

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE 10 AÑOS DE EVALUACIÓN DOSIMÉTRICA DEL SERVICIO DE DOSIMETRÍA PERSONAL DE PARAGUAY

Duré, E.S.¹

¹Comisión Nacional de Energía Atómica - Universidad Nacional de Asunción

RESUMEN

El Laboratorio de Dosimetría Personal Termoluminiscente (LDT) de la CNEA – UNA, brinda el servicio de monitoreo individual a los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOEs) a las radiaciones ionizantes en el Paraguay, realiza el control de las dosis en cuerpo entero para radiación fotónica, evaluando la dosis equivalente personal para cuerpo entero Hp(10). En el presente trabajo se analizaron los registros de los valores dosimétricos personales y se exponen los resultados del servicio correspondiente al periodo comprendido entre los años 2004 y 2013 se analizaron los niveles de exposición ocupacional, mediante varios indicadores tales como: dosis promedio anual por prácticas, dosis máxima anual por prácticas, cantidad de trabajadores que reciben dosis anuales mayores que cero, y otros. Se evidencia que en el país se garantiza la dosimetría personal en un 100% de los trabajadores expuestos asociados a aplicaciones industriales e investigación, en cuanto al área médica la cobertura es del 100 % solo para medicina nuclear y radioterapia; no así para radiodiagnóstico, cuya cobertura se estima estaría en un 50 %. La dosis promedio anual para todas las prácticas se encuentra alrededor de 1 mSv. Solo para las prácticas del área médica de radiodiagnóstico y medicina nuclear se han presentado valores ligeramente superior, correspondiendo al máximo valor de dosis promedio de 1.46 mSv para radiodiagnóstico en el año 2005 y de 1.22 mSv para medicina nuclear en el año 2012. Los resultados de la exposición ocupacional están dentro de los requerimientos establecidos en la regulación. Este análisis, permite orientar acciones tanto a nivel interno institucional en sus respectivos programas de protección radiológica, como así también a la Autoridad Reguladora Radiológica Nacional. Se reconoce la necesidad de orientar esfuerzos de manera más eficiente en cuanto a las tareas de educación y difusión del programa de protección radiológica para reforzar las medidas de prevención.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo presenta información elaborada por el Laboratorio de Dosimetría Personal Termoluminiscente (LDT), en relación al control dosimétrico ocupacional realizado sobre los trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes en Paraguay a lo largo del periodo comprendido entre los años 2004 y 2013. El país cuenta con un único laboratorio que presta el servicio de control individual a los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOEs) a las radiaciones ionizante, es dependiente de la Universidad Nacional de Asunción (UNA) a través de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), la cobertura es nacional abarcando la capital y el interior del país. Tiene por objetivo realizar un seguimiento de la

distribución de dosis anual en los distintos tipos de instalaciones que implican exposición a las radiaciones ionizantes.

En la información presentada se han utilizado los datos obtenidos de las evaluaciones de las dosis individuales asociadas al tipo de instalación y al tipo de labor en el que los trabajadores expuestos han desarrollado su actividad laboral. Dichas dosis son reportadas con carácter mensual por el Servicio de Dosimetría Personal.

En la valoración de las dosis individuales, no se incluyen todas las lecturas dosimétricas, aquellas superiores al límite de dosis (50 mSv/año) ni son consideradas las inferiores al nivel de registro (0,1 mSv/mes).

Las instalaciones radiactivas que han sido consideradas incluyen una clasificación más bien generalizada de instalaciones radiactivas médicas, industriales y otras instalaciones se han considerado como centros de investigación y/o docencia, y el personal perteneciente a las tareas de inspección de la autoridad reguladora. Se presentan datos relacionados con el número y distribución de trabajadores controlados por prácticas y su distribución demográfica en el país. Se analizaron los niveles de exposición ocupacional, mediante varios indicadores tales como: dosis promedio anual por prácticas, dosis máxima anual por prácticas, cantidad de trabajadores que reciben dosis anuales mayores que cero, y otros.

