

## COMPARACIÓN DE DOS METODOS DE DETERMINAR LA EFICIENCIA DE UN DETECTOR DE CONTAMINACION DE SUPERFICIE

Oscar Bordón Alvarez, Linda V. E. Caldas  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Comissão Nacional de Energia Nuclear, São Paulo,  
Av. Prof. Lineu Prestes 2242, 05508-000, São Paulo, SP, Brasil  
e-mail: obordon@yahoo.com / lcaldas@ipen.br

### RESUMEN

Dos formas de determinar la eficiencia de un detector de contaminación por radiación beta, de superficie son presentadas en el trabajo. En la primera forma, la eficiencia es determinada haciendo mediciones en todo el área del detector. En la segunda forma, la fuente es posicionada en un único lugar, cubriendo sólo una parte del área. Los resultados muestran que las eficiencias son muy parecidas para ambos métodos. La simplificación, que el segundo método permite, puede ahorrar considerablemente el tiempo utilizado en la determinación de las eficiencias de detectores de contaminación de grandes áreas.

Palabras clave: detectores de contaminación, contaminación de superficie, radiación beta.

### ABSTRACT

The efficiency of a detector of surface beta contamination was determined by two different methods. In the first method, the efficiency was determined taking measures in the whole area of the detector. In the second form, the source was positioned in only one place, covering only a part of the area. The results show that the efficiencies are very similar for both methods. The simplification, that the second method allows, can considerably save time for the determination of the efficiency of contamination detectors of great areas.

Key words: contamination detectors, surface contamination, beta radiation.

### 1. INTRODUCCIÓN

Un detector de contaminación de superficie es un detector capaz de suministrar aviso sonoro o visual si la contaminación de una superficie en particular excede un nivel predeterminado o si el valor medido no está dentro de algunos límites ajustables predeterminados [1].

Normalmente las áreas de los detectores varían de 20 cm<sup>2</sup> a 200 cm<sup>2</sup>, en los detectores convencionales y de 240 cm<sup>2</sup> a 525 cm<sup>2</sup> en los detectores de manos y pies [2,3]. Las áreas sensibles grandes son especialmente útiles para la medición de áreas extensas de contaminación.

Para garantizar una medición de contaminación de buena calidad es necesaria la calibración de los detectores con fuentes planas de referencia como recomendado por la norma ISO [4]. La calibración, en general, significa la determinación experimental de su eficiencia [5].

La eficiencia de un instrumento es determinada por medio de una radiación de referencia suministrada por fuentes de referencia de tasa de emisión por unidad de área conocida. Las dimensiones de la fuente de calibración deben ser suficientes para cubrir el área sensible del instrumento detector, cuando en casos extremos, fuentes de tales dimensiones no estén disponibles, mediciones secuenciales de al mínimo 100 cm<sup>2</sup> de área activa deberán ser realizadas. Estas

10352

mediciones deberán cubrir todo el área sensible o en lo mínimo fracciones representativas del área y resultará en un valor medio para la eficiencia [6,7].

En este trabajo se presentan dos formas para la determinación de la eficiencia de un detector de contaminación de superficie de área grande. Como en nuestro laboratorio no disponemos de fuentes del tamaño ideal para las sondas de los pies, la sonda tiene un área de 535 cm<sup>2</sup> y la fuente 150 cm<sup>2</sup>, fue desarrollado un primer método siguiendo el modelo de la publicación británica HS(G)49, que es la de cubrir todo el área sensible del detector, como fue citado arriba. En el segundo método la fuente fue posicionada en una única posición, el centro del área sensible. Las eficiencias y los factores de calibración fueron determinados para radioisótopos de fuentes de radiación beta de diferentes energías y luego fueron comparadas. Fueron analizadas ambas sondas, derecha e izquierda, de los pies.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Fueron evaluadas las sondas de los pies (derecho e izquierdo) del detector Eurisys/Sirius, que tiene el tamaño de cada sonda de 14 cm x 36 cm. Las fuentes (Amershaw) utilizadas fueron del tipo plano, con dimensión de 10 cm x 15 cm. Fueron utilizadas fuentes beta de cinco radioisótopos; Carbono-14, Tecnecio-99, Cesio-137, Cloro-36 y Estroncio / Itrio-90, cuyas respectivas energías máximas y medias (en keV) son: (156, 50), (292, 85), (1176, 185), (710, 246) y (2288, 934). Las tasas de emisión beta de las fuentes, con traceabilidad al Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), presentan una desviación estándar relativa del 1,7%.

