

# DISPOSITIVO PARA LA MEDICIÓN DE DOSIS EQUIVALENTE AMBIENTAL NEUTRÓNICA

Lombardi, R.\*; Cruzate, J.A.; Gregori, B.; Papadopulos, S.; Kunst, J.J.

\*Facultad de Ingeniería (UBA). Departamento de Física- Paseo Colón 850-Bs.As. Argentina  
Autoridad Regulatoria Nuclear-Av del Libertador 8250-Bs. As. Argentina

Dada la dificultad de realizar mediciones con sistemas activos en las proximidades de un acelerador pulsado, se desarrolló un sistema pasivo de medición de dosis equivalente ambiental de neutrones,  $H^*(10)$ .

En este trabajo se ha constatado que la respuesta del dispositivo diseñado se corresponde adecuadamente con  $H^*(10)$ . El dispositivo consta de una esfera de polietileno que permite moderar hasta el rango térmico los neutrones incidentes de distintas energías, y de un detector de activación, en este caso  $^{115}\text{In}$ , mediante la reacción  $^{115}\text{In}(n,\gamma)^{116m}\text{In}$ . Se presentan las mediciones realizadas con una fuente calibrada de  $^{241}\text{Am-Be}$ . Se efectúa la simulación de la experiencia con el código MCNP-4A y se comparan las respuestas obtenidas, con la función  $H^*(10)$ .

Taking into account the difficulties to measure with active systems in the neighbourhood of pulsed accelerators, a passive system suitable for environmental equivalent dose of neutrons  $H^*(10)$  has been developed. In this work the design is based on the analogy between its answer, as a function of the energy, and the function related with  $H^*(10)$ . The system consists of a polyethylene sphere to moderate the incident neutrons, and a passive thermal neutrons detector ( $^{115}\text{In}$ ), by means of the reaction  $^{115}\text{In}(n,\gamma)^{116m}\text{In}$ . Calibration measurements using an  $^{241}\text{Am-Be}$  source are presented and compared with calculations using Code (MCNP-4). The results of the experience modelled using the code MCNP-4<sup>a</sup> were compared with the  $H^*(10)$  function.

## 1-OBJETIVO

La magnitud principal utilizada en protección radiológica es la dosis efectiva [1]

$$E = \sum_i w_i H_i \quad (1)$$

donde:

$w_i$  es el factor de ponderación de riesgo de cáncer en el órgano  $t$

$H_i$  es la dosis equivalente media en el órgano  $t$  que presenta la siguiente expresión:

$$H_i = \sum_r w_r D_{i,r} \quad (2)$$

donde:

$w_r$  es el factor de ponderación de la radiación  $r$ .

$D_{i,r}$  es la dosis absorbida media en el órgano  $t$  producida por la radiación  $r$ .

Dada la imposibilidad operativa de medir la dosis efectiva, se utiliza la magnitud operacional "dosis equivalente ambiental",  $H^*(10)$ , definida como:

$$\int_{E_{min}}^{E_{max}} H^*(10, E) \phi(E) dE = H^*(10) \quad (3)$$

Como la respuesta del dispositivo a un espectro neutrónico es:

$$R = \int_{E_{min}}^{E_{max}} R(E) \phi(E) dE \quad (4)$$

En este caso se tomará  $R$  como igual a la actividad a tiempo de irradiación infinito y a dilución infinita y se la expresará

$$A_{\infty} = \frac{A_i}{N(1 - e^{-\lambda t})} = \phi \sigma \quad (5)$$

donde:

$\phi$  es el flujo neutrónico

$\sigma$  es la sección eficaz del detector.

$\lambda$  es la constante de decaimiento

$t$  es el tiempo de irradiación.

En el presente trabajo se asume la suposición que realizan los diseñadores de los dispositivos llamados rémetros [2, 3]:

$$\dot{H}(10, E) \cong K A_{\infty} \quad (6)$$

Con el fin de determinar la constante  $K$  del sistema y validar la ecuación (6) se efectuaron las mediciones de la actividad producida por un campo neutrónico conocido.

