



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA

UNAN - MANAGUA

RECINTO UNIVERSITARIO RUBEN DARIO

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA

Seminario de graduación para optar al título de:

Licenciado de Física con mención en Física Médica.

Tema general:

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA OCUPACIONAL

Tema específico:

**Resultados de la vigilancia radiológica individual de la exposición externa en el área
médica del 2000 al 2010.**

Autores:

Br. Darwing Ramón Picado Blanco

Br. Jorge Isaac Soza Sobalvarro

Tutora: MSc. Norma Roas Zúniga

Asesora: MSc. Andrea Castillo

Managua, 2019

DEDICATORIA

Dedico éste trabajo primeramente a Dios por darme la vida y la sabiduría para poder culminar mis estudios universitarios con éxito. A mis padres Fulgencio Picado y Andrea Blanco, y a mis hermanos Osmara Picado y Everardo Picado por su apoyo incondicional.

Darwing Ramón Picado Blanco.

Dedico este trabajo:

A Dios padre con un inmenso amor por permitirme culminar con este objetivo de mi vida.

A mis padres Perfecto Soza y María Auxiliadora Sobalvarro por su apoyo financiero y emocional durante todo este tiempo.

A mis abuelitos Raymunda Martinez y José Soza por confiar en mí y siempre estar apoyándome emocionalmente.

Jorge Isaac Soza Sobalvarro

AGRADECIMIENTO:

Agradecemos a Dios porque es el que nos da la fuerza para seguir adelante.

A nuestros padres y abuelos por tantos años de sacrificio y entrega para con nosotros y darnos la oportunidad de realizar nuestros sueños.

A todos los docentes del departamento de Física de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la UNAN-Managua y especialmente a nuestra tutora MSc. Norma Roas por compartir su conocimiento y por guiarnos con paciencia y sabiduría.

RESUMEN:

El presente trabajo consiste en la recopilación de datos de vigilancia radiológica individual del personal ocupacionalmente expuesto de 9 instituciones que ocupan diferentes cargos en las mismas y por un periodo de 10 años. El objetivo es comparar los valores de la dosis recibida por los TOE que laboran en el área de medica con los límites nacionales e internacionales. Para dar cumplimiento al objetivo del estudio se procede a analizar 4429 dosis de 484 TOE que fueron ingresadas al registro nacional de dosis. Dentro de este análisis se encuentran un 44% de instituciones privadas y un 56% de instituciones públicas. Además, se encuentra el análisis de dosis por cada institución y el análisis de las dosis promedios recibidas por los TOE en este periodo, obteniendo una dosis de 0.52mSv como la mayor dosis recibida en un año y una dosis de 0.39mSv como la menor dosis recibida por año constatando así que los valores de dosis recibidos están por debajo de los límites nacionales de 20mSv al año.

Este análisis ayudará, a las instituciones a poder controlar los límites de dosis que son válidos para la exposición ocupacional, estos límites no deben considerarse como la frontera entre la seguridad y el peligro, si no como un indicador evaluativo de exposición, de riesgo y de detrimento a la salud.

Índice

1. VALORACION DEL DOCENTE	1
2. INTRODUCCIÓN:	2
3. OBJETIVOS	3
3.1 Objetivo general:	3
3.2 Objetivos específicos:	3
4. JUSTIFICACIÓN:	4
5. DESARROLLO:	5
5.1 Protección radiológica:	5
5.1.1 Principios de protección radiológica:	5
5.1.2 Vigilancia radiológica individual:	6
5.1.3 Dosimetría:	6
5.1.4 Tipos de dosimetría:	6
6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN:	13
6.1 Análisis de dosímetros de cuerpo entero:	13
6.1.1 Dosis por TOE de cada institución:	17
7. CONCLUSIÓN:	33
8. BIBLIOGRAFÍA:	34

1. VALORACION DEL DOCENTE

Managua, Nicaragua
11 de diciembre del 2019

PhD. Noel Zelaya
Director Departamento de Física
Facultad de Ciencias e Ing.

Estimado Dr. Zelaya:

Por este medio estoy haciendo llegar mi valoración como tutora del seminario de graduación realizado por los Br. Darwing Ramón Picado Blanco y Br. Jorge Isaac Soza Sobalvarro, considero que el trabajo cumple con los requisitos establecidos con el actual reglamento estudiantil vigente. Este trabajo ha sido un gran aporte en la implantación Registro Nacional de Dosis en el LAF-RAM. El trabajo tiene por título **Resultados de la vigilancia radiológica individual de la exposición externa en el área médica del 2000 al 2010**. Considero que los estudiantes se han esforzado

Agradecería su gestión para que la pre-defensa y defensa sea realizada según el cronograma acordado. Agradeciendo de antemano su gestión y aprovecho la ocasión para saludarlo.

Msc. Norma Roas Zúniga
Docente
Dpto. de Física

2. INTRODUCCIÓN:

La implementación del Registro Nacional de Dosis (RND) en América Latina es un proyecto reciente que se ha desarrollado con el apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), como parte de las acciones destinadas a ayudar a los países en la gestión de la información generada por sus sistemas de vigilancia radiológica individual. Este programa tiene como finalidad contar con los resultados históricos de la vigilancia radiológica.

En Nicaragua la vigilancia radiológica individual de la exposición ocupacional a fuentes de radiación externa la realiza el Laboratorio de Física de Radiaciones y Metrología (LAF-RAM) de la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la UNAN-Managua, siendo este el único laboratorio encargado desde el año 1993, el LAF-RAM ha trabajado en la implementación del RND en el país, logrando un gran avance en la ejecución del mismo.

En pocas palabras, el programa de vigilancia de exposición a radiaciones ionizantes comprende la supervisión de las dosimetrías personales de los trabajadores ocupacionalmente expuestos, e involucra su valoración comparativa con los límites de dosis vigentes a nivel nacional dictados por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CONEA) e internacionalmente por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). Por tanto, el presente trabajo muestra los resultados de la vigilancia radiológica individual de la exposición externa en el área médica ingresados del año 2000 al 2010.

El propósito que encierra este trabajo es de obtener un historial exhaustivo y a detalle de la energía recibida por el personal ocupacionalmente expuesto de nueve instituciones en estudio, por un periodo de 10 años. La obtención de la información para la realización del análisis estadístico, está basado en los registros recopilados por el laboratorio de dosimetría externa de LAF-RAM de la UNAN MANAGUA, los cuales incluyen datos personales, fecha, dosis recibida e institución, a partir de esta base de datos se pretende comparar estos valores con límites establecidos por la CONEA a nivel nacional y emitidos por la ICRP internacionalmente, para establecer una valoración que pueda ser utilizada para dar respuesta a los posibles problemas que presente el personal.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general:

- Analizar los resultados del programa de vigilancia radiológica a los trabajadores ocupacionalmente expuesto (TOE) de 9 instituciones durante el periodo de 2000 al 2010.

3.2 Objetivos específicos:

- Ingresar las dosis de los trabajadores ocupacionalmente expuesto de nueve instituciones del país al registro nacional de dosis.
- Analizar a partir de la base de datos del programa de vigilancia radiológica a los trabajadores ocupacionalmente expuestos en el periodo de 2000-2010, de nueve instituciones entre privadas y estatales.
- Comparar los resultados obtenidos de la dosis recibida por los TOE que laboran en el área médica con los límites nacionales.

4. JUSTIFICACIÓN:

La vigilancia radiológica individual de la exposición ocupacional a fuentes de radiación externa en Nicaragua la realiza el Laboratorio de Física de Radiaciones y Metrología (LAF-RAM). El Laboratorio de Dosimetría Externa (LDE), se convierte en el único a nivel nacional y pasa a cubrir la vigilancia de todos los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) a las radiaciones ionizantes del país. Desde ese mismo año, el servicio se comienza a ejecutar solamente con el método termoluminiscente. El LDE presta el servicio a 134 instituciones con 1784 usuarios en todas las prácticas donde se utiliza radiación ionizante, en nuestro caso hemos considerado analizar los resultados del programa de vigilancia radiológica a 484 trabajadores ocupacionalmente expuesto (TOE) de 9 instituciones durante el periodo de 2000 al 2010, del área médica, en la magnitud $H_p(10)$.

Por reglamentación la Autoridad Reguladora establece que los periodos de cambio de dosímetros por lo general se realicen de manera mensual, sin embargo, en algunos casos se realizan de manera bimensual para el análisis se consideraron los periodos mostrados en los informes de ensayo emitidos por el LDE.

En este trabajo se discuten los resultados del servicio de dosimetría personal del LAF-RAM en el período 2000 a 2010, analizando algunos indicadores que permiten evaluar la cobertura y los niveles de exposición ocupacional que recibieron los TOE.

5. DESARROLLO:

5.1 Protección radiológica:

Todas las personas están expuestas a radiaciones ionizantes provenientes de fuentes naturales y artificiales. Es conveniente considerar los procesos que causan dichas exposiciones como una red de sucesos y situaciones. Cada parte de la red se inicia en una fuente. La radiación o el material radiactivo se transfiere a través de vías ambientales u otras vías dando lugar a la exposición de los individuos. Finalmente, la exposición a la radiación o a materiales radiactivos implica que origina dosis a esas personas. La protección puede lograrse actuando sobre la fuente, o en puntos de las vías de exposición, y ocasionalmente modificando la ubicación o las características de los trabajadores expuestos.

5.1.1 Principios de protección radiológica:

Justificación: Cualquier decisión que altere la situación de exposición a radiación debería producir más beneficio que daño.

Esto significa que no debe adoptarse ninguna práctica que signifique exposición a la radiación si su introducción no produce un beneficio neto positivo. Naturalmente, la práctica que implique la exposición a las radiaciones debe suponer un beneficio para la sociedad.

Optimización: La probabilidad de recibir exposiciones, el número de personas expuestas, y la magnitud de las dosis individuales deberían mantenerse tan bajas como sea razonablemente alcanzable, teniendo en cuenta factores económicos y sociales.

Esto significa que el nivel de protección debería ser el mejor, en las circunstancias prevalecientes, maximizando el margen de beneficio en relación al daño.

Límites de dosis: En situaciones de exposición planificada para fuentes reguladas, que no consistan en exposiciones médicas de pacientes, la dosis total de cualquier individuo no debería exceder los límites pertinentes recomendados.

Los límites de dosis reglamentarios son decididos por la autoridad reguladora teniendo en cuenta las recomendaciones internacionales.

La exposición ocupacional de todo trabajador deberá controlarse de forma que no se rebasen los siguientes límites:

- a) Una dosis de 20 mSv por año como promedio en un período de cinco años consecutivos.
- b) Una dosis de 50 mSv en cualquier año.
- c) Una dosis al cristalino de 20 mSv en un año.
- d) Una dosis equivalente a las extremidades (manos y pies) o a la piel de 500 mSv en un año.

En el caso de los aprendices de 16 a 18 años que reciban formación para un empleo que implique exposición a la radiación, y en el de los estudiantes de 16 a 18 años que tengan que

utilizar fuentes en el curso de sus estudios, la exposición ocupacional deberá controlarse de manera que no se rebasen los siguientes límites:

a) Una dosis efectiva de 6 mSv en un año;

c) Una dosis equivalente a las extremidades o la piel de 150 mSv en un año.

5.1.2 Vigilancia radiológica individual:

El empleador de todo trabajador, así como los empleados por cuenta propia, los titulares registrados y los titulares licenciados deberán ser los responsables de organizar la evaluación de la exposición ocupacional de los trabajadores, basada en la vigilancia radiológica individual, cuando proceda, y deberán cuidar de que se concierten las disposiciones adecuadas con servicios dosimétricos apropiados, con sujeción a un programa adecuado de garantía de calidad.

5.1.3 Dosimetría:

La dosimetría de las radiaciones ionizantes forma parte de la radiología y se ocupa de la medida de la dosis absorbida por un material o un tejido como consecuencia de su exposición a radiaciones ionizantes presentes en un campo de radiación, operación que se realiza con detectores pasivos o activos, los más comúnmente usados con los dosímetros termoluminiscentes.

La dosimetría es esencial para cuantificar la incidencia de los cambios biológicos en función de la cantidad de radiación recibida, así como, para controlar la exposición a la radiación de seres vivos y sus efectos en el medio ambiente.

5.1.4 Tipos de dosimetría:

Dosimetría ambiental:

Es la dosimetría practicada en la determinación de dosis en zonas o en general en ambientes en los que se requiere evaluar el riesgo radiológico. Actualmente se dispone de dos configuraciones para la medición de dosis ambiental:

Dosímetros ambientales para el exterior: el diseño en forma de esfera de este tipo de dosímetros los hace especialmente adecuados para la determinación de la dosis en el exterior de las instalaciones.



