

## Dosimetría ambiental en el Centro Nuclear Oscar Miró Quesada de la Guerra “RACSO” (1980-2015)

José Osores\*, Paula Huamanlazo

Subdirección de Seguridad Radiológica, Instituto Peruano de Energía Nuclear, Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú.

### Resumen

Se presentan los valores de dosis ambiental del área de emplazamiento del Centro Nuclear Oscar Miró Quesada de la Guerra “RACSO” durante el período 1980 – 2015. El equivalente de dosis ambiental promedio fue de  $0,84 \pm 0,01$  ( $k=1$ ) mSv/año. No se observó incremento alguno de la dosis ambiental debido a las operaciones de las instalaciones nucleares y radiactivas durante este período. Considerando que la dosis promedio anual mundial es de 2,40 mSv/año, se puede afirmar que los valores de dosis ambiental en el emplazamiento se encuentran dentro de los rangos de radiactividad natural.

Palabras clave: Dosis ambiental; Radiactividad natural; Vigilancia de la radiactividad

### Environmental dosimetry in the Oscar Miró Quesada de la Guerra “RACSO” Nuclear Center (1980 – 2015)

#### Abstract

Environmental dose values of the site area of the Oscar Miró Quesada de la Guerra “RACSO” Nuclear Center are presented for the period 1980-2015. The average ambient dose equivalent was  $0.84 \pm 0.01$  ( $k=1$ ) mSv/year. No increase in the ambient dose due to operations of nuclear and radioactive facilities during this period was observed. Whereas the global annual average dose is 2.40 mSv / year, we can say that the values of ambient dose at the site are within the ranges of natural radioactivity.

Keywords: Environmental dose; Natural radioactivity; Radiation monitoring

### 1. Introducción

La radiación natural constituye la fracción más importante de dosis recibida de manera colectiva por los organismos vivos, incluyendo al hombre. Esta tiene un promedio de 2,4 mSv/año, de los cuales 0,38 a 2,0 corresponden a los rayos cósmicos, 0,43 a 4,3 a la corteza terrestre y 1,2 a 10,0 mSv de exposición anual al radón [1].

La proliferación de fuentes artificiales de radiación en el ambiente, particularmente en las instalaciones nucleares y radiactivas, ha creado la necesidad del monitoreo de los niveles de exposición de radiación en el ambiente. Este monitoreo debe contemplar el relevamiento de los valores índices de dosis durante ciertos períodos a fin de para poder establecer valores normales para cada punto. Con los valores normales se puede confeccionar un mapa dosimétrico, el cual indica de forma ordenada los valores de exposición a la radiación ionizante en distintos puntos distribuidos en una región de interés. El conocimiento de los niveles de

radiación ionizante tiene como propósito detectar en forma temprana apartamientos de dichos valores y permitir o iniciar una inmediata búsqueda y estudio de las causas que podrían ocasionarlos [2].

La medición de la radiación ambiental en el área límite entre la zona de emplazamiento y la zona de influencia del Centro Nuclear permite evaluar y garantizar la protección a la población y el medioambiente, contra los riesgos radiológicos asociados a las radiaciones ionizantes [3].

La dosis ambiental se estima mediante el equivalente de dosis ambiental  $H^*(d)$  en un punto de campo de radiación, es el equivalente de dosis que se produciría por el correspondiente campo alineado en la esfera ICRU a una profundidad “d” sobre el radio opuesto a la dirección del campo alineado. La esfera ICRU es una esfera equivalente a tejido de 30 cm de diámetro, de una densidad de  $1 \text{ g/cm}^3$  y una composición en masa de

\* Correspondencia autor: josores@ipen.gob.pe

76,2 % de O; 11,1 % de C; 10,1 % de H y 2,6 % de N [4]. La unidad en el Sistema Internacional es el Joule/kg y su nombre especial es el Sievert (Sv). Para radiación fuertemente penetrante se recomienda una profundidad de 10 mm, lo cual se expresa como  $H^*(10)$ , mientras que para la débilmente penetrante se emplea 0,07 mm para la piel y 3 mm para el cristalino.

Los dosímetros ambientales se calibran en términos del equivalente de dosis ambiental  $H^*(d)$ . Para el caso de radiaciones fuertemente penetrantes se utiliza una profundidad de 10 mm y se escribe como  $H^*(10)$ . Los detectores termoluminiscentes (TLD) son detectores pasivos e integradores que permiten realizar la determinación de dosis y al ser utilizados en conjunto con otros TLD permiten discriminar las componentes principales de distintos campos de radiación [5].

## 2. Material y método

Se recolectó la información proporcionada por el Laboratorio Secundario de Calibraciones Dosimétricas (LSCD) del IPEN y los

estudios ambientales realizados por la Comisión de Energía Atómica de Argentina (CNEA) y el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) en el área de emplazamiento del Centro Nuclear "RACSO" [6]. Las lecturas de radiación ambiental se llevaron a cabo usando dosímetros TLD en cuatro estaciones ubicadas en el emplazamiento del Centro Nuclear "RACSO" con respecto a la posición del reactor nuclear RP-10 (Tabla 1).

