



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA**
UNAN - MANAGUA

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua

(UNAN-MANAGUA)

Recinto Universitario Rubén Darío

Facultad de ciencias e Ingeniera

Departamento de física

**SEMINARIO DE GRADUACION PARA OPTAR AL TITULO DE LICENCIADO EN FISICA CON
MENCION EN FISICA MEDICA.**

Tema: Protección Radiológica Ocupacional.

**Subtema: Resultados de la Vigilancia Radiológica Individual dela Exposición Externa en el Área
Industrial del 2010 al 2018.**

Autores:

Br. Greybin Antonio Guzmán Santana.

Br. Sergio Josué Martínez Velásquez.

Tutora:

MSc. Norma Roas Zuniga.

Asesor:

Lic. Joselin Meza Martínez.

MANAGUA, NICARAGUA 2019

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios primeramente por ser el ser que día a día me dio fuerzas para seguir adelante.

A mis padres y hermanos quienes fueron de mucha importancia en el transcurso de mi formación.

A mis hijos que son el motivo de mi alegría y de luchar perseverantemente, ante todo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser el creador, por darnos el privilegio de la existencia, por darnos la fortaleza y guía espiritual desde el inicio hasta el día de hoy.

A la MSc. Norma Zúniga por la dedicación y la paciencia.

A la Lic. Joselin Meza quien nos apoyó para la realización del trabajo.

A los docentes de la Facultad de Ciencias e Ingeniería.

A nuestro director de Departamento de Física Dr. Noel Zelaya.

Br. Greybin Antonio Guzmán Santana

Br. Sergio Josué Martínez Velázquez

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN DEL TEMA Y SUBTEMA	1
II.	JUSTIFICACIÓN.....	2
III.	OBJETIVOS.....	4
	3.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
	3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
IV.	DESARROLLO DEL SUBTEMA	5
	4.1 REGISTRO NACIONAL DE DOSIS.	5
	4.2. Los principales clasificadores del RND.	7
V.	DOSIMETRÍA PERSONAL OCUPACIONAL.....	8
	5.1 MEDIDAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA.....	9
VI.	CLASIFICACION DE LAS ZONAS SEGÚN SU USO	10
VII.	MEDIDORES NUCLEARES.....	12
	7.1 Medidores nucleares Fijos o estacionarios.....	13
VIII.	ANALISIS Y RESULTADOS.....	14
IX.	CONCLUSIONES	33
X.	BIBLIOGRAFÍA	34
XI.	GLOSARIO.....	35

VALORACIÓN DEL DOCENTE

Managua, Nicaragua
13 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 Greybin Antonio Guzmán Santana y Sergio Josué Martínez Velásquez, 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 **Resultado de la vigilancia radiológica individual de la exposición externa en el área industrial del 2010 a 2018**. 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

RESUMEN

En este trabajo se analizaron las dosis recibidas por los trabajadores ocupacional mente expuesto en la práctica de medidores Nucleares en la Industria, estos datos fueron obtenidos de los informes de ensayo del Laboratorio de Dosimetría Externa (LDE) del Laboratorio de Física de Radiaciones y Metrología (LAF-RAM), para fue necesario ingresar los datos al Registro Nacional de Dosis (RND) el cual es administrado por el LAF-RAM, en el periodo del 2010 a 2018 para comparar las Dosis, con los Límites de Dosis según la reglamentación Nacional.

En total se analizó las dosis de 254 TOE en la cual fueron registradas 2, 328 dosis e incluidas en el sistema, como resultado podemos comentar que la mayor dosis acumulada en el periodo de 9 años fue de 17.21 mSv. Si se considera el límite de dosis para ocupacional, el cual es de 20mSv en un año, podemos concluir que aun en el periodo evaluado no se supera dicho límite.

I. INTRODUCCIÓN DEL TEMA Y SUBTEMA

La vigilancia radiológica individual de la exposición ocupacional en el período 2010 al 2018, indican que el número de trabajador ocupacionalmente expuesto (TOE) monitoreados a través de dosimetría termoluminiscente (TLD) mantiene su tendencia creciente. En este sentido, se presenta el comportamiento del número de trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOE) monitoreado, en las industrias.

Descripción del servicio de dosimetría personal externa del LAF-RAM

El Laboratorio de Dosimetría personal Externa lleva a cabo un servicio de dosimetría personal que abarca la vigilancia radiológica de la exposición individual a la radiación ionizante al trabajador ocupacionalmente expuesto (TOE) (área médica y área industrial). El servicio consiste en un sistema de dosimetría termoluminiscentes (TLD) que consta con dos equipos de tipos automáticos.

Tales dosímetros permiten detectar la magnitud de dosis de cuerpo entero (vigilancia entre 1 o 2 meses) para el trabajador ocupacionalmente expuestos a la dosis equivalente personal $H_p(10)$, en industrias por ejemplo los que utilizan densímetros nucleares. También se utilizan los detectores Geiger- Müller en la industria para el monitoreo en el área del trabajador ocupacionalmente expuesto (TOE) a las radiaciones ionizantes.

II. JUSTIFICACIÓN

El conjunto de normas de protección radiológica es un factor fundamental en lo referente al mantenimiento de la seguridad de los trabajadores ocupacionalmente expuestos a la exposición externa de la radiación ionizante, y debe satisfacer los requisitos reglamentarios. La normativa de protección radiológica debería abarcar la estructura de gestión de la entidad reguladora, sus políticas, responsabilidades, procedimientos y disposiciones institucionales. Todo esto se establece para controlar los peligros de radiación, optimizar las medidas de protección radiológica, prevenir o reducir las exposiciones y mitigar las consecuencias de los incidentes potenciales.

El reglamento de protección radiológica debería adaptarse y configurarse para atender a las necesidades a nivel del país en función de las necesidades establecidas por la entidad reguladora. En el programa deberían tenerse en cuenta las complejidades y peligros asociados con las actividades que se prevé realizar para fines industriales. La entidad debería basarse en la evaluación de la seguridad y centrarse tanto en las situaciones de exposición previstas.

La ley vigente en materia de Protección Radiológica exige un control de las fuentes de radiaciones ionizantes y sus prácticas, por lo tanto, es imperativa la implementación de la Norma , Reglamento Técnico de Protección Contra las Radiaciones Ionizantes, ley 156, art 18- toda persona que por razón de su trabajo o actividad técnica profesional este expuesta a las radiaciones ionizantes, debe utilizar un sistema de dosimetría personal, salvo en aquellos casos en que las disposiciones reglamentarias determinen que no se requiere utilizar dicho sistema. Todo personal expuesto a las radiaciones ionizantes debe ser sometido a revisión médica periódica.

En otro contexto el objetivo general de registrar las dosis recibidas por los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOE) en la práctica de Medidores Nucleares en Nicaragua es la evaluación de las condiciones del lugar de trabajo y de las exposiciones individuales. La estimación de las dosis a los trabajadores con exposición rutinaria o potencial a fuentes externas de radiación contribuye a la integración de cualquier normativa de protección radiológica y nos ayuda a asegurar las condiciones radiológicas satisfactorias y aceptablemente seguras en el lugar de trabajo.

Por lo antes expuesto se analizan los resultados de la vigilancia radiológica individual de la exposición externa en el área industrial, del servicio de dosimetría personal del Laboratorio de Dosimetría Externa del Laboratorio de Física de Radiaciones y Metrología (LAF-RAM) en periodo 2010 a 2018 y dar un aporte, si lo hubiera en lo que respecta a la vigilancia radiológica individual de dichos TOE.

III. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Analizar las dosis recibidas por los Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOE) en la práctica de Medidores Nucleares en Nicaragua utilizando la base de datos del Registro Nacional de Dosis, en el periodo del 2010 al 2018.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Registrar resultados de vigilancia radiológica individual de la exposición externa en el área industrial del 2010 a 2018, en la base de datos del Registro Nacional de Dosis.
- ✓ Comparar los valores de la dosis recibida por los TOE que utilizan medidores nucleares con los límites nacionales.

IV. DESARROLLO DEL SUBTEMA

Las Normas de Seguridad del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) recomiendan que los organismos reguladores adopten medidas para el establecimiento de los registros de la exposición ocupacional.

Actualmente, Nicaragua cuenta con un Registro Nacional de Dosis (RND) que permite a la Autoridad Reguladora Nacional, disponer de datos únicos e históricos de la vigilancia radiológica del país. Esto contribuye a valorizar la información dosimétrica y facilita su utilización por parte de las organizaciones relacionadas con la seguridad en relación a la protección de la salud de los trabajadores expuestos. (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2016).

4.1 REGISTRO NACIONAL DE DOSIS.

El Registro Nacional de Dosis (RND) es un sistema de gestión de base de datos, que almacena de manera centralizada, controla y correlaciona toda la información generada por los diferentes servicios de vigilancia radiológica individual al TOE que se llevan a cabo en el país.