En cuanto a la dosis máxima por práctica, se muestra que en la práctica de radiodiagnóstico es la que presenta las mayores dosis individuales, en éste análisis están incluidos estudios dinámicos como sería la práctica de hemodinamia. Se observa una dificultad en cuanto al reporte de valores de dosis significativas en forma aislada para periodos de un mes de evaluación de algunos TOEs en particular, este hecho se presenta para diferentes instituciones y TOEs y expone una cierta duda en cuanto a si las dosis corresponden o no al trabajador, estos valores contribuye al incremento de los valores de dosis máxima evaluados, que de ser reales, reflejarían condiciones inadecuadas tanto de protección radiológica como entrenamiento.

La cobertura del servicio de monitoreo individual no abarca el 100 % en el país. Solo se garantiza la dosimetría personal en un 100% de los trabajadores expuestos asociados a aplicaciones industriales e investigación, en cuanto al área médica la cobertura es del 100 % solo para medicina nuclear y radioterapia no así para radiodiagnóstico, cuya cobertura se estima estaría en un 50 %.

2. CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO DE DOSIMETRÍA EXTERNA

2.1. Marco regulatorio

En fecha 08 de mayo del año 2014, fue promulgada y publicada la LEY N° 5169 [1], de creación de la Autoridad Reguladora Radiológica y Nuclear. Actualmente ésta institución se encuentra en etapa de formación. Ante esta situación la CNEA sigue dando cobertura en cuanto a servicios de seguridad y protección radiológica que hacen parte de su competencia. Si bien el Reglamento Nacional de Seguridad para la Protección contra las Radiaciones Ionizantes y para la Seguridad de las fuentes de radiación [2] data del año 2000, es la reglamentación vigente y en la misma se contempla como requisito de habilitación de

instalaciones radiactivas el control dosimétrico ocupacional según su clasificación para los de primera y segunda categoría. En este reglamento se establecen los límites de dosis tanto para el público como para el trabajador ocupacionalmente expuesto, el cual es de una dosis efectiva de 20 mSv/año, promediado en un periodo de 5 años consecutivos; y una dosis efectiva de 50 mSv en un solo año. No se cuenta con documentación publicada referente a los valores de restricción de dosis por práctica en el país.

Los términos de dosis establecidos son los siguientes:

- Dosis significativas son las superiores al nivel de registro (0,1 mSv/mes).
- 1 mSv es el límite anual de dosis para miembros del público establecido en la regulación [2]
- 20 mSv es el límite de dosis anual promedio en cinco años establecido en la regulación [2]

2.2. Descripción de equipamiento

El único laboratorio que presta el servicio de monitoreo individual realiza el control de las dosis en cuerpo entero para radiación fotónica, evaluando la dosis equivalente personal para cuerpo entero Hp(10), basado en el sistema de dosimetría termoluminiscente. Cuenta con dos sistemas de lectores manuales de Termoluminiscencia HARSHAW 4500 y THERMO 4500; En la Figura 1. se presenta imagen de uno de los lectores manuales, cada lector cuenta con el software WinREMS y una base de datos donde se registran todas las mediciones. Cuenta con Tarjetas dosimétricas TLD con 2 elementos HARSHAW tipo BG0110 conteniendo cristales de estado sólido LiF (Fluoruro de Litio), cuya respuesta es similar a la del tejido humano. Los cristales contenidos en las tarjetas se encuentran en porta dosímetros de TLD HARSHAW tipo 8814 con un código individual para su identificación apropiada. Los dosímetros de cuerpo entero permiten la medición de la magnitud operacional dosis equivalente personal Hp(10).



Figura 1. Imagen del lector manual HARSHAW 4500

El sistema de medición se calibra anualmente, se efectúan chequeos diarios y pruebas de funcionamiento del sistema de medición de dosímetros personales de frecuencia semestral; las irradiaciones para las calibraciones se efectúan en el Laboratorio de Calibración Dosimétrica interno (LCD), utilizando para ello un irradiador panorámico de ^{137}Cs , modelo OB36, cuyo haz de radiación se encuentra caracterizado dosimétricamente en términos de magnitudes operacionales [3]. Esta caracterización fue realizada en el marco del regional con el OIEA, RLA9066 “Fortalecimiento y mejoramiento de las capacidades técnicas para la

protección de la salud y la seguridad de los trabajadores ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes”.

