

# **PROPUESTA DE NIVELES RESTRICCIÓN DE DOSIS PARA LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL EN LAS PRÁCTICAS MÉDICAS**

Autores: Ernesto Callís Fernández, Néstor Cornejo Díaz, Gladys López Bejerano,  
Eduardo Capote Ferrara, Efrén Díaz Bernal.  
**e-mail** : ernesto@cphr.edu.cu

Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones

## **Resumen**

Para el establecimiento de los niveles de restricción de dosis ocupacional en las prácticas médicas de medicina nuclear y teleterapia se realizó un estudio cuyos datos de partida fueron las dosis efectivas individuales anuales de los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos reportadas por dosimetría externa de 23 instituciones durante los años 1990-1999, a los cuales se les realizó un procesamiento estadístico para la obtención de los rangos de variación de esta magnitud, siendo considerados los valores correspondientes al 75-percentil. Paralelamente se hizo una modelación de los escenarios de exposición para la estimación por cálculo de las dosis efectivas anuales analizadas con anterioridad, complementándose con mediciones de tasas de dosis realizadas en las instituciones. Finalmente se incorporó un análisis del riesgo debido a las exposiciones potenciales. Se presentan en este trabajo los niveles de restricción de dosis propuestos para las prácticas, que se obtuvieron por la multiplicación de los factores de reserva determinados en este estudio, por la dosis total que incluye la suma de las exposiciones normales y las potenciales. Los niveles determinados se encuentran en el rango de los obtenidos por otros países en estudios similares y con ellos se puede propiciar la optimización de las dosis ocupacionales.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) ha recomendado el establecimiento de las restricciones de dosis para la exposición ocupacional [1], como base para la aplicación del principio de optimización de la protección radiológica [2]. Su selección se hace necesaria e indispensable para garantizar que las dosis recibidas por los trabajadores no excederán los valores que exigen las buenas prácticas, para las cuales estos constituyen un requerimiento mínimo.

En el presente trabajo se presentan los resultados de un estudio realizado para establecer niveles de restricción de dosis ocupacional en las prácticas de medicina nuclear y teleterapia en el ámbito nacional. Los datos de partida fueron las dosis individuales anuales de trabajadores ocupacionalmente expuestos reportadas por dosimetría externa de 23 instituciones durante los años 1990-1999, con una estadística de casi 2500 valores de dosis, a los cuales se les realizó un procesamiento estadístico para la obtención de los rangos de variación de esta magnitud, siendo considerados los valores correspondientes entre el 25 y 75-percentil.

La metodología empleada consistió en una comparación de los niveles de dosis, obtenidos por práctica, de dos fuentes de información diferentes: una, el valor del 75-percentil correspondiente a la distribución de las dosis por dosimetría externa; y otra, el valor de dosis como resultado de la modelación por cálculo de los escenarios de irradiación que se complementó con mediciones de tasas de dosis realizadas en las instituciones. Con la determinación de los factores de reserva por práctica se tuvo en cuenta las incertidumbres de las exposiciones futuras.

## II. CARACTERIZACIÓN RADIOLÓGICA DE LAS PRÁCTICAS

La caracterización estuvo conformada por la determinación de los rangos de variación de las dosis individuales anuales y la estimación de los valores de riesgo para cada una de las prácticas identificadas. La evaluación de los rangos de variación de las dosis individuales se realizó mediante el procesamiento de los datos de la dosimetría individual en un período de diez años y la modelación de los escenarios de exposición. Todo esto con la finalidad de intercomparar los resultados obtenidos para la determinación de un valor de dosis optimizado que reflejara lo mejor posible las condiciones de trabajo en las instituciones, y llegar a una conclusión en cuanto a las dosis en condiciones normales. En la Tabla I se muestran los datos de partida utilizados en el análisis.

Tabla I. Características generales de las prácticas

<b>Práctica</b>	<b>Fuente</b>	<b>Actividad</b>	<b>Perso- nas</b>
Medicina Nuclear	Generadores Mo-Tc99m, $Tl^{201}$ , $P^{32}$ , $I^{131}$	Unidades de $\mu Ci$ hasta decenas de mCi	1957
Teleterapia	Cabezales de Co-60 y fuentes patrones	Hasta miles de Ci	489

En el caso de la determinación de los rangos de dosis individuales basados en los datos del servicio de dosimetría externa estos fueron agrupados por práctica.

Para la modelación de los escenarios de exposición, además de emplearse las tasas de dosis de los resultados del monitoreo de áreas in-situ, se realizaron encuestas en las instituciones para determinar: las posiciones del personal durante las operaciones, frecuencia de permanencia en estas y los tiempos de exposición. En la práctica de medicina nuclear se tuvieron en cuenta las siguientes operaciones: recepción, preparación y administración de radiofármacos y medición de pacientes. En teleterapia, las operaciones evaluadas fueron: posicionamiento e irradiación del paciente. Las operaciones contempladas y las dosis asociadas, tanto por dosimetría externa como por cálculo se muestran en la Tabla II. Los valores extremos de los rangos de dosis por dosimetría externa están determinados por el primer y tercer cuartiles. En el caso de los de modelación de escenarios, por los valores mínimos y máximos obtenidos por cálculo en las instituciones de medicina nuclear.

