

ESTIMACIÓN DE LA TASA DE DOSIS EN LA ENTRADA DEL LABERINTO DEL IRRADIADOR PANORÁMICO GB-127 USANDO EL CÓDIGO MCNPX

Maritza R. Gual, Luíz C.D. Ladeira, Fernando S. Lameiras, and Pablo A. Grossi

*Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN), Av. Antônio Carlos, 6627, CEP 914,
Pampulha, 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil*

ABSTRACT

Un modelo simulando el laberinto del Irradiador Panorámico con fuente gamma de Cobalto 60(GB-127) utilizando código de Monte Carlo MCNPX fue desarrollado para la validación de las tasas de dosis en varios puntos de interés.

El principal objetivo de este trabajo es estimar las tasas de dosis en la entrada del laberinto del irradiador usando el código MCNPX v 2.6.0. Las tasas de dosis en varios puntos dentro del laberinto fueron reportadas. Las tasas de dosis fueron derivadas de los factores de conversión de Kerma en aire por unidad de (ICRP-74) usando el *tally* f5.

Se cuenta por primera vez con el modelo del laberinto de entrada al irradiador GB-127 realizado con el código de Monte Carlo MCNPX. Este modelo desarrollado puede sustituir la determinación de las dosis realizadas experimentalmente y permitir más adelante el uso de esta técnica para estimar el impacto de cualquier modificación de la actividad de la fuente del irradiador (tiempo de irradiación) o en el mismo (implantación de un sistema automático para posicionamiento de muestras a irradiar) en las tasas de dosis que reciben los productos a ser irradiados y las expectativas de dosis de los IOE.

Se comprobó que las tasas de dosis calculadas en la entrada del laberinto son menores que las recomendadas para diseños de blindajes en áreas controladas.

1. INTRODUCCIÓN

El Irradiador Panorámico instalado en el Laboratorio de Irradiación Gamma (LIG) del Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) de Belo Horizonte, Brasil es del tipo Gamma Beam-127(GB-127) y clasificado como categoría II (almacenamiento en seco) fabricado por la MDS Nordion. La actividad máxima de la fuente de Co-60 es de 60 kCi (2.200 GBq).

La sala de control del irradiador es un área controlada, y como tal, los operadores que en ella se encuentran son considerados Individuos Ocupacionalmente Expuestos (IOE).

El CDTN, está desarrollando un proyecto para implementar en sus laboratorios las normas ISO (*International Organization of Standardization*), en la búsqueda de una mejoría en el control de sus resultados. De acuerdo con la norma ISO 9000, una institución debe atender a ciertos requisitos para ser certificada. Dentro de estos, se pueden citar: medir y monitorear los procesos para asegurar la calidad del producto/servicio. Este trabajo se enmarca dentro de este objetivo ya que se hace uso de simulaciones, utilizando códigos informáticos y medidas experimentales para aplicar su control de calidad.

Este trabajo describe el modelo del LIG obtenido con el código de simulación de transporte de partículas nucleares basado en el método de Monte Carlo, MCNPX[1]. Dicho modelo

incluye: los detalles geométricos y estructurales de la fuente del irradiador, el laberinto con sus paredes, techo y suelo y puerta de entrada.

El límite de dosis recomendado por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP-103) [2] actualmente es de 20 mSv/año para los IOE lo que equivale a 0,01 mSv/h y para los individuos del público será 1 mSv/año. Esos mismos valores son adoptados por la Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) de Brasil (CNEN-NN-3.01:2014 ó Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica).

Los resultados obtenidos serán comparados con los reportados en el Relatório de Segurança da Instalação do Laboratório de Irradiação Gama (RASIR/LIG/CDTN)[3] que está basado en el método convencional descrito en la NCRP-51[4]. Además de eso, será verificado el cumplimiento de las normas de protección radiológica nacionales y por ende las internacionales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Fue utilizado el código de Monte Carlo MCNPX v 2.6.0 para el cálculo de las tasas de dosis en diferentes puntos del laberinto hasta llegar a la puerta de entrada del mismo.

Se utilizó el estimador de fluencia: detector puntual (*tally* F5) con el modo p (transporte fotones). Las tarjetas del DF y DE disponibles en MCNPX fueron utilizadas para introducir los factores de conversión de fluencia a kerma en aire para los fotones de la ICPR 74[5].

Para el cálculo de la tasa de dosis fueron analizados diferentes puntos de detección a lo largo del laberinto. Esos puntos fueron localizados a 162,5 cm del piso y a 50 cm de la pared

La composición química usada para el piso, techo y paredes del laberinto en el cálculo, fue concreto ordinario pero con densidad de 2,453 g/cm³ debido a que la densidad del concreto usado en la construcción fue mayor que la concebida en el proyecto[3]. La puerta de entrada al laberinto es de 6 mm de chapa hierro metálico.

Fue usado como método de reducción de varianzas el de las importancias.