El laboratorio de irradiación interno es trazable al Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica (LSCD) del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR) de Cuba. En la Figura 2. se presenta la imagen del irradiador panorámico de ^{137}Cs , modelo OB36. El LDT participo en la Intercomparación organizada por la autoridad regulatoria de Argentina (ARN) en el año 2013 con resultados satisfactorios.



Figura 2. Imagen del irradiador panorámico de ^{137}Cs , modelo OB36

2.3. Descripción de servicio

El LDT cuenta con procedimientos técnicos y administrativos estandarizados. Los dosímetros son sistemáticamente canjeados todos los meses y los resultados de las lecturas y evaluaciones son informados a los responsables de cada institución; ofrece tres modalidades de canje, 1) en el LDT, 2) en la institución usuaria, y 3) por correo, abarcando gran parte del territorio nacional, en la Figura 3. se presenta la Distribución de TOEs según modalidad de canje.

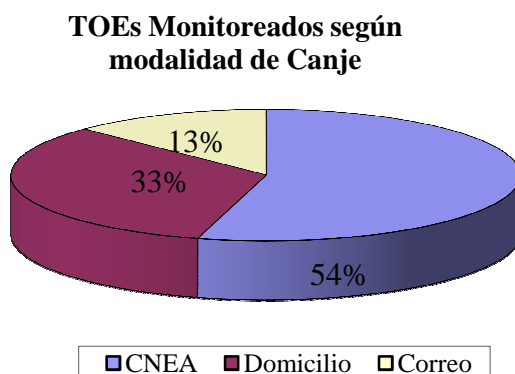


Figura 3. Distribución de TOEs según modalidad de canje



Figura 4. Cobertura del servicio de dosimetría a nivel país

En la Figura 4. Se observa la cobertura del servicio de dosimetría a nivel país. Al término del ejercicio anual, el LDT emite un Informe anual de dosis.

El servicio tiene establecido como nivel de registro un valor de dosis de 0.1 mSv, coincidente con el límite de detección del sistema dosimétrico. Es aplicada una asignación administrativa de dosis, cuando el valor a ser reportado obtenido es inferior al límite de registro siendo reportado como cero, además se asigna cero cuando el dosímetro no es devuelto o presenta algún daño físico que imposibilita su medición.

Se utiliza una identificación para cada TOE monitoreado por año, para analizar el universo de TOE del país para las diferentes prácticas, se define por TOE monitoreado, todo aquel que tiene asignado dosímetro para al menos un periodo de control. Para evaluar los niveles de exposición ocupacional se emplearon los indicadores: Número TOE expuestos, definido como el número de TOE cuya dosis anual fue superior al nivel de registro (0.1 mSv) e inferior a 50 mSv, Dosis Máxima y Dosis Anual Promedio por práctica.

Las instalaciones radiactivas han sido consideradas en una clasificación general de: a) instalaciones radiactivas médicas, b) instalaciones radiactivas industriales, c) instalaciones radiactivas de investigación y d) otras instalaciones radiactivas. Las prácticas han sido agrupadas para simplificar los datos a procesar, de la manera siguiente:

- a) Instalaciones radiactivas médicas
Radioterapia (teleterapia y braquiterapia),
Radiodiagnóstico (exámenes convencionales, intervencionismo, odontología y densitometría ósea),
Medicina Nuclear.
- b) Instalaciones radiactivas industriales
Industria (irradiador, perfilaje de pozos, medidores nucleares)
- c) Instalaciones radiactivas de investigación
Investigación y/o docencia (irradiadores, técnicas analíticas, fuentes selladas).
- d) Otras instalaciones radiactivas
Otras (control aduanero, servicios técnicos, personal expuesto perteneciente al organismo regulador, gestión de desechos, transporte y desconocida).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el período evaluado el servicio de dosimetría externa de cuerpo entero del LDT ha incrementado el número de TOEs monitoreados. La cantidad de trabajadores expuestos experimentó una variación significativa desde el año 2004 al 2006 y de manera más suave posteriormente de un año a otro.