Figura 1. Dosímetros ambientales para el exterior

Estevez, R. (2018). Dosimetría radiológica. Recuperado de https://issuu.com/robertoestevezechanique2017/docs/dosimetr__a_radiologica

Dosímetros termoluminiscentes, caracterizado y calibrado, para medir dosis ambiental en el interior de una instalación: Se los aplica para la medida de dosis ambiental en el interior de las instalaciones.



Figura 2. Dosímetros termoluminiscente ambientales para el interior

Estevez, R. (2018). Dosimetría radiológica. Recuperado de https://issuu.com/robertoestevezechanique2017/docs/dosimetr__a_radiologica

Dosímetros personales:

Los dosímetros personales se utilizan para la vigilancia radiológica individual de las exposiciones externas. Debido a que deben ser portados por las personas en el desempeño de su actividad laboral, los dosímetros personales deben ser ligeros y de pequeño tamaño, sin renunciar a la sensibilidad y versatilidad en la detección de las radiaciones que puedan afectar al usuario.

Los diferentes tipos de dosímetros individuales clasificados según su colocación son:

a) Dosímetros de cuerpo entero: El control dosimétrico habitual se realiza mediante los dosímetros individuales denominados de cuerpo entero, calibrados en dosis equivalente individual superficial y profunda.

b) Dosímetros de extremidades (muñeca y anillo):

Dosímetros de muñeca:

En el caso de personas que por su tipo de trabajo precisen de la evaluación de la dosis equivalente en extremidades, se puede utilizar adicionalmente al dosímetro de cuerpo entero el dosímetro de muñeca. Este tipo de dosímetro se recomienda para su uso en Radiobiología intervencionista, Medicina Nuclear y radioterapia

Dosímetro de anillo:

En el caso de personas que por su tipo de trabajo precisen de la evaluación de la dosis equivalente en las manos, se puede utilizar dosímetros de anillo calibrados en dosis equivalente individual. Este tipo de dosímetro es especialmente adecuado para personas que laboran en Medicina Nuclear y radiología diagnóstica e intervencionista

Normas básicas de uso:

- El dosímetro es personal e intransferible.
- Debe colocarse debajo de cualquier tipo de protección radiológica que se utilice como el mandil plomado.
- Se debe colocar en la extremidad más expuesta a la radiación por el usuario en función del procedimiento de su trabajo o en el dorso en el caso de cuerpo entero.
- Debe llevarse durante toda la jornada laboral
- Se debe colocar de tal manera que sea visible el nombre del usuario.



Figura 3. Dosímetro de anillo.

Estevez, R. (2018). Dosimetría radiológica. Recuperado de https://issuu.com/robertoestevezechanique2017/docs/dosimetr__a_radiologica

Dosimetría de abdomen:

Se usan los mismos dosímetros que los utilizados para evaluar la corporal pero situándolos a la altura del abdomen. Es una dosimetría destinada a trabajadoras expuestas a radiaciones ionizantes en estado de gestación. Se emplea para estimar la dosis recibida por el feto.

Dosímetro específico para la medición de dosis en zonas especiales:

Dosímetro para el cristalino: En el caso de personas que por su tipo de trabajo precisen de la evaluación de la dosis equivalente en el cristalino se puede utilizar:

Dosímetro de cabeza: calibrados en dosis equivalente individual superficial y profunda, se los coloca en la frente con el nombre del usuario visible y de manera que la ventana quede en la parte inferior más cercana a los ojos.



Figuras 4 y 5. Dosímetro de cabeza

Estevez, R. (2018). Dosimetría radiológica. Recuperado de https://issuu.com/robertoestevezechanique2017/docs/dosimetr_a_radiologica

Se puede distinguir entre dosímetros personales pasivos y activos.

Los primeros no necesitan alimentación eléctrica y acumulan de un modo seguro la información debida a las radiaciones ionizantes sin intervención alguna del usuario, precisando un proceso posterior de lectura y evaluación de las dosis. Los dosímetros activos proporcionan una lectura inmediata de las dosis y tasas de dosis recibidas, pero son algo mayores y pesados pues necesitan alimentación eléctrica (baterías) para su funcionamiento.

Son dispositivos que contienen uno o varios detectores con alguna propiedad que, sin intervención del usuario, permite acumular la información sobre la cantidad de dosis recibida debida a las radiaciones ionizantes que se extrae en un proceso posterior de evaluación

Los dosímetros de termoluminiscente son del tipo pasivo:

Se denomina termoluminiscencia (TL) a la emisión de luz que presentan ciertas sustancias sólidas cristalinas al ser calentadas después de haber sido expuestas a radiación ionizante. Es un proceso físico en dos fases (excitación y relajación) que puede explicarse mediante un modelo sencillo de bandas de energía (Figura 1), donde la Banda de Conducción (BC) está separada de la Banda de Valencia (BV) por un rango de energías no permitidas que se denomina banda prohibida. Debido a la presencia de impurezas y elementos dopantes en el sólido cristalino, aparecen niveles discretos en la banda prohibida que se denominan trampas T y centros de recombinación R. En el rango de temperaturas (-10 a 60°C) los materiales TL son aislantes eléctricos y por tanto no existen portadores de carga libres en la BC.

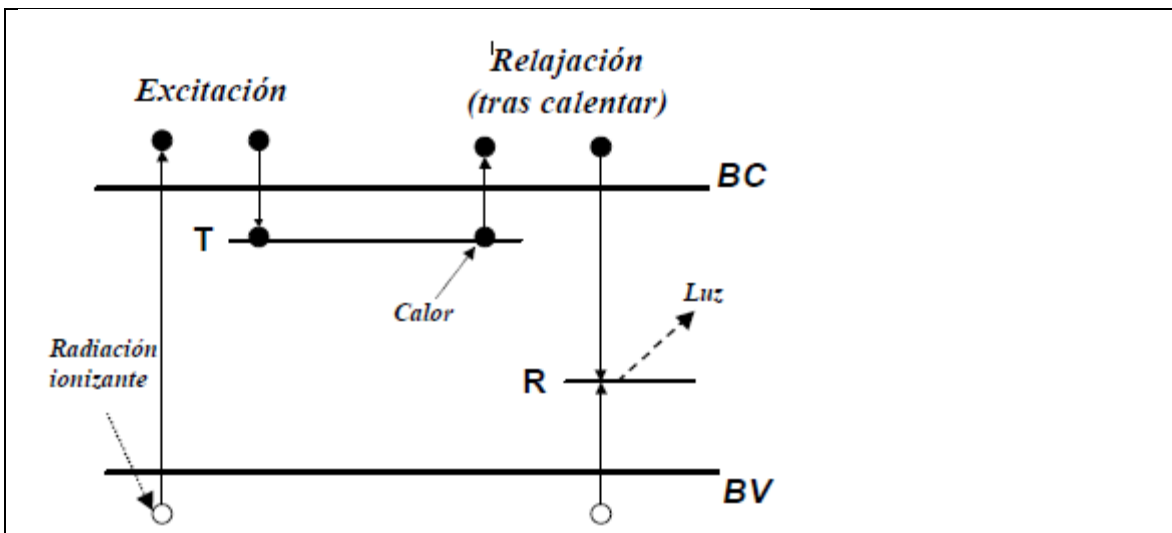


Figura 6. Modelo sencillo para la termoluminiscencia mostrando la excitación por la radiación ionizante incidente, y los fenómenos de relajación (recombinación directa y emisión de luz) tras la estimulación mediante calor.

Curso de SUPERVISORES de instalaciones radiactivas (IR) MÓDULO BÁSICO. DOSIMETRÍA DE LA RADIACIÓN EXTERNA. Recuperado de http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/1173720303_1572009113416.pdf

En la etapa de excitación, la radiación ionizante incidente transfiere energía suficiente a electrones ligados en la BV, actuando desde ese momento como electrones libres en la BC. La mayoría de los electrones libres recién creados regresan inmediatamente a la BV (recombinación directa), pero algunos quedan atrapados en las trampas T situados en la banda prohibida, aunque cerca de la BC. El detector queda en un estado metaestable donde la población de electrones atrapados en las trampas es proporcional a la dosis absorbida. En la BV se produce un fenómeno similar creándose ‘huecos’ cuya movilidad es mucho más reducida que la de los electrones en la BV. El detector permanece en este estado indefinidamente si bien se producen recombinaciones espontáneas que dependen fundamentalmente de la temperatura ambiente. Este efecto es común en todos los procesos activados térmicamente y se conoce como ‘fading’ o desvanecimiento y sus efectos deben ser considerados en las evaluaciones dosimétricas.

La relajación en los materiales TL se consigue mediante la aplicación de calor en el cual los electrones atrapados son devueltos nuevamente a la BC gracias a la energía térmica recibida. De nuevo la mayoría de los electrones en la BC tenderán a relajarse mediante recombinación directa, pero una fracción se recombinará en los niveles discretos (centros de recombinación R) situados en la banda prohibida pero próximos a la BV, produciéndose la emisión de luz cuya intensidad será proporcional a la dosis absorbida en el detector.

El gráfico de la intensidad de luz emitida como función de la temperatura durante la estimulación térmica se conoce como curva TL o ‘glow curve’ cuya forma y características son específicas del material TL. La mayoría de los materiales TL producen curvas TL que presentan varios picos que incluso se superponen y que revelan estructura de trampascentros más o menos complejas. Ello requiere en algunos casos el empleo de tratamientos térmicos específicos que eliminen los picos menos estables (minimiza el efecto fading) y simplifiquen la curva TL. La Figura 2 presenta las curvas TL de los materiales más empleados en la dosimetría de las radiaciones ionizantes.

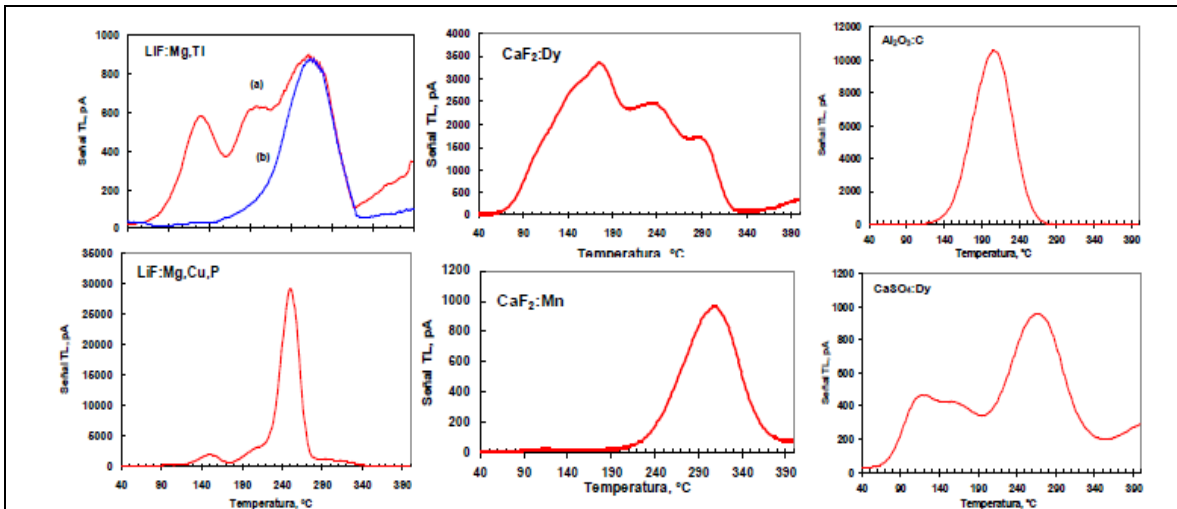


Figura 7. Curvas de emisión TL de los materiales más empleados en la dosimetría de las radiaciones ionizantes. En la figura superior izquierda se ilustra el efecto de los tratamientos térmicos en el LiF:Mg,Ti.

Curso de SUPERVISORES de instalaciones radiactivas (IR) MÓDULO BÁSICO. DOSIMETRÍA DE LA RADIACIÓN EXTERNA. Recuperado de http://csn.ciemat.es/MDCSN/recursos/ficheros_md/1173720303_1572009113416.pdf

Durante el proceso de lectura de los detectores TL mediante su calentamiento en condiciones adecuadas, la estructura de bandas original por lo que en los detectores se elimina todo efecto relacionado con la última dosis recibida. Este proceso se efectúa en los lectores TLD, instrumentos de alta calidad y fiabilidad en los que es prácticamente imposible perder los datos de las lecturas de los detectores y que básicamente consisten en un sistema de calentamiento de los detectores (contacto, óptico, inyección de gas inerte) y un tubo fotomultiplicador que recoge la luz emitida y proporciona señales eléctricas en impulsos o corrientes eléctricas del orden de picoamperios (pA).