La eficiencia del instrumento,  $\epsilon_i$ , con relación a la fuente de referencia es dada por la siguiente ecuación [2]:

$$\epsilon_i = \frac{n - n_B}{q_{2\pi}} \quad (1)$$

Donde  $n$  es la tasa de conteo del monitor, incluyendo la radiación de fondo (s<sup>-1</sup>),  
 $n_B$  es la tasa de conteo de la radiación de fondo (s<sup>-1</sup>),  
e  $q_{2\pi}$  es la tasa de emisión de superficie de la fuente de referencia (s<sup>-1</sup>).

El factor de calibración  $N$  para los monitores de contaminación de superficie es obtenido de la siguiente ecuación[1]:

$$N = \frac{q_{2\pi}}{n - n_b} \quad (2)$$

de donde se puede concluir que el factor de calibración es el inverso de la eficiencia.

Los conteos fueron hechos colocando cada fuente directamente sobre la reja de protección del detector. Primeramente fue realizada la calibración por partes, el área sensible del detector fue dividido en cuatro áreas menores, tres de 14 cm x 10 cm, y uno de 14 cm x 6 cm (Fig.1). Fueron realizados diez conteos para cada área, luego fue determinado el factor de calibración para esa área; al final para cada sonda fueron obtenidos 4 factores, fue calculada la media aritmética obteniendo así un único factor de calibración. En total para cada sonda fueron necesarias 40 mediciones.

En la segunda parte fue realizada la calibración única, las mediciones fueron hechas con la fuente posicionada en un único lugar, en el centro del área sensible. Fueron realizadas 10 mediciones.

Antes de las mediciones con las fuentes fueron realizados los conteos de la radiación de fondo: fueron hechas diez mediciones para la posterior determinación de su media aritmética.

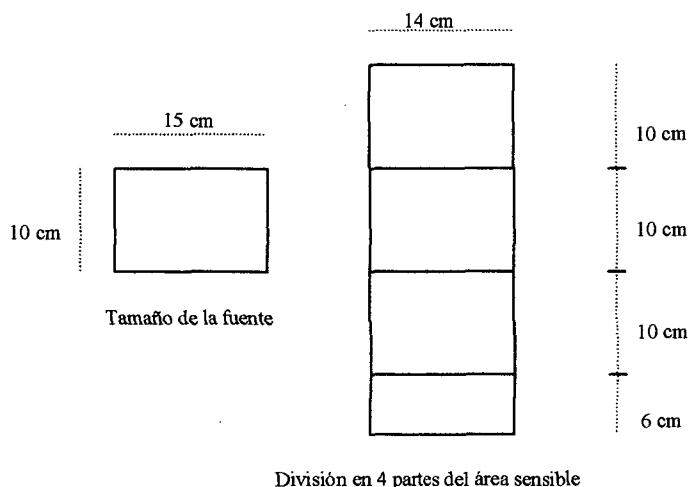


Figura 1. Relación del tamaño de la fuente con el tamaño de las partes en que fue dividida el área sensible del detector de contaminación.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la tabla 1 se pueden observar los factores de calibración junto con las incertezas totales obtenidas para cada radioisótopo. Para el cálculo de la incertezas fueron llevadas en cuenta las incertezas del tipo A (desviación estándar del valor medio de los conteos de respuesta a la fuente y desviación estándar de los conteos de la radiación de fondo) e incertezas del tipo B (incerteza relacionada a la tasa de emisión certificada, incerteza relacionada al factor de decaimiento e incerteza relacionada a la medición del área de detección).

Tabla 1. Factores de calibración (adimensionales) e incertezas asociadas, calculados para la sonda del detector de contaminación (pie izquierdo), en la calibración por partes y en la calibración única.