En la Figura 5. se muestra la evolución de la cantidad total de TOEs monitoreados en el periodo comprendido entre los años 2004 y 2013.

En la Figura 6. se muestra la evolución de la cantidad total de TOEs monitoreados en el periodo comprendido entre los años 2004 y 2013, por instalaciones radiactivas.

**Evolución del N° de TOE monitoreado
(periodo 2004 - 2013)**

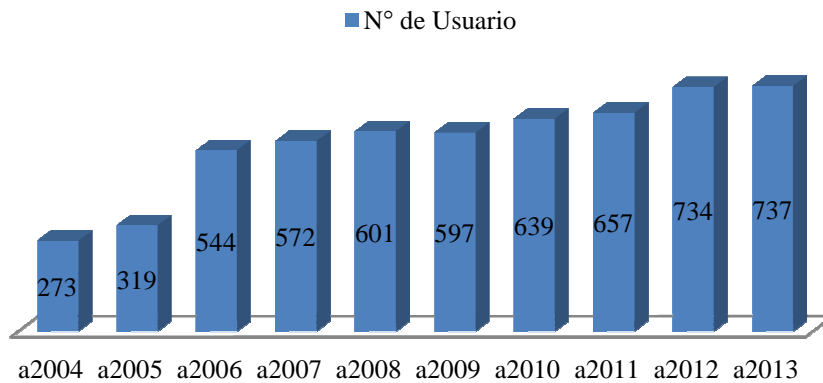


Figura 5. Evolución del número de TOEs monitoreados por año en el periodo comprendido entre los años 2004 y 2013

Cantidad de TOEs por Instalación por año

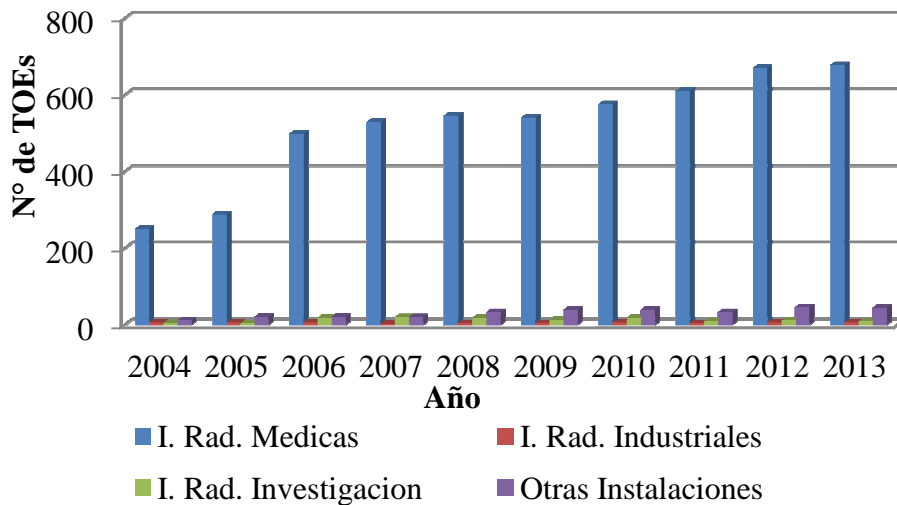


Figura 6. Evolución del número de TOEs monitoreados por instalaciones radiactivas por año en el periodo comprendido entre los años 2004 y 2013

Las aplicaciones radiactivas médicas son las de mayor relevancia, ya que en ellas se concentra el 92% de los TOEs monitoreados del país, en la Figura 7. se presenta el porcentaje de la distribución del número de TOEs monitoreados por instalaciones radiactivas.