En general, los detectores TL son reutilizables inmediatamente después de su lectura, aunque en algunos materiales es recomendable emplear tratamientos térmicos adicionales que mejoren las características de medida del sistema. El número de reutilizaciones es en principio ilimitado, aunque en la práctica depende de las condiciones de operación del sistema dosimétrico TLD.

Los materiales más utilizados en TLD (LiF:Ti,Mg, LiF:Mg,Cu,P, CaF₂:Mn, CaF₂:Dy, Al₂O₃:C, CaSO₄:Dy, Li₂B₄O₇:Cu,Ag) son materiales sintéticos dopados con pequeñas cantidades de impurezas que aportan las trampas y centros de recombinación en la banda prohibida.

Dosímetros activos:

En algunas ocasiones donde la tasa de dosis en una instalación sea importante o varíe mucho tanto en el tiempo como en el espacio, además de los monitores de vigilancia de área, es necesario disponer de medidas dosimétricas individuales en tiempo real que permitan

asegurar que las dosis recibidas por las personas sean aceptables desde el punto de vista de la protección radiológica. Este tipo de vigilancia se denomina operacional y aporta información adicional para la evaluación dosimétrica oficial que normalmente se basa en la lectura de dosímetros personales pasivos. En general los dosímetros operacionales son instrumentos activos ya que necesitan alimentación eléctrica para su funcionamiento.

Los primeros dosímetros activos fueron los dosímetros de pluma que se basaban en la medida de la descarga producida por la radiación ionizante en un filamento de cuarzo que se cargaba electrostáticamente antes de su uso. En la actualidad existen numerosos equipos de medida que aúnan el desarrollo de detectores dosimétricos activos de pequeño tamaño (principalmente diodos de Si y detectores de centelleo) y las capacidades de la electrónica digital.

Los dosímetros activos actuales son de pequeño tamaño y ligeros, siendo muy aceptados como dosímetros operacionales en el acceso a instalaciones radiactivas y nucleares. En el diseño de los dosímetros activos se debe considerar la corrección de la respuesta con la energía de los fotones mediante el uso de varios detectores y filtros de compensación. El desarrollo de la microelectrónica ha aportado características de funcionamiento muy interesantes en la práctica diaria como la lectura inmediata de las dosis, la posibilidad de fijar niveles de alarma, el registro de dosis acumuladas, la comunicación con bases de datos centralizadas, etc. Todo ello indica que estos dispositivos aúnan las ventajas de los instrumentos activos y los dosímetros pasivos.

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN:

Con el objetivo de hacer un análisis de la vigilancia radiológica de los trabajadores ocupacionalmente expuestos procedimos a hacer la recolección de datos e ingresarlos al registro nacional de dosis. En donde se analizó la información de un total de TOE monitoreados 484. Dentro del análisis se consideran solo las dosis obtenidas con los dosímetros de cuerpo entero Hp(10)

6.1 Análisis de dosímetros de cuerpo entero:

En las siguientes tablas podemos ver algunos datos estadísticos como la mediana que no es más que el valor medio de todos los valores de dosis ordenados de manera ascendente o descendente, la media aritmética o promedio de dosis, el máximo de dosis (recibido por un TOE), la dosis acumulada de todos los TOE de una institución en los periodos correspondientes y el número de TOE monitoreados por cada institución.

Tabla 1. Resultados estadísticos por institución. AÑO 2000

# DE TOE Monitoreados	Código de institución	Tipo de institución	Mediana	Dosis promedio (mSv)	Máximo (mSv)	Dosis Acumulada (mSv)
97	MGA17	Privado	0.11	0.16	0.94	15.94
34	MGA19	Privado	0.14	0.17	0.98	5.67
26	MGA20	Privado	0.52	0.52	0.91	13.53
156	MGA21	Privado	0.72	0.70	1.09	108.74
8	MGA42	Público	0.65	0.65	0.92	5.23
14	MGA46	Público	0.53	0.55	0.83	7.71
64	MGA49	Público	0.69	0.71	1.09	45.14
65	MGA57	Público	0.61	0.57	1.09	36.99
20	LEO08	Público	0.56	0.52	0.91	10.32

Tabla 2. Resultados estadísticos por institución. AÑO 2001-2005

# DE TOE Monitoreados	Código de institución	Tipo de institución	Mediana	Dosis promedio (mSv)	Máximo (mSv)	Dosis Acumulada (mSv)
97	MGA17	Privado	0.92	1.29	12.81	125.26
34	MGA19	Privado	0.78	0.85	1.54	28.76
26	MGA20	Privado	2.96	3.01	4.02	78.19
156	MGA21	Privado	1.89	2.08	9.47	324.14
8	MGA42	Público	2.87	2.85	3.75	20.77
14	MGA46	Público	2.96	2.99	4.02	42.37
64	MGA49	Público	2.79	2.87	4.14	183.60
65	MGA57	Público	2.65	2.41	4.14	156.76
20	LEO08	Público	2.94	3.01	3.67	60.2

Tabla 3. Resultados estadísticos por institución. AÑO 2006-2010

# DE TOE Monitoreados	Código de institución	Tipo de institución	Mediana	Dosis Promedio (mSv)	Máximo (mSv)	Dosis Acumulada (mSv)
97	MGA17	Privado	1.52	1.80	13.31	174.46
34	MGA19	Privado	1.30	1.44	3.63	48.92
26	MGA20	Privado	2.41	2.47	4.26	64.15
156	MGA21	Privado	2.46	2.32	17.39	362.58
8	MGA42	Público	2.80	2.91	4.36	23.28
14	MGA46	Público	2.41	2.43	3.69	34.05
64	MGA49	Público	2.66	2.61	3.41	166.87
65	MGA57	Público	2.45	2.21	3.41	143.88
20	LEO08	Público	2.56	2.58	4.26	51.5

En el siguiente gráfico podemos observar que para la muestra tomada la cantidad de instituciones públicas es mayor que las instituciones privadas en 12%.

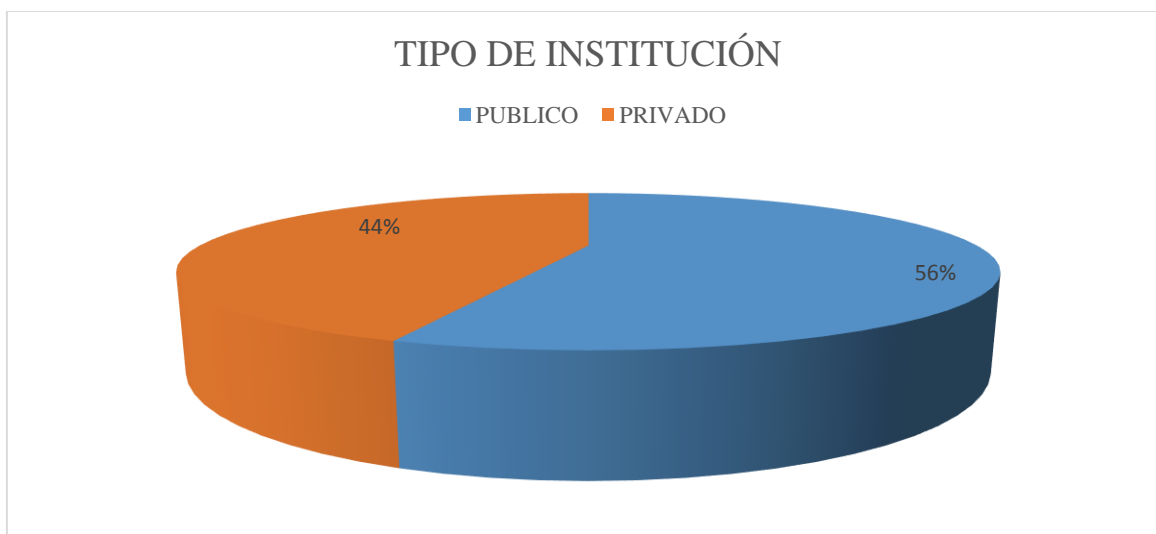


Gráfico 1. Tipo de institución.

En los siguientes gráficos de barras observamos la sumatoria de las dosis acumuladas de todos los TOE monitoreados por cada institución en los diferentes periodos. Se observa como

la institución MGA21 tiene las dosis máximas esto debido a la cantidad de TOE que se monitorea por institución.

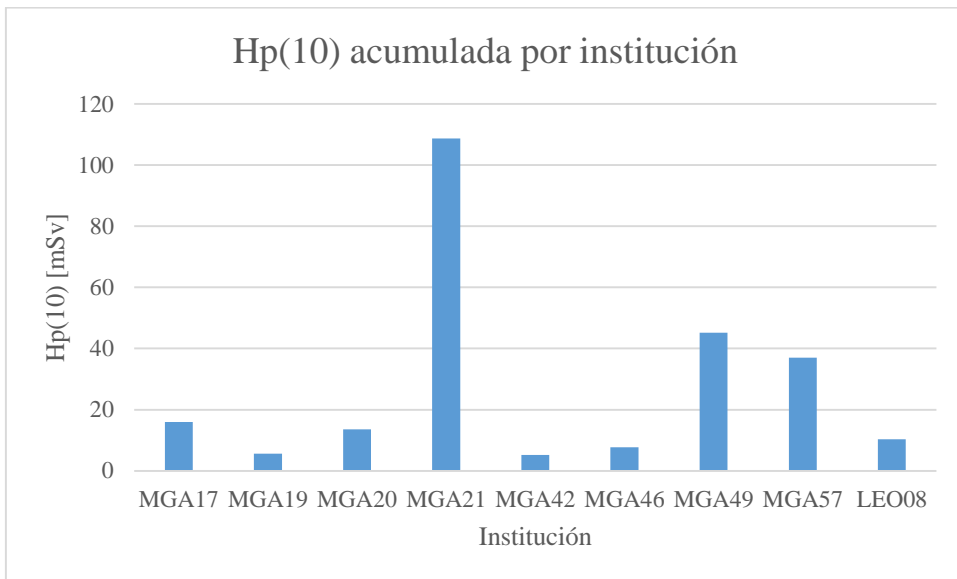


Gráfico 2. Sumatoria de las dosis acumuladas del año 2000.

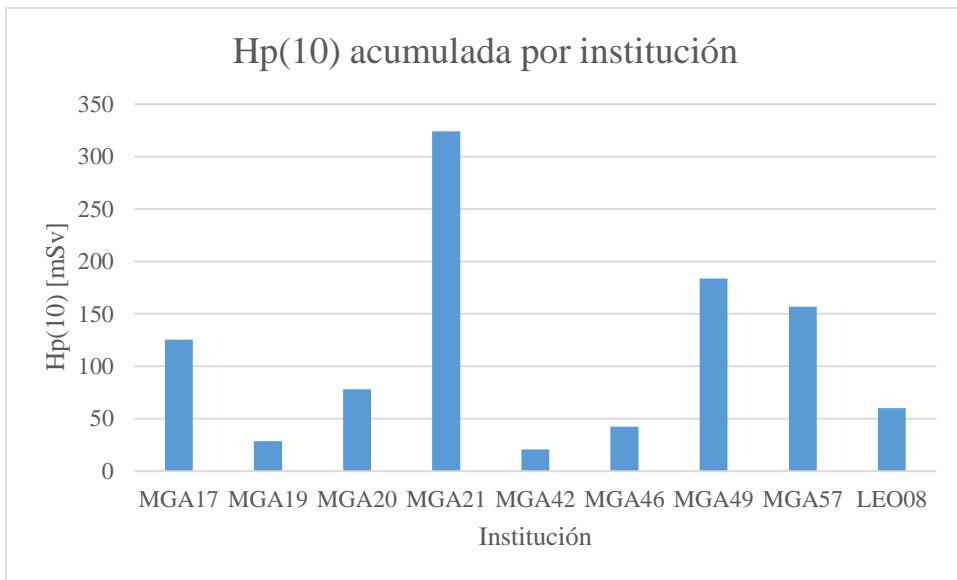


Gráfico 3. Sumatoria de las dosis acumuladas del año 2001 al 2005.