Fuente	Sonda del pie izquierdo			
	Calibración por partes		Calibración única	
	Factor de Calibración	Incerteza(%)	Factor de Calibración	Incerteza(%)
C - 14	8,7	6,9	10,2	6,5
Tc - 99	5,4	5,5	5,4	6,3
Cs - 137	4,1	5,3	4,2	6,1
Cl - 36	4,1	5,4	3,9	7,7
StrI - 90	3,9	5,2	4,1	8,1

Tabla 2. Factores de calibración(adimensionales) e incertezas asociadas, calculados para la sonda del detector de contaminación (pie derecho), en la calibración por partes y en la calibración única.

Fuente	Sonda del pie derecho			
	Calibración por partes		Calibración única	
	Factor de Calibración	Incerteza(%)	Factor de Calibración	Incerteza(%)
C - 14	9,8	6,6	11,5	5,5
Tc - 99	6,0	5,7	5,9	6,5
Cs - 137	4,4	5,4	4,3	6,4
Cl - 36	4,2	5,4	4,1	6,3
Sr/I - 90	4,1	5,2	4,2	8,9

Puede ser observado que, con excepción del C-14, la máxima diferencia entre los factores de calibración encontrados por los dos métodos es del orden del 5%, las incertezas relacionadas a cada factor están bien debajo de los valores máximos citados en la literatura, que es del orden del 30% [3,6]. Como fue visto de las ecuaciones 1 y 2, el factor de calibración es inversamente proporcional a la eficiencia. La tabla 3 muestra una comparación entre las eficiencias determinadas por ambos métodos, donde puede ser notado la poca diferencia entre ellas.

Tabla 3. Comparación de las eficiencias encontradas en la calibración por partes y en la calibración única.

Fuente	Eficiencia (%)			
	Pie izquierdo		Pie derecho	
	Calibración Por partes	Calibración Única	Calibración Por partes	Calibración Única
C - 14	11,5	9,8	10,2	8,7
Tc - 99	18,7	18,5	16,7	16,9
Cs - 137	24,5	23,8	22,5	23,3
Cl - 36	24,4	25,6	23,7	24,4
Sr/I - 90	25,5	24,4	24,4	23,8

En el caso de la sonda analizada fueron necesarias 40 mediciones para conseguir determinar su eficiencia por el método de la calibración por partes, si el método escogido fuera el de la calibración única, con diez mediciones la eficiencia ya sería determinada. En el caso de la calibración de un detector de manos y de pies serían necesarias 80 mediciones para la determinación de las eficiencias de las sondas derecha e izquierda, considerando que fueron utilizadas 5 fuentes diferentes, da un total de 400 mediciones para la determinación de las eficiencias de los pies del detector; con la calibración única la eficiencia es determinada con 100 mediciones, o sea que 4 veces menos.

#### 4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que, con excepción del Carbono 14, las eficiencias son muy parecidas para ambos métodos. La simplificación, que el segundo método permite, puede ahorrar considerablemente el tiempo utilizado en la determinación de las eficiencias de detectores de contaminación de grandes áreas.

#### 5. REFERENCIAS

- 1- IAEA, International Atomic Energy Agency. (2000) Calibration of radiation protection monitoring instruments. Safety Reports Series no. 16, Vienna.
- 2- ISO, International Organization for Standardization. (1988) Evaluation of surface contamination – Part 1: Beta-emitters (maximum beta energy greater than 0,15 MeV) and alpha-emitters, ISO 7503-1, Geneva.
- 3- IEC, International Electrotechnical Commission. (1975) Moniteurs et signaleurs de contamination des mains ou des pieds ou des deux, IEC-504, Geneva.
- 4- ISO, International Organization for Standardization, (1988) Reference sources for the calibration of surface contamination monitors – Beta-emitters (maximum beta energy greater than 0.15 MeV) and alpha-emitters, ISO 8769, Geneva.
- 5- Yoshida, M., (1997) Radioactive standards and calibration methods for contamination monitoring instruments, JAERI – Conf 97-008, Conf- 9610322 – IAEA, Vienna.
- 6- HSE, Health and Safety Executive. (1990) The examination and testing of portable radiation instruments for external radiation health and safety series booklet, HS(G)49, HMSO, London.
- 7- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1992) Monitores e sinalizadores de contaminação de pés e/ou de mãos, NBR 12604, Rio de Janeiro, Brasil.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen el soporte financiero parcial del Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil.