios experimentales de laboratorios efectuados en animales, han demostrado los efectos dañinos sobre la salud de las radiaciones ionizantes a corto y a largo plazo.

La aceptación por la sociedad de los riesgos derivados de la radiación se condiciona a los beneficios que reporta su utilización y es innegable que el desarrollo y progreso impiden el no uso y empleo de las radiaciones ionizantes, por lo tanto, la filosofía en este sentido es la de restringir el riesgo y poder ofrecer un máximo de protección. En la actualidad, los avances y progresos de la Física Nuclear, de la Radiobiología y de la Seguridad y Protección Radiológica, permiten hacer un uso racional y seguro de esta forma de energía inagotable en la naturaleza.

El marco básico de la Protección Radiológica tiene, necesariamente, que incluir valoraciones tanto de tipo social como científicas, porque su finalidad principal es la de proporcionar un nivel adecuado de protección para el hombre y el medio ambiente, sin limitar indebidamente las prácticas beneficiosas que dan lugar a la exposición a las radiaciones.

Efectos biológicos por las radiaciones ionizantes:

Aspectos generales:

El efecto dañino a la salud por las radiaciones ionizantes depende, de la dosis absorbida, de su magnitud, distribución y del tiempo de exposición, pudiendo ser ésta de forma aguda, durante breves segundos o minutos (Ejs., en radioterapia, accidentes, etc.) o crónica, continua o intermitente, a lo largo de meses o años (Ej., la exposición ocupacional).

El proceso de excitación y/o ionización en los tejidos suponen necesariamente, cambios en los átomos y moléculas de las células que las componen, aunque solo sea, de manera transitoria. Si se producen daños celulares y no se reparan adecuadamente, puede ocurrir que las células afectadas mueran o que su reproducción se vea impedida, o bien, que se origine una célula viable modificada; todos estos cambios pueden tener serias implicaciones en su conjunto para el organismo.

Si la pérdida del número de células de un órgano o tejido es lo suficientemente elevada, se traducirá en un daño susceptible de ser clínicamente observado, con pérdida del funcionamiento del tejido u órgano afectado. La probabilidad de que se produzcan tales daños oscila, desde nulo a dosis pequeñas a un aumento paulatino por encima de un determinado umbral de dosis, hasta poder llegar a una proporción de un 100% en dependencia de la dosis recibida. Por encima del umbral aumentará, de igual manera, la gravedad del daño con el incremento de la dosis. Este tipo de efecto era conocido con anterioridad, como "*efecto no estocástico*", actualmente, según las últimas recomendaciones de la ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica) en su Pub. N° 60 de 1990 y posteriormente en las del 2007, se denomina "**efecto determinístico**". Estos son **dosis dependiente**.

El resultado puede ser muy diferente si en vez de producirse la muerte de la célula irradiada, ésta queda alterada. A pesar de la existencia de mecanismos de defensa altamente efectivos, un grupo de células resultantes de la reproducción de una célula somática viable, pero modificada por una irradiación, puede, tras un período de latencia variable y prolongado, dar lugar a la aparición de una condición maligna, un cáncer.

Si el daño se produce en una célula cuya función es transmitir información genética a generaciones posteriores (células germinales), el daño se expresará, entonces, en la descendencia de la persona expuesta con alteraciones genéticas. La probabilidad de aparición de estos efectos, cuya gravedad es **independiente de la dosis**, no existiendo un umbral, va en aumento en la medida que la exposición a las radiaciones ionizantes sea mayor. Estos efectos se denominan "**efectos estocásticos**", es decir, son de naturaleza aleatoria, probabilística, **dosis independiente**.

Tipos de irradiación asociadas a las personas:

- **Irradiación externa:** Es cuando el individuo se irradia a partir de una fuente emisora que se encuentra en el exterior, fuera del sujeto que la recibe. (ver lámina).
- **Irradiación interna o contaminación:** Es cuando la fuente emisora se encuentra en el sujeto. Si está en la superficie (piel y faneras) se produce una **contaminación superficial o externa**. Si la fuente se encuentra en el interior del organismo, entonces se denomina una contaminación interna (ver lámina 1).

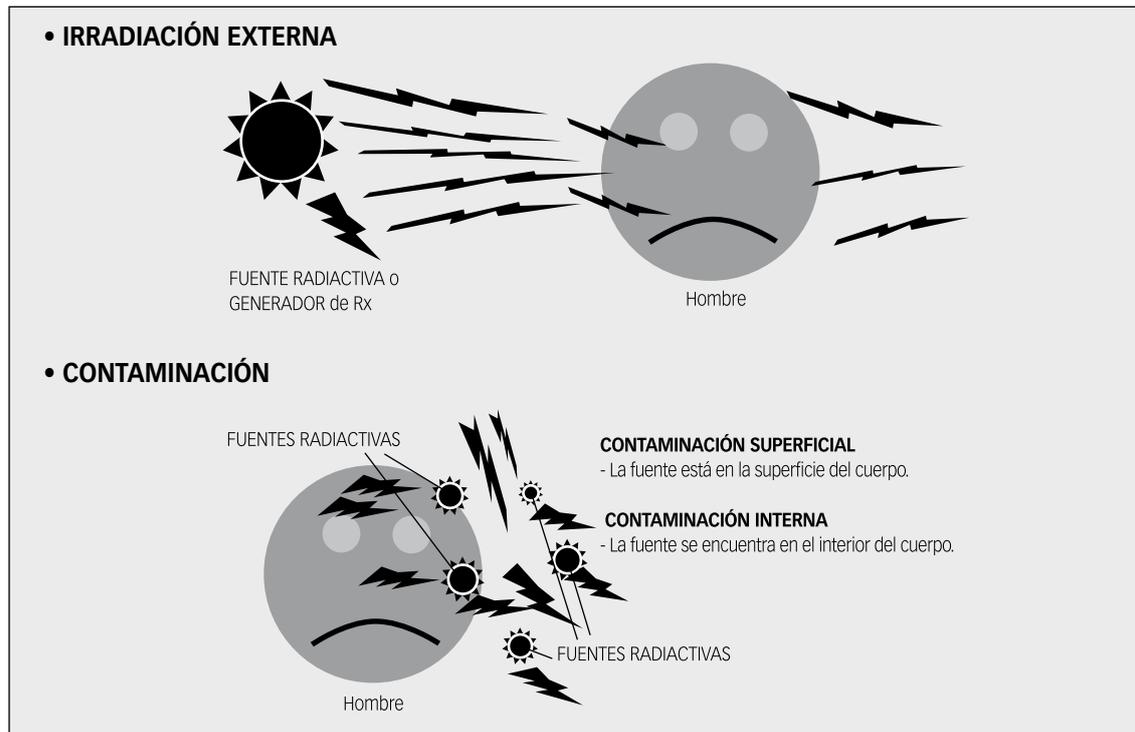
En la contaminación siempre van a estar implicadas fuentes radiactivas, no así en la irradiación externa, donde pueden ser originados por éstas, pero también por otros tipos de fuentes como son los generadores de Rx. Por lo tanto y por principio básico, en la contaminación, el órgano o tejido del individuo afectado va a estar sometido a una exposición a las radiaciones ionizantes durante todo el tiempo que la fuente permanezca en el organismo de manera activa o hasta que se logre su eliminación o extracción, por lo que una contaminación radiactiva siempre va a constituir una urgencia médica, ya que mientras más temprano se logre extraer el elemento contaminante radiactivo, menor va a ser la dosis que reciba la persona y por ende, menor el daño. En la irradiación externa, la urgencia va a ser dosimétrica, no vamos a poder influir en la dosis total que recibe la persona; en este caso se hace necesario conocer la dosis a la que se expuso el sujeto para poder conocer, entonces, el cuadro clínico que desarrollará, los efectos que se presentaran y por ende, las medidas terapéuticas a implementar.

Clasificación de los efectos biológicos por las radiaciones ionizantes

Se han clasificado de varias maneras teniendo en cuenta distintas variables, pero en la actualidad la recomendada por las organizaciones internacionales tales como la UNSCEAR, la CIPR, el OIEA, OMS OPS es en **efectos determinísticos y estocásticos**:

- **Efectos determinísticos:** Existe un umbral de dosis para su aparición y hay una relación directa dosis efecto, tanto en las alteraciones como en la gravedad de las mismas. *Ejemplos:* Radiodermitis, radiocataratas, infertilidad temporal y permanente radioinducidas, alteraciones hematológicas radioinducidas, etc. (Ver Tabla).
- **Efectos estocásticos:** Es aleatorio, probabilístico, se asume la no existencia de un umbral de dosis para su aparición. No obstante y es una realidad, que al aumentar la dosis recibida, aumenta la probabilidad del riesgo de incidencia de estos efectos. Su severidad es independiente a la dosis. Dentro de estos efectos se encuentran, solamente, la *carcinogénesis (cánceres radioinducidos)* y *los efectos genéticos radioinducidos*.

LÁMINA 1 TIPOS DE IRRADIACIÓN



ALGUNOS UMBRALES DE DOSIS EN EFECTOS DETERMINÍSTICOS

DOSIS ABSORBIDA (Gy)	ÓRGANO O TEJIDO	EFEECTO
0,1	FETO	TERATOGENESIS
0,15	TESTÍCULOS	ESTERILIDAD TEMPORAL
0,5	MÉDULA ÓSEA	TRAST. HEMATOPOYESIS
0,5	TODO EL CUERPO	VÓMITOS
0,5 2	CRISTALINO	OPACIDAD DETECTABLE
3	PIEL	DEPILACIÓN, ERITEMA
2,5 6,0	OVARIO	ESTERILIDAD
3,5 6,0	TESTÍCULOS	ESTERILIDAD PERMANENTE
5	CRISTALINO	OPACIDAD
10	PULMÓN	NEUMONITIS. MUERTE
10	TIROIDES	HIPOTIROIDISMO
5 6	TODO EL CUERPO	MUERTE (Sin Tto.)