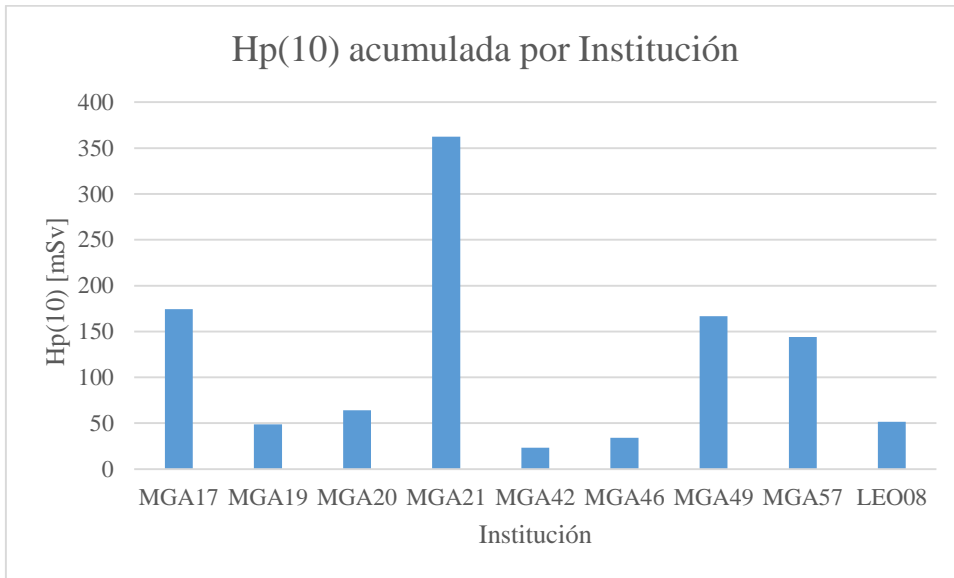


Gráfico 4. Sumatoria de las dosis acumuladas del año 2006 al 2010.

6.1.1 Dosis por TOE de cada institución:

En esta sección se analiza las dosis recibidas por los TOE en cada institución, considerando los diferentes periodos.

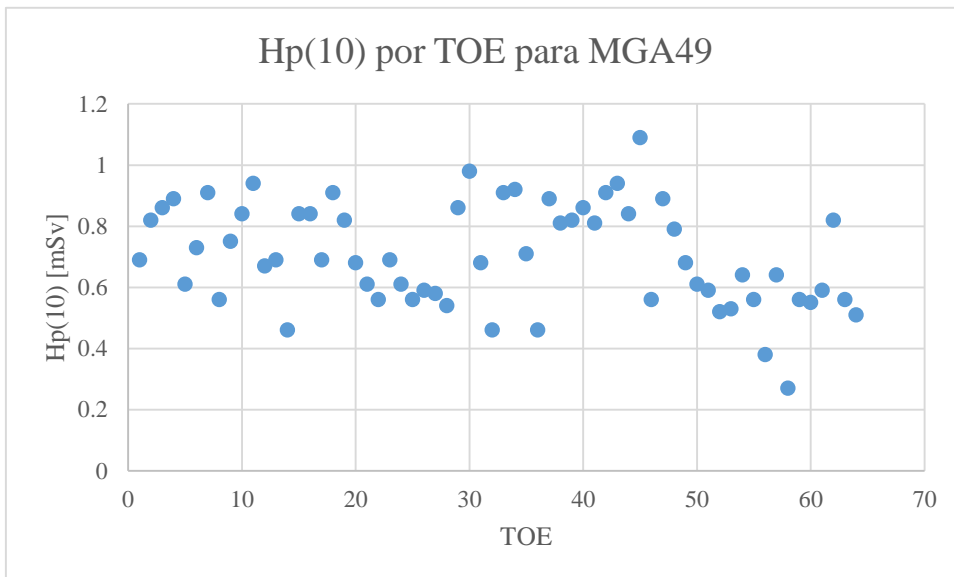


Gráfico 5. En este gráfico se puede observar que la Dosis acumulada del año 2000 entre 1.09 como máximo y 0.27 como mínimo.

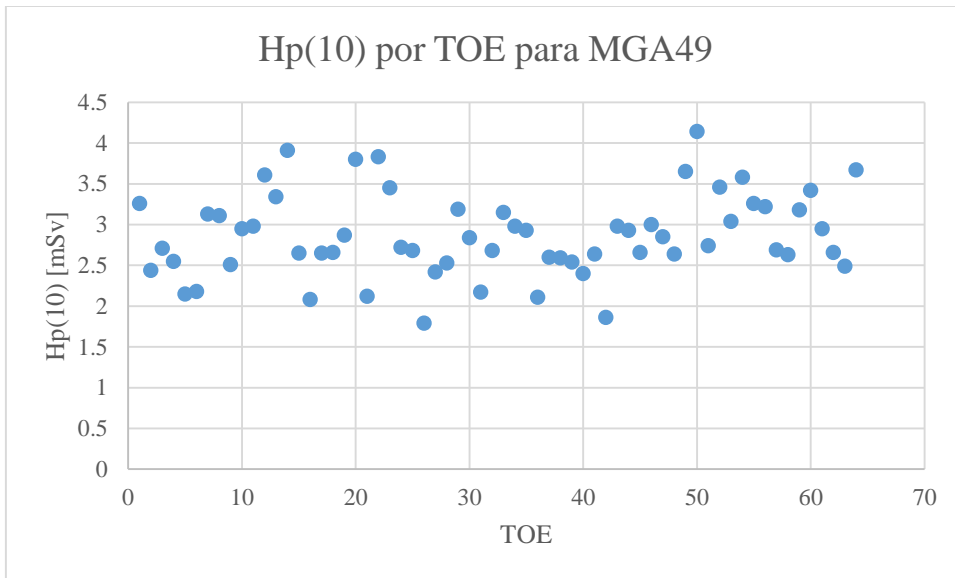


Gráfico 6. En este gráfico se puede observar que la Dosis acumulada del año 2001 al 2005 está entre 4.14 como máximo y 1.79 como mínimo.

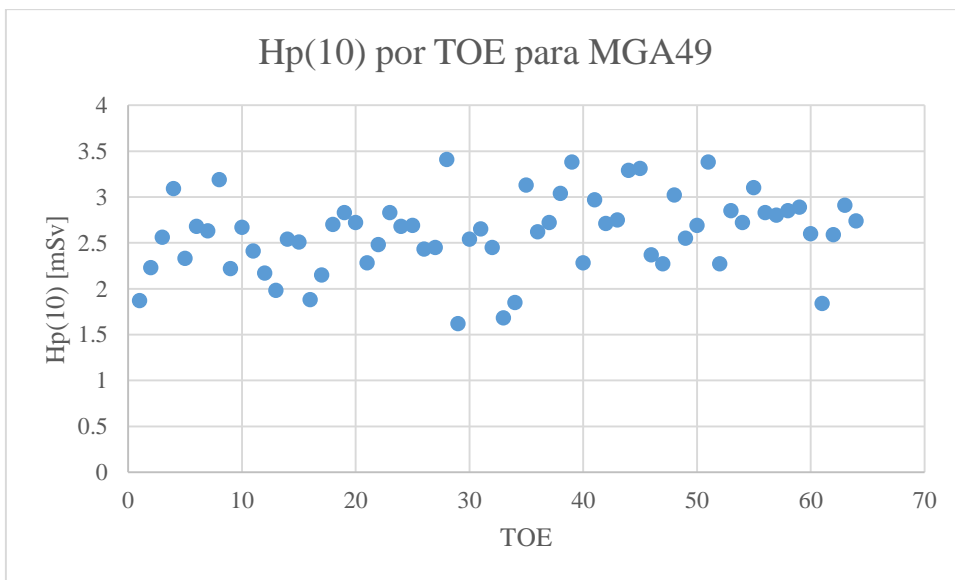


Gráfico 7. En este gráfico se puede observar que la Dosis acumulada del año 2006 al 2010 está entre 3.41 como máximo y 1.62 como mínimo.

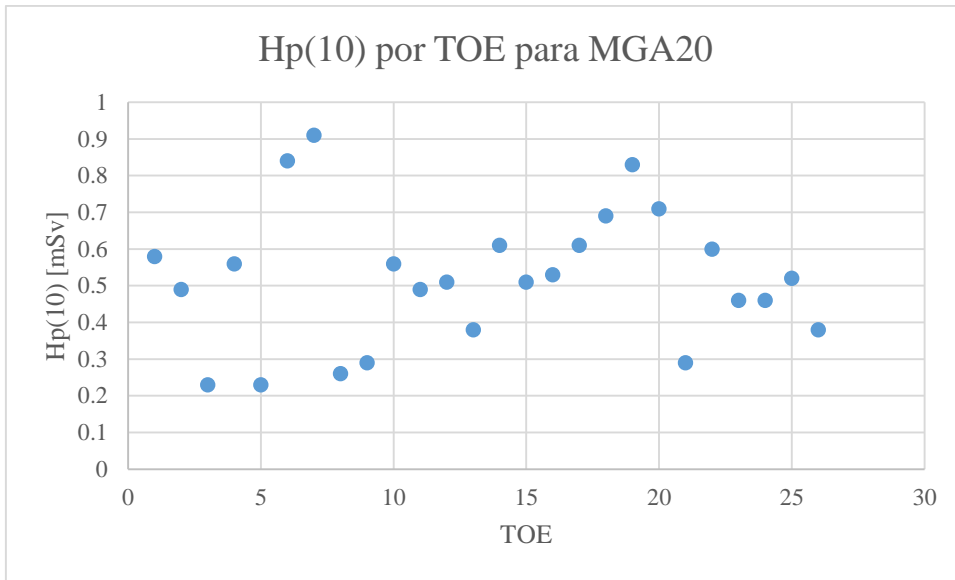


Gráfico 8.-Las dosis acumuladas del año 2000 están entre 0.91 y los 0.23 mSv.

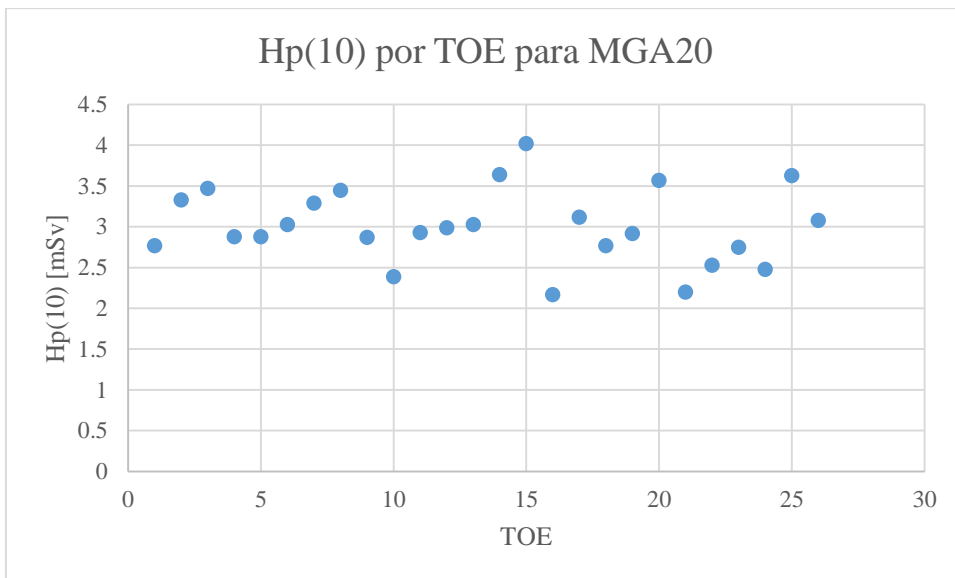


Gráfico 9.-Las dosis acumuladas del año 2001 al 2005 están entre 4.02 y los 2.17 mSv.

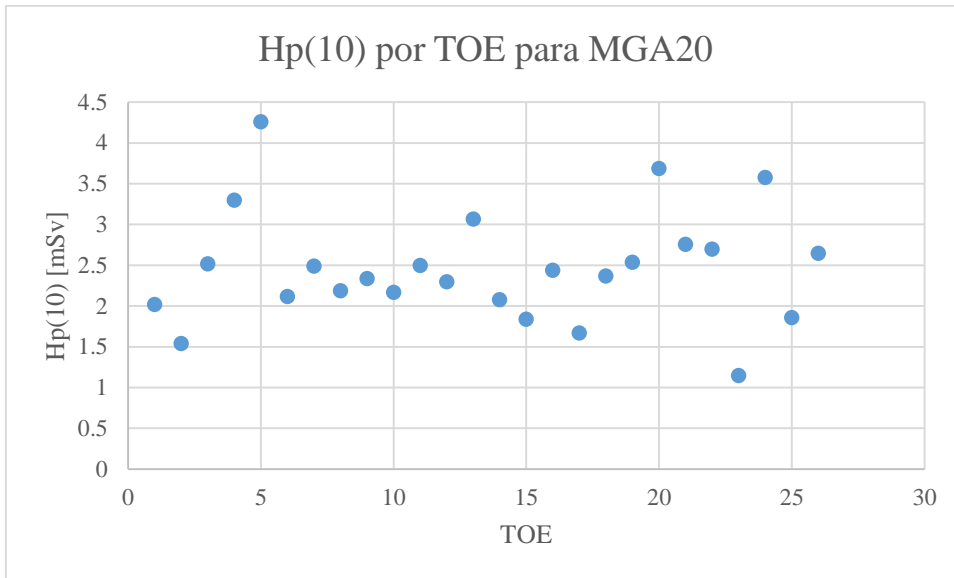


Gráfico 10.-Las dosis acumuladas del año 2006 al 2010 están entre 4.26 y los 1.15 mSv.

