

Sistema de monitorización para radioprotección en la Planta de Producción de Radioisótopos del IPEN

Pablo Arias¹, Andrés Corahua², José Paez^{3,*}, Ramos Martínez², Alberto Ramos²

¹ Instituto Peruano de Energía Nuclear, Oficina de Informática, Laboratorio de Microinformática, Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

² Instituto Peruano de Energía Nuclear, Dirección de Radioisótopos, Centro de Radioprotección, Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

³ Instituto Peruano de Energía Nuclear, Dirección de Ingeniería de Mantenimiento, Laboratorio de Microinformática, Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

Resumen

En este reporte se presentan el diseño e implementación de un sistema de monitorización en radioprotección para la Planta de Producción de Radioisótopos del IPEN. Los primeros resultados nos muestran que la seguridad ha sido mejorada debido a un control más efectivo de los ambientes de producción. Cualquier evento de alarma es visualizado geográficamente en una pantalla de PC. Adicionalmente, el sistema posibilita emitir reportes directamente a MS Excell con todos los detalles de la monitorización, en un formato que permite el almacenamiento clasificados por fechas, permitiendo una administración del historial de monitorización. Todos estos elementos mejoran la rapidez de respuesta frente a cualquier incidente durante la producción de los radiofármacos en esta planta.

Abstract

In this report results achieved from the design and implementation of a radiation protection monitoring system for Radioisotope Production Plant of IPEN are presents. Early results show that security has been improved due to more effective control of production laboratories. Any alarm event is displayed in a geographically PC screen. Additionally, the system allows reports to be issued directly in MS Excel with all the details of events, in a format that allows storage arranged by date, allowing management history monitoring. All these elements improve the speed of response to any incident during the production of radiopharmaceuticals in this plant.

1. Introducción

La Planta de Producción de Radioisótopos (PPR) del IPEN ha ampliado la gama de sus productos de radiofármacos y radioisótopos. Sin embargo, su sistema de detección de contaminación radiactiva compuesto por equipos con una antigüedad mayor a 15 años se mantenía inalterable, dificultando las funciones de supervisión en radioprotección. Además, no disponía de facilidades para el almacenamiento electrónico de la información y generar reportes históricos y auditables.

Por esas razones se plantea el diseño de un nuevo sistema central que concentre toda la información de monitorización que facilite su auditabilidad y seguimiento históricos. También el sistema debe ser amigable al usuario, con opciones de configuración de los parámetros a su requerimiento.

2. Metodología para resolver el problema

Se realiza una evaluación de las actividades de la Planta y se identifican los puntos críticos que aportan a la contaminación radiactiva y que deben ser monitorizados. También, se determinan los niveles máximos permisibles y una evaluación de los equipos de detección disponibles. Se determinan los requerimientos mínimos del usuario para la actividad de supervisión y registro de alarmas. Las etapas de diseño del sistema se desarrollaron del siguiente modo:

2.1 Automatización del sistema de monitorización

Los niveles de radiación generados en los ambientes de la planta deben ser registrados

* Correspondencia autor: jpaez@ipen.gob.pe

en tiempo real y almacenados en formato electrónico. Para esta tarea se utilizaron los siguientes equipos:

- Un equipo de monitorización Munchener Apparatebau Fur Elektronische Gerate GMBH (MAB).
- 21 detectores Geiger Muller (GOS 0600-con tubo GM ZP1201), que se conectan al equipo MAB y entregan su lectura en señales TTL.
- Cables de conexión para los detectores.
- Una tarjeta IAEA DAQ 52 facilitada por el Organismo Internacional de Energía Atómica con conexión USB.
- Una PC con Puerto USB y Software NI LabView y Raisonance kit 6,1.
- Tres equipos para muestreo de concentración de Iodo en Aire SPJ-1000.

2.2 Automatización del sistema de evaluación de emisiones de I-131

La actividad principal de la Planta es la producción de ^{131}I y su proceso genera la mayor contaminación radiactiva al mezclarse con el aire. Por esa razón, es importante su detección de las concentraciones de Iodo en el aire.