FUENTE: ICRP PUB. 60, 1990.

Factores que influyen en el daño:

La reacción del organismo a las radiaciones ionizantes depende de diferentes factores, externos e internos:

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DAÑO DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

FACTORES EXTERNOS	FACTORES INTERNOS
MAGNITUD Y POTENCIA DE DOSIS	EDAD
TIEMPO DE EXPOSICIÓN	ESTADO DE SALUD
DISTRIBUCIÓN DE LA DOSIS	TEJIDO IRRADIADO
TIPO DE R.I.	SEXO, METABOLISMO
	RADIOSENSIBILIDAD

A continuación haremos un breve análisis de los principales de ellos:

Factores externos

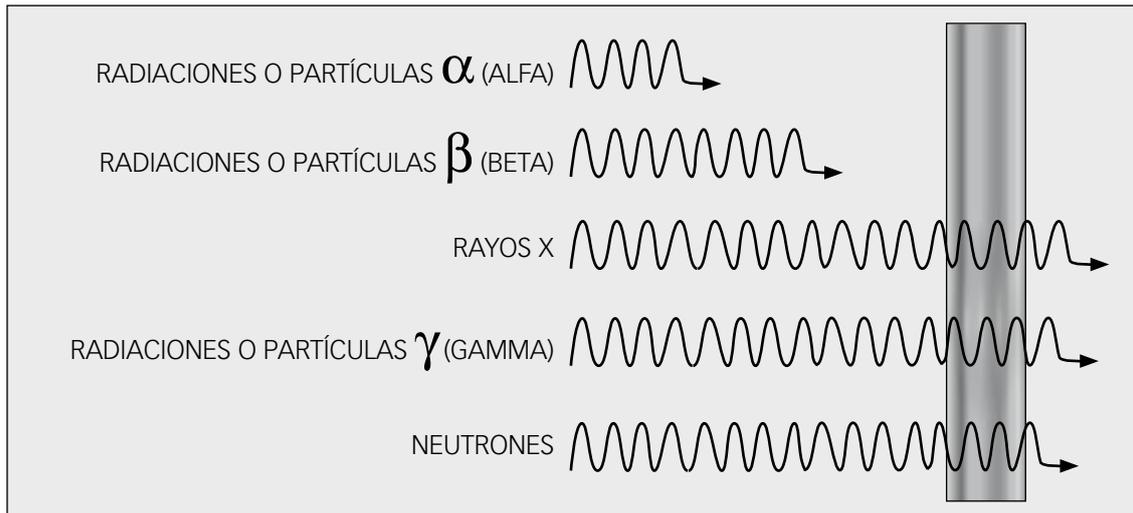
Son ajenos al organismo, principalmente están dados por las características de la radiación. Entre los principales elementos de este tipo están:

Tipo de radiación ionizante: Principalmente aquí hay que tener en cuenta **la transferencia lineal de energía (TLE)**, que no es más que la cantidad de energía que es capaz de ceder al medio el tipo de radiación ionizante que está interactuando con la materia. Además, hay que tener en cuenta su **poder de penetración**.

Ejemplos: **Radiaciones con alta T.L.E.: Radiaciones Alfa y Beta** con alto nivel de ionización cuando interactúan con el medio pero con poco recorrido en él (de 0.5 a 3 cms), por lo tanto, con poco poder de penetración. Por otro lado, están **los Neutrones**, que tienen, además de una elevada TLE (alto nivel de ionización), un gran poder de penetración (lámina 2).

Radiaciones con baja T.L.E.: Rayos X y Gamma, las que tienen poco nivel de ionización pero pueden alcanzar grandes distancias, por lo que su poder de penetración es también elevado (Ver lámina 2).

LÁMINA 2
ALCANCE DE LOS DISTINTOS TIPOS DE RADIACIONES IONIZANTES



Dosis y potencia de dosis (tasa de dosis): Hay una relación directa entre la magnitud (cantidad) de la energía depositada en la materia por la radiación ionizante que interactúa con el organismo, con el tipo y la gravedad de la lesión, así como el tiempo de aparición de la sintomatología. Es innegable que los mecanismos adaptativos, reparatorios y compensatorios del cuerpo humano son mucho más efectivos a exposiciones a bajas dosis.

También es importante, en cuanto a la dosis, la forma de administración o como fue recibida la irradiación. El fraccionamiento hace que el efecto sumario total sea menor, ya que los mecanismos reparatorios se pueden manifestar de mejor manera. Una irradiación única, según la magnitud de ella, es más dañina.

En línea general y como dato práctico, todas las radiaciones (tanto las de alta o baja T.L.E.) que tengan una tasa de dosis (dosis en tiempo) menor a 0.05 Gy/min. son bajas, mientras que tasas superiores a 0.5 Gy/min son consideradas como altas.

■ **Área y localización de la irradiación:** A mayor área irradiada, mayor es la dosis absorbida, por tanto, el daño también es mayor. Las manifestaciones clínicas varían enormemente según sea el tamaño y la localización del área irradiada, con alteraciones específicas atendiendo a esto último, dado por la diferencia de radiosensibilidad de los distintos tejidos del organismo.

■ **La magnitud y la distribución** de la dosis son **factores fundamentales** que influyen en el daño radiobiológico.

Factores internos

Estos dependen del propio sujeto. En este sentido son importantes los factores siguientes:

- **La edad:** Las células de los organismos jóvenes (embrión, niños) son más radiosensibles, debido al promedio elevado de poblaciones celulares en división. Por otra parte, las personas de la tercera edad son también más radiosensibles, en este caso particular, por la disminución de las defensas y de los procesos reparativos del organismo.
- **Concentración de oxígeno:** A una mayor concentración de oxígeno en los tejidos, mayor será también los efectos nocivos de las radiaciones (efecto oxígeno). La causa es por el aumento de la formación de radicales libres que son tóxicos para las células.
- **Metabolismo:** Un aumento de éste, incrementa los efectos nocivos de las radiaciones, también es por un aumento de la formación de radicales libres, elemento muy dañino para el funcionamiento normal de las células (efecto oxígeno).
- **Radiosensibilidad:** Como se conoce, no todos los seres vivos poseen igual radiosensibilidad y aunque las causas no están del todo esclarecidas, se plantea entre otros aspectos, que sea por las diferencias del metabolismo que pueden existir entre las distintas especies.

Dentro de ésta, se encuentra la *radiosensibilidad individual*, en la cuál, además del metabolismo, es importante tener en cuenta otros factores como son, patologías o enfermedades de base, actividad cardiorespiratoria, estado nutricional, stress, etc., del individuo o sujeto irradiado.

- **Sexo:** Aunque no es categórico, se plantea que el sexo femenino es más radioresistente, esto es por la extrapolación de resultados de determinados estudios efectuados en animales de experimentación.

Interacción de las radiaciones ionizantes con la materia viva:

La célula es la unidad del complejo sistema biológico. A grandes rasgos, se compone de un citoplasma donde abunda el agua y otros elementos y estructuras (mitocondrias, lisosomas, ribosomas, etc.); por otro lado, hay un núcleo con un contenido fundamental de macromoléculas de DNA (Acido Desoxirribonucleico) que conforman los cromosomas, con un número determinado y específico para cada especie; en el caso del hombre es de 46 cromosomas y el genoma humano está en el orden de los 30.000 genes. Los estudios han demostrado que el "*blanco perfecto*" para la acción de las radiaciones ionizantes es el DNA.

Los cromosomas portan la información genética responsable de su transmisión a las células descendientes y de un organismo a otro, regulando también todas las funciones, tanto en su

diferenciación como en su actividad metabólica y la relación con las demás células. De lo anterior se deriva que el núcleo es esencial para el buen funcionamiento y vida de la célula, así como para su reproducción.

Por último, una membrana rodea al núcleo y otra, a su vez, a toda la célula, ambas con propiedades selectivas de permeabilidad, garantizando con ello, el buen funcionamiento de la unidad básica de la materia viva, **la célula**.

Los efectos dañinos y nocivos de las radiaciones ionizantes se originan por dos vías:

- **Por acción directa:** Es originada por la acción primaria de ionización y excitación de los átomos y moléculas de las diferentes células que componen los tejidos, al absorber la energía de la radiación ionizante que interactúa con ellas. De esta manera, puede haber por ejemplo, cambios en la integridad estructural del DNA., cambios enzimáticos, etc. que afectan las funciones vitales de las células, las que pueden conducir a lesiones irreparables o hasta la muerte celular. En dependencia de la magnitud del daño y del número de células afectadas, serán las manifestaciones clínicas.
- **Por acción indirecta:** Es producto de los cambios químicos ocurridos en la molécula de agua, principal elemento en la composición de la estructura general del organismo; éstos originan, grupos oxihidrilos "**OH**", el cuál es un gran **agente oxidante**, tóxico para la célula y tejido en general. Estos elementos son conocidos también como "**radicales libres**".

La producción de agentes químicos muy activos, secundaria a la irradiación, desencadenan, a su vez, una serie de reacciones bioquímicas de importancia con el subsiguiente daño y alteración funcional y fisiológica de las células y de los tejidos (ver Lámina).