El modelo desarrollado fue validado en un trabajo previo [6] comparando los resultados del cálculo de la distribución de las dosis en diferentes puntos de la fuente de radiación con los medidos experimentalmente en esos puntos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se representa la vista del plano XZ y XY del laberinto del Irradiador Panorámico del Laboratorio de Irradiación Gamma del CDTN de la simulación realizada con el MCNPX, utilizando Vised 22S [7]. Se ilustran también la ubicación de los puntos donde se calcularon las tasas de dosis.

Los números 1-10 representan las posiciones en las que los detectores puntuales han sido colocados para el cálculo de las tasas de dosis. Los puntos 9 y 10 se encuentran antes y después de la puerta de entrada al laberinto.

La tabla 1 muestra los resultados de los cálculos de las tasas de dosis en los diferentes puntos del laberinto usando el código MCNPX v. 6.0.

En la figura 2 se muestra el comportamiento de las tasas de dosis en función de la posición de los puntos de cálculo (1-10).

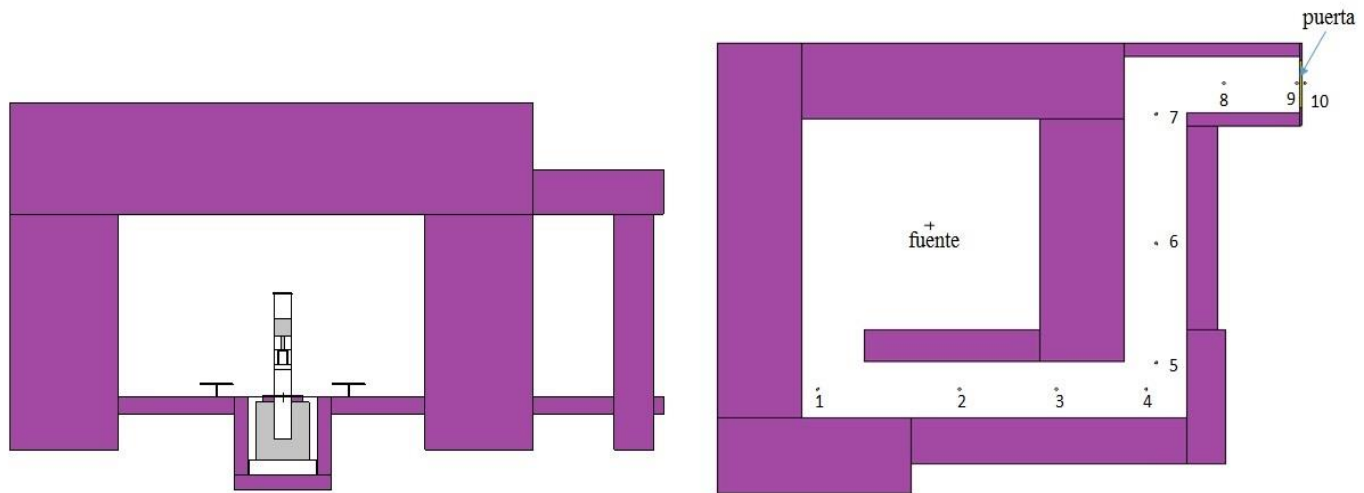


Figura 1-Vista en el plano XZ y XY del laberinto del Irradiador Panorámico del Laboratorio de Irradiación Gamma del CDTN de la simulación realizada con el MCNPX.

El código MCNPX v. 6.0 fue ejecutado usando 2.83 GHz CPU con 4 GB RAM en el sistema operativo Windows. Para obtener un error relativo menor del 5% para todos los puntos de interés fueran necesarias 9 millones de historias. El tiempo computacional para realizar los cálculos fue 95 h. Como en el punto 10 la cantidad de partículas era muy pobre, debido a que las partículas tienen baja probabilidad de llegar hasta esta región, para mejorar la estadística fue necesario incrementar el número de historias lo que aumentó aún más el tiempo de cálculo.

Tabla 1- Resultados de las tasas de dosis absorbidas en los diferentes puntos en el laberinto calculadas con el MCNPX.

Posición	D(mSv/h) ICRP-74
1	998,5756
2	11,3462
3	3,4209
4	1,6337
5	1,3015
6	0,0222
7	0,0051
8	0,0005
9	0,0002
10	0,0010

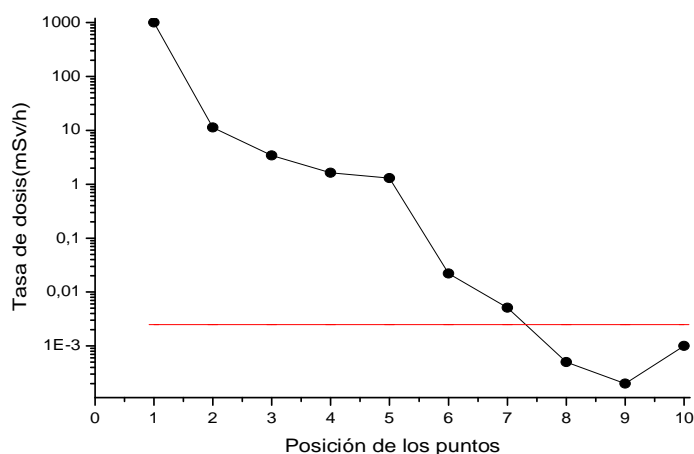


Figura 2- Distribución de las tasas de dosis en función de la posición de los puntos de cálculo.