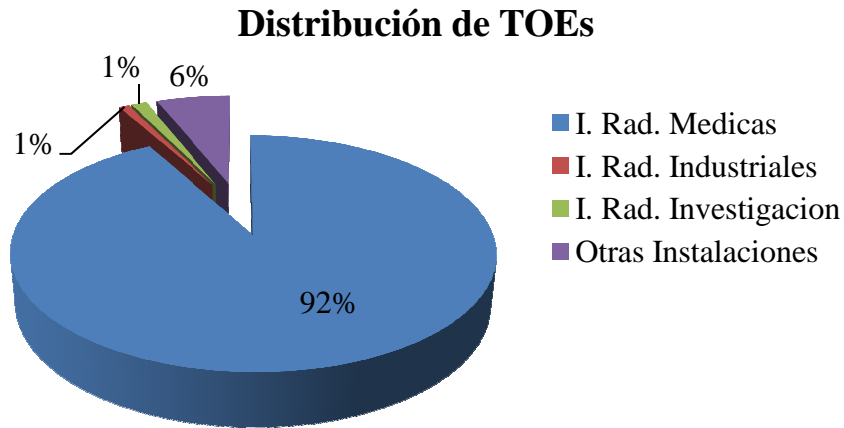


Figura 7. Porcentaje de la distribución del número de TOEs monitoreados por instalaciones radiactivas

Se destacan las aplicaciones de radiología de diagnóstico médico que contribuye con el 88% del total de las aplicaciones medicas, seguidas por el diagnóstico odontológico. Esta situación está a concorde con el grado de difusión y aplicación de las técnicas nucleares en el país, en la Figura 8. se presenta el porcentaje de contribución de las diferentes aplicaciones en la distribución del número de TOEs monitoreados en instalaciones radiactivas medicas.

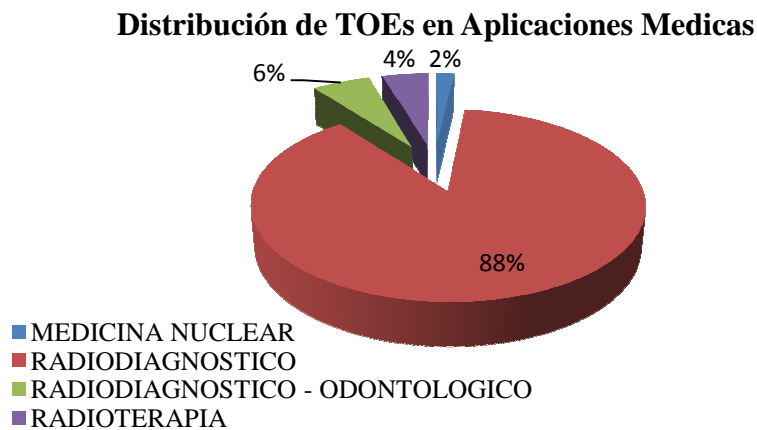


Figura 8. Porcentaje de contribución en la distribución del número de TOEs monitoreados por instalaciones radiactivas medicas

En el país se garantiza la el monitoreo personal al 100% de los trabajadores expuestos asociados a instalaciones con aplicaciones industriales, de investigación, y otras instalaciones radiactivas, en cuanto al área médica la cobertura es del 100 % para medicina nuclear y radioterapia; no así para radiodiagnóstico, cuya cobertura se estima estaría en un 50 %.

El mayor predominio en la carencia del monitoreo de los TOEs, se encuentra en el sector público, existen policlínicos y centros de salud distribuidos en todo el territorio del país que

disponen de servicios de radiología con fines de diagnósticos, y no cuentan con el monitoreo de sus TOEs

En la Figura 9. se presenta la dosis promedio por práctica correspondiente al período comprendido entre los años 2004 y 2013