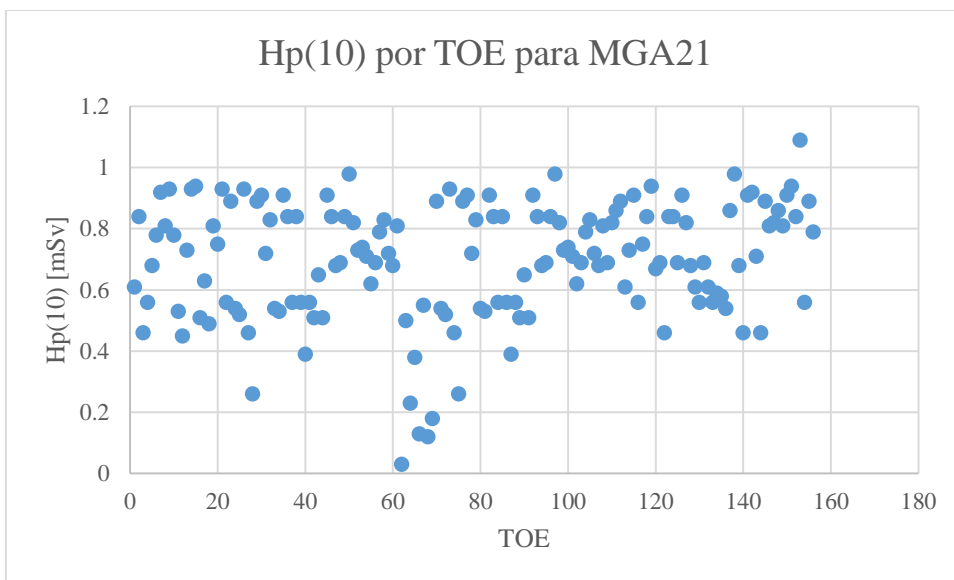


Gráfico 11.- En esta institución para el año 2000 los valores de dosis están entre 1.09 y 0.03 mSv.

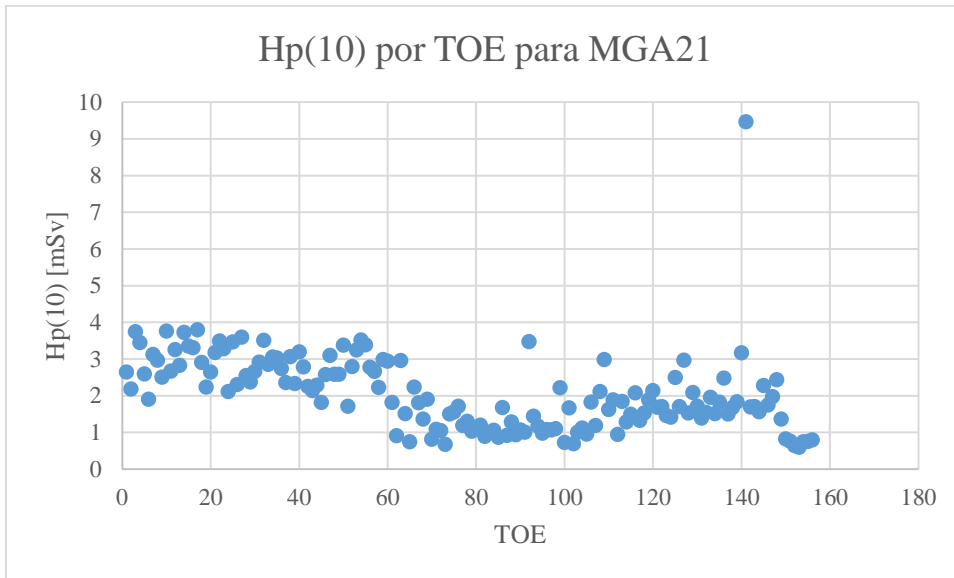


Gráfico 12.- En esta institución del año 2001 al 2005 los valores de dosis están entre 3.8 y 0.6 mSv presentando un valor atípico de 9.47mSv.

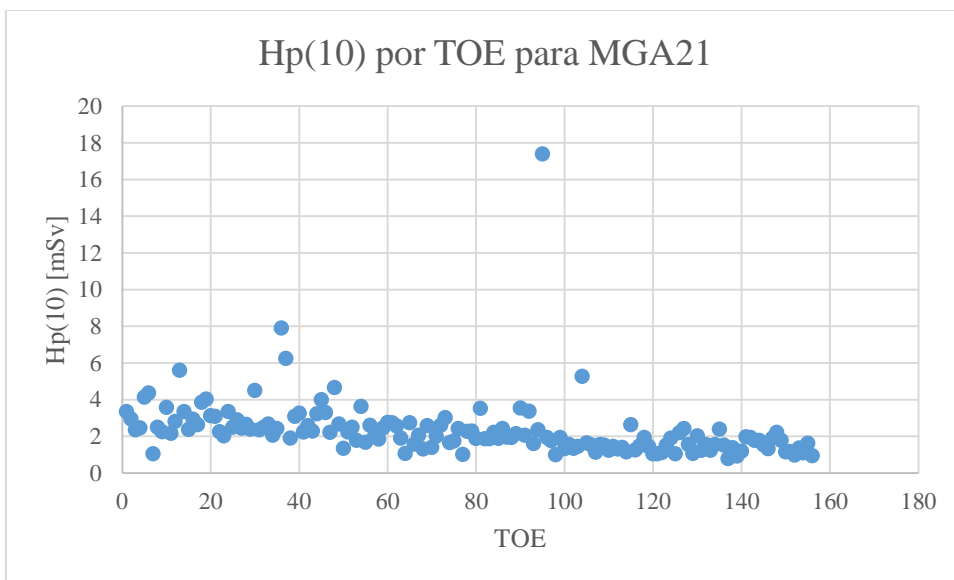


Gráfico 13.- En esta institución del año 2006 al 2010 los valores de dosis están entre 7.9 y 0.79 mSv presentando un valor atípico de 17.39 mSv.

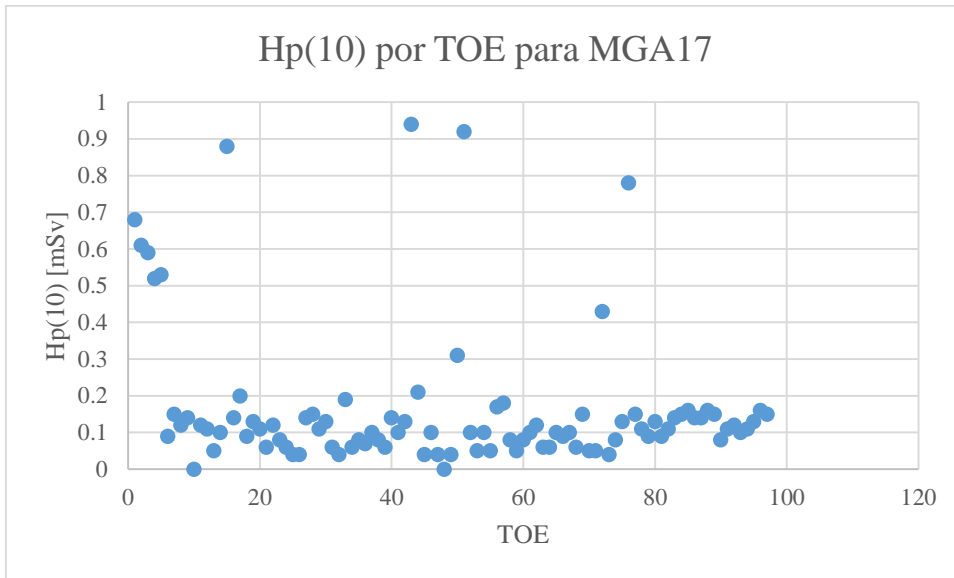


Gráfico 14.- En el año 2000 esta institución presenta valores entre 0.94 y 0mSv.

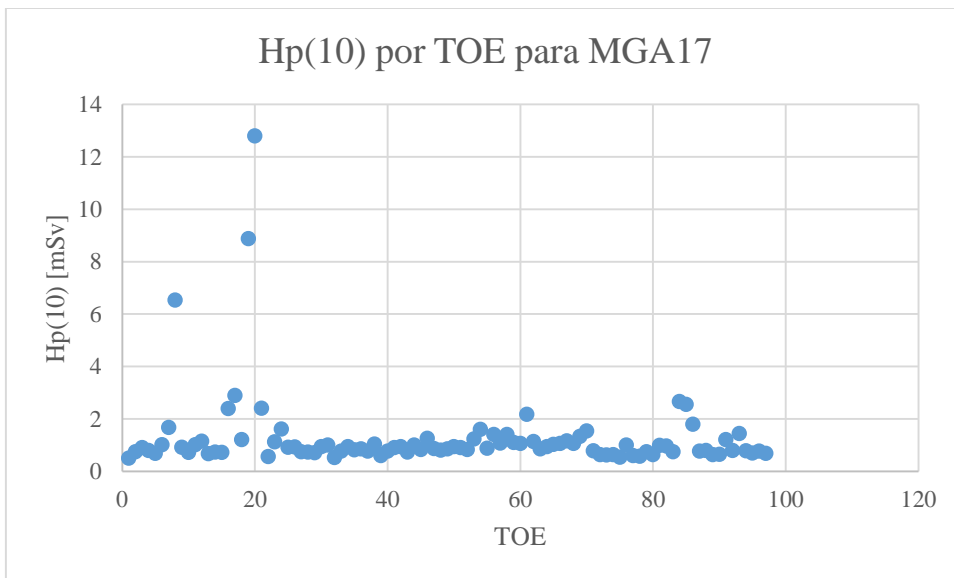


Gráfico 15.- Del año 2001 al 2005 esta institución presenta valores entre 2.91 y 0.51mSv presentando picos de hasta 12.81 aproximadamente.

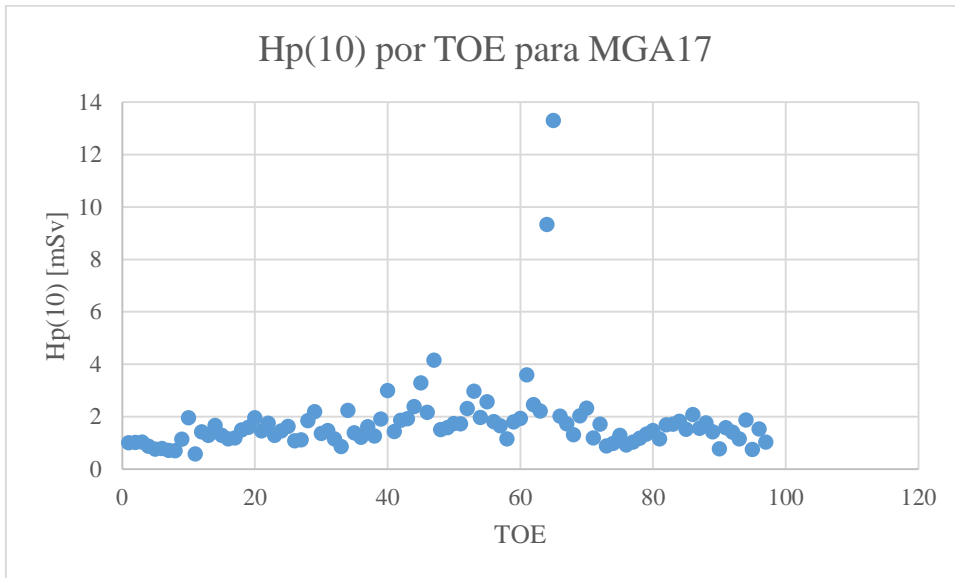


Gráfico 16.- Del año 2006 al 2010 esta institución presenta valores entre 4.16 y 0.59mSv presentando picos de hasta 13.31 mSv aproximadamente.