En la figura 2, la línea horizontal representa el límite permisible los trabajadores en áreas controladas de 0,0025 mSv/h.

Se observa que a medida que nos acercamos a la puerta de entrada del laberinto (posición 10) las tasas de dosis van disminuyendo considerablemente. Este comportamiento es debido a que las partículas que atraviesan las paredes de blindajes es menor comparado con las partículas provenientes directamente de la fuente (haz primario) o reflejadas en las superficies de las paredes del labirinto.

En la posición 1 la tasa de dosis es muy alta, porque es proveniente del haz primario de radiación. En las otras posiciones el haz de radiación incidente es secundario proveniente de la reflexión o transmisión en las paredes del blindaje.

En la posición 10 (después de la puerta) la tasa de dosis es ligeramente mayor que antes de la puerta (posición 9) por tener la influencia de las contribuciones de los rayos x, inducidos en la reacción (g, x) en las chapas de hierro metálico (Ver figura 3).

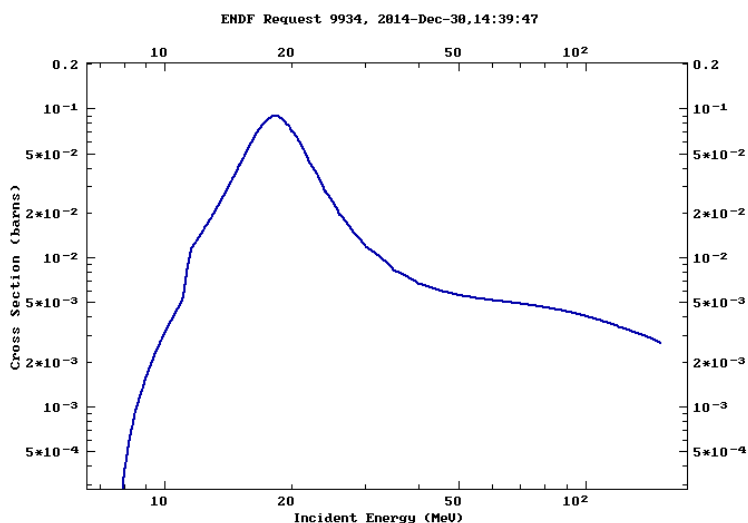


Figura 3- Sección microscópica de interacción Fe-56 (g, x) en función de la energía.

Fuente: <https://www-nds.iaea.org/exfor/endl.htm>

El resultado de las tasas de dosis calculada con el código de simulación MCNPX en la puerta de entrada laberinto fue mayor (0,0010 mSv/h) que el reportado en el Relatório de Segurança da Instalação do Laboratório de Irradiação Gama (RASIR/LIG/CDTN) que está basado en un método analítico de la NCRP-51, 1,08 μ Sv/sem que equivale a $2,7 \cdot 10^{-5}$ mSv/h. Esta diferencia se debe a que el MCNPX considera las dispersiones que ocurren en el aire, en el techo y piso del laberinto, lo que es considerado de forma estimada en el método analítico de la NCRP-51.

El valor obtenido se encuentra por debajo del límite establecido en las normas internacionales y brasileñas para trabajadores en áreas controladas (Figura 2).

4. CONCLUSIONES

Se cuenta por primera vez con el modelo del laberinto de entrada al irradiador GB-127 realizado con el código de Monte Carlo MCNPX.

Se comprobó que, los niveles de radiación en la entrada del laberinto que corresponde con la sala de control cuando la fuente está en estado de exposición cumplen con los límites establecidos por las normas de la CNEN de protección radiológica de trabajadores ocupacionalmente expuestos.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais ó FAPEMIG por el apoyo brindado.

6. REFERENCIAS

1. John S. Hendricks, et. al. LA-UR-08-2216, MCNPX 2.6.0 Extensions, Los Alamos National Laboratory, April 11 (2008).
2. International Commission on Radiological Protection, ICRP-103 The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP 37, pp. 2-4(2007).
3. Comissão Nacional de Energia Nuclear. RASIR/LIG/CDTN. Relatório de Análise de Segurança do Laboratório de Irradiação Gama. Belo Horizonte, Maio (2002).
4. National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP Report No. 51, Radiation protection design guidelines for 0.1-100 MeV particle accelerator facilities, Washington, D.C. (1977).
5. International Commission on Radiological Protection, Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation, ICRP publication 74, *Annals of the ICRP* 26, Pergamon Press Oxford (1996).

6. Maritza R. Gual, A. S. Medeiros, Cláudia Pereira, F. M. Milian, Luiz O. Faria and Pablo A. Grossi, Simulation of dose rate distribution in the GammaBeam - 127 Irradiator with the MCNPX code, Enviado a publicar (2015).
7. Schwarz A.L., Schwarz R. A. and Carter L.L., MCNP/MCNPX Visual Editor Computer Code Manual Version 22S, February (2008).