Tabla II. Desglose de las dosis ocupacionales recibidas en las diferentes etapas por práctica

<b>Medicina Nuclear</b>		
<b>Operación realizada</b>	<b>Modelación de escenarios</b>	<b>Dosimetría externa</b>
	<b>Dosis efectiva anual [mSv]</b>	
Recepción del material radiactivo	0.04 - 0.10	<b>0.71 – 2.50</b>
Elución de generadores	0.01 - 0.10	
Preparación de los radiofármacos	0.20 - 0.60	
Preparación de las dosis de radiofármacos	0.50 - 0.90	
Administración de las dosis	0.20 - 0.90	
Medición de pacientes	1.00 - 1.80	
<b>Dosis total</b>	<b>1.95 - 4.40</b>	
<b>Teleterapia</b>		
Posicionamiento del paciente	0.20 - 0.50	<b>0.71-2.52</b>
Irradiación del paciente	1.00 - 1.50	
<b>Dosis total</b>	<b>1.20 - 2.00</b>	

### III. EVALUACIÓN DEL RIESGO

Los riesgos de exposiciones potenciales se evaluaron a partir de los datos de dosis estimados para los posibles sucesos postulados en cada una de las prácticas a caracterizar. Los sucesos tenidos en cuenta fueron aquellos que condujeran a un incidente o incidente importante según la escala establecida en el país [3]. La probabilidad de los sucesos relacionados con instalaciones de irradiación se estimó sobre la base fundamentalmente de la experiencia y los datos estadísticos reportados internacionalmente [4], a partir de los árboles de fallas diseñados para ellas. Los sucesos vinculados con fuentes no selladas se limitan a derrames y daños a su contención. En la Tabla III se muestran los sucesos evaluados, las probabilidades de ocurrencia estimadas [4, 5], así como los valores de dosis involucrados. El riesgo de contraer cáncer mortal se calculó como el producto de la probabilidad (P) y la dosis efectiva (E) por el coeficiente de riesgo para trabajadores de  $4.0 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$  que establece la CIPR [1].

Tabla III. Datos considerados para la estimación del riesgo

<b>Suceso</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Dosis (mSv)</b>
<b>Medicina Nuclear</b>		
Derrame insignificante	$7.7 \cdot 10^{-2}$	~ 0.1
Derrame mayor	$3.8 \cdot 10^{-3}$	~ 1
<b>Radioterapia</b>		
Atascamiento de la fuente durante la irradiación	$10^{-3}$	< 10
Entrada inadvertida de TOE a la sala	$10^{-4}$	< 10

#### Determinación del factor de reserva

El factor de reserva es el margen dejado para posibles exposiciones adicionales futuras. Expresa el cociente de la suma de las dosis presentes y futuras entre las presentes. Por otro lado, para las prácticas identificadas, éste varía en dependencia de los escenarios de exposición, condiciones y proyecciones de trabajo futuro de cada una de ellas. En la práctica de medicina nuclear se estimó que las exposiciones futuras aportan el 50% de las presentes por la gran incidencia del factor humano y el aumento de las actividades empleadas, pues se espera mayor aplicabilidad de la terapia metabólica y la inmunogammagrafía. En teleterapia, las exposiciones futuras aportan sólo un 20% porque las condiciones de irradiación prácticamente no varían y en nuestro país estos equipos están explotados al máximo de sus capacidades.

### Selección de las restricciones de dosis

De los rangos de dosis se consideró el 75-percentil: 2.50, para medicina nuclear; 2.52, para radioterapia. A estos se les sumó la multiplicación de la dosis potencial por su probabilidad de ocurrencia. Finalmente, el valor de la restricción de dosis se obtiene por la multiplicación del factor de reserva por la dosis total.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado se obtuvo una metodología para la obtención de los niveles de restricción ocupacionales muy flexible, siendo su aplicación extensiva a otros tipos de prácticas. El algoritmo se muestra en la Figura 1.