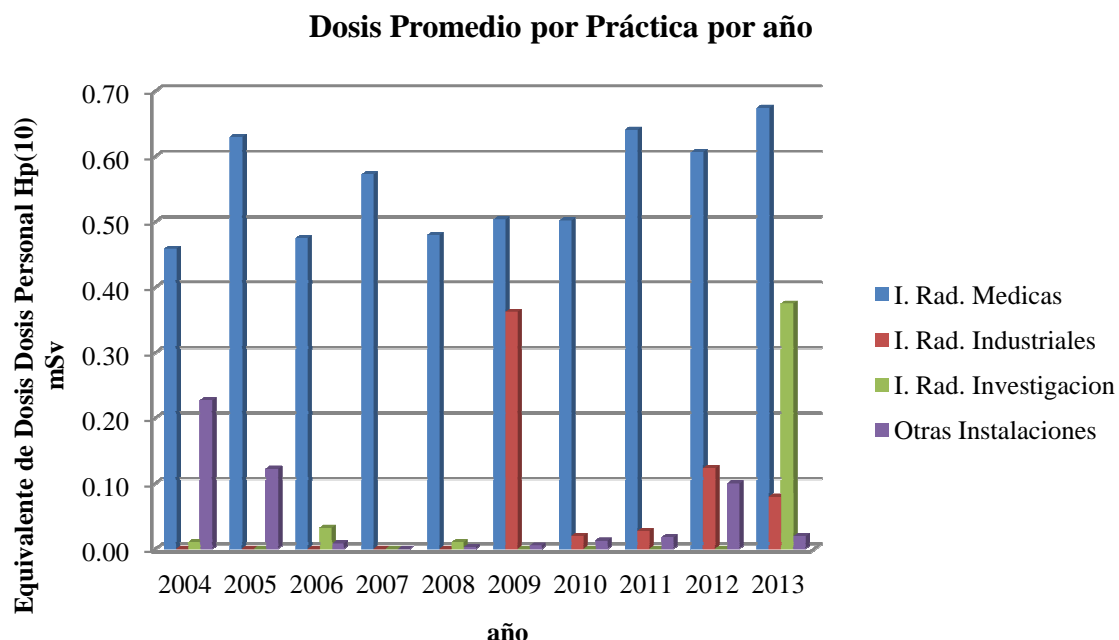


Figura 9. Dosis promedio por práctica correspondiente al período comprendido entre los años 2004 y 2013

En la Figura 10. se presenta la dosis promedio de la práctica médica que corresponden al período comprendido entre los años 2004 y 2013

En las Figuras 11 y 12. se presentan las dosis máximas por práctica y la dosis máxima para la práctica médica, respectivamente correspondiente al período comprendido entre los años 2004 y 2013

El ámbito de las instalaciones radiactivas, las instalaciones médicas son las que cuentan con el número de trabajadores expuestos es más elevado, de igual manera es la practica con mayor número de instalaciones operando.

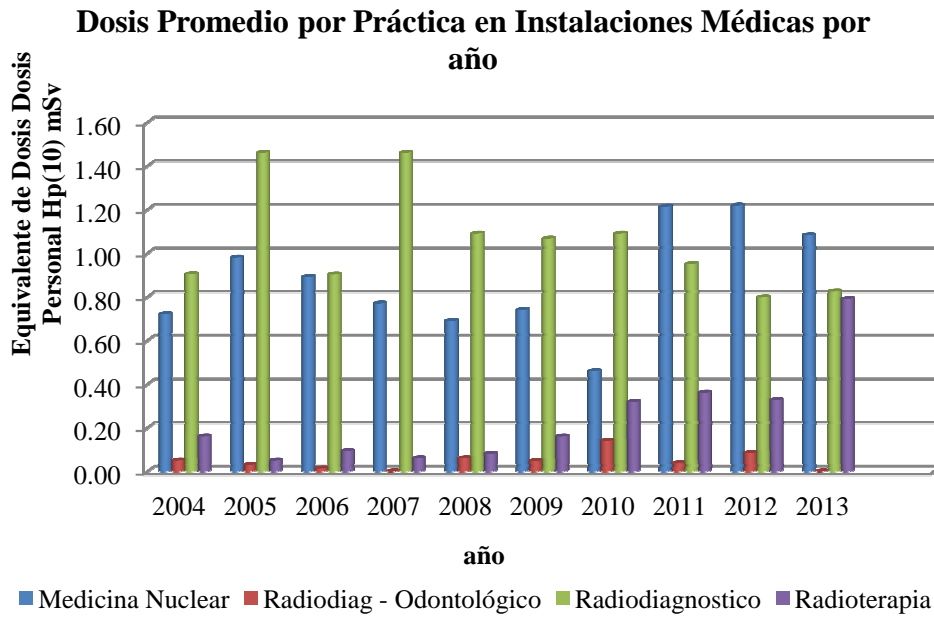


Figura 10. Dosis promedio de la práctica en instalaciones médicas correspondiente al período comprendido entre los años 2004 y 2013