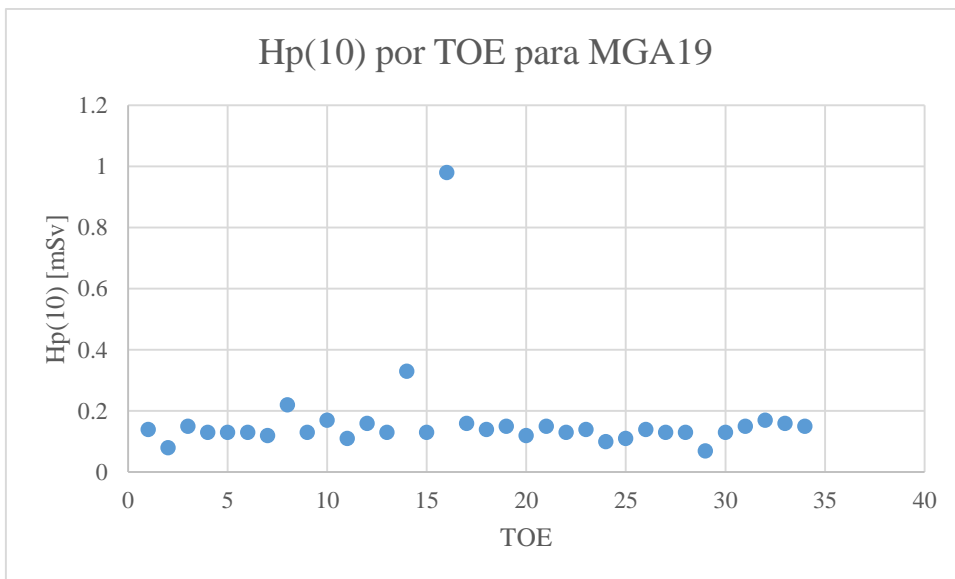


Gráfico 17. Para el año 2000 los valores dosis en esta institución están entre los 0.07 hasta 0.98mSv.

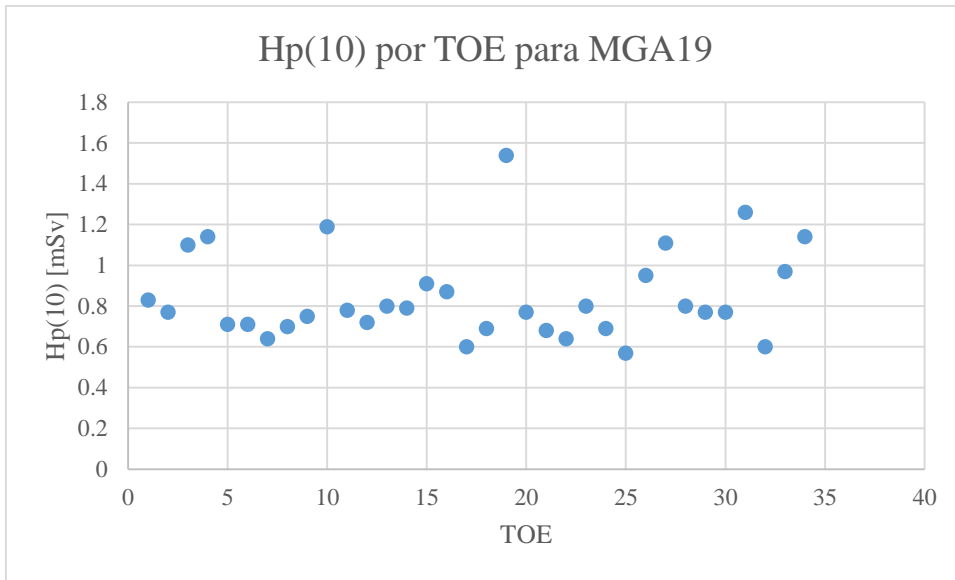


Gráfico 18. Del año 2001 al 2005 los valores dosis en esta institución están entre los 0.57 hasta 1.54mSv.

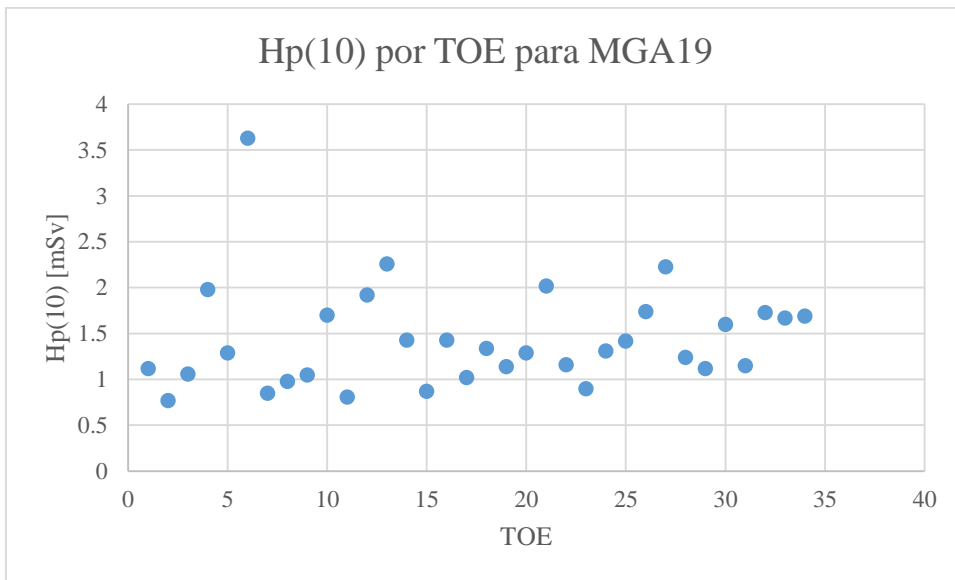


Gráfico 19. Del año 2006 al 2010 los valores dosis en esta institución están entre los 0.77 hasta 3.63mSv.

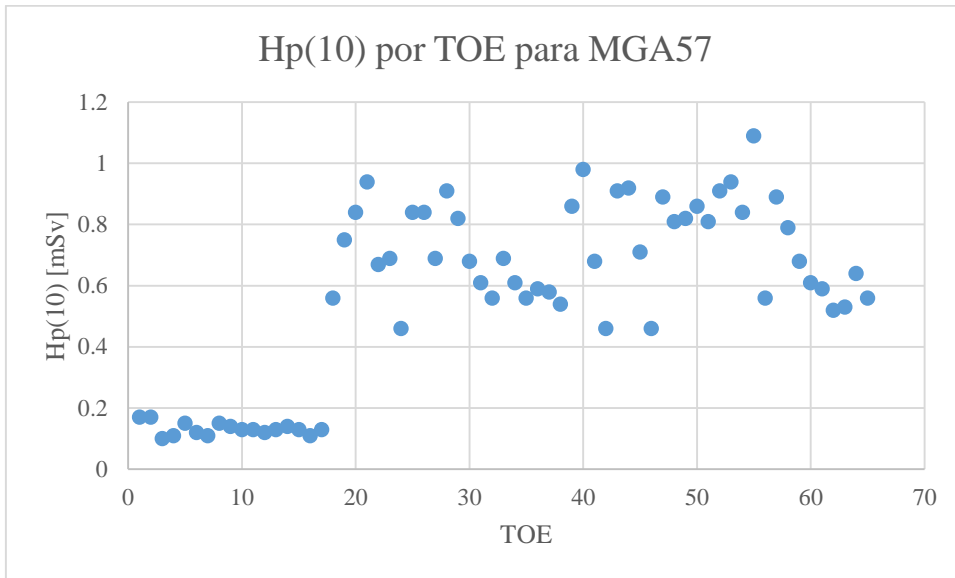


Gráfico 20.- En esta institución para el año 2000 se observa que un grupo de TOES está en un rango de 0.1 a 0.17mSv y otro grupo en el orden de 0.46 a 1.09mSv.

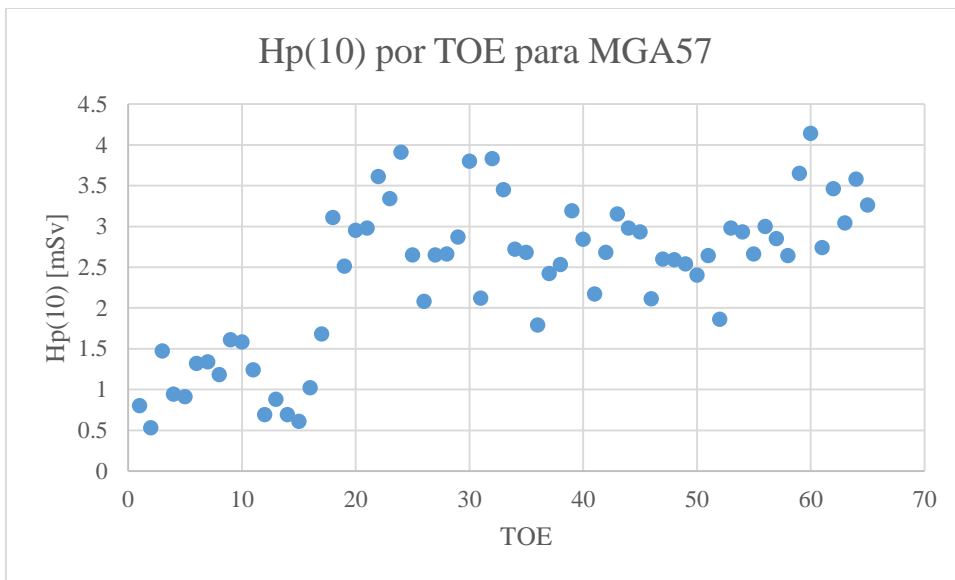


Gráfico 21.- En esta institución del año 2001 al 2005 se observa que las dosis recibidas por los TOES están en el rango de 0.53 hasta 4.14 mSv.

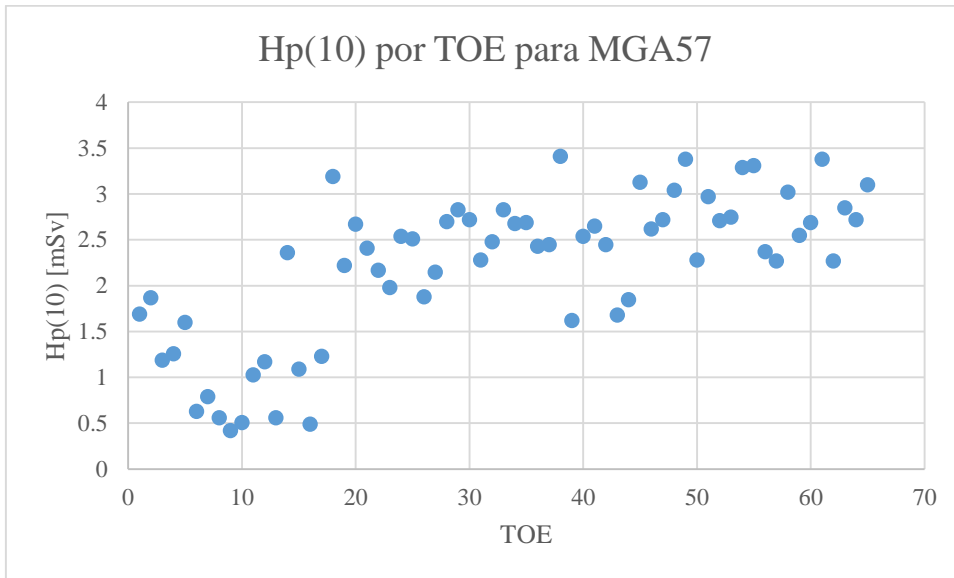


Gráfico 22.- En esta institución del año 2006 al 2010 se observa que las dosis recibidas por los TOES están en el rango de 0.42 hasta 3.41 mSv.

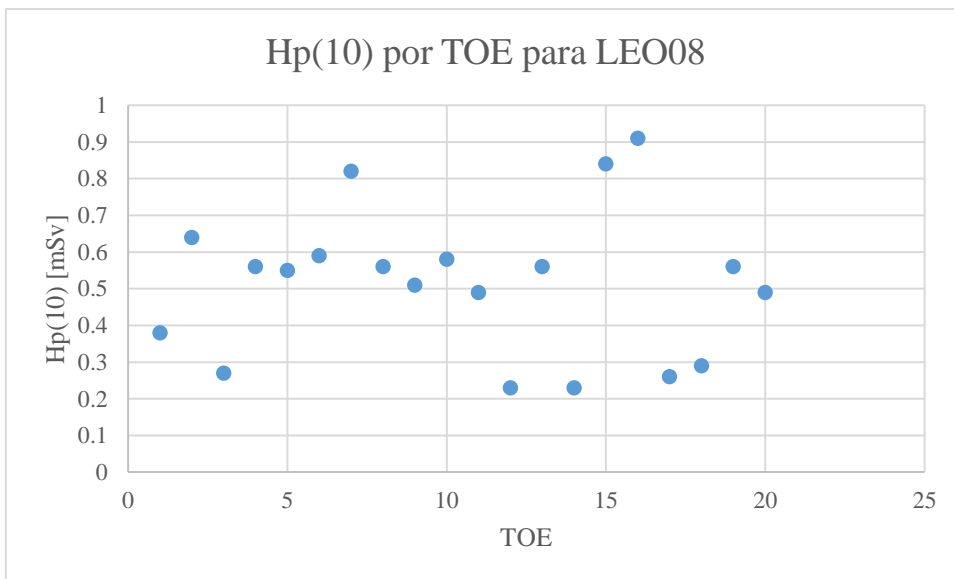


Gráfico 23.- Esta institución presenta datos de dosis acumulada en el año 2000 de 0.23 hasta 0.91mSv.