## 2.- MÉTODO

El dispositivo (rémetro) consta de una esfera moderadora de polietileno de densidad  $0.95 \text{ g/cm}^3$  y 10 pulgadas de diámetro, en cuyo interior se aloja una

hojuela de  $^{115}\text{In}$ , de pureza 99.99%, espesor 0.254mm y diámetro 12.7mm, que se activa mediante la reacción  $^{115}\text{In}(n,\gamma)^{116\text{m}}\text{In}$ . La medición de la actividad se realizó mediante un detector de Ge-Li de bajo fondo y alta eficiencia que permitió medir las actividades involucradas.

### 3.-EXPERIENCIA

La esfera con su detector se expuso a fluencias conocidas de una fuente de  $^{241}\text{Am-Be}$  de 1.14E7 n/s a 1m de distancia y a 1m del suelo. El detector fue orientado en dos formas, perpendicular y paralela al flujo de partículas, midiéndose posteriormente la actividad resultante, normalizándola a saturación y dilución infinita. El dispositivo de posicionamiento de la muestra para su medición es de polimetilmetacrilato con el fin de minimizar la dispersión del mismo hacia el detector.

Posición	Actividad Teórica (Bq)	Promedio Actividad Experiencia (Bq)	Diferencia porcentual
1m ( $\perp$ )	13.8	19.15	28%
1m ( $\parallel$ )	13.8	12.90	7%

TABLA I

### 4. RESULTADOS Y VALIDACIÓN

Los valores de  $A_{\infty}$  obtenidos experimentalmente (Tabla I) fueron comparados con los obtenidos por simulación mediante el código MCNP-4A. Para calcular la actividad teórica, se aplicó el formalismo de Wescott al flujo de neutrones térmicos obtenidos con el código MCNP en el centro de la esfera mediante la expresión:

$$\phi_{\text{ter}} = \frac{A_{\infty \text{ ter}}}{G \cdot \sigma (g + r \cdot s)} \quad (7)$$

donde:

- $G_{\text{ter}} = 0.779$  [4] (factor de autobloqueo para hojuelas  $^{115}\text{In}$  con espesor 185  $\text{mgcm}^{-2}$ )
- $\sigma_{\text{ter}} (^{115}\text{In}) = 160\text{E-}24$  barn
- $g$  (Wescott) = 1.023 [5]
- $s$  (Wescott) = 17.3 [5]
- $r = 9\text{E-}3$  [5]

### 5. CONCLUSIONES

El dispositivo muestra una respuesta direccional que no se aprecia en la simulación de las respuestas con el código MCNP (Tabla II). Una posible explicación a este comportamiento sería una mayor autoabsorción de neutrones y una consiguiente disminución en la respuesta al flujo, en la posición paralela de la hojuela. El comportamiento del dispositivo como rémetro se validó mediante el cálculo del flujo térmico dentro de la esfera y se compararon las respuestas normalizadas a 4.4 MeV ( $^{241}\text{Am-Be}$ )[6], del dispositivo y de la dosis equivalente ambiental  $H^*(10)$ , obteniéndose la constante K del sistema como tasa de dosis equivalente ambiental (Sv/s)  $\text{Bq}^{-1}$ .

Posición	Tasa de dosis equivalente ambiental (Svs $^{-1}$ )	Actividad Experiencia (Bq)	Tasa dosis/Actividad ((Svs $^{-1}$ ) $\text{Bq}^{-1}$ )
1m ( $\perp$ )	3.9 E-8	17.0 E-21	2.3E12
1m ( $\parallel$ )	3.9 E-8	11.7 E-21	3.3E12

TABLA II

### Referencias

- 1-ICRP Comisión Internacional de Protección Radiológica, publicación 60; (1991),
2. Dhairyawan M.P.; Nagarajan P.S; Venkataraman G. "Response Functions of Spherically Moderated Neutron Detectors".
- 3- "Radiation Detection and Measurement" Glenn F. Knoll Second Edition. 1989. John Wiley & Sons
- 4- Technical Reports Series N° 107 "Neutron Fluence Measurements"
- 5- Spanno, F. "Dosimetría en campos mixtos de radiación n y  $\gamma$ " Inf. Tesis de la licenciatura en Cs. Físicas. Fac. De Cs. Exactas y Naturales. UBA. (1979).
- 6- International Standard. ISO 8529 :1989 "Neutron reference radiations for calibrating neutron-measuring devices energy"