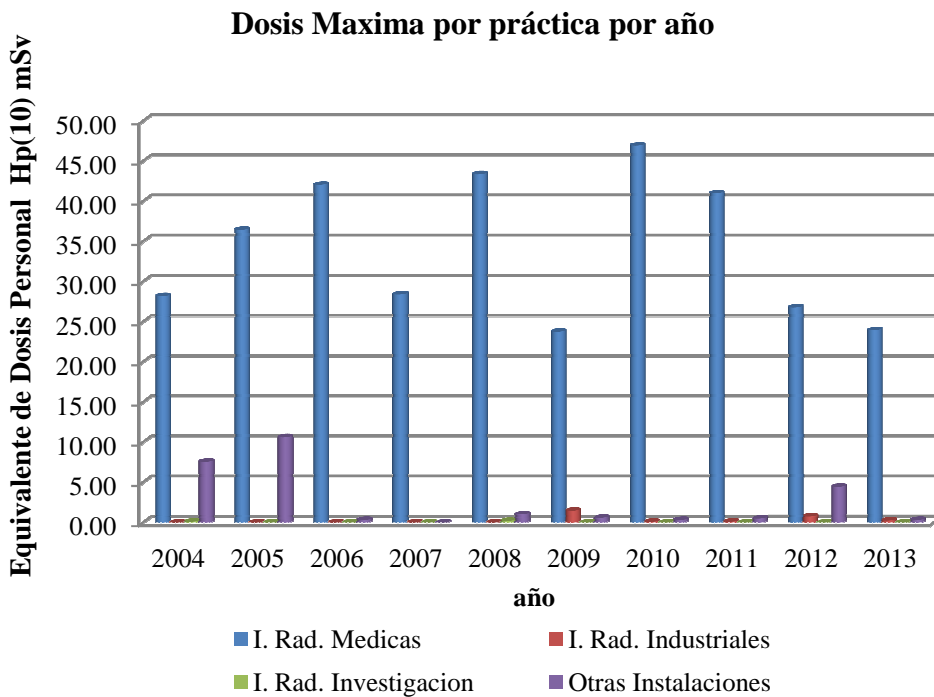


Figura 11. Dosis máxima por práctica correspondiente al período comprendido entre los años 2004 y 2013

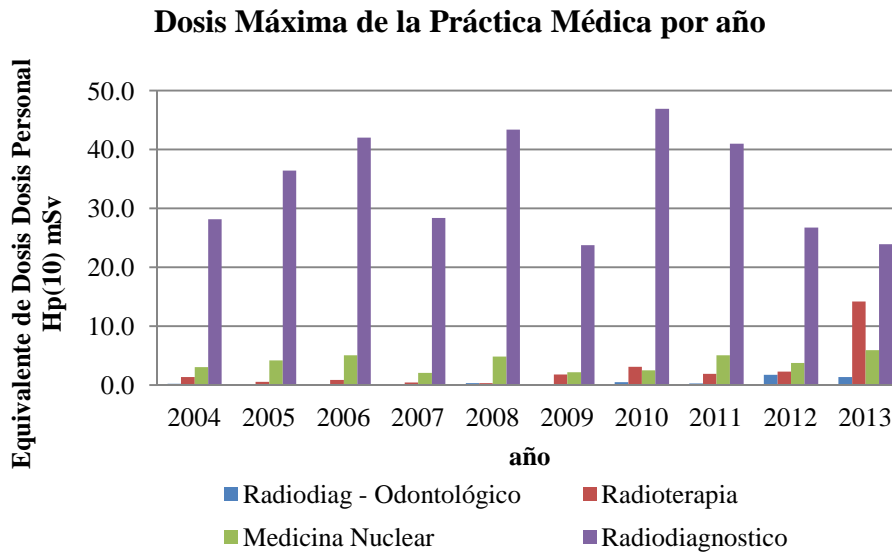


Figura 12. Dosis máxima de la práctica médica correspondiente al período comprendido entre los años 2004 y 2013

