

Cálculo de la distribución de dosis en un equipo de irradiación autoblandado modelo Gammacell 220 Excel utilizando la simulación por Monte-Carlo y Dosimetría Fricke

Enrique Rojas ^a fisrado@ipen.gob.pe, Marco Linares ^b, Johnny Vargas ^b, Mónica Vivanco ^b

^a Instituto Peruano de Energía Nuclear. Radioprotección y Dosimetría, Av. Canadá 1470
Lima 41, Perú

^b Instituto Peruano de Energía Nuclear. Laboratorio de Irradiación, Dirección de Aplicaciones,
Av. Canadá 1470 Lima 41, Perú

Resumen

Se presentan los resultados de cálculo para dosis de radiación en el centro de la cámara de un irradiador Gammacell 220 Excel y la obtención de la distribución de dosis en su eje vertical y radial utilizando el método Monte-Carlo, Código de simulación MCNP5. El valor hallado es comparado con la técnica dosimétrica química Fricke y la expedida por el fabricante Nordion. El trabajo se desarrolló en forma simultánea con la preparación de la solución Fricke, la cual fue colocada en ampulas de vidrio a un volumen constante de 4 ml e irradiada en el centro de la cámara a diferentes tiempos. La prueba se realizó el 04-12-2006 obteniéndose una tasa de dosis práctica de 12.37 kGy/h con una variación de 0.22 % respecto al valor dado por el fabricante. Posteriormente, se comparó con el valor obtenido por simulación Monte-Carlo obteniéndose un valor de 11.96 kGy/h con una variación de 3.31 %.

1 Introducción

Actualmente, la irradiación tiene múltiples aplicaciones en diversas áreas como la preservación y mejora de la calidad higiénica sanitaria de los alimentos, la esterilización de productos médicos descartables y fármacos, así como su uso en la polimerización inducida, graftpolimerización, tratamiento de efluentes, etc. La dosimetría juega un papel importante en este proceso ya que nos permite hacer un seguimiento de la cantidad de energía a entregar a un determinado producto por unidad de tiempo (kGy/h) y por consecuencia del tiempo de irradiación. Con esta finalidad, se emplean diferentes sistemas dosimétricos; para el presente trabajo usamos el sistema dosimétrico químico Fricke como método de comparación.

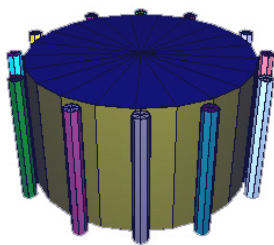


Figura 1. Distribución de las fuentes y la cámara de irradiación.

2 Experimental

El equipo de irradiación Gammacell está cargado con 12 lapiceros de ⁶⁰Co, modelo C-198, cuya actividad al 04-12-2006 fue de 14 599.92 Ci.

La tasa de dosis absorbida en el centro de la cámara fue medida en MDS Nordion's Dosimetry Laboratory of Canadá, el cual es reconocido por la NIST's Nacional Voluntary Laboratory Accreditation Program (NVLAP) por el Sistema dosimétrico Fricke, sistema dosimétrico de referencia estandar. La tasa de dosis medida utilizando este sistema al 08-08-2003 fue de 19.20 kGy/h con una incertidumbre de la tasa de dosis absorbida de $\pm 2.5\%$ a un nivel de confianza del 95%.

Se realizaron pruebas de dosimetría Fricke (ASTM:E 1026-04) en el Laboratorio de Irradiación del IPEN a una temperatura ambiente de 25 °C y una temperatura de medición de 26 °C, se colocaron 03 ampulas con solución con un volumen de 04 ml cada una en el centro de la cámara y se irradiaron a 05 tiempos diferentes, en total fueron 15 ampulas. La tasa de dosis experimental en el centro de la cámara fue de 12.37 \pm 0.30 kGy/h el porcentaje de error comparado con la dosis hallada por la NORDION fue de 0.22 % los resultados se muestran en la

Tabla 1. Prueba Experimental de Fricke en IPEN.

Tiempo (s)	Temp. Medición (°C)	Dosis promedio corregido (kGy)
15	26	0,06386
25	26	0,09738
35	26	0,13127
45	26	0,16543
55	26	0,20169

$$Y=a + bx$$

$$a= 0,011628555$$

$$b= 12,37354824$$

$$Sb= 0,108090868$$

$$Sa= 0,001133428$$

$$R2= 0,999771118$$

$$\text{Tasa de dosis} = 12,3735482 \text{ kGy/h} \pm 0,3001$$

$$\text{Tasa de dosis Nordion} = 12,40091 \text{ kGy/h}$$

$$\text{Error} (\%) = 0,220643169$$

Una vez obtenido los datos y de acuerdo a las características del irradiador se procedió con los cálculos de intercomparación con el método de Monte Carlo Código MCNP5, con el cual es posible calcular la dosis y el porcentaje de dosis en los ejes radial y longitudinal en la cámara de irradiación. También permite calcular la dosis en un punto determinado para fuentes de emisión gamma, que en el caso del equipo Gammacell 220 Excel es el isocentro del cilindro ó cámara de irradiación, que tiene las siguientes dimensiones: altura de 20.47 cm y 15.49 cm de diámetro interno. Asimismo, las fuentes de ⁶⁰Co están dispuestas en forma anular dentro de un protector de plomo cilíndrico dispuestas en un radio de aproximadamente 10,70 cm (figura 1).

