

## Calibración del sistema de radiometría de bajo fondo LB-4110 para determinación de actividad beta total

José Osores\*

Laboratorio de Radioecología, Dirección de Investigación y Desarrollo.  
Instituto Peruano de Energía Nuclear, Av. Canadá 1470, San Borja, Lima, Perú

### Resumen

Un método de calibración para la determinación de actividad beta total en muestras ambientales fue desarrollado utilizando K-40 como material de referencia. El sistema de radiometría de bajo fondo LB-4110 evaluado presentó una adecuada respuesta instrumental, con una eficiencia de 11 % y un límite de detección instrumental de 0,1 Becquerelios para tiempos de lectura cortos y 0,01 Becquerelios para tiempo de recuento de 100 minutos.

### Abstract

A method of calibration for the determination of total beta activity in environmental samples was developed using K-40 as reference material. The LB-4110 low-background radiometry system evaluated showed a suitable instrumental response, with an efficiency of 11 % and an instrumental detection limit of 0,01 Becquerel for short times of counting and 0,01 Becquerel for counting times of 100 minutes.

## 1. Introducción

El Sistema de radiometría LB4110 permite la ejecución de ensayos para la determinación de radiactividad beta total equivalente en muestras ambientales [1], así como de radionucleídos específicos emisores de partículas beta los cuales deben ser previamente separados por métodos radioquímicos [2].

El monitoreo de la actividad beta total o beta global (Gross Beta) en muestras ambientales permite identificar rápidamente una eventual contaminación radiactiva habida cuenta que prácticamente todos los radionucleídos de importancia radiosanitaria y ambiental son emisores beta y gamma [3].

En el presente documento se muestra la metodología de calibración del sistema LB4110 para la determinación de la actividad beta total equivalente a K-40 del Sistema LB4110 para muestras acondicionadas en planchetas circulares de 50 mm de diámetro.

## 2. Material y Métodos

### 2.1. Sistema de radiometría LB4110

Compuesto de ocho detectores proporcionales con sus respectivos detectores de coincidencia, este sistema requiere para su

funcionamiento de la provisión de gas P-10 (Argón-Metano). Estos detectores están conectados con un módulo de control que recibe la información y es transferida a una computadora personal Pentium I.



Figura 1. Sistema de Radiometría LB-4110.

### 2.2. Material de referencia

Como material de referencia se utilizó 6,6592 gramos de cloruro de potasio anhidro el cual presenta en forma natural  $^{40}\text{K}$  con una actividad de 30,944 Becquerelios por gramo de potasio [4]. La fracción estequiometrica del K en el KCL es de 0,5244482.

La actividad total evaluada fue:

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

$$A = \left[ 6,6592 \frac{gKCl}{gKCl} \right] * \left[ 0,5244482 \frac{gK}{gKCl} \right] * \left[ 30,944 \frac{Bq}{gK} \right]$$

$$A = 108,0689 Bq$$

Actividad  $^{40}K$  : 108 Bequerelios  
 Fecha de referencia : 01-Ene-2008

### 2.3. Cálculo de eficiencia

La eficiencia para  $^{40}K$  se calculó con la siguiente ecuación [5]:

$$Efi = [CPMp - CPMf] * [60 * Ao * \exp^{-\lambda\tau}]^{-1}$$

Donde:

Efi : Eficiencia instrumental para  $^{40}K$  (cps\*Bq<sup>-1</sup>).  
 CPMp: Cuentas por minuto del  $^{40}K$ .  
 CPMf: Cuentas por minuto del fondo instrumental.  
 Ao : Actividad inicial del  $^{40}K$  (Bq).  
 e<sup>-λτ</sup>: Decaimiento radiactivo del  $^{40}K$ .  
 λ : Constante de semidesintegración del  $^{40}K$ .  
 τ : Tiempo desde la fecha de referencia a la fecha de ensayo (años).

### 2.4. Límite de detección

El límite de detección instrumental se calculó con la siguiente ecuación:

$$LD = [4,66] * \left[ \sqrt{2 * CPMf} \right] * [60 * TC * Efi]^{-1}$$

Donde:

LD: Límite de detección instrumental para K-40 en equilibrio (Bq).  
 CPMf: Cuentas por minuto del fondo instrumental.  
 TC: Tiempo de lectura de la muestra (minutos).  
 Efi: Eficiencia instrumental para  $^{40}K$  (cps\*Bq<sup>-1</sup>).

### 2.5. Estimación de incertidumbres

$$\mu_{Efi} = \sqrt{\left[ \mu_A * A_o^{-1} \right]^2 + \left[ \delta_{CPMn} * CPMn^{-1} \right]^2}$$

$$U_{Efi} = 2 * \mu_{Efi} * Efi$$

Donde:

μ<sub>Efi</sub> : Incertidumbre combinada de la eficiencia.  
 μ<sub>A</sub> : Incertidumbre estándar de la actividad actual del patrón de calibración (Bq).  
 A : Actividad Actual del patrón de calibración (Bq).  
 δ<sub>CPMn</sub> : Desviación estándar de las cuentas netas por minuto del patrón de calibración.