Los tres equipos autónomos para muestreo de ^{131}I que se utilizan, entregan la medición en lectura visual directa. También se puede disponer de esa información a través de un puerto de lazo de corriente 0-20mA.

Se conectan las señales de los equipos SPJ-1000 a entradas de lectura analógica de la tarjeta DAQ-52.

2.3 Acondicionamiento de la tarjeta IAEA DAQ52

La tarjeta IAEA DAQ52 está basado en un Microcontrolador 8052 y utiliza tecnología FPGA que le brinda potencialidad y flexibilidad de arquitectura de hardware, con capacidad de poder funcionar en forma autónoma al incorporar una EPROM para el programa de operación. Esta característica le permite independencia de funcionamiento.

Para utilizarla en nuestro sistema se modificó su arquitectura reprogramando la FPGA, obteniéndose la ampliación del número de entradas tipo contador de niveles TTL para 21 entradas tipo contador de niveles TTL provenientes de detectores GM de los ambientes de producción.

2.4 Procedimiento de operación del sistema

En la Figura 1 se detalla en forma genérica el procedimiento que se debe efectuar para conectar los equipos y ejecutar el programa de operación SMONITOR.EXE hecho en NI Labview, para un Sistema Operativo Windows XP o superior. Asimismo, se indica los archivos de reporte generados. Se debe notar que la tarjeta DAQ-52 se programa con un código hecho en ANSI C y que es cargado por el programa SMONITOR.

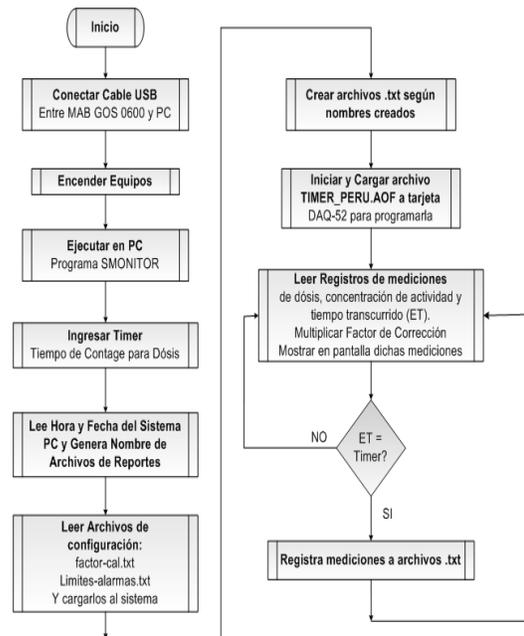


Figura 1. Diagrama de flujo del programa principal.

2.5 Software de programación de la tarjeta DAQ52

La tarjeta DAQ52 requiere de un programa de operación hecho en el software Raisonance Kit 6.1, el cual es un ambiente de desarrollo de programación en ANSI C. Este programa permite configurar el hardware de la tarjeta para procesar las señales provenientes de los detectores GM y almacena los datos en unas direcciones de memoria RAM que serán accedidas a través de un puerto USB que se conecta a una PC. El Programa SMONITOR interactúa con el puerto USB de la tarjeta DAQ-52 y lee dicha memoria RAM.

El archivo TIMER_PERU.C es compilado y genera los archivos TIMER_PERU.AOF y TIMER_PERU.HEX, los cuales serán

cargados en la EPROM de la tarjeta DAQ52 por el programa SMONITOR.

3. Resultados

La Figura 2 muestra los datos de las tasas de dosis monitorizadas en diferentes ambientes de la PPR. Además, datos de configuración como tiempo de conteaje, factores de corrección para cada detector GM, activación de mapa geográfico, etc.

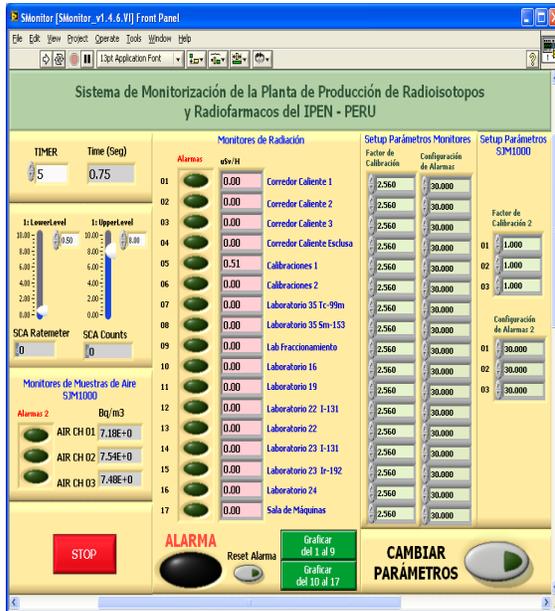


Figura 2. Panel frontal de muestreo.