Un Registro Nacional Dosimétrico debe ofrecer una estructura apropiada para almacenar los datos relacionados con los trabajadores, la caracterización de las instituciones en la que laboran y la función que desempeñan y finalmente la exposición recibida (figura 1). El RND tiene que ser capaz de considerar la posibilidad de que un trabajador ocupacionalmente expuesto (TOE) pueda estar sujeto a diferentes tipos de exposición de las radiaciones Ionizantes en su entorno laboral.

(Ramos, 2015)

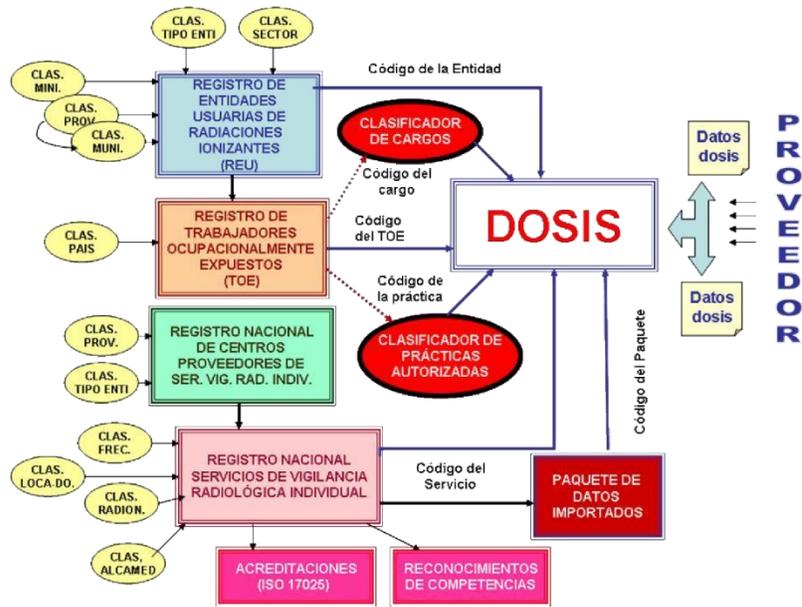


Figura 1. Estructura de Datos del RND (Ramos, 2015)

Los registros que constituyen el corazón en la gestión de información del Registro Nacional de Dosis son:

- Registro Nacional de Entidades Usuarias de Radiaciones Ionizantes. Este es un registro fundamental para organizar la información dosimétrica del país, pues aporta los datos básicos de la ubicación de todos los trabajadores ocupacionalmente expuestos.
- Registro Nacional de Trabajadores Ocupacionalmente Expuestos (TOE): Constituye la base para identificar al personal que esta o ha estado sujeto a vigilancia radiológica individual en el país, describir su posición con relación a las fuentes de exposición y enlazar la información con los datos de las entidades usuarias.
- Servicios de Vigilancia Radiológica Individual que se han ejecutado y que han contribuido al historial dosimétrico de los TOE.
- Información histórica, de los resultados obtenidos de las dosis en medidores nucleares en Nicaragua asociado a los proveedores de los Servicios. Esta información puede ser usada para certificar la calidad de los datos dosimétricos obtenidos en el periodo que se desea evaluar en el caso particular de este estudio es el 2010 a 2018.

- Registro Dosimétrico Nacional. Es el fichero principal de la aplicación, que almacena el historial dosimétrico TLD del país.

4.2. Los principales clasificadores del RND.

- Clasificador de las prácticas de radiaciones ionizantes autorizadas en el país.
- Clasificación de los cargos con responsabilidades en el trabajo con radiaciones.

Desde diseño del Prototipo de Registro Nacional de Dosis, se estableció como premisa fundamental, que la información de los resultados de la vigilancia radiológica de los Trabajadores ocupacionalmente expuesto a las radiaciones ionizantes, tanto la anterior como la actual y posterior, se incorporan al RND cuando se pueda identificar al trabajador sin ninguna equivocación, la entidad para la cual trabajaba, la práctica que realiza y el cargo que ocupa vinculado al trabajo con radiaciones, el Proveedor de la información, la variable y el valor objeto de vigilancia y el período en que se ha obtenido (figura 2). (Ramos, 2015)



Figura 2. Premisa de Trazabilidad. (Ramos, 2015)

V. *DOSIMETRÍA PERSONAL OCUPACIONAL*

Se define como la estimación de dosis equivalente, profunda y superficial que recibe un trabajador ocupacionalmente expuesto a las radiaciones ionizantes, las cuales se obtienen mediante la lectura del dosímetro asignado, donde es llevado por el TOE durante todo su periodo laboral.

La dosimetría se basa en un fenómeno producido por la radiación ionizante inducida sobre los electrones libres de un determinado material, los que pueden quedar atrapados en los defectos de la estructura cristalina. Estos electrones escapan como termoluminiscencia (o TL) cuando un material es calentado hasta una temperatura inferior a la de incandescencia, produciendo emisión de luz. Se trata de emisión de energía previamente absorbida como resultado de un estímulo térmico. La intensidad de luz liberada tiene relación directa con la exposición a la radiación ionizante sufrida por el material, que se traduce en dosis.

En el proceso de lectura, durante el calentamiento, la luz emitida del material termoluminiscente es recibida por un fotomultiplicador u otro dispositivo sensible a la luz.

La representación gráfica de la luz luminiscente con la temperatura se llama “curva de brillo” (“glow curve”). La forma de la curva depende del tipo y cantidad de impurezas y defectos de la red presentes en la fuente. El tubo fotomultiplicador tiene una alta sensibilidad, alta relación señal–ruido y un gran margen dinámico.

La dosis acumulada en este material TLD se define como proporcional al área bajo la curva de brillo obtenida. Esta dosis en el material termoluminiscente se destruye durante el proceso de lectura quedando listo para registrar una nueva exposición posible a las radiaciones ionizantes (si bien algunos materiales deben recibir un calentamiento adicional antes de usarse nuevamente).

El mecanismo de la termoluminiscencia es complejo y, aunque se han formulado modelos teóricos generales, cada pastilla termoluminiscente es única y los modelos que corresponden a materiales específicos muestran características muy diferentes. Los TLD son cada vez más aceptados en dosimetría personal por las siguientes razones:

- a. Existencia de materiales termoluminiscentes aproximadamente equivalentes al tejido.
- b. Sensibilidad y exactitud suficientemente elevadas tanto para la vigilancia radiológica individual como la del medio ambiente.
- c. Disponibilidad comercial en forma de pequeños detectores sólidos que resultan adaptables tanto para el procesamiento automático como el manual.
- d. Idónea para la dosimetría beta de la piel y extremidades.
- e. Disponibilidad de materiales con excelente estabilidad a largo plazo bajo condiciones ambientales variables.
- f. Facilidad de procesamiento.
- g. Posibilidad de reutilización.
- h. Linealidad de la respuesta con la dosis y tasa de dosis en un amplio margen hacia la dosis individual de los trabajadores ocupacionales.

5.1 MEDIDAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA.

Trabajadores expuestos a la radiación: son las personas que, por razones de su trabajo profesional, están sometidas a un riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes en el que pueden recibir dosis anuales superiores a 1 mSv.

Las medidas concretas de protección radiológica se basan en la:

- Vigilancia radiológica individual: la vigilancia dosimétrica individual en la industria (deben llevar dosímetros personales para determinar, no solo que la dosis que reciben están por debajo de los límites reglamentarios, sino que el trabajo se realiza en las condiciones adecuadas) y la vigilancia médica.

Las dosis recibidas por los trabajadores ocupacionalmente expuestos se determinan por dosimetría externa (riesgo de irradiación) o dosimetría interna (riesgo de contaminación), mediante medidas o análisis adecuado.

(Rugama, 2016)

VI. CLASIFICACION DE LAS ZONAS SEGÚN SU USO

Las zonas de trabajo en función de las dosis anuales previstas y el riesgo de una contaminación o exposición se clasifican en zona vigilada cuando existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1 mSv/año (límite del público) e inferiores a 6 mSv/año ó zona controlada cuando se puede superar esta cifra.

Dentro de esta última categoría, se considera zona de permanencia limitada, cuando existe riesgo de recibir una dosis superior a los límites anuales establecidos, zona de permanencia reglamentada cuando se puede recibir, en una única exposición, dosis superiores a los límites reglamentarios en cortos periodos de tiempo o zona de acceso prohibido cuando se puede recibir, en una única exposición, dosis superiores a los límites reglamentarios.

Estas zonas se señalizan con el símbolo internacional de radiactividad trébol con puntas radiales (riesgo de irradiación externa) o con campo punteado (riesgo de contaminación).