**Tabla 1.** Estaciones de lectura de radiación ambiental.

N°	Estación	Distancia del reactor RP-10 (metros)	Dirección
1	G	550	Sur
2	F	475	Sur-Oeste
3	A	500	Nor-Este
4	AZ	750	Este

En la Figura 1 se muestran los puntos de monitoreo respecto a la ubicación del emplazamiento del Centro Nuclear "RACSO", así como sus coordenadas geográficas correspondientes.



**Figura 1.** Estaciones de muestreo con dosimetría ambiental TLD.

La información colectada fue transformada en miliSievert y procesada en MS-Excel versión 14.0.4760.1000 (64 bits) y Golden Software Surfer [7] a fin de evaluar la distribución dosimétrica en el emplazamiento así como su evolución temporal durante el período estudiado.

## 3. Resultados y discusión

El estudio abarcó tres etapas de monitoreo claramente definidas, la etapa 1980-1981 correspondiente a los estudios realizados por

la Comisión Nacional de Energía Atómica de Argentina, antes de la construcción del Centro Nuclear "RACSO" y los períodos 2001-2004 y 2013-2015 correspondiente a las lecturas realizadas por el Laboratorio Secundario de Calibraciones Dosimétricas durante las operaciones de las instalaciones nucleares y radiactivas del Centro Nuclear. Las estaciones de muestreo así como las características de los dosímetros TLD son los mismos desde 1980. En la Tabla 2 se presentan los valores de equivalente de dosis ambiental  $H^*(10)$

para cada una de las estaciones de muestreo expresadas en mSv/año pudiendo observarse que el rango de dosis anual se encuentra entre

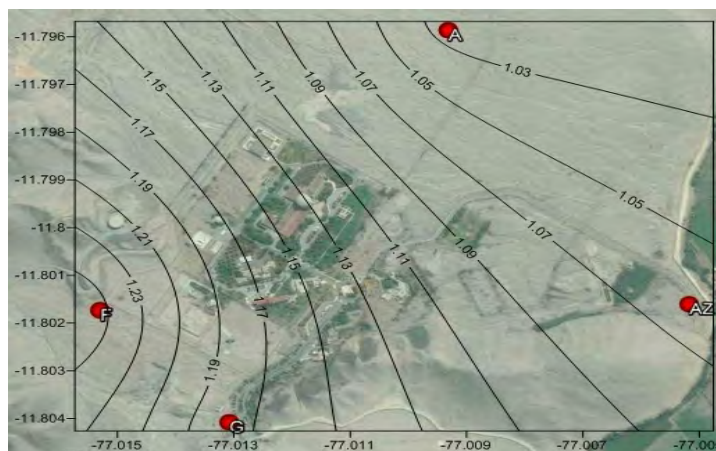
7,10E-01 y 1,13E+00 mSv/año, con un promedio aritmético de  $8,44E-01 \pm 9,87E-02$  (k=1) mSv/año.

**Tabla 2.** Equivalente de dosis ambiental H\*(10) (mSv/año).

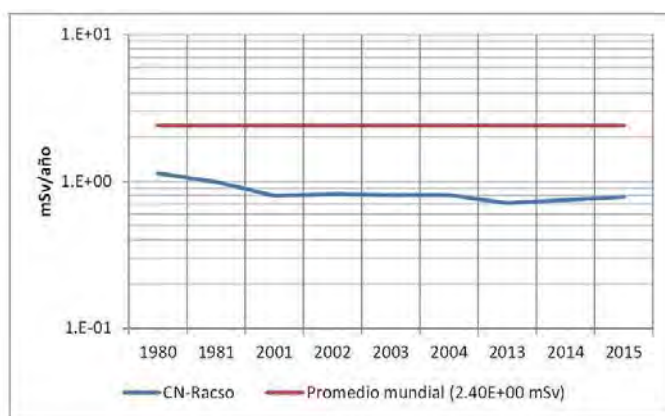
Año	Estaciones de Muestreo				Promedio Anual	Desviación Estándar	Variabilidad
	A	AZ	G	F			
1980	1,02E+00	1,06E+00	1,18E+00	1,27E+00	1,13E+00	1,14E-01	10,1%
1981	9,28E-01	8,97E-01	1,02E+00	1,12E+00	9,91E-01	1,00E-01	10,1%
2001	7,80E-01	7,36E-01	9,37E-01	7,45E-01	8,00E-01	9,36E-02	11,7%
2002	8,06E-01	7,27E-01	1,01E+00	7,27E-01	8,18E-01	1,34E-01	16,3%
2003	7,88E-01	7,62E-01	9,55E-01	7,27E-01	8,08E-01	1,01E-01	12,5%
2004	7,80E-01	8,23E-01	9,11E-01	7,18E-01	8,08E-01	8,11E-02	10,0%
2013	6,80E-01	6,40E-01	8,60E-01	6,60E-01	7,10E-01	1,01E-01	14,3%
2014	7,40E-01	6,90E-01	8,80E-01	6,80E-01	7,48E-01	9,22E-02	12,3%
2015	7,65E-01	7,65E-01	8,85E-01	7,20E-01	7,84E-01	7,08E-02	9,0%
<b>Promedio Total (1980-2015)</b>					<b>8,44E-01</b>	<b>9,87E-02</b>	<b>11,8%</b>

En el mapa dosimétrico ambiental del emplazamiento, elaborado con todos los datos mensuales de dosis, se observa que el reactor RP-10 y en general la instalación se encuentran ubicados en la franja comprendida entre 1,11E+00 y 1,15E+00 mSv/año (Figura 2).