Cada fuente está compuesta por pellets (figura 2) de ⁶⁰Co y estas a la vez están confinadas en un lapicero de acero inoxidable de 1,20 cm de radio y con una altura de 19,63 cm; la celda de irradiación es de aluminio con un espesor de 0,50 cm y con altura de 20,47 cm.

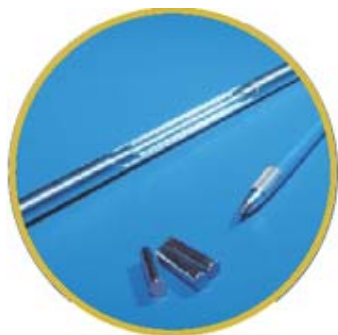


Figura 2. Detalle de los lapiceros de Co-60.

3 Resultados

Se obtiene la distribución a lo largo del eje longitudinal de la cámara de irradiación (figura 3) en donde se observa la máxima dosis en el punto central. Asimismo, se obtiene la distribución radial (figura 4) en donde se observa el crecimiento de la dosis a medida que se acerca junto a la zona en donde están distribuidas las fuentes de ⁶⁰Co.

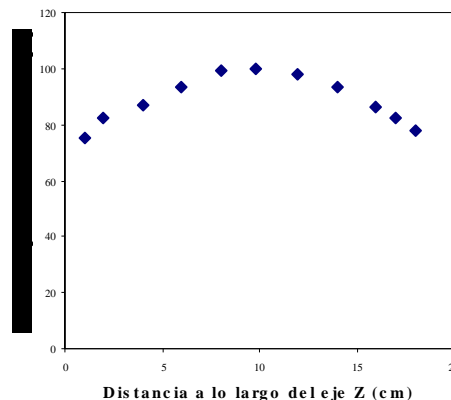


Figura 3. Distribución de la dosis a lo largo del eje Z según MCNP5

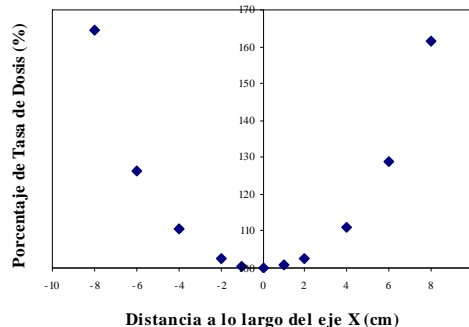


Figura 4. Distribución radial de la dosis a lo largo del eje X según MCNP5.

El detector puntual (tally F5) determina el flujo de partículas liberados por fotones en el punto de interés, luego mediante factores se lleva a la magnitud de Tasa de Dosis (kGy/h).

En la Tabla 2 se muestran los datos obtenidos por el Laboratorio de Irradiación (LI), MDS Nordion's Dosimetry Laboratory (MDS) y por Monte Carlo (MCNP5).

Tabla 2. Tasa de Dosis por los tres métodos en estudio.

<i>LI</i> (kGy/h)	<i>MDS</i> (kGy/h)	<i>MCNP5</i> (kGy/h)
12.37	12.40	11.96

4 Conclusiones

De acuerdo a los datos obtenidos, la dosimetría Fricke, comparada con el valor del Laboratorio de la Nordion, el porcentaje de desviación fue de solo 0.22%.

La Técnica Monte Carlo tuvo una desviación comparada con la dosimetría Fricke preparada en los Laboratorios de la MDS Nordion de Canadá de 3.55 % y con la solución preparada en el Laboratorio de irradiación del IPEN de 3.45 %.

El uso de la técnica de Monte Carlo será de vital importancia cuando se recargue fuentes radiactivas en equipos de irradiación, ya que brinda información muy aproximada a la tasa de dosis esperada.

5 Referencias

- [1] ASTM Standard: E-1261-94. Guide for selection and application of dosimetry systems for radiation processing of food.
- [2] Sehested K. The Fricke Dosimeter. En: Holm NW, Berry RJ, eds. Manual on Radiation Dosimetry. Marcel Dekker; 1970. p. 313-317.
- [3] Fricke H, Hart E J. Chemical Dosimetry. Radiation Dosimetry. 2nd ed. Academic Press; 1966. p. 167-239.
- [4] ASTM Standard: E 1026-04. Using the Fricke Reference Standard Dosimetry System.
- [5] ASTM Standard: E 1400-95. Standard Practice for Characterization and Performance of a High-Dose Radiation Dosimetry Calibration Laboratory.
- [6] Handbook of Gammacell 220.
- [7] International Dose Assurance Service. Certificate Number: 03.043: Radiation Processing Dosimetry. IAEA (Apr 10, 2003).
- [8] International Atomic Energy Agency. Calibration of Radiation Protection

Monitoring Instruments. Safety Reports Series 16. Vienna: Austria; 2000.

- [9] MCNP. General Monte Carlo N-Particle Transport Code. Ver 5.



Foto 1. Equipo Gammacell 220E



Foto 2. Posición de Dosímetros Fricke en el centro de la cámara de Irradiación