Tienen los siguientes colores:

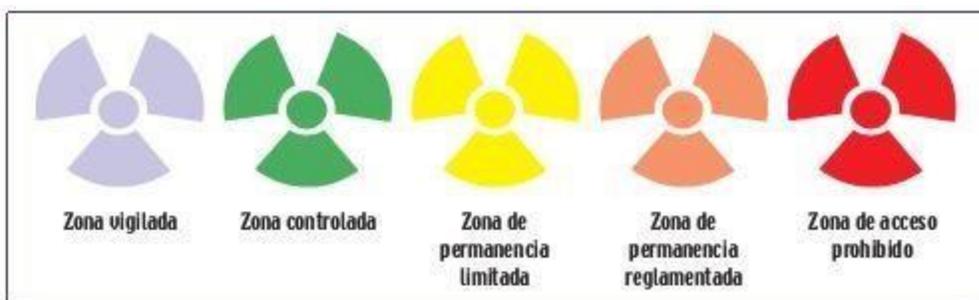


FIGURA 9. Señalización internacional de radiocatividad

(Rugama, 2016)

- Zona vigilada: gris azulado
- Zona controlada: verde
- Zona de permanencia limitada: amarillo
- Zona de permanencia reglamentada: naranja
- Zona de acceso prohibido: rojo

Clasificación de los trabajadores expuestos en función de las condiciones de trabajo. Pueden ser de categoría A (cuando pueden recibir una dosis superior a 6 mSv por año) o de categoría B (cuando es muy improbable que reciban estas dosis).

Los trabajadores expuestos de categoría A están sometidos, obligatoriamente a una vigilancia radiológica, tanto previamente a ocupar su puesto de trabajo como periódicamente, que permiten evaluar su aptitud para ejercer sus funciones.

Aplicación de las normas y medidas de control según las zonas y las categorías de los trabajadores expuestos. Una de las medidas fundamentales es su formación previa ya que deben estar instruidos sobre todas las normas de protección radiológica y sus medidas de control en la instalación antes de estar en disposición de poder ocupar su puesto laboral.

La vigilancia radiológica individual se establece con el fin de realizar consideraciones higiénico-radiológicas y tomar medidas preventivas y correctivas acerca de las exposiciones profesionales del personal que labora con radiaciones ionizantes.

Esta se sustenta sobre la base del control dosimétrico de los trabajadores expuestos, en la industria y es el medio por el cual se pueden realizar estas valoraciones y relacionarlas con el estado de salud del personal monitoreado.

(Rugama, 2016)

VII. MEDIDORES NUCLEARES

¿Qué es un medidor nuclear?

Es un equipo de medición y análisis de los resultados derivados de la interacción de las radiaciones ionizantes con la materia y que es utilizado para el control de procesos productivos o la comprobación de la calidad de un producto. Generalmente está conformado por una fuente radiactiva o un emisor de radiaciones ionizantes, un detector de radiaciones y la electrónica asociada al sistema de adquisición y procesamiento de datos.

Tipos de medidores nucleares

- Medidores Nucleares de transmisión
- Medidores Nucleares de retro dispersión
- Medidores Nucleares reactivos
- Medidores Nucleares fijos
- Medidores Nucleares portátiles
- Medidores Nucleares móviles



figura 3, muestra los diversos medidores utilizados en la industria fijos y estacionarios.

(Organismo Internacional de Energía Atómica, 2016)

7.1 Medidores nucleares Fijos o estacionarios

Equipos que se diseñan e instalan para ser operados en una posición fija. Ejemplo: Medidores de nivel, flujo, densidad en diferentes procesos tecnológicos. Instalación y operación de los medidores nucleares fijos. Verificar las condiciones de instalación y operación de los medidores nucleares fijos o estacionarios. Debería verificarse que la documentación a ser evaluada para la instalación y operación de medidores nucleares fijos:

- instalación lo más apartado posible de lugares de permanencia habitual de personas.
- instrucción para las operaciones de limpieza y ajuste de los anclajes que sujetan la fuente y el detector antes del montaje del medidor nuclear.
- detalle de las medidas complementarias que impidan el acceso al medidor nuclear de personas no calificadas.
- procedimiento específico para trabajos en los locales donde están instalados los medidores nucleares.
- procedimiento para la vigilancia radiológica de las zonas supervisados
- controladas con la periodicidad establecida.

(Organización Internacional de Energía Atómica, 2011)

VIII. ANALISIS Y RESULTADOS

Para estudio del presente trabajo se analizarán los registros de la dosis acumulada de los TOE de nueve instituciones del área industria que laboran con Densímetros Nucleares en su mayoría. El periodo de medición comprende del año 2010 al 2018, sin embargo, algunas instituciones se ingresaron a partir del año 2015 y en otros casos solo se tiene registro del año 2019.

El cálculo de la dosis acumulada de los trabajadores ocupacionalmente expuestos del área industria se realizó primeramente con el ingreso de cada TOE a la base de datos del registro nacional de dosis proporcionada por el LAF-RAM. La misma consiste en seis hojas de trabajo la cual contiene la siguiente información:

1. Registro de Entidades (Nombre de la institución, código MINSA, tipo de entidad, dirección).
2. Información de la ciudad (código del municipio, código según el tipo de institución y practica).
3. Registro del Trabajador Ocupacionalmente Expuesto (información del trabajador, número de identificación, Nombre y apellido, Numero de cedula, sexo, fecha de nacimiento, país).
4. Registro Dosimétrico (En esta hoja se incluye el periodo de monitoreo y la dosis obtenida del TOE por institución).
5. Servicios (código según el servicio ya sea Dosimetría Externa o Dosimetría Interna)
6. Prácticas y Cargos (codificación de la práctica y de los cargos o función del trabajador).

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de instituciones ingresadas a la base de datos. Todas corresponden al sector privado del área industria. El periodo de monitoreo varia para cada una.

Tabla 1. Instituciones y cantidad de TOE seleccionados del área industria.

No	Institución	Cantidad de TOE
1	LEO15	12
2	MGA 93-CM/SYSTEMS	98
3	MGA01	19
4	MGA10	4
5	MGA11	6
6	MGA13	4
7	MGA39	22
8	MGA93-CM/DGA	88
9	MGA02	1

Finalizado el ingreso de las dosis se procedió a realizar la sumatoria de la dosis recibida por cada TOE, en las siguientes tablas y graficas se muestran los resultados de dosis acumulada por institución basado en el Registro Nacional de Dosis.

Tabla 2. Dosis acumulada LEO15 según periodo de medición.

TOE	Dosis acumulada (mSv) para LEO15	Periodo de medición
1	0.73	20-02-2018 al 22-07-2018
2	0.43	03-04-2018 al 22-07-2018
3	1.01	27-02-2018 al 22-07-2018
4	1.07	20-02-2018 al 22-07-2018
5	1.03	27-02-2018 al 22-07-2018
6	3.44	20-02-2018 al 22-07-2018
7	0.4	20-02-2018 al 22-07-2018
8	0.76	20-02-2018 al 22-07-2018
9	0.23	22-03-2018 al 03-04-2018
10	0.00	22-03.2018 al 06-06-2018
11	0.49	20-02-2018 al 27-02-2018
12	0.1	16-01-2018 al 20-02-2018

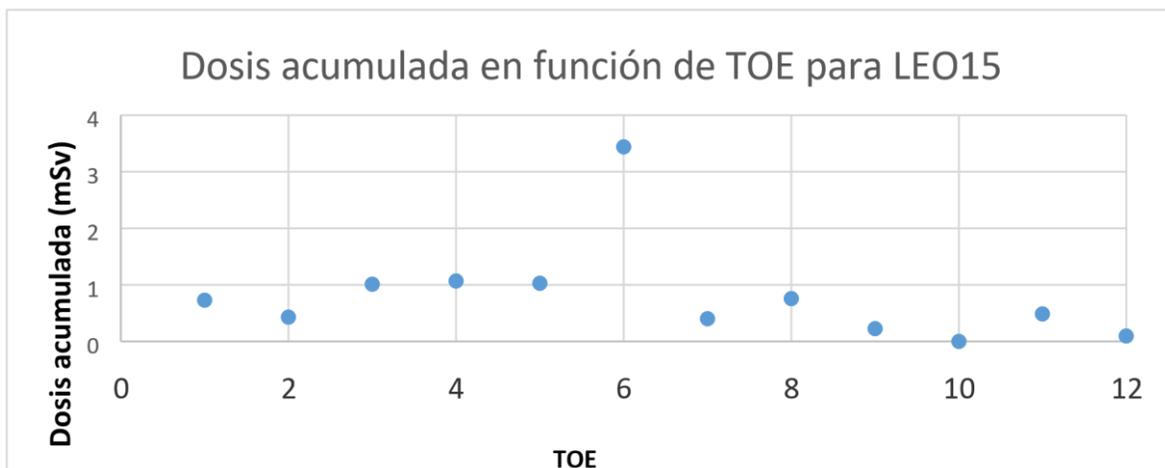


Gráfico 1. Dosis acumulada LEO15

En la gráfica 1. se observa que el TOE con la dosis acumulada máxima corresponde al trabajador número 6 con un total de 3.44 mSv, mientras que para el valor mínimo corresponde para el número 10 con 0.00 mSv. Esto se debe a que el periodo de monitoreo difiere para cada trabajador.