A manera de resumen se concluye, que el efecto biológico de las radiaciones ionizantes ocurre por la integración, por la sumatoria de los efectos obtenidos por la acción directa e indirecta, al interactuar las radiaciones con la materia viva.

Las células y tejidos proliferativos (ejs, las células germinales de las gónadas, el tejido hematopoyético, el SNC del feto, etc.) son más radiosensibles que aquellos tejidos compuestos por células diferenciadas no proliferantes (ejs., el tejido muscular, el SNC del adulto, el tejido óseo, etc.).

Actualmente se plantea que el daño celular por el depósito de energía absorbida producto de una irradiación, es debido a la ruptura de una o ambas cadenas de la molécula del DNA, de la posibilidad o no, de ser reparada por los mecanismos enzimáticos existentes intracelulares. Investigaciones efectuadas han demostrado que cuando se fracciona una sola cadena del DNA, puede ser reparada en breve tiempo, tomando como patrón de referencia a su homóloga no afectada ("imagen en espejo"), pudiéndose restituir y restablecer así el código de información

celular. Esto no sucede cuando se fracturan ambas cadenas del DNA al mismo nivel o en niveles muy próximos, ya que no existe la matriz disponible para poder realizar una reparación libre de error, con la subsiguiente afectación de las funciones o la muerte celular.

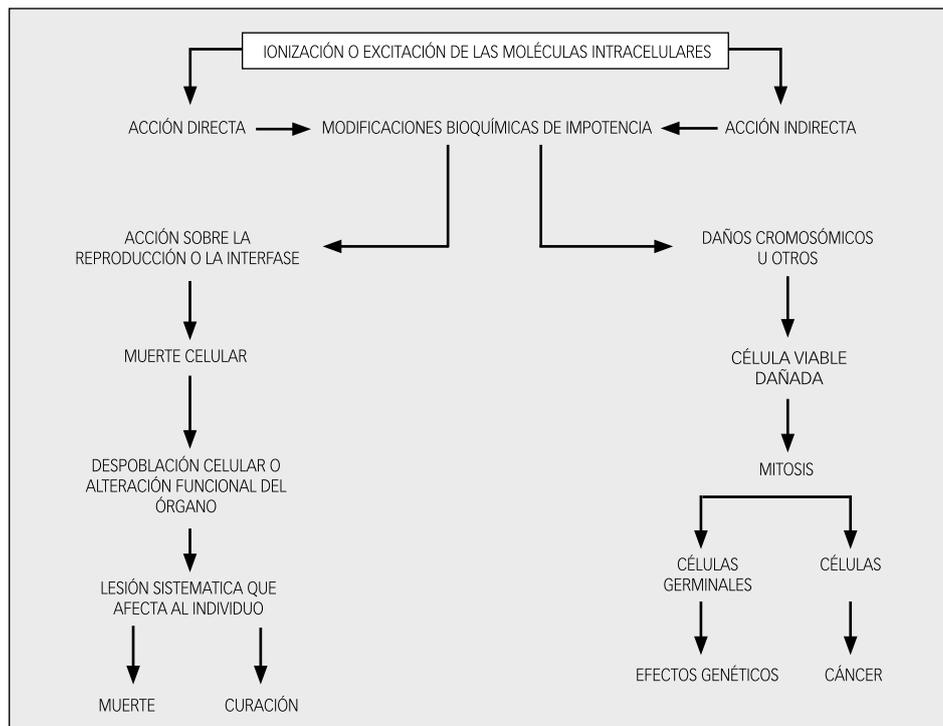
A manera de resumen, citamos los principales trastornos y cambios, por los mecanismos ya referidos, que pueden ocurrir a nivel celular:

- Excitación y formación de pares de iones.
- Cambios en la estructura del DNA (reversibles y/o irreversibles).
- Mutaciones originadas por los cambios anteriores.
- Formación de sustancias tóxicas (agentes oxidantes).
- Desnaturalización de cadenas de proteínas.
- Afectaciones de estructuras y componentes celulares como son: Mitocondrias, lisosomas, sistema de membranas, etc.

Por todo lo anterior y a su vez en dependencia del tejido afectado, va a ser la expresión de las manifestaciones clínicas que puede presentar un sujeto irradiado.

En la próxima lámina se muestra gráficamente un resumen de lo antes expuesto.

LÁMINA 3 EFECTOS NOCIVOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES SOBRE LA MATERIA VIVA



FUENTE OIT: "MEDICINA, HIGIENE Y SEGURIDAD DEL TRABAJO", 1986

CAPÍTULO IX

Principales técnicas radiológicas de uso en odontología

Técnica periapical

Una serie de etapas correctamente ejecutadas harán que el resultado sea exitoso y así protegeremos al paciente de ser irradiado innecesariamente.

1) Del ingreso del paciente al box

- En el box de toma de radiografías solo debe estar el paciente y el operador con la excepción de niños pequeños o pacientes que necesiten asistencia.
- Solicitar al paciente que se retire los elementos metálicos que tenga en la cara como piercing, lentes, prótesis removibles.
- Proteger al paciente con delantal con collar tiroideo, así como a su acompañante en caso necesario.

Según la pieza o piezas dentarias a radiografiar, seleccionar la técnica y el tiempo de exposición adecuados.

2) De la posición del paciente en el sillón

- Explique brevemente al paciente el procedimiento radiográfico a efectuar.
- Siente al paciente derecho en el sillón, ajuste el sillón a una altura de trabajo cómoda. (Ver foto 1)

Si las piezas corresponden al maxilar superior, colocar al paciente con el plano sagital perpendicular al suelo y el plano tragus-ala de la nariz (de Camper) paralelo al piso. (Ver foto 2)

- Si las piezas correspondieran al maxilar inferior, colocar el plano sagital perpendicular al piso y el plano tragus-comisura labial paralelo al piso
- El paciente debe apoyarse en el cabezal de modo de evitar cualquier movimiento durante la toma radiográfica.

3) De la colocación de la película radiográfica en la boca del paciente

- El operador debe usar guantes
- Doblar suavemente la película radiográfica, de modo de poder adosarla en la boca del paciente más fácilmente. (Ver foto 3)
- Para realizar el examen de los caninos e incisivos superiores e inferiores se coloca la película radiográfica en forma vertical.
- Para premolares y molares ésta se adosa a la mucosa lingual o palatina en forma horizontal, dejando en ambos casos un borde libre de 0.5 cm. en incisal u oclusal.
- Las piezas dentarias a radiografiar deben estar centradas en la película radiográfica.
- Adosar íntimamente la película a la mucosa lingual o palatina según corresponda. (Ver foto 4)
- Una vez puesta la película en boca, volver a posicionar al paciente correctamente si éste se hubiese movido.
- De ser posible, usar siempre películas retroalveolares de adulto (Nº 2) en pacientes infantiles.

4) De la ubicación del Cono Localizador

- En el extremo del cono localizador hay grabadas dos líneas, que al proyectarlas imaginariamente representan el haz central de Rx, estas líneas ayudarán al operador a ubicar correctamente el cono, tanto en el plano vertical como horizontal. (Ver foto 5)

a) Angulación vertical:

El haz de Rx será perpendicular a la mitad del ángulo (bisectriz) formado por la película y la pieza dentaria pasando por el ápice de ésta (Ley de Ciescizky). (Ver foto 6)

Teóricamente los ápices de las piezas dentarias superiores se ubican en una línea que va del tragus al ala de la nariz, exceptuando el canino que esta 0.5 cm. por encima de ésta. (Ver foto 7)

Los ápices de las piezas inferiores teóricamente se ubican en una línea paralela a 1 cm. del borde basilar. (Ver foto 8)

Existen angulaciones verticales sugeridas por los fabricantes de los equipos radiográficos, pero éstas varían en la práctica dependiendo de la profundidad del paladar del paciente.

Si el ángulo dado fuese exagerado se obtendrá una imagen acortada o escorzada.

Con ángulo mayor se produce acortamiento o escorzo. (Ver foto 9)

Si por el contrario, se diese una angulación menor, el resultado será una imagen elongada, ambas dificultarán o harán imposible el diagnóstico. (Ver foto 10)

Con ángulo menor se produce alargamiento.

b) Angulación horizontal

El haz de Rx debe ser perpendicular a la película radiográfica o seguir la inclinación del punto de contacto de la pieza dentaria a examinar, para evitar sobreproyección de las caras proximales.

El haz de Rx debe cubrir totalmente la película para evitar zonas sin exposición.

El cono localizador debe quedar muy cerca de la piel para evitar agrandar la superficie expuesta a la radiación.

- Para piezas superiores solicitar al paciente que sostenga la película en su lugar, contra el paladar con el dedo pulgar del lado contrario al que se esta examinando. (Ver foto 11)
- Para piezas dentarias inferiores, con el dedo índice del lado contrario en la zona lingual. (Ver foto 12)
- En ambos casos el operador tomará la mano del paciente para llevar su dedo al lugar correcto de sujeción para asegurar que sea hecho en forma correcta.

5) **De la exposición**

- Una vez en posición el cono, se instruirá al paciente de mantenerse inmóvil y así la imagen obtenida será nítida.
- El operador tomará posición en la cabina de disparo, o detrás del biombo plomado en su parte media.
- Apretará el cronorruptor hasta que la chicharra del equipo deje de sonar, esto asegura que el tiempo de exposición fue el suficiente para obtener una imagen diagnóstica.
- Retirá la película de la boca del paciente.