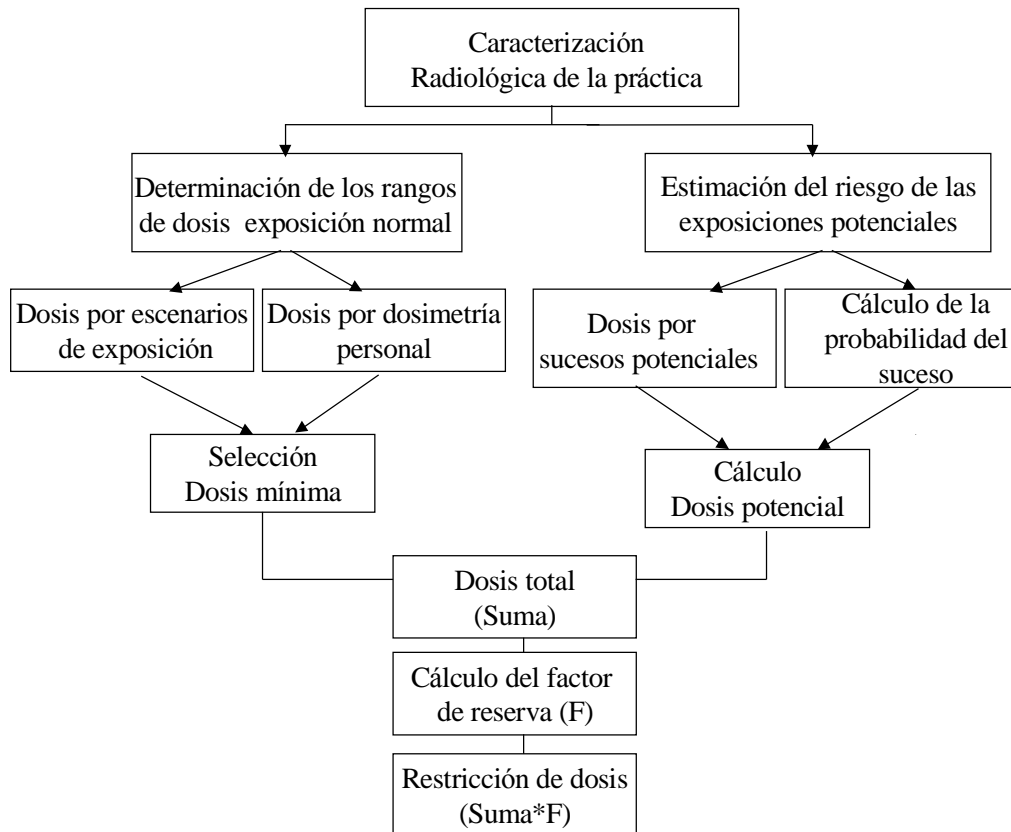


Figura 1. Algoritmo empleado en la selección de los niveles de restricción de dosis ocupacional.

Los rangos de dosis determinados por la dosimetría individual están en el rango de los estimados por modelación, ello evidencia que de forma general, en estas prácticas se cumplen los requisitos establecidos para las buenas prácticas.

En la Tabla IV se muestran la dosis 75-percentil, dosis potencial, factores de reserva y niveles de restricción de dosis para las prácticas de medicina nuclear y teleterapia. La estimación del riesgo, aún bajo presupuestos y cálculos conservadores, arrojó los resultados esperados: los valores de dosis obtenidos por multiplicación de las dosis potenciales por sus probabilidades de ocurrencia son irrelevantes comparadas con las dosis por exposición normal.

La dosis 75-percentil de la distribución de las dosis anuales reportadas por dosimetría externa se tomó como punto de partida en la determinación de los niveles de restricción de dosis por

Tabla IV. Rangos de dosis y valores de riesgo obtenidos

<b>Práctica</b>	<b>Dosis 75-percentil (mSv)</b>	<b>Dosis potencial (mSv)</b>	<b>Factor de reserva F</b>	<b>Restricción de dosis (mSv)</b>
Medicina nuclear	2.50	~ 1	1.5	4
Teleterapia	2.52	~ 10	1.2	3

Los niveles de restricción de dosis propuestos en este trabajo están en el orden de los aplicados internacionalmente, no obstante como práctica estos deben ser sujetos una revisión periódica o cuando se produzca cambios significativos en las condiciones de exposición ocupacional.

De adoptarse los niveles de restricción de dosis propuestos, sería necesario implementar medidas correctivas, que conlleven a la optimización de las exposiciones ocupacionales, ya que un 11.5 % y un 15.4 % de los trabajadores de las prácticas de medicina nuclear y teleterapia respectivamente reciben dosis por encima de estos niveles.

## REFERENCIAS

1. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, Recommendations of the ICRP, ICRP Publication No. 60, Pergamon Press, Oxford and New York (1991).
2. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, International Basic Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, jointly sponsored by the FAO, the IAEA, the ILO, the NEA/OECD, the PAGO and the WHO, IAEA, Safety Series No. 115-1, Vienna, (1994).
3. CENTRO DE PROTECCION E HIGIENE DE LAS RADIACIONES, Escala de Sucesos Radiológicos, Informe interno, CPHR, 1992.
4. Radiation Protection, ICRP Publication 76 Protection from Potential Exposures: Application to Selected Radiation Sources, 1996.

5. Memorandum, Categorisation and Designation of Working Areas in which Unsealed Radioactive Materials are Used, A. P. Hudson and J. Shaw, National Radiological Protection Board, NRPB-M443.