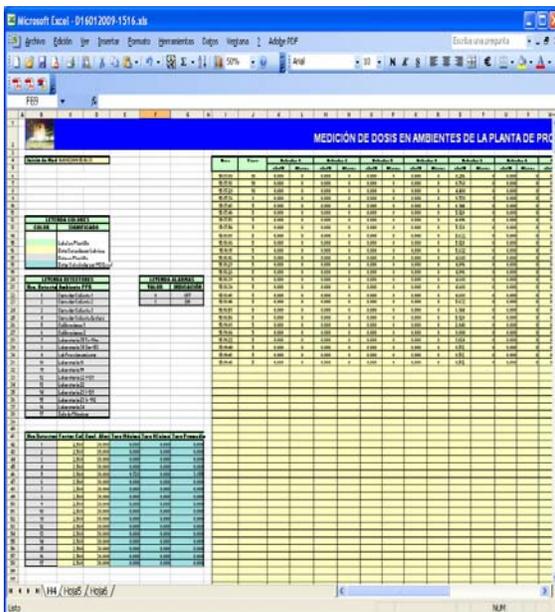


Figura 3. Archivo de datos de la medición de tasa de dosis.

La Figura 3 muestra el reporte final obtenido en un día de operación. Se indican las tasas de dosis medidas por detector; igualmente, se efectúan los cálculos adicionales como tasas promedio, máximo y mínimo, fecha de medición y factor de corrección usada, etc.

4. Conclusiones

El nuevo sistema ha demostrado ser muy amigable al usuario y permite una administración de la información histórica de las mediciones, clasificándolas por fechas. También se ha mejorado el control en los ambientes de producción permitiendo que cualquier evento de alarma sea indicado mediante una pantalla geográfica y un zumbador sonoro que solo se silencia cuando es reiniciado por el usuario.

5. Agradecimientos

Al Experto OIEA Milton Soares del Instituto de Ingeniería Nuclear de Brasil por su apoyo en la modificación de la arquitectura de la tarjeta DAQ-52. Igualmente, al Ing. Manuel Castro Jefe de la Planta de Producción de Radioisótopos por el apoyo administrativo al desarrollo del proyecto.

6. Bibliografía

- [1] Heinz Rongen. Manual de DAQ52 Universal Analog/Digital Input/Output board with 8052 USB Microcontroller.2004.
- [2] Heinz Rongen, Milton Soares. Manual de DAQ52-Peru. Universal Analog/Digital Input/Output board with 8052 USB Microcontroller. 2005.
- [3] Heinz Rongen. LCD Display. 2003
- [4] RC-51 ANSI-C Compiler for the 8051 family. RAISONANCE
- [5] Heinz Rongen. CD driver and tools of DAQ52 Card.
- [6] National Instrument. Manual de Programación Labview.
- [7] Munchener Apparatebau fur Elektrische Gerate GMBH. Manual del Equipo Sistema Monitor de Área GOS 0600 para Rayos Gamma MAB.
- [8] Munchener Apparatebau fur Elektrische Gerate GMBH. Manual del Equipo Evaluador de Emisiones de I-131 Fast iodine monitor SJM 1000 MAB.
- [9] Munchener Apparatebau fur Elektrische Gerate GMBH. Manual de los Detectores Geiger Muller Mod. GOS 0600 con tubo GM ZP1201.

Calibración del sistema de radiometría beta de centelleo plástico

LAS-3A con $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$

José Osóres*

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

Resumen

Con la finalidad de evaluar los niveles de radiactividad beta global en muestras ambientales, se desarrolló un método de calibración para un sistema de radiometría beta de centelleo plástico. El sistema presenta una buena respuesta instrumental con un 25% de eficiencia de recuento para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio.