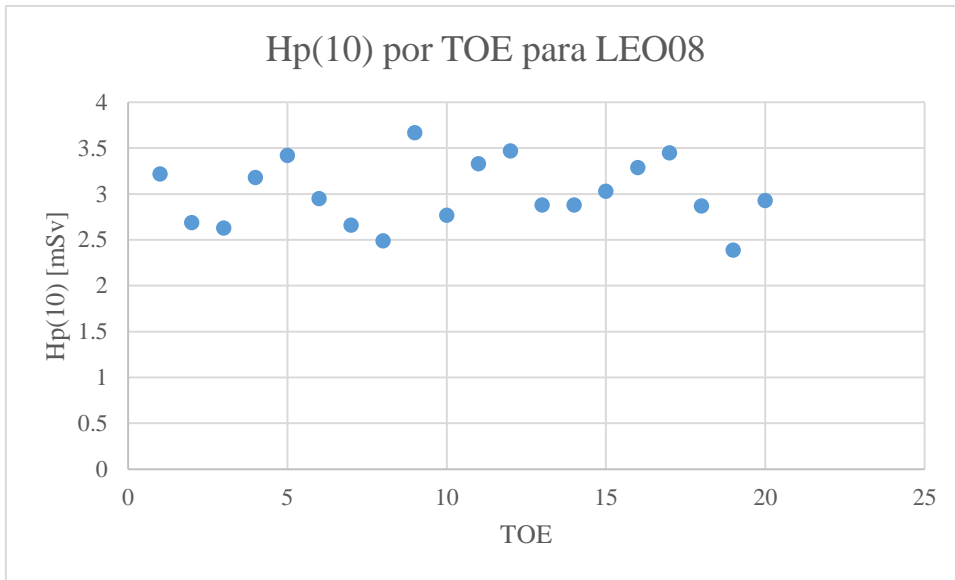


Gráfico 24.- Esta institución presenta datos de dosis acumulada del año 2001 al 2005 de 2.39 hasta 3.67mSv.

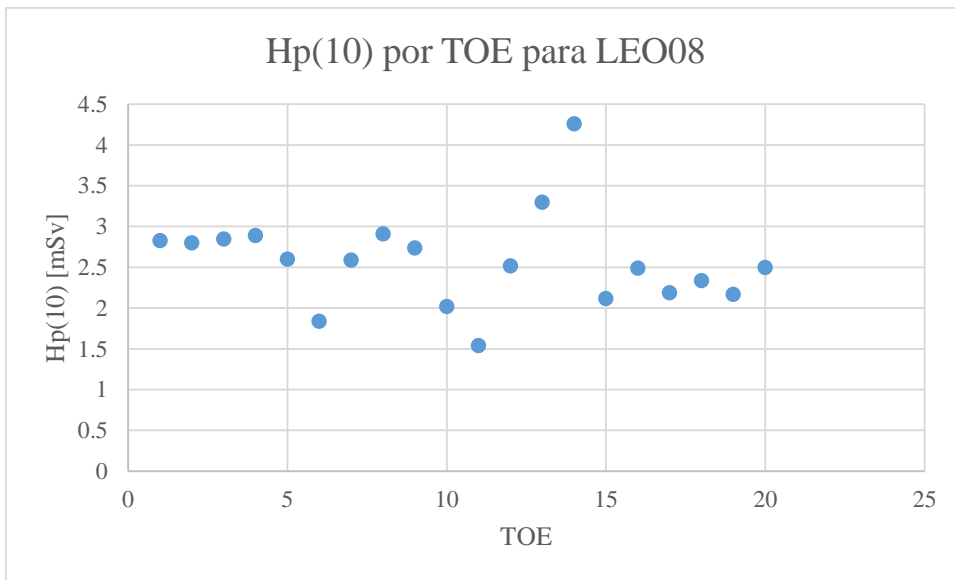


Gráfico 25.- Esta institución presenta datos de dosis acumulada del año 2006 al 2010 de 1.54 hasta 4.26mSv.

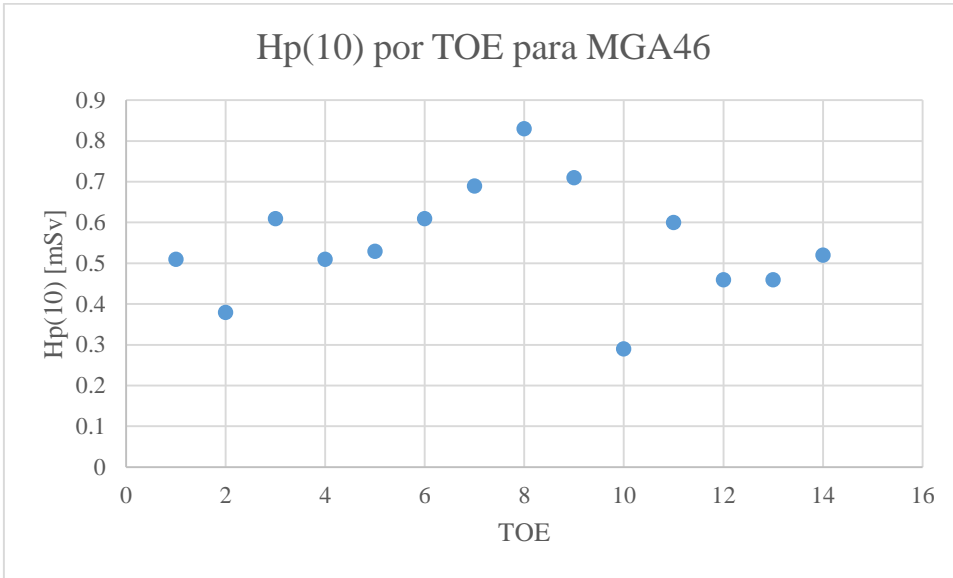


Gráfico 26. Dosis acumuladas en el año 2000 se encuentran entre 0.83 y 0.29mSv.

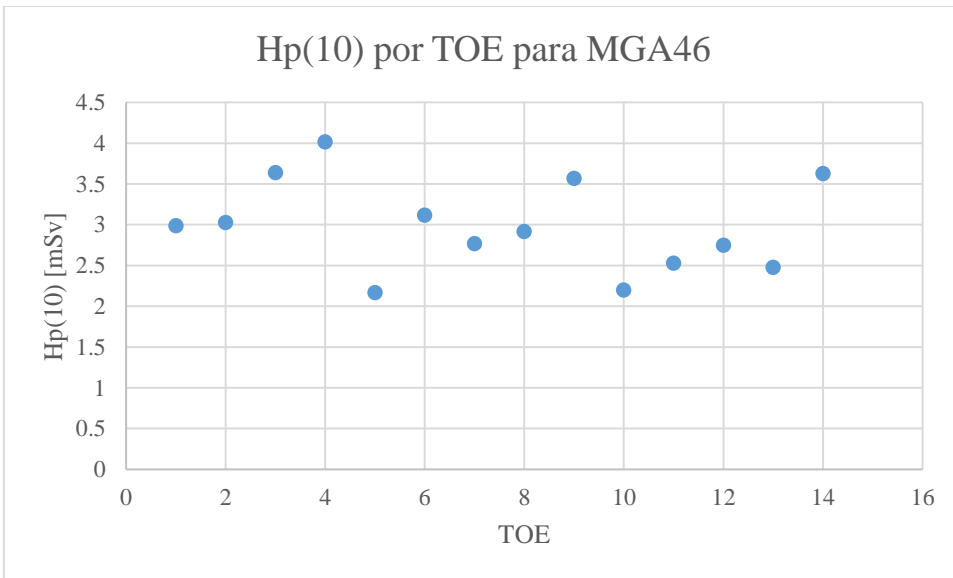


Gráfico 27. Dosis acumuladas del año 2001 al 2005 se encuentran entre 4.02 y 2.17mSv.

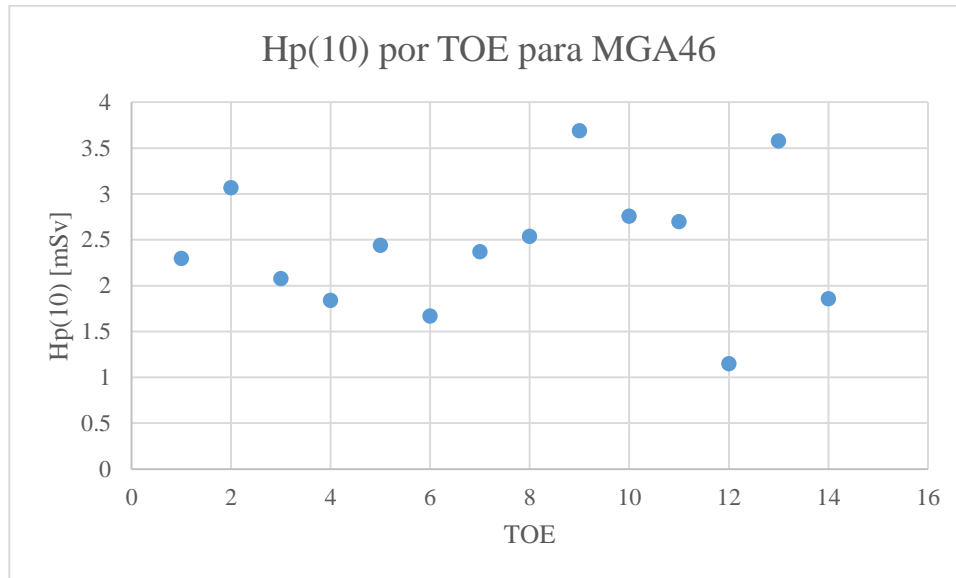


Gráfico 28. Dosis acumuladas en el año 2006 al 2010 se encuentran entre 3.69 y 1.15mSv.

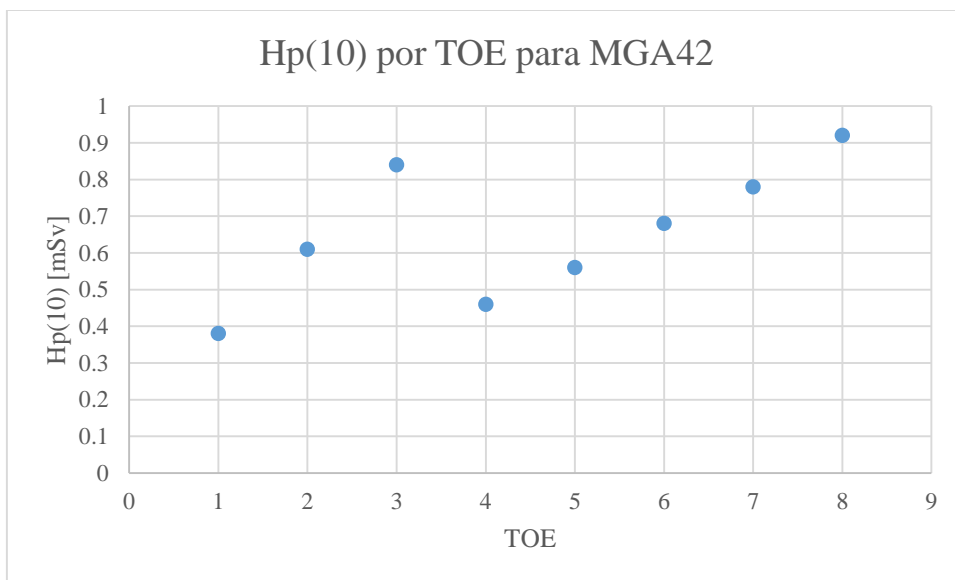


Gráfico 29. Dosis acumulada en el año 2000 entre 0.92 y 0.38mSv.

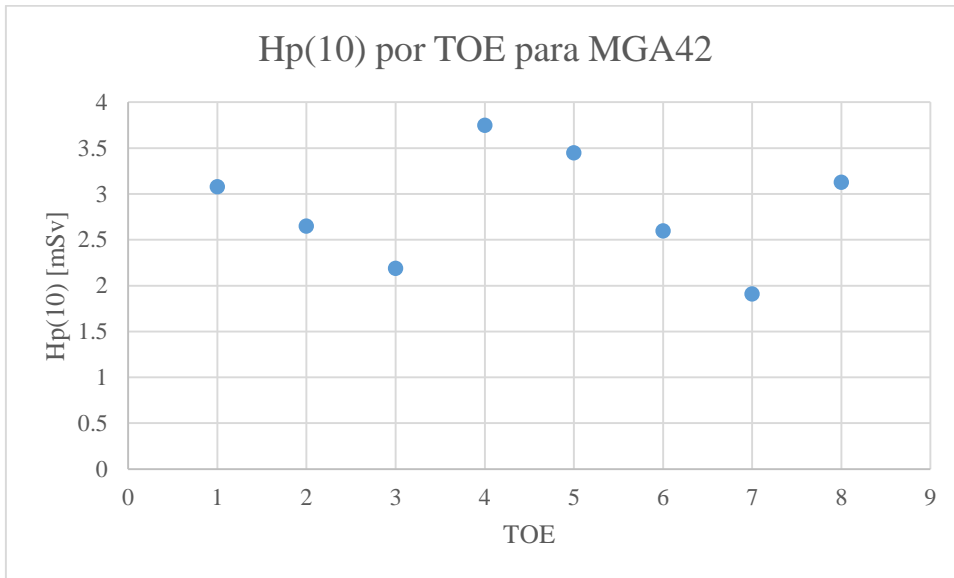


Gráfico 30. Dosis acumulada del año 2001 al 2005 entre 3.75 y 1.91mSv.

