

## USO DE LAS RADIACIONES IONIZANTES EN LOS LABORATORIOS TECNICOS DE APLICACIONES NUCLEARES.

Diego A. Gómez

Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica / Aplicaciones Nucleares / Laboratorios Técnicos /  
Ministerio de Energía y Minas de Guatemala  
24 calle 21-12, zona 12, Cd. Guatemala, Guatemala.

Mayra Del Rosario Villatoro Del Valle

Jefe Laboratorios Técnicos/Ministerio de Energía y Minas de Guatemala  
Diagonal 17 29-78, zona 11 Las Charcas, Cd. Guatemala, Guatemala.

### Resumen

El uso de la energía nuclear y sus aplicaciones es bien conocido desde hace décadas. En Guatemala existen diversas aplicaciones en el campo de la medicina, industria y la metrología de radiaciones ionizantes (esta última, como parte de las aplicaciones de metrología científica en el país). La metrología científica es de vital importancia para todo país debido a que se encarga de “la realización experimental de las unidades de medida y la custodia y mantenimiento de patrones, así como la investigación y desarrollo de nuevas técnicas de calibración y medición (CMCs)”. El laboratorio de referencia de radiaciones ionizantes para Centro América y el Caribe, es el Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica de Guatemala (LSCD-GUA), el cual opera desde 1991 y a la vez forma parte de la prestigiosa red de laboratorios secundarios adscrito a la red OMS/OIEA. Además de realizar calibraciones de los diversos detectores de los usuarios, necesarios para el desarrollo confiable y seguro de las aplicaciones nucleares, se hace mandatorio para el laboratorio, la participación en las intercomparaciones internacionales, para demostrar proficiencia en las distintas técnicas de calibración. En el presente trabajo, se expone lo realizado durante el ejercicio de Intercomparación a nivel protección radiológica en el año 2021.

#### 1. Introducción.

El uso de la energía nuclear y sus aplicaciones es bien conocido desde hace décadas, siendo las más relevantes la producción de energía eléctrica en las centrales nucleares y las aplicaciones en medicina (producción de radioisótopos, tratamiento y diagnóstico).

Con el fin de apoyar el uso adecuado de la tecnología nuclear en la medicina, surge la red de laboratorios OMS/OIEA, cuya principal función es proporcionar la trazabilidad al Sistema Internacional de unidades, por medio de calibraciones. De esa manera se colabora grandemente en la calidad de los servicios proporcionados y en el aumento de la protección radiológica en las diversas prácticas.

Para ello el LSCD-GUA hace uso de distintas fuentes de radiaciones ionizantes como radioisótopos o rayos X, los cuales sirven para la realización de las calibraciones, en sus instalaciones especialmente diseñadas. El LSCD-GUA para ayudar a asegurar la calidad de sus servicios, participa en ejercicios internacionales de intercomparación de la red de laboratorios secundarios OMS/OIEA.

#### 2. Objetivo.

Participar en las intercomparaciones internacionales mandatorias, para asegurar la calidad de las mediciones realizadas en el laboratorio y asegurar la pertenencia a la red de laboratorios secundarios adscritos a la red OMS/OIEA.

Verificación de la implementación del documento técnico OIEA TECDOC-1585, como protocolo principal del LSCD-GUA, para realización de calibración de cámaras de ionización, nivel Protección Radiológica.

#### 3. Ubicación LSCD-GUA.

Las instalaciones del LSCD-GUA se encuentran situadas al interior de la Dirección General de Energía, en 24 calle 21-12 zona 12 en Ciudad de Guatemala.

El LSCD-GUA es parte de los laboratorios técnicos del Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, cuya función principal es la provisión de servicios especializados para los usuarios, requeridos por la legislación nuclear.



Foto 1. Entrada principal al LSCD-GUA

#### 4. Equipo

Los datos de la de cámara de ionización “patrón secundario” utilizada como estándar de Protección Radiológica puede encontrarse en la siguiente tabla, junto a los datos del electrómetro “patrón secundario”. La cámara de ionización en conjunto con el electrómetro, forman el sistema dosimétrico para la realización de calibraciones a Nivel Protección Radiológica. La cámara de ionización se encuentra operativa desde 1991 como estándar del LSCD-GUA, mientras que el electrómetro se encuentra operativo desde 2014 como estándar del LSCD-GUA.

Equipo		
Marca	Modelo	S/N
Nuclear Enterprises	2575C	457
PTW	UNIDOS E	090793

En este ejercicio, se utilizará dicho sistema dosimétrico para la calibración del patrón secundario “viajero” del OIEA.



Foto 2: Patrón Secundario nivel PR LSCD-GUA.



Foto 3: Electrómetro Patrón Secundario LSCD-GUA.