U<sub>Efi</sub> : Incertidumbre Expandida de la eficiencia al 95% (K=2).

Efi : Eficiencia instrumental para  $^{40}K$  (cps\*Bq<sup>-1</sup>).

## 3. Resultados

Las Tablas 1 y 2 presentan los parámetros instrumentales utilizados para la ejecución del experimento durante las lecturas de fondo y del material de referencia.

**Tabla 1.** Lectura de fondo instrumental.

Código de Lectura	AB0310006-Beta Fondo	
Parámetros MCA	Beta – Límite inferior	0%
	Beta – Límite superior	100%
	Alfa – Límite inferior	100%
	Alfa – Límite superior	100%
	Umbral (threshold)	1%
Tiempo de Lectura	Pre-establecido (minutos)	30
	Adquisición por muestra	1
	Entre adquisiciones (minutos)	0
Control de Detectores	Voltaje inicial (voltios)	1500
	Intervalo de voltaje	0
	Tiempo de purgación	s/v
Lecturas	Detector ID	A1
	Sample ID	Fondo
	Alpha	3
	Beta	51
	Guard	14510
	TOD	10/03/2006 03:27:26 p.m.
	Cuentas Beta Totales	51
	CPM Beta	1,7
Error Estándar (CPM)	0,2	

La tabla 3 presenta la eficiencia instrumental resultante y la tabla 4 muestra el límite de detección instrumental para diferentes tiempos de recuento.

**Tabla 2.** Lectura del material de referencia.

Código de lectura	AB0310005-Beta K40	
Parámetros MCA	Beta – Límite inferior	0%
	Beta – Límite superior	100%
	Alfa – Límite inferior	100%
	Alfa – Límite superior	100%
	Umbral (treshold)	1%
Tiempo de lectura	Pre-establecido (minutos)	10
	Adquisición por muestra	1
	Entre adquisiciones (minutos)	0
Control de detectores	Voltaje inicial (voltios)	1500
	Intervalo de voltaje	0
	Tiempo de purgación	s/v
Lecturas	Detector ID	A1
	Sample ID	K40 – 108 Bq
	Alpha	10
	Beta	7736
	Guard	4875
	TOD	10/03/2006 02:54:28 p.m.
	Cuentas Beta Totales	7736
	CPM Beta Totales	773,6
	Error Estandar (CPM)	8,8
	CPM Beta Netas	771,9
	Error Estandar Neto (CPM)	8,8

**Tabla 3.** Eficiencia instrumental para K-40 (CPM\*Bq<sup>-1</sup>).

<i>Eficiencia Instrumental</i>	$\pm$	<i>Incertidumbre Expandida (U)</i>
0,119120 (12%)	$\pm$	0.012218 (10%)

**Tabla 4.** Límite de detección para K-40.

CPM Total Fondo Promedio	Tiempos Estimados de Lectura (minutos)	Límite de Detección (Bequerelios)
1,7	10	0,1202
	20	0,0601
	30	0,0401
	60	0,0200
	100	0,0120

## 4. Conclusiones

El sistema de radiometría de bajo fondo LB4110 presenta una adecuada respuesta instrumental, en la actualidad tiene un 11% de eficiencia para <sup>40</sup>K.

El límite de detección instrumental es de 0,1 Bequerelios para tiempos de lectura cortos (diez minutos), asumiendo un tiempo de lectura de 100 minutos, se estima que el límite bajaría a 0,01 Bequerelios.

## 5. Bibliografía

- [1] Oxford Instruments Inc. LB4100-W Low-Background System. Version 1.10. Oak Ridge. USA 1995. 185 p.
- [2] Osore JM. Calibración del sistema de radiometría beta LAS-3A de centelleo plástico con <sup>90</sup>Sr+<sup>90</sup>Y. Instituto Peruano de Energía Nuclear. Departamento de Control Ambiental. Documento Técnico DT06-005-COAM.[Informe Interno]. Lima: Perú; 2006.
- [3] International Atomic Energy Agency. Measurement of radionuclides in food and the environment. A Guidebook. Technical Reports Series 295. Viena: Austria; 1989.
- [4] Ruiz de Pardo C. Calibraciones del contaje beta total. Boletín de la Junta de Control de Energía Atómica. Lima, Perú. Junio 1967 enero-junio; 12(57): 81-90.
- [5] Osore JM, González S, López E. Procedimiento para la determinación de actividad beta global equivalente en harinas. Instituto Peruano de Energía Nuclear. Departamento de Control Ambiental. PR N° 022-01-COAM. Versión 01. [Informe Interno]. Lima: Perú; 2001.