Abstract

In order to evaluate the global beta levels of radioactivity in environmental samples, a calibration method for a beta radiometry system of plastic scintillation was developed. The system presents a good instrumental response with 25% of count efficiency for $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ in equilibrium.

1. Introducción

El Sistema de Radiometría Beta LAS-3A 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.

Uno de los radionucleídos emisores beta de importancia ambiental lo constituye el ^{90}Sr el cual se encuentra en equilibrio con su descendiente, el ^{90}Y , también emisor beta.

2. Material y Métodos

2.1. Sistema de radiometría beta LAS-3A

Compuesto de dos detectores de centelleo plástico ubicados de modo tal que permiten disponer de dos geometrías de contaje (2pi y 4pi). Estos detectores están conectados con un módulo de control que manipula el ingreso de las planchetas y registra el número de cuentas correspondiente (Figura 1).



Figura 1. Sistema LAS-3A.

2.2. Fuente de calibración

Se utilizó la fuente radiactiva MCR2001-059, proporcionada por el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas de España (CIEMAT), esta fuente está constituida por un disco de dos láminas de mylar metalizado de 300 nm de espesor selladas con pegamento y montadas en un anillo metálico de 30 mm de diámetro. La concentración de actividad total referida al 07 de agosto del año 2001 correspondiente al $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ de la fuente es de 12679 ± 31 Bequerelios.

Como referencia para los ensayos se utilizó la guía IAEA-TRS-295 [2] y el método de ensayo No. PR-022-01-COAM para la determinación de la eficiencia instrumental y el límite de detección correspondiente [3].

2.3. Cálculo de eficiencia

La eficiencia para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ total se calculó con la siguiente ecuación:

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

Donde:

Efi : Eficiencia instrumental para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio ($\text{cps} * \text{Bq}^{-1}$)

CPMp : Cuentas por minuto del patrón de calibración.

CPMf : Cuentas por minuto del fondo

* Correspondencia autor: josores@ipen.gob.pe

instrumental.
 A_o : Actividad inicial del patrón (Bq).
 $e^{-\lambda\tau}$: Decaimiento radiactivo del ^{90}Sr
 λ : Constante de semidesintegración
 (0.02414634 años $^{-1}$)
 τ : Tiempo desde la fecha de referencia
 a la fecha de ensayo (años).

2.4. Cálculo de actividad

La actividad del patrón secundario se calculó con la siguiente ecuación:

$$A = [CPMm - CPMf] * [Efi * \exp^{-\lambda\tau}]^{-1}$$

Donde:

A : Concentración de la actividad de $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio del patrón secundario (Bq).
 $CPMp$: Cuentas por minuto del patrón secundario.
 $CPMf$: Cuentas por minuto del fondo instrumental.
 Efi : Eficiencia instrumental para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio (cps*Bq $^{-1}$).
 $e^{-\lambda\tau}$: Decaimiento radiactivo del ^{90}Sr
 λ : Constante de semidesintegración
 (0.02414634 años $^{-1}$).
 τ : Tiempo desde la fecha de referencia a la fecha de ensayo (años).

2.5. Límite de detección

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

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

Donde:

LD : Límite de detección instrumental para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio (Bq)
 $CPMf$: Cuentas por minuto del fondo.
 TC : Tiempo de lectura de la muestra (minutos)
 Efi : Eficiencia instrumental para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio (cps*Bq $^{-1}$)

2.6. Estimación de incertidumbres

2.6.1. Eficiencia instrumental:

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

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

Donde:

μ_{Efi} : Incertidumbre combinada de la eficiencia
 μ_A : Incertidumbre estándar de la actividad actual del patrón de calibración (Bq)

A : Actividad Actual del patrón (Bq)
 δ_{CPMn} : Desviación estándar de las cuentas netas por minuto del patrón de calibración.
 U_{Efi} : Incertidumbre Expandida de la eficiencia al 95% (K=2).
 Efi : Eficiencia instrumental para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio (cps*Bq $^{-1}$)

2.6.2. Concentración de actividad

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\mu_{CA} = \sqrt{[\mu_{Efi} * Efi^{-1}]^2 + [\delta_{CPMn} * CPMn^{-1}]^2}$$

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

Donde:

μ_{CA} : Incertidumbre combinada de la actividad
 μ_{Efi} : Incertidumbre estándar de la Eficiencia instrumental para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio.
 Efi : Eficiencia instrumental para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio (CPM*Bq $^{-1}$)
 δ_{CPMn} : Desviación estándar de las cuentas netas por minuto de la muestra.
 U_A : Incertidumbre Expandida de la concentración de actividad al 95% (K=2).