Técnica de aleta mordible

Una serie de etapas correctamente ejecutadas harán que el resultado sea exitoso y así protegeremos al paciente de ser irradiado innecesariamente.

1) Del ingreso del paciente al box

- En el box de toma de radiografías solo debe estar el paciente y el operador con la excepción de niños pequeños o pacientes que necesiten asistencia.
- Solicitar al paciente que se retire los elementos metálicos que tenga en la cara como piercing, lentes, prótesis removibles.
- Proteger al paciente con delantal con collar tiroideo, así como a su acompañante en caso necesario.
- Según la pieza o piezas dentarias a radiografiar seleccionar el tiempo de exposición adecuado.

2) De la posición del paciente en el sillón

- Explicar brevemente al paciente el procedimiento radiográfico.
- Siente al paciente derecho en el sillón, ajuste el sillón a una altura de trabajo cómoda.
- Ajuste cabecera del sillón de tal modo que el paciente al apoyarse, quede con plano sagital perpendicular al piso y arcada superior sea paralela al suelo. (Ver foto 13)

3) De la colocación de la película radiográfica en boca

- El operador debe usar guantes
- Es posible utilizar un soporte de película o una lengüeta para estabilizar la película.
- En caso de usar lengüeta, es recomendable doblar suavemente la película radiográfica de modo de poder adosarla en la boca del paciente más fácilmente. (Ver foto 14)

Se recomienda la siguiente secuencia de exposición para cada lado de la boca:

- exponer primero las películas de aleta mordible de premolares (es más tolerable por el paciente y menos probable que induzca el reflejo faríngeo) y
- exponer al final las películas de aleta mordible de molares.

En niños menores de 12 años se recomienda utilizar una película por lado.

- Inserte la película en la boca del paciente, colocando la mitad inferior entre la lengua y los dientes.
- Coloque la lengüeta mordible en el plano oclusal, cuidando que las piezas a radiografiar queden centradas en la película.
- Pida al paciente que cierre lentamente, hasta ocluir. (Ver fotos 15 y 16)

Párese frente al paciente y examine curvatura posterior de la arcada, puede colocar dedo índice a lo largo del área de premolares o molares.

Alinee el cono de modo que quede paralelo a su dedo índice y dirija el rayo central hacia la línea oclusal, cubriendo completamente la zona a radiografiar para evitar zonas sin exposición. (Ver fotos 17 y 18)

Asegúrese que el paciente no haya cambiado de posición.

4) De la angulación del cono

Existen soportes de película para aleta mordida que incluyen un localizador de cono que determinan la angulación adecuada, sin embargo, cuando se utiliza una lengüeta, el radiólogo debe determinar las angulaciones.

- a) Angulación Vertical: Se recomienda una angulación vertical de +10 grados.
- b) Angulación Horizontal: El rayo central se dirige perpendicular al eje del block de piezas a radiografiar y a través de las áreas de contacto de las piezas. Ver foto 19)

5) De la exposición

- Una vez en posición el cono, se instruirá al paciente de mantenerse inmóvil y así la imagen obtenida será nítida.
- El operador tomará posición en la cabina de disparo, o detrás del biombo plomado en su parte media.
- Apretará el cronorruptor hasta que la chicharra del equipo deje de sonar, esto asegura que el tiempo de exposición fue el suficiente para obtener una imagen diagnóstica.
- Retirá la película de la boca del paciente.

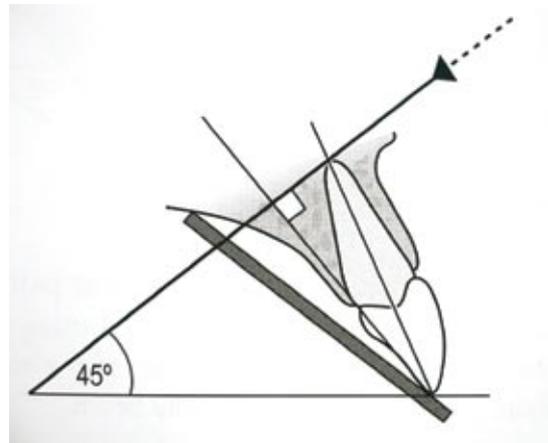
**foto 1****foto 2****foto 3****foto 4****foto 5****foto 6**



foto 7



foto 8



foto 9

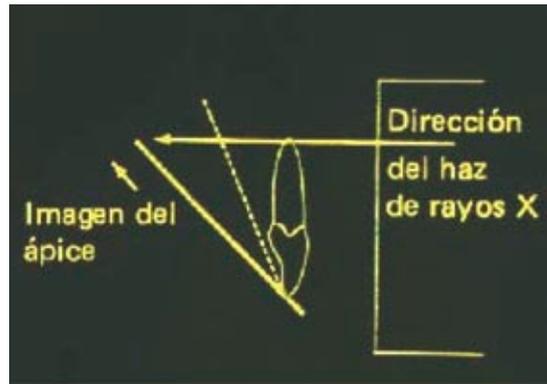


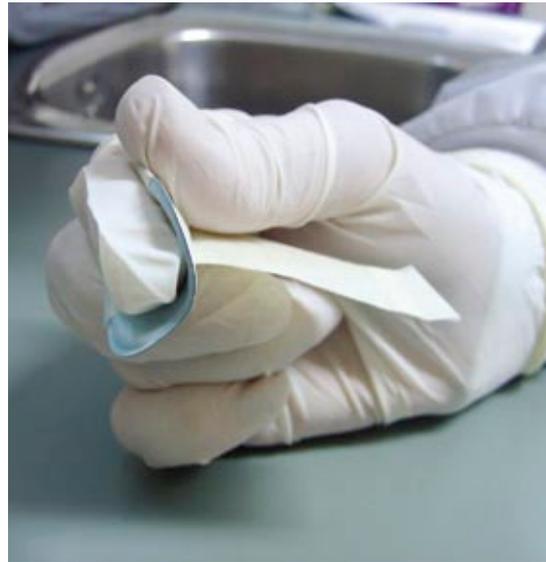
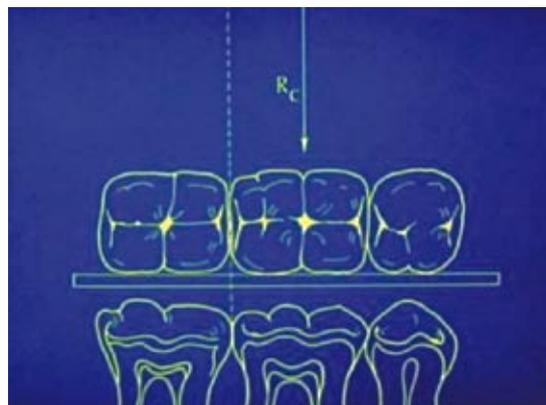
foto 10



foto 11



foto 12

**foto 13****foto 14****foto 15****foto 16****foto 17****foto 18**

Resumen pruebas de control de calidad en radiología dental, basado en el protocolo ARCAL XLIX

CAPÍTULO 1. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD EN RADIOLOGÍA DENTAL

1.1 LEVANTAMIENTO RADIOMÉTRICO (PRUEBA 1)

1.1.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar los niveles de exposición ocupacional y del público
- b) Indicador: Equivalente de dosis ambiental en mSv/año, u otra magnitud relacionada con la dosis efectiva, establecida por la autoridad reguladora local.
- c) Referencia:
- d) Frecuencia mínima: durante la aceptación de la sala, cada cuatro años y después de modificaciones que afecten la protección radiológica.

1.1.2 Interpretación de resultados y conclusiones

- a) Comparar los valores obtenidos con los niveles de restricción de dosis establecidos en el país.
- b) Señalar con S o N la aceptación del nivel de radiación en cada punto. En caso de que exista algún punto con niveles no aceptables, señalar la no-conformidad en el resumen de la evaluación en la ficha.
- c) Recomendaciones posibles: adicionar un blindaje, reducir la ocupación, cambiar la posición del equipo, etc.

1.2 RADIACIÓN DE FUGA (PRUEBA 2)

1.2.1 Alcance

- a) Objetivos: Evaluar la radiación de fuga de la coraza del tubo de rayos X.

- b) Indicadores: Kerma en aire, a la máxima carga que pueda soportar el tubo durante 1 hora y promediando sobre un área que no exceda los 100 cm²
- c) Referencia:
- d) Frecuencia mínima de la prueba: Inicial y después de cambios.

1.2.2 Interpretación de resultados y conclusiones

- a) Límite de Tolerancia: 0,25 mGy/h a 1 m del foco.
- b) Registrar en la ficha de resumen en caso de no-conformidad.

1.3 SISTEMA DE COLIMACIÓN (PRUEBA 3)

1.3.1 Alcance

- a) Objetivo: evaluar el sistema de colimación del equipo,
- b) Indicador: distancia foco piel, diámetro y posición del centro del campo de radiación;
- c) Referencia:
- d) Frecuencia: anual, inicial o posterior a cambios.

1.3.2 Interpretación de los resultados y conclusiones

Tolerancia:

- Distancia foco piel: ≥ 20 cm para tensiones de tubo superiores a 60 kV y ≥ 18 cm para tensiones de tubo iguales o inferiores a 60 kV;
- Diámetro del campo: ≤ 6 cm. (y no inferior a 4 cm);
- El campo de radiación deberá ser homogéneo y estar centrado.

1.4 REPETIBILIDAD Y EXACTITUD DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN (PRUEBA 4)

1.4.1 Alcance

- a) Objetivo: evaluar la repetibilidad y la exactitud del indicador del tiempo de exposición.
- b) Indicador: tiempo de exposición
- c) Referencia:
- d) Frecuencia: Anual, inicial o posterior a cambios

1.4.2 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Tolerancia: $\leq \pm 10\%$ para ambas pruebas.
- b) Registrar en la ficha si se encuentra al menos un valor no aceptable.

1.5 EXACTITUD Y REPETIBILIDAD DE LA TENSIÓN (PRUEBA 5)

1.5.1 Alcance

- a) Objetivo: evaluar la exactitud y repetibilidad de la tensión del tubo de rayos x;

- b) Indicador: tensión de tubo;
- c) Referencia:
- d) Frecuencia: Anual, inicial o posterior a cambios.

1.5.2 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Tolerancia: $\leq \pm 10\%$ para ambas pruebas;
- b) Registrar en la ficha si se encuentra al menos un valor no aceptable.

1.6 CAPA HEMIRREDUCTORA (PRUEBA 6)

1.6.1 Alcance

- a) Objetivo: verificar si la filtración total está en correspondencia con los requisitos mínimos;
- b) Indicador: capa hemirreductora;
- c) Referencia:
- d) Frecuencia: Inicial, anual y posterior a cambios.

1.6.2 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Comparar el valor de la CHR obtenido con los valores indicados en la Tabla 3.3 (kV medido);
- b) Para valores intermedios de kVp se debe aplicar la interpolación lineal.
- c) Registrar en la ficha si se encuentra al menos un valor no aceptable.

Tabla 3.3. Valores mínimos de CHR en función de la tensión del tubo

kVp	CSR (mm Al)
51	1,2
60	1,3
70	1,5
71	2,1
80	2,3
90	2,5

1.7 RENDIMIENTO, REPETIBILIDAD Y LINEALIDAD DE LA EXPOSICIÓN

1.7.1 Alcance

- Objetivo: evaluar la constancia del kerma en aire para un tiempo dado, la linealidad y el valor del rendimiento;
- Indicador: kerma en aire;
- Referencia:
- Frecuencia: Anual, inicial o posterior a cambios.

Nota: Esta prueba puede ser usada en sustitución a la prueba de tiempo de exposición.

1.7.2 Interpretación de los resultados y conclusiones

- Repetibilidad:
 - Tolerancia: $\leq \pm 10\%$.
 - Si el coeficiente de variación fuera superior a $\pm 10\%$, registrar la no-conformidad en la ficha.
- Linealidad:
 - Limite de tolerancia: $\pm 20\%$.
 - Si la desviación de dos valores consecutivos fuera superior a $\pm 10\%$, registrar la no-conformidad en la ficha.
- Rendimiento
 - Tolerancia: De forma orientativa, entre 10 e 25 $\mu\text{Gym}^2/\text{mAs}$ para equipos con tensiones de tubo entre 50 y 70 kV.
 - Registrar en la ficha si se encuentra valor no aceptable.

1.8 HERMETICIDAD DE LA CAJA DE REVELADO

1.8.1 Alcance

- Objetivo: detectar posibles entradas de luz en la caja de revelado.
- Indicador: Imagen radiográfica.

- c) Referencia:
- d) Frecuencia: inicial, semestral y posterior a cambios.

1.8.2 Interpretación de los resultados y Conclusiones

Si existe entrada de luz en la caja de revelado se observará la imagen del objeto radiopaco.

1.9 DOSIS DE ENTRADA EN LA PIEL

1.9.1 Alcance

- a) Objetivo: estimar la dosis de entrada en la piel en los exámenes más frecuentes.
- b) Indicador: kerma en la superficie de la piel.
- c) Referencia:
- d) Frecuencia: anual.

1.9.2 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Los datos obtenidos se comparan con los niveles de referencia (orientativos) de radiodiagnóstico ofrecidos por las NBS o Arcal XX. (7,0 mGy para películas tipo D y 3,5 mGy para películas tipo E).
- b) Dentro del proceso de optimización, la propia Institución deberá establecer sus valores de referencia.
- c) Este estudio caracterizará la exposición individual y servirá de indicador integral del programa de garantía de calidad implementado.

1.10 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE IMAGEN

1.10.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar los parámetros de la calidad de la imagen radiográfica.
- b) Indicador: Niveles de densidad óptica e imagen de fantoma.
- c) Referencia:
- d) Frecuencia: semanal.

1.10.2 Interpretación de los resultados y conclusiones

Las imágenes de referencia obtenidas y los datos de densidad óptica deberán ser usados para comparación con imágenes obtenidas en condiciones de rutina.

CAPÍTULO 2. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD DE CUARTO OSCURO

2.1 EVALUACIÓN VISUAL DEL CUARTO OSCURO Y VERIFICACIÓN DE SU NIVEL DE RADIACIÓN

2.1.1 Alcance

Objetivo: Evaluar la ubicación y dimensiones del cuarto oscuro, la distribución de las zonas de trabajo, la ubicación de las luces de seguridad, del interruptor de luz blanca, revestimiento de las paredes y piso, existencia y funcionamiento del sistema de ventilación, limpieza y el nivel de radiación en el cuarto oscuro

Indicador: Color y opacidad de muros, distancias y equivalente de dosis ambiental

Frecuencia mínima: Inicial, diaria (sólo limpieza y circulación de aire), anual y después de cambios.

2.1.2 Interpretación de resultados y conclusiones

a) Dimensiones y distribución de áreas de trabajo

- Evaluar si las dimensiones del cuarto oscuro y de las zonas de tránsito y desplazamiento son adecuadas para un trabajo funcional (organizado, sin saturación del servicio, cómodo y seguro para los técnicos), de acuerdo con el flujo habitual de pacientes.
- Verificar si las zonas seca y húmeda están suficientemente separadas para evitar la contaminación de la zona seca con líquidos de procesamiento y garantizar la integridad de las películas y los chasis.
- Verificar si las dimensiones de la zona de carga y descarga de chasis son suficientes para una operación apropiada (sin provocar daños en la película y los chasis, cómoda para el técnico, y dimensión mínima superior al doble del tamaño del chasis más grande).
- Registrar las no conformidades en el cuadro de resumen de la ficha.

b) Verificación del recubrimiento de superficies, limpieza, circulación de aire y nivel de radiación del cuarto oscuro.

El revestimiento de las paredes debe ser resistente a las sustancias químicas de procesamiento en las zonas cercanas a la manipulación de éstas.

- El color de los muros debe ser claro mate (opaco).
- El piso debe ser antideslizante, impermeable y anticorrosivo.
- Las diferentes zonas deben estar limpias.
- No debe percibirse un fuerte olor a líquido de revelado (esto es signo de una deficiente extracción y/o inyección de aire).

- El nivel de radiación no debe superar 20 μGy /semana.
- c) Verificación de luces de seguridad y blanca.
 - Verificar si $D \geq 1,20 \text{ m}$.
 - Verificar que $P \leq 25 \text{ W}$.
 - Los filtros deben estar en buen estado (ausencia de ralladuras, deformaciones, fisuras, etc.).
 - Verificar que el filtro utilizado corresponde al recomendado por el fabricante de la película.
 - El interruptor de luz blanca debe estar ubicado en lugares donde no pueda ser accionado involuntariamente.
- d) Verificación del almacenamiento de películas en uso, chasis y reactivos.
 - Las cajas de películas deben estar ubicadas en posición vertical y organizadas en orden cronológico de acuerdo a su fecha de vencimiento.
 - Los chasis deben estar almacenados verticalmente.
 - Las condiciones ambientales deben cumplir las especificaciones del fabricante de las películas y de los reactivos, incluyendo el nivel de radiación.

2.2 PRUEBA DE VELO DE LAS PELÍCULAS POR LUCES DE SEGURIDAD Y LUZ BLANCA

2.2.1 Alcance

Objetivo: Verificar que las luces de seguridad y las posibles entradas de luz blanca al cuarto oscuro no velen la película. Determinar el tiempo de manipulación (T_m) segura.

Indicador: Densidad óptica (DO), imagen de la moneda.

Frecuencia mínima de la prueba: Inicial, anual y después de cambios.

2.2.2 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) Tolerancia : $T_m \geq 3 \text{ min}$.
- b) Evaluar si la diferencia de DO entre la franja correspondiente a 2 min de exposición a las luces de seguridad y la franja no expuesta es menor que 0.05. Si existe no-conformidad anotar en el cuadro de resumen de la ficha y verificar la influencia de la luz blanca analizando la diferencia de DO en la segunda película.

2.3 PROCESAMIENTO MANUAL

2.3.1 Alcance

- a) Objetivo: Evaluar la calidad con que se realiza el procesamiento manual de las películas radiográficas y determinar el tiempo de revelado óptimo para obtener una densidad óptica y un contraste apropiado.
- b) Indicadores: Temperatura, tiempo, pH y densidad óptica.
- c) Frecuencia: Diario (temperatura y pH); semanal (tiempo de revelado) y tras cambios.

2.3.2 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) pH
 - Tolerancia: $\pm 0,5$ respecto al valor señalado por el fabricante.
- b) Temperatura.
 - Tolerancia: $\pm 0,5$ respecto al valor señalado por el fabricante.
- c) Tiempo óptimo de revelado.
 - El tiempo óptimo de revelado será el que corresponda a la cinta sensitométrica que tiene mayor diferencia de DO entre el primero y segundo paso y en la que exista diferencia de DO entre los 2 últimos pasos.

2.4 PROCESAMIENTO AUTOMÁTICO

2.4.1 Alcance

Objetivo: Evaluar la calidad con que se realiza el procesamiento automático de las películas radiográficas y realizar el control sensitométrico del procesamiento.

Indicadores: Temperatura, pH, Densidad óptica, tiempo total de procesamiento, detección de manchas y marcas en el procesamiento.

Frecuencia: Inicial, Diario (temperatura, pH, sensitometría y detección de manchas y marcas); semanal (tiempo de revelado) y tras cambios.

2.4.2 Interpretación de los resultados y conclusiones

- a) pH
Tolerancia: $\pm 0,5$ respecto al valor señalado por el fabricante.
- b) Temperatura.
Tolerancia: $\pm 0,5$ respecto al valor señalado por el fabricante.
- c) Tiempo total de procesado.
Tolerancia: $\leq \pm 3\%$ respecto al valor señalado por el fabricante.
- d) Detección de manchas y marcas en el procesamiento.
Apreciación visual.
- e) Parámetros de control sensitométricos.
Los valores de D_m , DDO y $(v+b)$ deberán ser representados en el gráfico de control para la evaluación sistemática del procesamiento.
- f) Sensitometría diaria.
 - Las desviaciones diarias de D_m , DDO y $v+b$ deben ser inferiores a un 10% con respecto a los valores iniciales de los parámetros de control.
 - Reflejar los resultados en el gráfico de control.

CAPÍTULO 3. PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD DE SISTEMAS DE RECEPCIÓN Y VISUALIZACIÓN DE IMAGEN

3.1 SISTEMAS DE VISUALIZACIÓN (NEGATOSCOPIOS)

3.1.1 Alcance

Objetivo: Comprobar que los negatoscopios tengan condiciones adecuadas de iluminación, de tal manera que permitan realizar un diagnóstico confiable.

Indicadores: intensidad luminosa y uniformidad.

Frecuencia: inicial, anual y después de cambios.

3.1.2 Interpretación de los resultados y conclusiones

3.1.2.1 Brillo, homogeneidad e iluminación ambiental

a) Tolerancias: mayor que 1700 cd/m² para radiografía convencional.

b) Uniformidad en la iluminación.

Tolerancia: < 30% en diferentes zonas de un mismo negatoscopio.

< 15% para negatoscopios con un borde mayor que 50cm.

< 15% entre negatoscopios del mismo puesto de trabajo.

c) Condiciones de iluminación en las proximidades.

Tolerancia: menor o igual a 50 lux cuando se estén realizando las lecturas. Para otra actividad se debe cumplir lo establecido en el decreto N°594. 1999 [18]).

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LA TASA DE RECHAZO

4.1.1 Alcance

Objetivo: Crear un registro de las películas rechazadas y sus motivos para un posterior análisis e implementar las acciones para su corrección.

Indicadores: porcentaje de rechazo.

Frecuencia: mensual.

4.1.2 Interpretación de los resultados y conclusiones

Tasa de rechazo óptima menor igual a un 5%.

Referencias

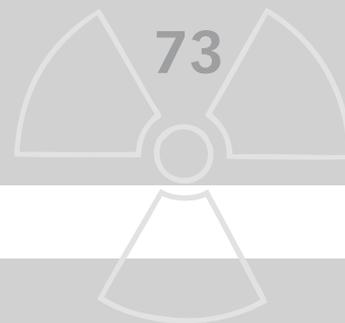
- 1.- International Commission on Radiological Protection (ICRP). Publication 73 "Radiological Protection and Safety in Medicine". ICRP Committee 3. March, 1997.
- 2.- International Commission on Radiological Protection (ICRP). "1990 Recommendations of International Commission on Radiological Protection". Publication 60. Annals ICRP 21 (1-3). Pergamon Press. 1991.
- 3.- IAEA-TECDOC-1447, "Optimization of the radiological protection of patients: Image quality and dose in mammography (coordinated research in Europe) Results of the Coordinated Research Project on Optimization of Protection in Mammography in some eastern European States, 2005.
- 4.- "Protocolo Español de Control de calidad en Radiodiagnóstico", Sociedad Española de Física Médica, Sociedad Española de Protección Radiológica. 1996 y 2002.
- 5.- Colección de Seguridad Nº115. "Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación", OIEA, Viena 1997.
- 6.- Protección Radiológica 109, Guía sobre los Niveles de Referencia para Diagnóstico (NRD) en las Exposiciones Médicas, Comisión Europea 1999.
- 7.- Lucia Canevaro, "otimizacao da proteccao radiological em fluoroscopia: niveis de referencia de DIAGNÓSTICO", Universidad de Estado de Rio de Janeiro, Centro Biomédico, Pos-graduacao em biologia, área de concentraçao Biociências Nucleares, Rio de Janeiro 2001.
- 8.- "Organización, desarrollo, garantía de calidad y radioprotección en los servicio de radiología: imaginología y radioterapia.", Cari Borrás, DSc, Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de la Salud, 1997.

- 9.- "Quality Assurance Diagnostic X ray Equipment, Acceptance tests", Comisión Electrónica Internacional, 1991.
- 10.- "Protocolo de control de calidad en radiodiagnóstico", Implementación de las normas básicas de seguridad internacionales en las practicas medicas. Acuerdo de cooperación regional para la promoción de la ciencia nuclear y la tecnología en América Latina y el Caribe (ARCAL), ARCAL XLIX, IAEA, 2001.
- 11.- European Commission, "European Guidelines On Quality Criteria For Diagnostic Radiographic Images", Eur 16260 En.
- 12.- "Criteria and Methods for Quality Assurance in Medical X-ray Diagnosis", BJR Supplement No 18, 1985.
- 13.- "Technical and Physical Parameters for Quality Assurance in Medical Diagnostic Radiology; Tolerances, Limiting Values and Appropriate Measuring Methods", BIR Report 18, 1989.
- 14.- "Optimization of Image Quality and Patient Exposure in Diagnostic Radiology", BIR Report 20, 1989.
- 15.- "Test Phantoms and Optimization in Diagnostic Radiology and Nuclear Medicine"; Radiation Protection Dosimetry, Vol. 49, Nos 1-3, 1993.
- 16.- "Quality Control and Radiation Protection of the Patient in Diagnostic Radiology and Nuclear Medicine"; Radiation Protection Dosimetry', Vol. 57, Nos 1-4, 1995.
- 17.- "Reglamento sobre autorizaciones para instalaciones radioactivas o equipos generadores de radiaciones ionizantes, personal que se desempeña en ellas, u opere tales equipos y otras actividades afines", Decreto Supremo N°133 de la Republica de Chile, 22 de mayo de 1984.
- 18.- "Condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo", Decreto Ley N°594 la Republica de Chile, 1999.
- 19.- "Gestión y control de calidad en el servicio de radiología del Hospital el Pino" Universidad Andrés Bello, Instituto de Salud Pública de Chile. Seminario profesional para optar al título de tecnólogo médico con mención en radiología y física médica, 2006.
- 20.- "Control de Calidad en Radiodiagnóstico Médico y Dental", proyecto ISP - OIEA CHI/6/017, 2004
- 21.- "The relevante of quality criteria for optimisation in convencional radiology", E,. Vaño, L. González y S. Oliete. Radiation Protectio Dosimetry, Vol 80, Nos 1-3, pp 39 – 44, 1998.

Bibliografía Consultada

- 1.- ICRP – 60. “Recomendaciones 1990. Comisión Internacional de Protección Radiológica”. Sociedad española de Protección Radiológica, 1991.
- 2.- “Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la protección contra la radiación ionizantes y para la seguridad de las fuentes de radiación”. Colección de Seguridad N° 115, OIEA, 1997.
- 3.- ICRP Publication 75. “General principal radiation protection of workers”. 1998.
- 4.- ICRP Publication 73. “Radiological protection and safety in Medicine”.
- 5.- Annals of the ICRP Vol. 22 “Risks associated with ionising radiation”, 1991.
- 6.- ICRP Publication 34. “Protection of the patient in diagnostic radiology”.
- 7.- UNSCEAR 2000. “Sources, effects and risk or ionizing radiation”. Report to the General Assembly, New York, 2001.
- 8.- Protección Radiológica. Resumen de los fundamentos para la protección del paciente en el diagnóstico radiológico de la Comisión Internacional de Protección Radiológica. Sociedad Argentina de Radioprotección, Argentina, 1991.
- 9.- Proyecto ARCAL “Implementación de las Normas Básicas de Seguridad (N° 115) en la práctica médica en América Latina. Documento final, 1998.
- 10.- Notas de curso de Protección Radiológica. IRD, Río de Janeiro, Brasil, 11-12/2000.
- 11.- Notas del curso de actualización Radiopatología, CNEN, Argentina, 9/2002.

- 12.- Notas del curso de Protección Radiológica. CPHR-SEAN-MINSAP, Cuba. 1989.
- 13.- Gimenez J. C. "Conferencias y curso de Radiobiología Humana". Argentina, Nov. 1990.
- 14.- Notas del curso de Radiopatología. SEAN-OPS-OIEA, Cuba, 1994.
- 15.- Curso de Protección Radiológica. Central Nuclear de Kosloduy, Bulgaria. 1994.
- 16.- Decreto Supremo del MINSAL N° 3 "Reglamento de Protección Radiológica de instalaciones radiactivas". 03/1/1985.
- 17.- Decreto Supremo N° 133 del MINSAL "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", 22/5/1984.



Anexos

LEGISLACIÓN VIGENTE EN CHILE EN MATERIA DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

DECRETOS LEY N° 03

MINISTERIO DE SALUD
DPTO ASESORÍA JURÍDICA

APRUEBA REGLAMENTO DE
PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, DE
INSTALACIONES RADIATIVAS

N° 03 /
SANTIAGO, 3 ENE 1985

VISTO: Lo dispuesto en el artículo 67 de la ley N° 18.302; en el artículo 86 del decreto con fuerza de ley N° 725 de 1968 del Ministerio de Salud, que aprueba el Código Sanitario; en el decreto N° 78 del 9 de febrero de 1983 del Ministerio de salud; y las facultades que me confiere el artículo 32 N° 8 de la Constitución Política del Estado

DECRETO:

APRUÉBASE el siguiente reglamento de protección radiológica de instalaciones radiactivas.

ARTÍCULO 1°.- El presente reglamento establece las medidas de protección personal radiológicas y los límites de dosis radiactivas que pueden recibir las personas ocupacionalmente expuestas, con el objeto de prevenir y evitar la sobreexposición a las radiaciones ionizantes y sus efectos en la salud.

Se exceptúan, por consiguiente, de la aplicación de este reglamento a las personas que reciban dosis provenientes de la radiación natural o como consecuencia de un diagnóstico o tratamiento médico.

ARTÍCULO 2º.- Para los fines de este reglamento se considerará persona ocupacionalmente expuesta, a aquella que se desempeñe en las instalaciones radiactivas u opere equipos generadores de radiaciones ionizantes, la que deberá, además contar con la autorización sanitaria a que se refiere el decreto supremo N° 133 del 22 de mayo de 1984 del Ministerio de Salud.

ARTÍCULO 3º.- Corresponderá a los Servicios de salud y al Servicio de Salud del Ambiente en la Región Metropolitana fiscalizar y controlar el cumplimiento de las disposiciones del presente reglamento y las del Código Sanitario en la misma materia, todo ello de acuerdo con las normas e instrucciones generales que imparta el Ministerio de Salud.

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.

ARTÍCULO 4º.- Toda persona ocupacionalmente expuesta deberá portar, durante su jornada de trabajo, un dosímetro personal destinado a detectar y registrar las radiaciones ionizantes que pudiere recibir, el que le será proporcionado por el empleador cada vez que sea necesario.

Asimismo, el empleador deberá otorgar todos los elementos de protección radiológica personal necesarios para disminuir los riesgos del trabajador expuesto

ARTÍCULO 5º.- Será obligación del empleador remitir, trimestralmente al Instituto de Salud Pública, el o los dosímetros personales de sus trabajadores expuestos, para que ese organismo registre las dosis recibidas por el personal durante el período señalado, en sus respectivos historiales dosimétricos.

ARTÍCULO 6º.- Si se detectare que un trabajador ha excedido el límite de dosis anual, el Instituto lo comunicará al Servicio de Salud correspondiente, con el objeto que éste exija al empleador que destine a su dependiente a otra función.

ARTÍCULO 7º.- La dosimetría personal entendida ésta como la técnica para medir las dosis absorbidas por una persona expuesta a radiaciones ionizantes en un período determinado, podrá ser efectuado por la Comisión Chilena de Energía Nuclear u otros organismos especialmente habilitados para tales efectos por el Ministerio de Salud.

ARTÍCULO 8º.- Los organismos interesados en desarrollar tales actividades en las instalaciones radiactivas, solicitarán su habilitación al Ministerio de Salud, para lo cual deberán:

- a) Acreditar que disponen de personal idóneo para desempeñar estas funciones;
- b) Especificar el tipo de dosimetría a efectuar;

c) Acreditar, mediante certificado, que su sistema dosimétrico está referido al laboratorio patrón nacional reconocido por el Ministerio de Salud;

d) Especificar los rangos de detección de su sistema dosimétrico;

e) Contar con un informe favorable del Instituto de Salud Pública, en el cual se deje constancia de que el organismo solicitante posee la infraestructura técnica suficiente. Dicho informe deberá detallar cada uno de los elementos disponibles y los métodos y procedimientos aprobados por el Instituto para efectuar la dosimetría.

ARTÍCULO 9º.- Los organismos habilitados por el Ministerio de Salud para estos efectos, deberán remitir, trimestralmente, al Instituto de Salud Pública la siguiente información:

a) Individualización del trabajador, lugar del trabajo y funciones específicas que desempeña en las instalaciones radiactivas;

b) Dosis absorbidas por el trabajador;

c) Nombre del empleador

ARTÍCULO 10º.- El Instituto de Salud Pública deberá controlar que los organismos habilitados para efectuar la dosimetría personal, la ejecuten conforme a los procedimientos individualizados en el informe a que se refiere el artículo 8º, letra e).

ARTÍCULO 11º.- Si el Instituto de salud Pública detectare que el servicio de dosimetría no se efectúa por dichos organismos de acuerdo a los métodos y procedimientos aprobados, procederá a comunicarlo al Ministerio de Salud, con el objeto de que este determine si corresponde cancelar la habilitación otorgada.

Sin perjuicio de lo anterior, esta situación será comunicada al Servicio de Salud competente, para que se apliquen las medidas que correspondan.

ARTÍCULO 12º.- Los límites de dosis (LD) para trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes serán las siguientes:

ÓRGANO EXPUESTO	LÍMITES DE DOSIS rem anual
Cuerpo entero, gónadas, médula ósea	5
Cristalino	30
Cualquier otro órgano en forma individual	50

ARTÍCULO 13°.- Se exceptúa de lo establecido en el artículo anterior a las mujeres en edad de procrear para las cuales la irradiación al abdomen se reducirá al mínimo posible, no sobrepasando 1,5 rem trimestrales por única vez en el año.

ARTÍCULO 14°.- Una vez comprobado el embarazo e informado el empleador por parte de la interesada, ésta no podrá recibir irradiación de origen ocupacional superior a 0,5 rem al feto durante todo el período de la gestación hasta el término del embarazo.

ARTÍCULO 15°.- Los menores de 18 años no podrán exponerse ocupacionalmente a radiaciones ionizantes.

ARTÍCULO 16°.- Para todo trabajador expuesto a contaminación interna con cualquier radionucleído se estará a lo establecido en las normas que para tales efectos imparta el Ministerio de Salud.

Para el caso particular del yodo radiactivo, el trabajador ocupacionalmente expuesto se someterá a un control trimestre de orina. Los costos, asociados a tales exámenes serán de cargo del empleador. Las dosis resultantes se adicionarán a las indicadas en el artículo 12.

ARTÍCULO 17°.- En aquellas situaciones en las cuales se requiera sobreexponer a un individuo a contaminación, tales como mantención de las instalaciones radiactivas, se deberá contar con una autorización expresa del director del servicio de salud, que fijará los límites de dosis que pueda recibir en el evento.

ARTÍCULO 18°.- Las dependencias de una instalación radiactiva deberán estar adecuadamente señalizadas, conforme a las normas técnicas que imparta el Ministerio de Salud.

Deberá señalizarse, además, las áreas de acceso prohibido al público, como también se deberá indicar el nombre de las personas calificadas para operar los equipos de la instalación.

ARTÍCULO 19°.- Las infracciones al presente reglamento serán sancionadas en la forma y de acuerdo a los procedimientos establecidos en el libro décimo del código sanitario.

ARTÍCULO 20°.- Deróganse los artículos 39 a 43, ambos inclusive, del decreto supremo N° 78, del 9 de febrero de 1983, del Ministerio de Salud, que aprueba el reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales mínimas en los lugares de trabajo.

Anótese, tómese razón, publíquese e insértese en la Recopilación Oficial de Reglamentos de la Contraloría General de la República.-

DECRETO SUPREMO Nº 133

DECRETO Nº 133
MINISTERIO DE SALUD

REGLAMENTO SOBRE AUTORIZACIONES PARA INSTALACIONES RADIATIVAS O EQUIPOS GENERADORES DE RADIACIONES IONIZANTES, PERSONAL QUE SE DESEMPEÑA EN ELLAS, U OPERE TALES EQUIPOS Y OTRAS ACTIVIDADES AFINES.

(Publicado en el diario oficial de 23 de agosto de 1984)
Santiago, 22 de mayo de 1984- hoy se decretó lo que sigue:

Nº 133 - Visto: lo dispuesto en los artículos 86 y 90 de decreto con fuerza de ley nº 725, de 1968, que aprobó el código sanitario; en el libro décimo del mismo cuerpo legal; en el artículo 67 de la ley nº 18.302; en la ley nº 16.319 y las facultades que me confiere el artículo 32 nº 8 de la constitución política del estado,

DECRETO:

Apruébase el siguiente 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 a fines.

TÍTULO I
Disposiciones generales

Artículo 1.º El presente reglamento establece las condiciones y requisitos que deben cumplir las instalaciones radiactivas o los equipos generadores de radiaciones ionizantes, el personal que desempeñe en ellas u opere estos equipos, la importación, distribución y venta de las sustancias radiactivas que se utilicen o mantengan en las instalaciones radiactivas o en los equipos generadores de radiaciones ionizantes y el abandono o desecho de sustancias radiactivas.

Artículo 2.º Las instalaciones radiactivas o equipos generadores de radiaciones ionizantes a que se refiere el artículo precedente, no podrán funcionar sin autorización previa del servicio de salud en cuyo territorio se encuentren ubicados. Tratándose de la región metropolitana, esta facultad le corresponderá al servicio de salud del ambiente de esa región.

Artículo 3.º Toda persona que se desempeñe en las instalaciones radiactivas u opere equipos generadores de radiaciones, deberá contar con autorización del servicio de salud correspondiente.