En la Tabla 3. se muestran los valores de las dosis acumuladas para cada TOE de MGA93CMSYSTEMS S.A, es importante mencionar que esta institución tiene un periodo de medición mensual.

Tabla 3. Dosis acumulada EBCO SYSTEMS S.A

TOE	Dosis acumulada (mSv) MGA93CM/SYSTEMS	TOE	Dosis acumulada (mSv) MGA93CM/SYSTEMS	TOE	Dosis acumulada (mSv) MGA93CM/SYSTEMS
1	1.47	42	0.44	83	1.67
2	1.38	43	0.41	84	1.39
3	1.33	44	0.19	85	0.59
4	1.2	45	1.69	86	0.21
5	2.19	46	0.99	87	0.62
6	1.83	47	2.41	88	1.57
7	1.25	48	1.6	89	0.78
8	2.03	49	1.19	90	0.91
9	0.66	50	2.95	91	0.57
10	1.83	51	1.42	92	1.21
11	0.42	52	1.62	93	1.31
12	1.36	53	1.52	94	1.82
13	0.67	54	1.08	95	0.79
14	0.28	55	0.64	96	1.24
15	2.19	56	0.61	97	1.69
16	0.65	57	0.36	98	1.03
17	1.17	58	1.08		
18	1.41	59	1.24		
19	0.97	60	1.4		
20	0.86	61	0.37		
21	0.97	62	1.48		
22	1.33	63	1.34		
23	0.21	64	0.4		
24	1.66	65	2.04		
25	0.6	66	1.21		
26	1.71	67	0.48		
27	1.51	68	0.65		

28	1.39	69	1.81		
29	0.3	70	1.51		
30	1.48	71	0.85		
31	0.65	72	0.46		
32	0.35	73	1.24		
33	1.33	74	0.72		
34	1.4	75	1.31		
35	1.22	76	1.47		
36	1.23	77	1.67		
37	0.58	78	0.48		
38	1.1	79	1.42		
39	2.22	80	0.4		
40	1.83	81	1.08		
41	0.96	82	0.38		

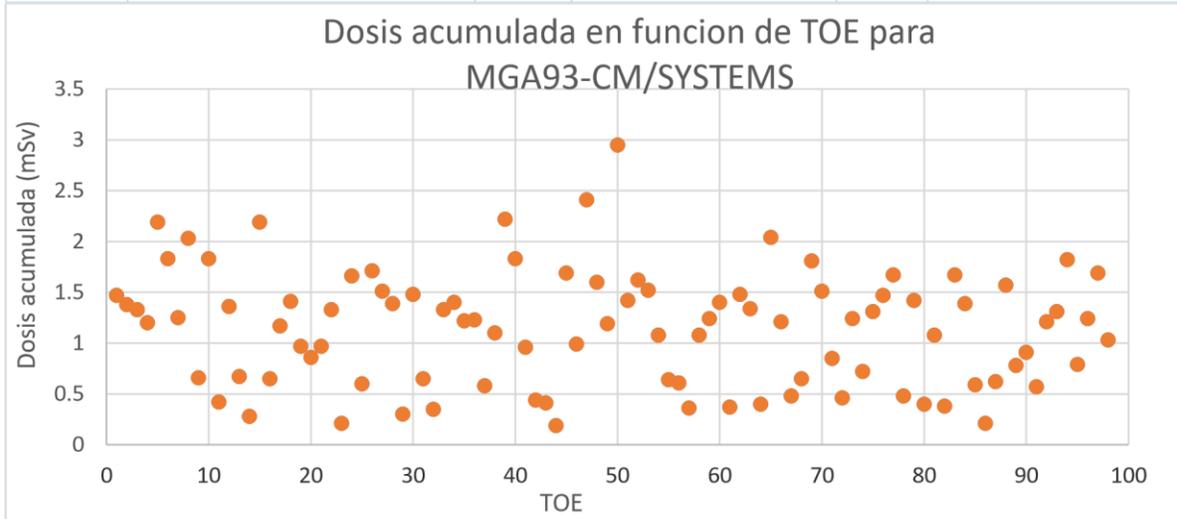


Gráfico 2. Dosis acumulada en función de TOE para MGA93-CM/SYSTEMS

En el gráfico 2. se muestran los valores obtenidos para MGA93-CM/SYSTEMS el valor máximo corresponde al trabajador número 50 con un total de 2.95 mSv y el valor mínimo corresponde al trabajador número 14 con un total de 0.28 mSv.

Tabla 4. Dosis acumulada MGA01 según periodo de medición.

TOE	Dosis acumulada (mSv) MGA01	Periodo de monitoreo	TOE	Dosis acumulada (mSv) MGA01	Periodo de Monitoreo
1	11.6	22-07-2004 al 2108-2018	10	4.54	16-08-2010 al 21-08-2018
2	2.36	10-09-2015 al 2609-2017	11	14.1	22-07-2004 al 21-08-2018
3	15.83	22-07-204 al 2108-20198	12	2.67	10-09-2015 al 21-08-2018
4	17.21	22-07-2004 al 2108-2018	13	12.4	22-07-2004 al 24-11-2018
5	3.83	21-05-2008 al 26-09-2017	14	14.4	22-07-2004 al 24-11-2018
6	4.64	13-02-2009 al 2609-2017	15	9.49	22-07-2004 al 24-11-2018
7	5.11	13-02-2009 al 0603-2018	16	5.84	22-07-2004 al 24-11-2018
8	15.9	10-09-2015 al 2108-2018	17	15.8	22-07-2004 al 21-08-20198
9	5.99	21-05-2008 al 2108 2018	18	7.05	22-07-2004 al 28-08-2007
			19	7.5	22-07-2004 al 28-08-2007

Dosis acumulada en función de TOE para MGA01

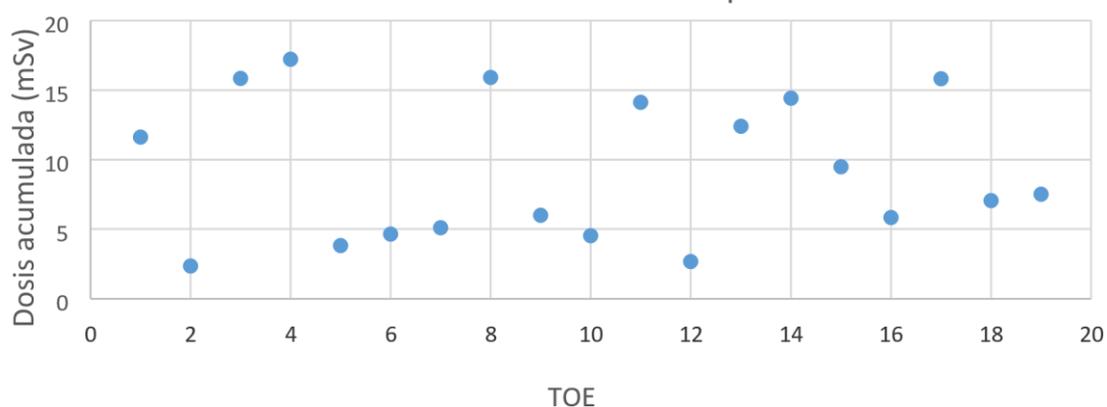


Gráfico 3. Dosis Acumulada en función de Toe para MGA01

Los valores de dosis acumulada máximos obtenidos para MGA01 corresponden al TOE número 4 con 17.21 mSv y el valor mínimo corresponden al número 2 con 2.36 mSv.