La evolución temporal de dosis ambiental muestra que durante el período de estudio los valores no han presentado variaciones significativas y se encuentran por debajo de la dosis promedio mundial (Figura 3).



**Figura 2.** Mapa dosimétrico ambiental del emplazamiento del Centro Nuclear “RACSO” (Período 1980 – 2015).



**Figura 3.** Evolución del equivalente de dosis ambiental en el Centro Nuclear “RACSO” (Período 1980 – 2015).

Estos resultados concuerdan con los estudios realizados por Benavente y Celedonio, quienes demuestran que la exposición de radiación ambiental presenta una variación menor en un 20,0 %, con respecto a los resultados hallados en los estudios pre-operacionales. Asimismo, de las mediciones realizadas durante el periodo 1998-2003 obtuvieron variaciones menores al 5 % [8,9].

En el año 2010, Manosalva utilizando instrumentación con menor precisión reporta un valor de dosis ambiental de 152 nanoSievert/hora para la localidad de Vitarte, ubicada a 355 metros sobre el nivel del mar (msnm) [10]. Este valor es equivalente a 1,33 E+00 mSv/año y considerando que el Centro Nuclear "RACSO" se encuentra ubicado a 410 msnm el valor se encuentra muy cercano a los valores de dosis reportados en el presente estudio.

Por lo tanto, podemos afirmar que la dosis ambiental del emplazamiento del Centro Nuclear "RACSO" se debe a condiciones naturales propias de la geología y ubicación altitudinal de la zona.

#### 4. Conclusiones

- El equivalente de dosis ambiental promedio en el Centro Nuclear "RACSO" para el período 1980-2015 fue de  $8.44\text{E}-01 \pm 9,87\text{E}-02$  ( $k=1$ ) mSv/año.
- Durante el período de estudio, no se han presentado variaciones significativas de dosis ambiental debido a las operaciones de las instalaciones nucleares y radiactivas.
- Considerando que la dosis promedio anual mundial es de  $2,40\text{E}+00$  mSv/año, se puede afirmar que los valores de dosis ambiental en el emplazamiento se encuentran dentro de los rangos de radiactividad natural.

#### 5. Agradecimiento

A todo el personal del Laboratorio Secundario de Calibraciones Dosimétricas por su apoyo con la información proporcionada.

#### 6. Referencias

[1] Manosalva J. Radiación ambiental en la ruta Cusco-Machu Picchu. Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas. 2013; 15(30): 116-119.

[2] Germanier A, Rubio M, Campos M, Sbarato D, Sbarato V, Ortega JE, Salort MR. Mapa dosimétrico de radiaciones ionizantes ambientales: Ciudad de Córdoba, Argentina. Universidad Nacional de Córdoba. Organización Panamericana de la Salud. Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. 27628-CD/2300/U42/040711. 2000. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/unc/paper35.pdf>

[3] Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN). Reglamento de Seguridad Radiológica. D.S. N° 009-97-EM. Disponible en: URL:

[http://www.ipen.gob.pe/site/regulacion/leyes\\_normatividad.htm](http://www.ipen.gob.pe/site/regulacion/leyes_normatividad.htm)

[4] International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU). ICRU Report N° 47. Measurement of dose equivalents from external photon and electron radiations. Bethesda, Maryland; 1992.

[5] Aguerre L, Carelli J, Gregori B. Sistema de monitoreo ambiental con TLD. En: 1° Congreso Americano del IRPA. 2006 Septiembre 4-8; Acapulco, México; 2006. Disponible en:

[http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/37/115/37115855.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/37/115/37115855.pdf)

[6] Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN). Evaluación de la zona de emplazamiento del área de influencia del Centro Nuclear de Investigaciones del Perú. Capítulo 10. Radiactividad ambiental. Lima; 1981.

[7] Golden Software [Homepage]. Surfer software. [acceso 2015]. Disponible en: <http://www.goldensoftware.com/>

[8] Benavente T, Celedonio E. Medición de radiación ambiental en el Centro Nuclear "RACSO" usando dosimetría termoluminiscente. Revista de Investigación de Física. 1998; 1(1): 60-62.

[9] Benavente T, Celedonio E. Medición de la radiación ambiental en el Centro Nuclear "RACSO" usando dosímetros termoluminiscentes. Informe Científico Tecnológico; 2003. p. 148.

[10] Manosalva J. Radiación ambiental en el eje vial Amazonas Centro (Lima-Tingo María). Revista del Instituto de Investigación FIGMMG. 2010; 2010; 13(25): 70-74.