Artículo 4.º La adquisición, posesión, uso, manejo, manipulación, almacenamiento, importación, exportación, distribución, y venta de sustancias radiactivas no podrá efectuarse sin la autorización sanitaria pertinente.

Artículo 5.º Compete, igualmente, a los Servicios de Salud el control y fiscalización del correcto cumplimiento de las disposiciones establecidas en este reglamento y en las normas e instrucciones que conforme a él imparta el Ministerio de Salud.

TÍTULO II

De las definiciones

Artículo 6.º Para los efectos del presente reglamento se entenderá por:

A) instalaciones radiactivas.- El recinto o dependencia habilitado especialmente para producir, tratar, manipular, almacenar o utilizar sustancias radiactivas u operar equipos generadores de radiaciones ionizantes.

B) sustancia radiactiva.- Cualquier sustancia que tenga una actividad específica mayor de dos milésimas de microcurio por gramo o su equivalente en otras unidades.

C) radiaciones ionizantes.- Es la propagación de energía de naturaleza corpuscular o electromagnética, que en su interacción con la materia produce ionización.

D) desecho radiactivo.- Cualquier sustancia radiactiva o material contaminado por dicha sustancia que, habiendo sido utilizado con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales, industriales u otros, sean desechados.

E) historial dosimétrico.- Conjunto de documentos que acreditan las dosis recibidas por una persona expuesta a las radiaciones ionizantes durante todo su desempeño laboral.

F) dosimetría.- Técnica para medir las dosis absorbidas por una persona, expuesta a las radiaciones ionizantes, en un período de tiempo determinado.

TÍTULO III

De las instalaciones radiactivas

Artículo 7.- Las instalaciones radiactivas se clasificarán en tres categorías.

Quedan comprendidos en la primera categoría los aceleradores de partículas, plantas de irradiación, laboratorios de alta radiotoxicidad, radioterapia y roentgenterapia profunda, gammagrafía y radiografía industrial.

Pertenece a la segunda categoría los laboratorios de baja radiotoxicidad, rayos x para diagnóstico médico o dental, radioterapia y roentgenterapia superficial.

La tercera categoría incluye los equipos de fuente selladas de uso industrial, tales como: pesómetros, densitómetros, medidores de flujo y de nivel, detectores de humo, medidores de espesores, etc. Asimismo, quedan comprendidas en esta categoría las fuentes patrones, estimuladores cardíacos radioisotópicos, marcadores o simuladores de uso médico, equipos de rayos x para control de equipaje, correspondencia, etc, fluoroscopia industrial y difractómetros.

Artículo 8.- Las instalaciones de primera categoría requerirán autorización de construcción, operación y cierre temporal o de definitivo.

Las instalaciones de segunda categoría requerirán autorización de operación y de cierre temporal o definitivo, y las de tercera categoría sólo requerirán autorización de operación.

Artículo 9.- Para el otorgamiento de la autorización de construcción de las instalaciones de primera categoría, el interesado deberá presentar los siguientes antecedentes:

- A) plano de ubicación e informe de emplazamiento, cuando corresponda.
- B) anteproyecto de construcción
- C) plano y memoria de diseño de la instalación, que deberá incluir blindajes, manuales de los equipos, de los sistemas de seguridad y control y de los auxiliares, y
- D) plan de utilización, que contendrá una descripción de los elementos radiactivos y de los equipos generadores de radiaciones ionizantes, y la utilización estimada de los mismos.

Artículo 10.- Para el otorgamiento de la autorización de operación de las instalaciones de primera categoría, el interesado deberá presentar los siguientes documentos:

- A) manual de operación y mantenimiento de sistemas y equipos con descripción de los procedimientos.
- B) plan de emergencia, en caso de accidente.
- C) informe de funcionamiento y de seguridad radiológica favorable de la autoridad sanitaria. Este informe también podrá ser emitido por una persona natural o jurídica, especialmente autorizada para estos efectos, por los Servicios de Salud, conforme a las normas que al respecto dicte el Ministerio de Salud.

Artículo 11.- Para el otorgamiento de la autorización de operación de las instalaciones radiactivas de segunda categoría, se exigirá:

a) manual de operación y mantenimiento de sistemas y equipos.

b) informe de funcionamiento y de seguridad radiológica favorable de la autoridad sanitaria. Este informe también podrá ser emitido por una persona natural o jurídica, especialmente autorizada para estos efectos, por los Servicios de Salud, conforme a las normas que al respecto dicte el Ministerio de Salud.

Artículo 12.- Para el otorgamiento de la autorización de operación de las instalaciones de tercera categoría, el interesado deberá presentar el plano de la instalación y las especificaciones técnicas de los equipos.

Artículo 13.- Para el otorgamiento de las autorizaciones de cierre temporal o definitivo de las instalaciones radiactivas de primera y segunda categoría, el interesado deberá presentar a la autoridad sanitaria una solicitud debidamente fundada, en la que se indicará los procedimientos y sistemas de seguridad que se adoptarán para tales efectos.

Artículo 14.- El titular de una autorización para instalación radiactiva, será siempre responsable de la seguridad de su emplazamiento, puesta en servicio, funcionamiento y cierre temporal o definitivo, sin perjuicio de la responsabilidad que pudiera afectar al personal que se desempeña en dicha instalación, de acuerdo a las normas generales del derecho.

Artículo 15.- Para el otorgamiento de la autorización de operación de los equipos generadores de radiaciones ionizantes móviles, el interesado deberá presentar ante el Servicio de Salud correspondiente, los siguientes antecedentes:

a) manual de operación y mantenimiento del equipo con descripción de los procedimientos.

b) nómina de los operadores, debidamente autorizados, encargados del manejo de tales equipos. Dicha nómina deberá mantenerse actualizada, comunicándose a la autoridad sanitaria cualquier cambio que se produzca en ella.

TÍTULO IV

De las autorizaciones para las personas que se desempeñan en las instalaciones radiactivas

Artículo 16.- Toda persona que desarrolle actividades relacionadas directamente con el uso, manejo o manipulación de sustancias radiactivas u opere equipos generadores de radiaciones ionizantes deberá ser autorizado por el servicio de salud correspondiente. Esta autorización tendrá validez en todo el territorio nacional.

Artículo 17.- Para obtener esta autorización, el interesado deberá acreditar ante el servicio de salud respectivo, el cumplimiento de los siguientes requisitos:

a) licencia secundaria o su equivalente.

b) haber aprobado el curso de protección radiológica, dictado por la Comisión Chilena de Energía Nuclear, los Servicios de Salud, el Instituto de Salud Pública de Chile, u otros organismos autorizados por el Ministerio de Salud, o haber convalidado estudios realizados al efecto, ante el Servicio de Salud.

Artículo 18.- No obstante lo dispuesto en el artículo precedente, podrán optar a esta autorización aquellas personas que acrediten fehacientemente, haberse desempeñado en tales actividades por un período de a lo menos tres años. Para estos efectos, los Servicios de Salud, cuando lo estimen conveniente, podrán exigir que el solicitante rinda un examen acerca de materias de protección Radiológica.

Asimismo, se exigirá a los interesados la presentación de su historial dosimétrico, o en su defecto, el examen médico correspondiente.

Artículo 19.- Las autorizaciones a que se refiere el presente TÍTULO serán otorgadas por un plazo máximo de tres años. Para su renovación, deberá considerarse el historial dosimétrico del interesado, que llevará el Instituto de Salud Pública de Chile.

La dosimetría personal podrá efectuarse por otro organismo habilitado para tales efectos, por el Ministerio de Salud.

TÍTULO V

De las autorizaciones de importación, exportación venta, distribución y almacenamiento de sustancias radiactivas

Artículo 20.- Las sustancias radiactivas no podrán ser internadas al territorio nacional o enviadas fuera de él, sin la competente autorización sanitaria.

Asimismo la transferencia a cualquier título de dichas sustancias, deberá contar con autorización del Servicio de Salud respectivo.

Artículo 21.- Los lugares destinados al almacenamiento de sustancias o desechos radiactivos, deberán contar con autorización del Servicio de Salud competente.

TÍTULO VI

Del abandono o desecho de sustancias radiactivas

Artículo 22.- Todo abandono o desecho de sustancias radiactivas, requerirá de autorización del Servicio de Salud respectivo.

TÍTULO VII

De las sanciones

Artículo 23.- El incumplimiento de las disposiciones establecidas en este reglamento, será sancionado por los servicios de salud en la forma y conforme a los procedimientos previstos en el libro décimo del código sanitario.

TÍTULO FINAL

Artículo 24.- El presente reglamento entrará en vigencia a contar de su publicación en el diario oficial, fecha en la cual quedará derogada toda norma, disposición o instrucción contraria o incompatible con sus preceptos.

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Artículo 1.º Las instalaciones radiactivas o los equipos generadores de radiaciones ionizantes que se encuentren en funcionamiento a la fecha de vigencia de este decreto, sin autorización sanitaria, deberán obtener la correspondiente autorización de operación de acuerdo a las normas que se establecen en esta materia dentro del plazo de 180 días desde la fecha de su vigencia.

Artículo 2.º Las personas que actualmente se encuentren desempeñándose en instalaciones radiactivas u operen equipos generadores de radiaciones ionizantes sin la correspondiente autorización sanitaria, deberán obtenerla dentro del mismo plazo señalado en el artículo precedente.

Anótese, tómese razón, publíquese e insértese en la Recopilación de Reglamentos de la Contraloría General de la República.-



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE SALUD



INSTITUTO DE SALUD
PÚBLICA DE CHILE