Tabla 5. Dosis acumulada MGA10

TOE	Dosis acumulada (mSv) para MGA10
1	2.05
2	2.06
3	1.29
4	2.73

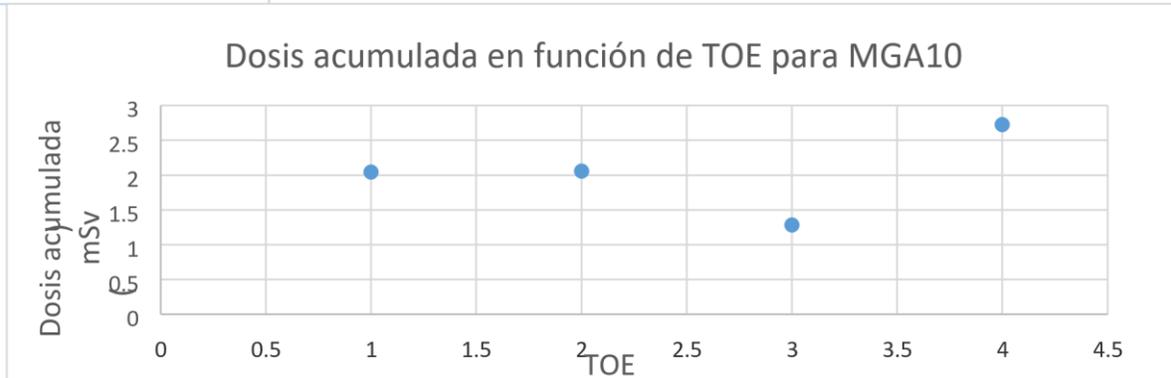


Gráfico 4. Dosis acumulada en función de TOE para MGA10

En la gráfica 4. se observa que el TOE con mayor dosis acumulada fue el número 4 con 2.73mSv y el de menor dosis fue el número 3 con 1.29 mSv.

Tabla 6. Dosis acumulada para MGA11

TOE	Dosis acumulada (mSv) para MGA11	Periodo de Monitoreo
1	0.67	29-01-2015 al 03-06-2015
2	5.54	29-01-2015 al 18-10-2018
3	2.25	29-01-2015 al 10-01-2018
4	2.2	15-04-2016 al 18-10-2018
5	0.25	05-04-2018 al 18-10-2018
6	0.15	05-04-2018 al 18-10-2018

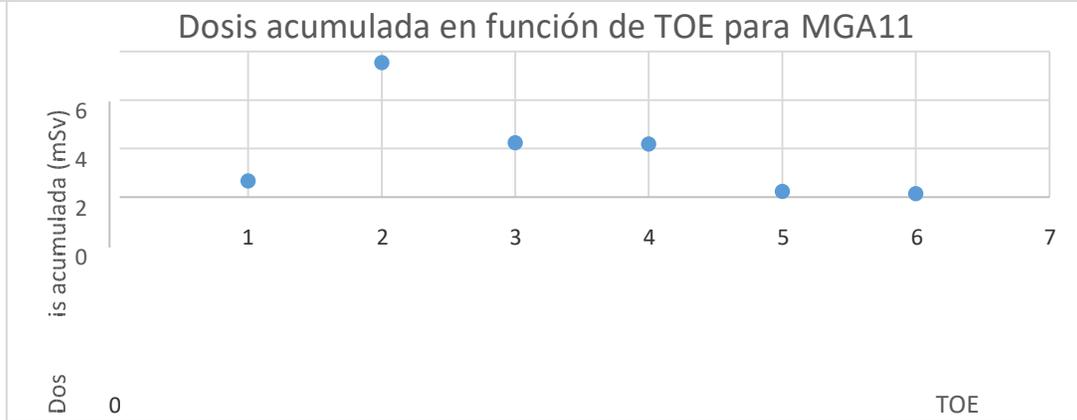


Gráfico 5. Dosis acumulada en función de TOE para MGA10

Los valores obtenidos muestran que el trabajador con mayor dosis acumulada fue el número 2 con 5.54 mSv y el de menor dosis acumulada fue el número 6 con 0.15 mSv.

Tabla 7. Dosis acumulada para MGA13

TOE	Dosis acumulada (mSv) para MGA13	Periodo de Monitoreo
1	3.46	19-10-2015 al 04-05-2018
2	0.33	26-10-2015 al 17-03-2017
3	2.62	17-03-2017 al 05-10-2018
4	0	04-05-2018 al 05-10-2018

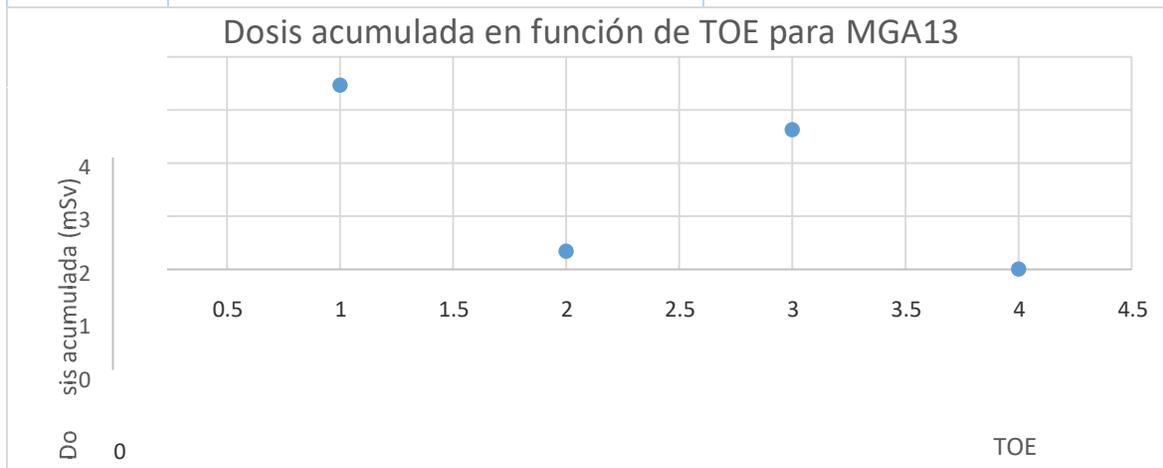


Gráfico 6. Dosis acumulada en función de TOE para MGA13

En la gráfica6. se observa que el TOE con la dosis acumulada máxima corresponde al trabajador número 1 con 3.46 mSv, mientras que para el valor mínimo corresponde para el numero 4 con 0.00 mSv. Esto se debe a que el periodo de monitoreo difiere para cada trabajador.

Tabla 8. Dosis acumulada para MGA39

TOE	Dosis acumulada (mSv) MGA39	TOE	Dosis acumulada (mSv) MGA39
1	0.61	12	0.71
2	1.98	13	0.93
3	0.99	14	3.57
4	1.85	15	2.81
5	1.07	16	1.5
6	3.67	17	0.25
7	0.27	18	1.11
8	2.13	19	3.21
9	2.9	20	0.61
10	2.01	21	1.1
11	2.3	22	1.11

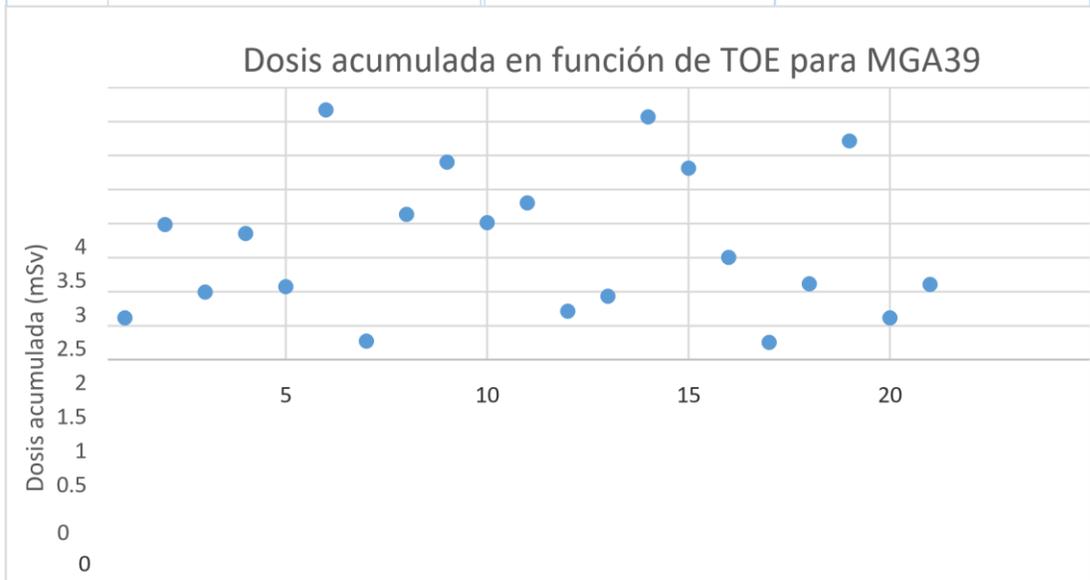


Gráfico 7. Dosis acumulada en función de TOE para MGA39

En la gráfica 7. se observa que el TOE con la dosis acumulada máxima corresponde al trabajador número 6 con 3.67 mSv, mientras que para el valor mínimo corresponde para el numero 17 con 0.25 mSv. Esto se debe a que el periodo de monitoreo difiere para cada trabajador.