4. CONCLUSIONES

El trabajo permite analizar la tendencia de las dosis recibidas por los TOEs a radiaciones ionizantes en Paraguay, medida a lo largo del período 2004 al 2013

A finales del periodo de estudio (2013) las instalaciones radiactivas médicas representan el 92% del total de TOEs, las instalaciones radiactivas industriales representa el 1%, las instalaciones radiactivas de investigación a su vez contribuyen también con el 1%. Del total de las instalaciones medicas, las aplicaciones de radiología de diagnostico médico contribuye con el 88% de los TOEs monitoreados, seguidas por un 6% de TOEs de diagnostico odontológico, y una contribución de 4% y 2% de TOEs de radioterapia y medicina nuclear respectivamente.

Analizando la población en conjunto, las dosis promedio por prácticas se mantienen por debajo de 0,7 mSv durante el periodo de análisis.

Considerando en el análisis solo los valores de las instalaciones radiactivas médicas, en la práctica de radiodiagnóstico y medicina nuclear se han presentado valores promedios ligeramente superior. El máximo valor de dosis promedio es de 1.46 mSv para radiodiagnóstico en los años 2005 y 2007; de igual manera se observa el máximo valor de dosis promedio de 1.22 mSv. en la práctica de medicina nuclear en los años 2011 y 2012. Los resultados de la exposición ocupacional están dentro de los requerimientos establecidos.

La dosis máxima en todo el periodo de análisis fue observada en la práctica de radiología de diagnostico médico en el año 2010 con un valor de 46,9 mSv.

Se observa una duda en cuanto al reporte de valores de dosis significativos en forma aislada para periodos de un mes de evaluación de algunos TOEs en particular, este hecho se presenta para diferentes instituciones y TOEs y plantea una cierta duda en cuanto a si las dosis corresponden o no al trabajador, estos valores contribuye al incremento de los valores de dosis máxima evaluados, que de ser reales, reflejarían condiciones inadecuadas tanto de protección radiológica como entrenamiento, consecuente de una pobre cultura de seguridad radiológica.

Este análisis, permite orientar acciones tanto a nivel interno institucional en sus respectivos programas de protección radiológica, como así también a la Autoridad Reguladora Radiológica Nacional. Reconoce la necesidad de orientar esfuerzos de manera más eficiente en cuanto a las tareas de educación y difusión del programa de protección radiológica para reforzar las medidas de prevención.

5. REFERENCIAS

1. PARAGUAY, Ley N° 5169, 2014, que crea la Autoridad Reguladora Radiológica y Nuclear. Poder Ejecutivo, Asunción, Paraguay, 2014.
2. PARAGUAY, Decreto N° 10754, 2000, Reglamento nacional de seguridad para la protección contra las radiaciones ionizantes y para la seguridad de las fuentes de radiación, Asunción, Paraguay. 2000
3. WALWYN S., DURE E., Caracterización dosimétrica de un haz de radiación no-colimado de un irradiador panorámico con fuente de ¹³⁷Cs. *VIII Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear. I Congreso Latinoamericano del IRPA. V Congreso Nacional de Protección Radiológica* del 11 al 15 octubre 2010. Medellín. Colombia.
4. BARBERO, C., CALVO, I., RODRÍGUEZ M., La dosimetría de los trabajadores expuestos en España durante los años 2008, 2009 y 2010. Estudio Sectorial. *Colección Documentos 21.2012. Consejo de Seguridad Nuclear*. Edita y distribuye: Consejo de Seguridad Nuclear Pedro Justo Dorado Dellmans, 11. 28040 - Madrid-España
5. Molina D, Verdecia M, Castro A, Farradá Y, Resultados del servicio de dosimetría externa del CPHR durante el bienio 2010 - 2011, *IX Latin American IRPA Regional Congress on Radiation Protection and Safety - IRPA 2013* Rio de Janeiro, Brasil, Abril 15-19, 2013