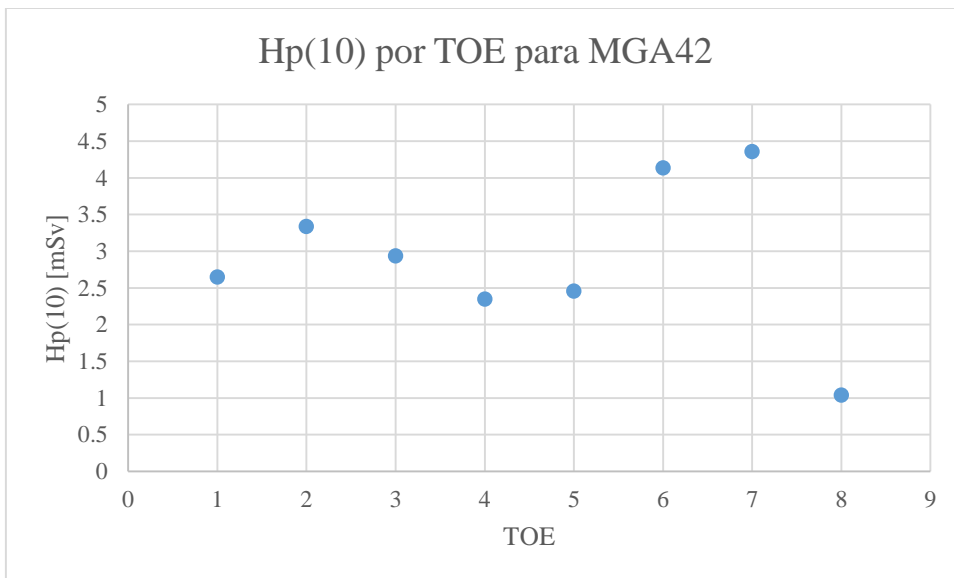


Gráfico 31. Dosis acumulada del año 2006 al 2010 entre 4.36 y 1.04mSv.

En los gráficos siguientes se muestra un resumen de la dosis máxima acumulada por TOE en los periodos correspondientes.

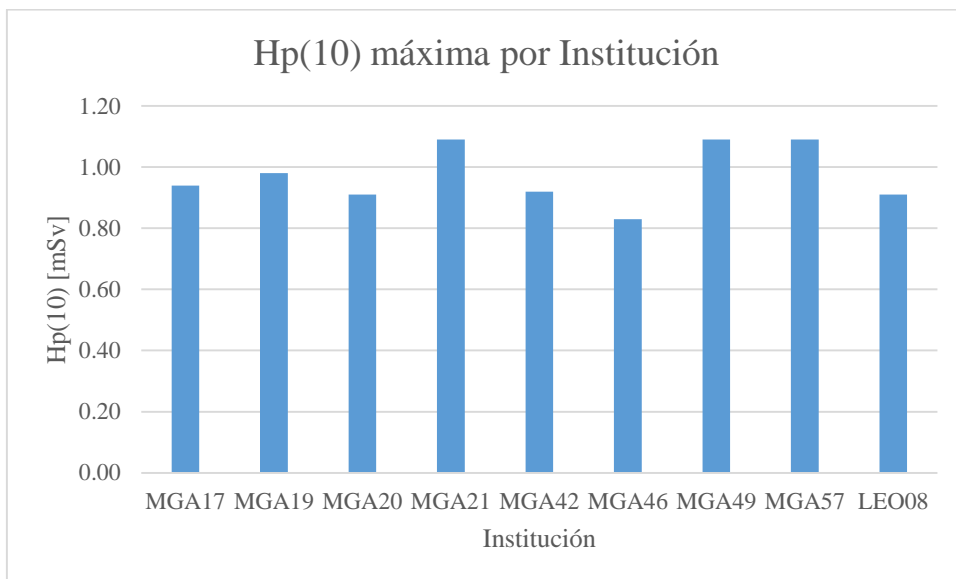


Gráfico32. Dosis máxima acumulada por TOE para el año 2000.

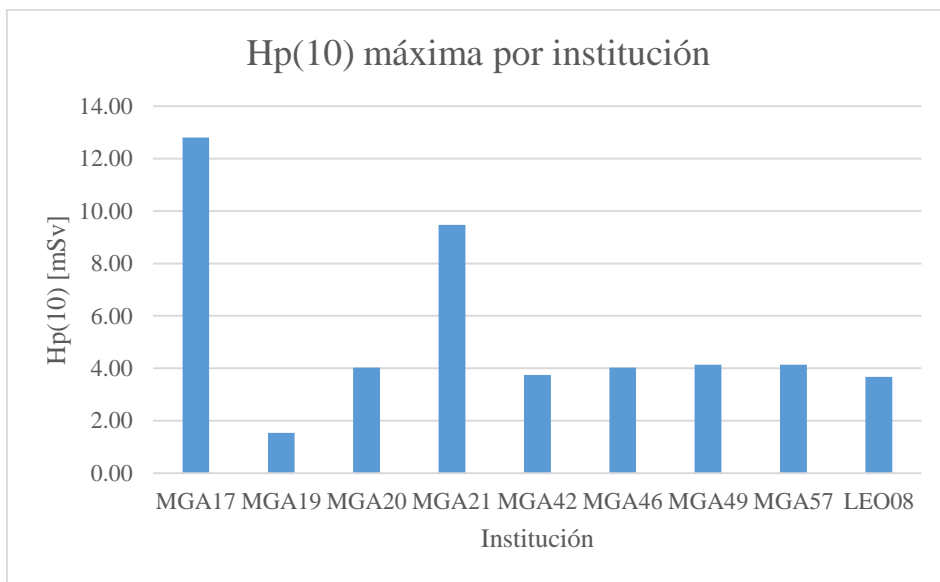


Gráfico33. Dosis máxima acumulada por TOE para el periodo del 2001 al 2005.

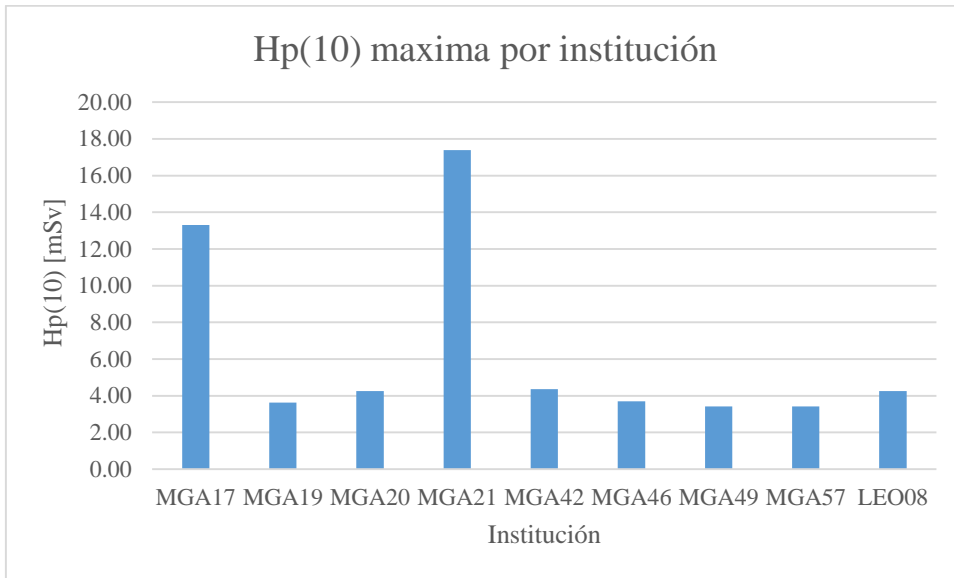


Gráfico34. Dosis máxima acumulada por TOE para el periodo del 2006 al 2010.

En el gráfico siguiente podemos observar las dosis promedio recibidas por los TOES en un periodo de 10 años.

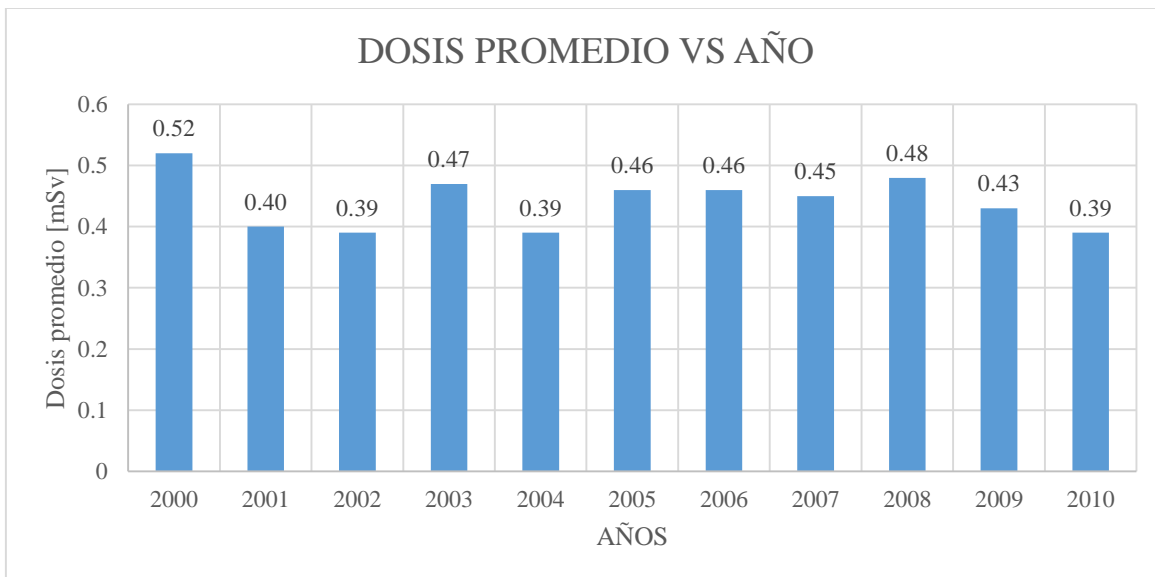


Gráfico35. Muestra las dosis promedio por año de los trabajadores

7. CONCLUSIÓN:

- Se ingresaron al Registro Nacional de Dosis la cantidad de 4, 429 dosis de 484 TOE colaboradores de 9 instituciones donde 44% eran de carácter privado y 56% publicas considerando el periodo del 2000 al 2010.
- En el análisis realizado según la información presentada en tablas y gráficas, podemos concluir que las mayores dosis presentadas son de 1.09mSv en el año 2000, 12.81mSv en el periodo del 2001 al 2005 y de 17.39mSv del 2006 al 2010. Los límites establecidos a nivel nacional para la exposición ocupacional de trabajadores son:
a) una dosis efectiva de 20mSv por año como promedio en un periodo de cinco años consecutivos y b) una dosis efectiva de 50mSv en cualquier año.
En ninguno de los casos (a y b) los límites de dosis fueron sobrepasados, considerando los diferentes periodos.
- Por otro lado, el gráfico no. 35 muestra que la dosis anual promedio para todos los TOE es inferior a 1mSv. Podemos observar que los valores de dosis anual promedio están alrededor de 0,5mSv. Comparados con los límites nacionales de 20mSv al año podemos concluir que los valores presentados en la gráfica están muy por debajo.

8. BIBLIOGRAFÍA:

Esteves Echanique, R.(2018). Dosimetría radiológica. Quito, Ecuador: © Edifarm.

OIEA – Organismo internacional de energía atómica (2004) Evaluación de la exposición ocupacional debida a fuentes externas de radiación, (Viena,OIEA)

OIEA – Organismo internacional de energía atómica (1997) Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación, (Viena,OIEA)

OIT – Organización internacional del trabajo. (2011) Protección de los trabajadores frente a la radiación (Ginebra,Suiza)

ICRP – Comisión internacional de protección radiológica. (2011) Protección radiológica en medicina (Madrid).

ICRP – Comisión internacional de protección radiológica. (2007) Las recomendaciones (Madrid).