Tabla 9. Dosis acumulada para MGA93-CM/DGA

TOE	Dosis acumulada (mSv) MGA93-CM/DGA	TOE	Dosis acumulada (mSv) MGA93-CM/DGA
1	1.25	45	1.71
2	1.05	46	0.4
3	1.45	47	0.7
4	0.58	48	1.21
5	1.25	49	1.12
6	1.37	50	1.22
7	1.17	51	1.2
8	1.11	52	0.24
9	0.48	53	1.02
10	0.64	54	0.25
11	0.94	55	0.99
12	1.66	56	0.98
13	0.52	57	0.65
14	0.57	58	0.85
15	1.06	59	0.42
16	1.39	60	0.27
17	1.71	61	1.11
18	1.17	62	1.23
19	1.25	63	1.27
20	0.74	64	0.73
21	1.34	65	0.96
22	1.26	66	0.85
23	0.39	67	1.6
24	1.59	68	1.43
25	0.99	69	1.76
26	1.16	70	0.93
27	1.18	71	1.14
28	0.28	72	1.21
29	1.11	73	1.66
30	0.43	74	0.68
31	0.08	75	0.92
32	0.95	76	1.09
33	0.44	77	0.44

34	0.77	78	0.79
35	1.04	79	1.44
36	0.55	80	1.04
37	1.11	81	0.39
38	1.04	82	1.44
39	0.98	83	1.29
40	1.88	84	0.91
41	0.5	85	1.93
42	1.48	86	1.12
43	0.7	87	1.28
44	1.71	88	1.38

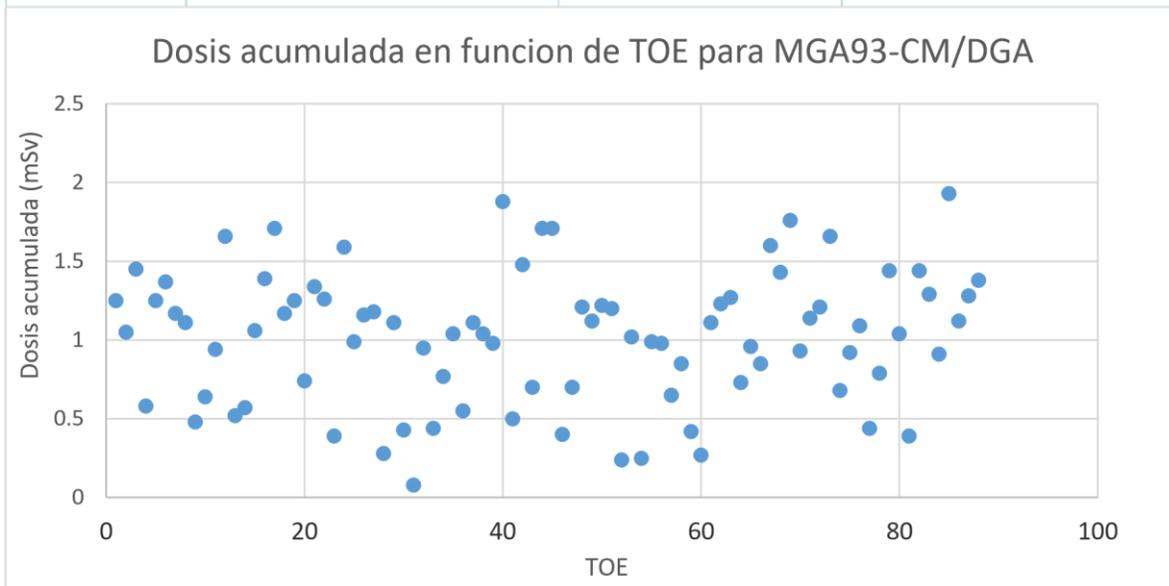


Gráfico 8. Dosis acumulada en función de TOE para MGA93-CM/DGA

Observamos que el trabajador con mayor dosis acumulada es el número 85 con 1.93 mSv y el TOE con menor dosis acumulada es el número 2 con 1.05 mSv.

En el siguiente grafico se muestra un resumen del resultado de la vigilancia radiológica ocupacional en los trabajadores ocupacionalmente expuestos en la industria según el periodo por institución.

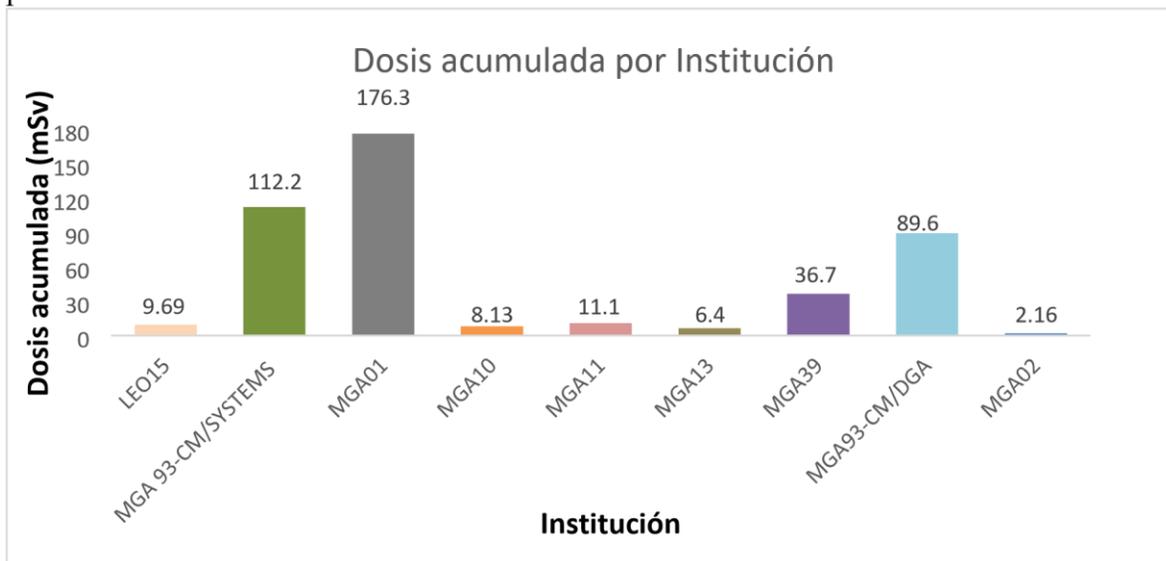


Gráfico 9. Grafico Resumen de la dosis acumulada por institución.

En el grafico 9. se observa que la Institución con más Dosis acumulada fue MGA01 con un total de 176.3 mSv en todo el periodo evaluado, y la institución con menos dosis obtenida fue MGA02 con un total de 2.16 mSv. Esto puede ser atribuido al periodo de monitoreo, ya que en el caso de la institución MGA01 se ingresaron valores de dosis a partir del año 2004 hasta el año 2018.

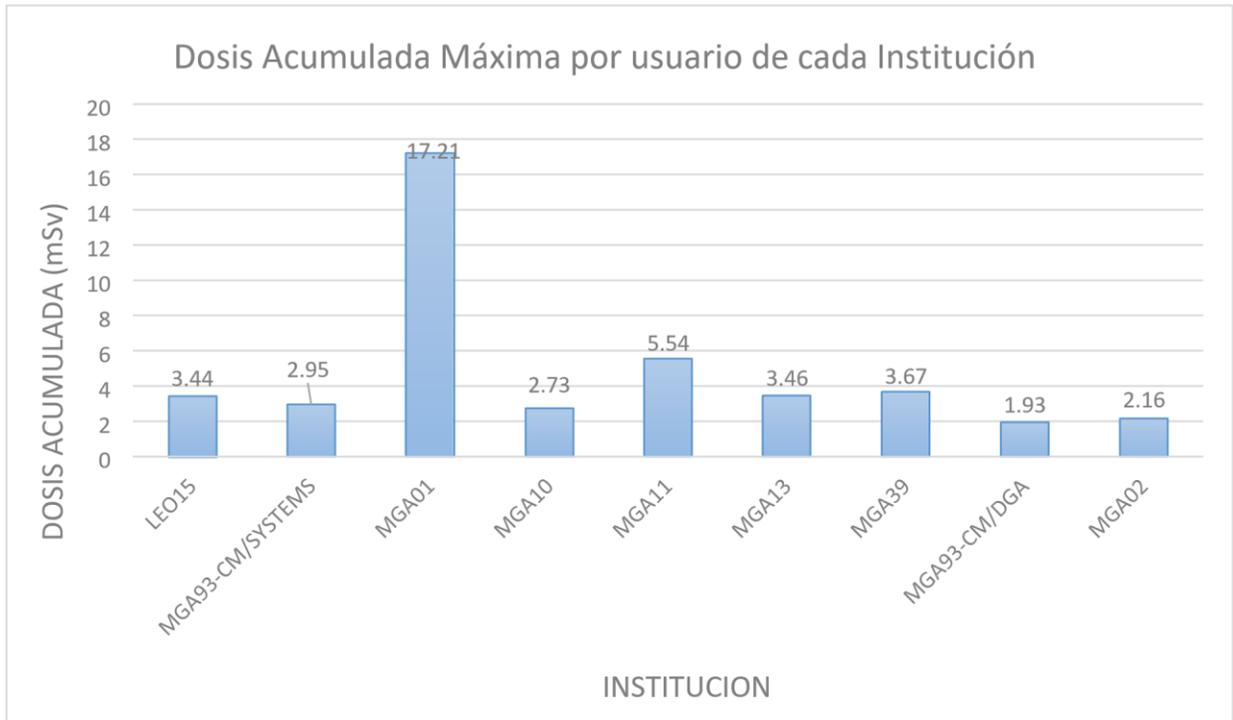


Gráfico 10. Dosis Acumulada máxima por usuario de cada institución

En el gráfico 10. se muestran los resultados de las Dosis Máximas de los TOE por entidad, el usuario con mayor Dosis Acumulada está en la institución MGA01 con un total de 17.21 mSv y el usuario con menor Dosis Acumulada está en la institución MGA93-CM/DGA con un total de 1.93 mSv.