3. Resultados

El Sistema presenta un fondo instrumental distribuido en un rango de 2 a 7 cuentas por minuto (CPM) con una media de 5 ± 2 CPM y una variabilidad del 40 %. La lectura de la fuente MCR2001-059 presentó en promedio 168715 ± 177 CPM netas con una variabilidad del 0,10 % en cuatro repeticiones (Tabla 1). La eficiencia instrumental, para estos dos radionucleidos en equilibrio es igual a $24,8 \pm 0,3$ % cps/Bequerelios (Tabla 2) con un límite de detección de 0,7 Bequerelios (Tabla 3).

Tabla 1. Lectura de la fuente MCR2001-059.

Réplica	CPM totales	CPM Netas
01	168957	168952
02	168744	168739
03	168627	168622
04	168552	168547
Promedio	168720	168715
1 d.s.	177	177
Variabilidad	0,10%	0,10%

Tabla 2. Eficiencia instrumental para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio ($\text{CPM} \cdot \text{Bq}^{-1}$).

<i>Cuentas Netas</i>	\pm	δ_{CPMn}	<i>Eficiencia Instrumental</i>	\pm	<i>Incertidumbre Expandida (U)</i>
168715	\pm	177	0,247615805 (24,8%)	\pm	0,000797787 (0,32%)

Tabla 3. Límite de detección instrumental para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio.

<i>Cuentas Netas</i>	\pm	δ_{CPMn}	<i>Límite de Detección Instrumental (Bq)</i>
5	\pm	2	0,7

4. Conclusiones

El sistema de radiometría beta LAS-3A presenta una buena respuesta instrumental, en la actualidad tiene un 25% de eficiencia para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio.

El límite de detección instrumental es de 0,7 Bequerelios para tiempos de lectura cortos (un minuto), asumiendo un tiempo de lectura de 100 minutos, se estima que el límite bajaría a 0,007 Bequerelios.

El Decreto Supremo N° 009-97-EM (Reglamento de Seguridad Radiológica) en su Anexo II, Tabla II.3 indica que el nivel de intervención para la retirada o sustitución de alimentos contaminados con ^{90}Sr es de 0,1 kiloBequerelios/kilogramo de alimentos (100 Bq/kg) [4], asumiendo la capacidad del Laboratorio de Radioquímica de procesar 10 gr de muestra por ensayo, la concentración mínima detectable del sistema para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio será de 7 Bq/kg para un tiempo de lectura de 10 minutos, con lo cual, se garantiza que el sistema de análisis permite verificar que las muestras de alimentos no sobrepasen los niveles permisibles de contaminación con ^{90}Sr .

5. Bibliografía

- [1] Osoreo J M, Martínez J, López E, Jara R, Anaya A. Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental en el Área de Influencia del Centro Nuclear Oscar Miro Quesada de la Guerra "RACSO". Departamento de Control Ambiental. Instituto Peruano de Energía Nuclear. 2004.
- [2] International Atomic Energy Agency. Measurement of radionuclides in food and the environment. A Guidebook. Technical Reports Series No. 295. Vienna: Austria; 1989.
- [3] Osoreo J M, Gonzáles S, López, E. Procedimiento para la determinación de actividad beta global equivalente en harinas. PR N° 022-01-COAM. Departamento de Control Ambiental. Instituto Peruano de Energía Nuclear. Versión 01 (Abr-2001). 10 páginas; 2001.
- [4] El Peruano. Reglamento de Seguridad Radiológica. Decreto Supremo N° 009-97-EM. 11 págs. 1997.