Debido a que la única institución que tiene un periodo extenso de evaluación desde el 2004 hasta el 2018 y siguiendo con las recomendaciones de Comité Académico Evaluador se procedió a realizar el análisis de los datos haciendo cortes de cada 5 años para comparar con los límites establecidos.

Tabla 10. Dosis acumulada para MGA01 en 5 años (Periodo 2004 al 2008)

	2004	2005	2006	2007	2008	Dosis acumulada (mSv) (5años)
1	0,865	1,613	2,436	2,135	0	7,049
2					0,4	0,4
3	0,5	1,6	2,6	3,007	0,707	8,414
4	1,008	1,445	2,385	2,79	0,734	8,362
5	1.33	1.28	3.611	3.676	0.689	7.287
6	2.137	1.631	3.41	3.698	0.842	11.718
7	1.36	2.36	2.81	3.36	0.89	10.78
8	2.342	2.637	3.796	3.835	0.814	12.610
9	1.882	2.089	3.13	3.631	0.438	11.17
10	0.728	1.035	0.919	1.383	0.728	4.793
11	0.958	1.92	1.811	2.811		4.622

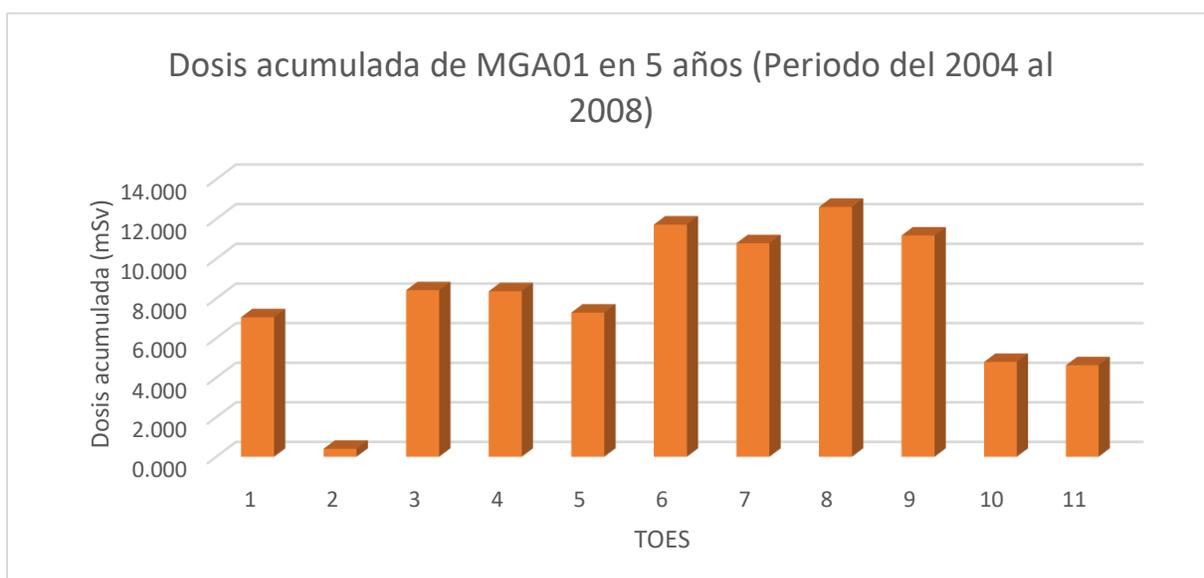


Gráfico 11. Dosis Acumulada de MGA01 en 5 años (2004 al 2008)

Gráfico 11. Dosis acumulada para MGA01 en 5 años, para comparar el límite de dosis que son 20 mSv/año la dosis mayor fue para el TOE número 8 con un total de 12.610 mSv de tal manera que está por debajo de los límites establecidos.

Tabla 11. Dosis acumulada para MGA01 a 5 años (periodo del 2009 al 2013)

	2009	2010	2011	2012	2013	Dosis acumulada (mSv) (5años)
1	0	0,7	0,15	0,26	0,43	1,54
2	1,01	0,87	0,31	0,14	0,29	2,62
3	0,99					0,99
4	1	0,57	0,5	0,31	0,14	2,52
5	1.02	0.72	0.07			1.81
6		0.68	0.14	0.21	0.31	1.34
7	1	0.63	0.24	0.19	0.26	2.32
8	1.02	0.59	0.19	0.27	0.35	2.42
9	0.82	0				0.82
10		0.55	0.47	0.18	0.3	1.5
11	1.01	0.69	0.18	0.31	0.44	2.63
12	1.05	0				1.05



Gráfico 12. Dosis Acumulada para MGA01 en 5 años (2009 al 2013)

Grafico 12. Dosis acumulada para MGA01 en 5 años (2009 al 2013) para comparar el límite de dosis establecido que son de 20 mSv/años, la dosis mayor fue para el TOE número 11 con un total de 2.63 mSv, de manera que se observa que sigue por debajo del límite establecido, para este según periodo de 5 años de evaluación.

Tabla 8. Dosis acumulada para MGA01 en 5 años (2014 a 2018)

	2014	2015	2016	2017	2018	Dosis acumulada (mSv) (5años)
1	0,6	0,24	0,76	0,4	0	2
2		0,52	1,36	0,48		2,36
3	0,5	0,23	0,7	0,3	1,24	2,97
4	0,63	0,25	0,76	0,42	0,91	2,97
5	0.6	0.25	0.68	0.27	1.4	3.2
6		0.16	0.76	0.44	1.31	2.67
7	0.57	0.22	0.71	0.44	1.23	3.17
8	0.6	0.17	0.8	0.65		2.22
9		0.24	0.73	0.49	14.44	15.9
10	0.55	0.19	0.63	0.39	1.4	3.16
11	0.64	0.23	0.8	0.45	0.36	2.48

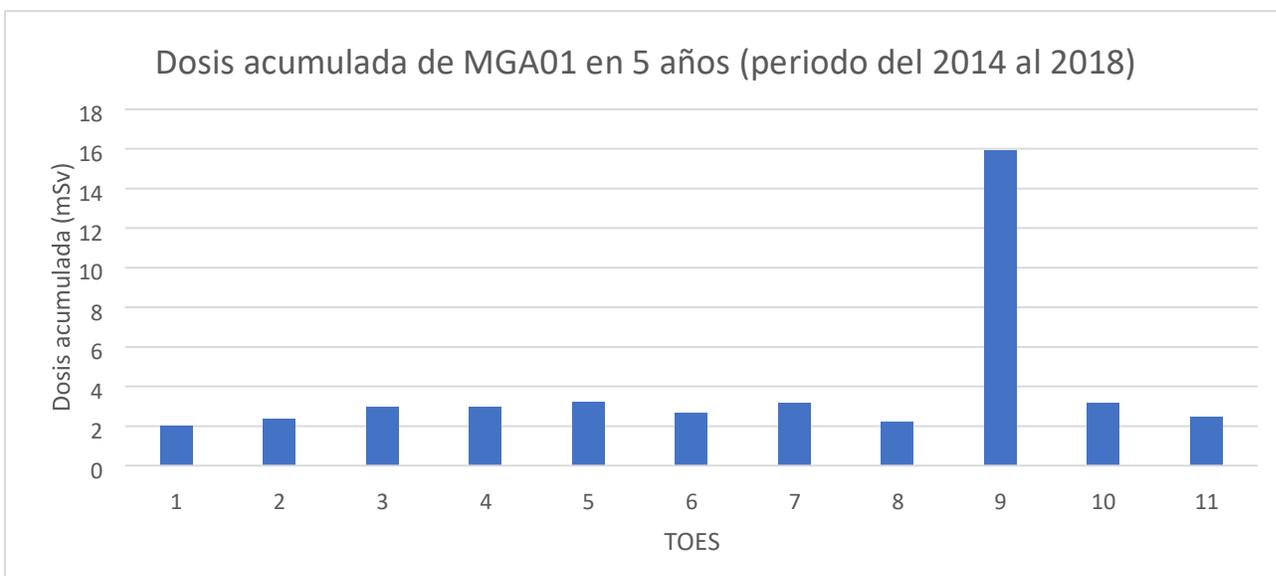


Gráfico 13. Dosis Acumulada para MGA01 en 5 años (201 al 2018)

Gráfico 13. Dosis acumulada para MGA01 en 5 años, para comparar el límite de dosis establecido que son 20mSv/año, la dosis más alta fue para el TOE número 9 que fue de 15.9 mSv, de tal forma que se sigue observando que está por debajo de los límites establecidos.

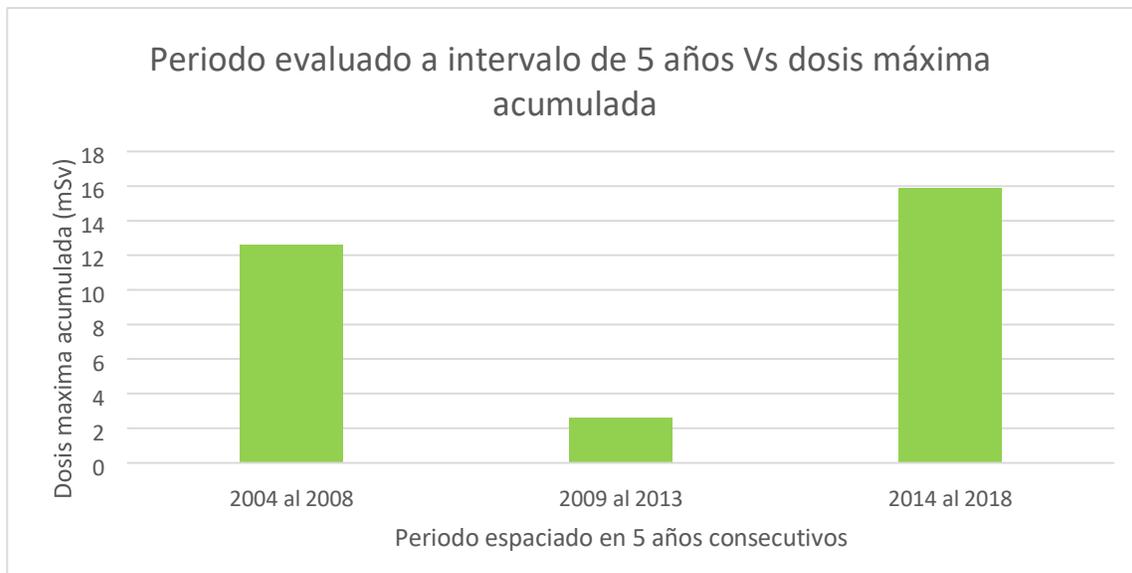


Gráfico 14. Dosis Acumulada para MGA01 en periodos consecutivos de 5

Según el grafico No. 14 en ninguno de los periodos evaluados espaciados en 5 años se observan dosis acumuladas que pasen el límite establecido, observando que en el último periodo la dosis máxima acumulada es de 15.9 mSv.

IX. CONCLUSIONES

- ✓ Se ingresaron los datos de correspondiente según el registro nacional de dosis de 9 instituciones como resultados de la vigilancia radiológica individual de la exposición externa en el área industrial del 2010 a 2018.
- ✓ En total se analizó las dosis de 254 TOE en la cual fueron registradas 2,328 dosis e incluidas en el sistema, como resultado podemos decir, que la mayor dosis acumulada en el periodo evaluado fue de 17.21 mSv, en general. Si se considera el límite de dosis para ocupacional, el cual es de 20mSv/ año, podemos concluir que aun en el periodo evaluado no se supera dicho límite.
- ✓ Debido a que la única institución que tiene un periodo extenso de evaluación desde el 2004 hasta el 2018 se procedió a realizar el análisis de los datos haciendo cortes de cada 5 años para comparar con los límites establecidos, se puede observar que la mayor dosis acumulada en el periodo del 2004 hasta el 2008 fue de 12 .610 mSv. Del 2009 al 2013 de 2.63 mSv y del 2014 al 2018 de 15.9 mSv. Por tanto, se puede concluir que en ninguno de los casos supero los limites ya establecidos.
- ✓ Es importante mencionar que esta institución es la que presenta el mayor valor de dosis acumulado en la evaluación realizada a las 9 instituciones en general.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Barboza, F. (30 de Enero de 2016). *Conocimientos, actitudes y prácticas de la protección radiológica en el personal de salud que labora en el Hospital Manuel de Jesús Rivera ciudad de Managua*, . Obtenido de Tesis para optar al Título de Especialista en Radiología: <http://repositorio.unan.edu.ni/4708/> .
- Organismo Internacional de Energía Atómica. (2016). *Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación: Normas Básicas Internacionales de Seguridad*. Obtenido de Organismo Internacional de Energía Atómica: https://wwwpub.iaea.org/MTCDD/Publications/PDF/P1578_S_web.pdf.
- Organización Internacional de Energía Atómica. (Julio de 2011). *Guía para la autorización e inspección: Medidores nucleares*. Obtenido de Centro Nacional de Seguridad Nuclear: https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2015/06/Guia_Medidores.pdf .
- Ramos, V. d. (12 al 17 de Abril de 2015). “*RND, PROTIPO DE REGISTRO NACIONAL DE DOSIS PARA AMERICA LATINA*”. Obtenido de Congreso Regional Latinoamericano IRPA de Protección y Seguridad Radiológica: http://www.irpabuenosaires2015.org/Archivos/trcompletos/irpa/3_PROTOTIPORN DIRPA2015.pdf .
- Rugama, A. c. (4 de Febrero de 2016). *Conocimiento, actitudes y prácticas de la protección radiológica en el personal de salud que elabora en el Hospital Escuela Roberto Calderón Gutiérrez de la ciudad de Managua, 2016*. Obtenido de Tesis para optar al título de Especialista en Radiología: <http://repositorio.unan.edu.ni/1477/> .

ANEXOS

XI. GLOSARIO

- **TOE:** Toda persona debidamente autorizada para desempeñarse en instalaciones radiactivas, ya sea en jornada completa, parcial o temporalmente, por cuenta propia o ajena, que opere o manipule una fuente de radiación o que se desempeñe dentro de una zona controlada.
- **DOSÍMETRO DE TERMOLUMINISCENCIA:** Dosímetro formado por una sustancia que, al ser irradiada, retiene la energía depositada por la Radiación y la emite en forma de luz al ser calentada en el proceso de lectura del dosímetro. La luz emitida es proporcional a la energía absorbida por el dosímetro.
- **DOSIS ABSORBIDA:** Energía absorbida por unidad de masa.
- **DOSIS EQUIVALENTE:** Dosis absorbida en órgano o tejido, ponderada según el tipo y calidad de la radiación.
- **DOSIS EFECTIVA:** Suma de las dosis equivalentes ponderadas en los tejidos y órganos del cuerpo.
- **GRAY:** Unidad de dosis absorbida; equivale a 1 j/Kg.
- **ICRP:** Comisión Internacional de Energía Atómica
- **IONIZACIÓN:** Fenómeno que ocurre cuando un átomo neutro, o una molécula, adquiere o pierde una carga eléctrica, convirtiéndose en unión positivo o negativo (catión o anión respectivamente).
- **LÍMITE DE DOSIS:** Valor de la dosis efectiva o de la dosis equivalente que no deberá de ser rebasada, causada a los individuos por prácticas controladas. Los límites de dosis están basados en recomendaciones hechas por la ICRP y se recogen en el Reglamento de Protección contra Radiaciones Ionizantes.
- **RADIACIÓN IONIZANTE:** Transferencia de energía en forma de partículas u ondas electromagnéticas con longitud de onda igual o menor a 100 nanómetros o frecuencia igual o mayor a 3×10^8 hz, capaces de producir Iones directa o indirectamente.
- **JUSTIFICACIÓN:** Toda actividad que pueda incrementar la exposición a radiaciones ionizantes debe producir el suficiente beneficio a los individuos expuestos o a la sociedad como para compensar el perjuicio debido a la exposición a la radiación.

- **OPTIMIZACIÓN:** Para una práctica dada, las dosis recibidas deberán ser tan bajas como sea razonablemente posible.
- **LIMITACIÓN:** Para una práctica dada se establecen límites de dosis de forma que el riesgo derivado se mantenga dentro de niveles aceptables para la sociedad.
- **OPERADOR:** persona que opera un Medidor Nuclear o que realiza actividades de mantenimiento, calibración, montaje y desmontaje de medidores y manipulación de fuentes.

(Barboza, 2016)