#### 5. Metodología experimental.

La metodología utilizada en la calibración del estándar secundario del OIEA en las instalaciones del LSCD-GUA, es la “Calibración por sustitución”, la cual consiste en exponer ambas cámaras de ionización, una tras otra, en un campo de radiación conocido y de la comparación de las medidas, derivar el coeficiente de calibración  $N_k$ , respectivo, utilizándose la ecuación mostrada a continuación:

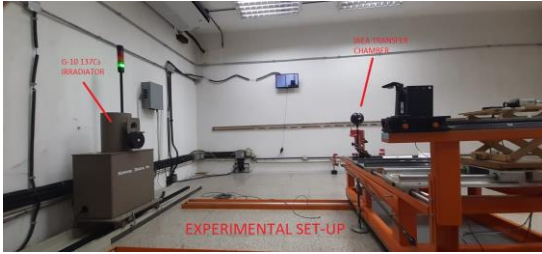
$$N_k^{IAEA} = k_{source} \times N_k^{LSCD} \times k_{stab} \times \frac{M_{raw}^{ref}}{M_{raw}^{user}} \times \frac{k_{TP}^{ref}}{k_{TP}^{user}} \times \frac{k_{dist}^{ref}}{k_{dist}^{user}} \times \frac{k_{other}^{ref}}{k_{other}^{user}}$$

Donde;

- $N_k^{IAEA}$  es el coef. del usuario obtenido del proceso de calibración.
- $N_k^{LSCD}$  es el coef. del patrón, el cual brinda la trazabilidad al S.I.
- $k_{stab}$  es el coef. asociado a la apertura de la fuente de  $^{137}\text{Cs}$
- $M_{raw}^{ref}$  son las lecturas obtenidas con el patrón en unidades nC
- $M_{raw}^{user}$  son las lecturas obtenidas con el usuario en unidades nC
- $k_{TP}^{ref}$  es el factor de corrección por P y T del sistema patrón
- $k_{TP}^{user}$  es el factor de corrección por P y T del sistema usuario
- $k_{dist}^{ref}$  es el factor de corrección por distancia del sistema patrón
- $k_{dist}^{user}$  es el factor de corrección por distancia del sistema usuario
- $k_{other}^{ref}$  es el factor de corrección por otras magnitudes del sistema patrón
- $k_{other}^{user}$  es el factor de corrección por otras magnitudes del sistema usuario

Todas las mediciones fueron realizadas al interior del bunker de bajas dosis, el cual contiene un irradiador con una fuente de  $^{137}\text{Cs}$ . El procedimiento debe repetirse 2 veces para obtener un coeficiente de calibración que viene dado por el promedio de ambas mediciones.

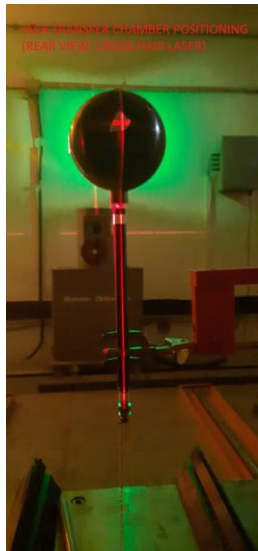
Este bunker permite la operación segura de la fuente de  $^{137}\text{Cs}$ , para el personal técnico del LSCD-GUA, con la consideración de todas las medidas de protección radiológica aplicables al caso.



**Foto 4.** Montaje experimental al interior del bunker de “Bajas Dosis”, para la realización del ejercicio de intercomparación.

### 6. Resultados.

Luego de obtener el coeficiente de calibración (y su incerteza asociada), como promedio de las 2 mediciones efectuadas, se realiza un informe preliminar para el OIEA, para la primera evaluación de los resultados. De ser correctos los resultados, se prepara el envío del patrón viajero del OIEA de regreso al laboratorio DOL-IAEA. Al llegar a destino, el laboratorio DOL-IAEA procede a realizar a su vez la calibración del patrón viajero, para ver el estado general del mismo a su regreso y tener a su vez el coeficiente de calibración promedio con el cual comparar los resultados del LSCD-GUA.



**Foto 5:** Patrón secundario “viajero” OIEA, durante calibración en LSCD-GUA.

Los resultados del ejercicio se comparan de acuerdo a la ecuación siguiente:

$$RAZON_{IAEA}^{LSCD} = R_{IAEA}^{LSCD} = \frac{N_k^{LSCD}}{N_k^{IAEA}} = x_i$$

Finalmente, se verifica el desempeño en los resultados de la comparación bilateral con el OIEA para el test de proficiencia “Coeficientes de calibración a Nivel Protección Radiológica”, con el cumplimiento de la siguiente condición:

$$x_i - U_i \leq 1 \leq x_i + U_i$$

Donde,

$x_i$ = la razón entre coeficientes LSCD/OIEA.

$U_i$ = incerteza combinada de  $x_i$ .

Con la introducción de una nueva métrica, dada por:

$$DoE = D_i = \frac{x_i}{x_{PT}} - 1$$

Donde,

$x_{PT}$ = es el valor de referencia, proporcionado por el laboratorio que realiza el ejercicio de proficiencia.

Se logran establecer los llamados “Grados de Equivalencia” entre los resultados, con la nueva condición dada por (según ISO 13528:2022):

$$D_i - U_i \leq 0 \leq D_i + U_i$$

Con la ejecución exitosa de estos ejercicios de intercomparación, el LSCD-GUA demuestra su desempeño aceptable en las diversas áreas de trabajo de su competencia y su compromiso con la Calidad.

Cabe también resaltar que los laboratorios del Área de Aplicaciones Nucleares (entre ellos el LSCD-GUA) también han participado en muchos otros ejercicios de intercomparación a nivel mundial y regional, como los siguientes descritos:

- Coeficientes de calibración a Nivel Radioterapia (Nd,w).
- Auditorias postales a nivel radioterapia (Dw).
- Auditorias postales a nivel protección radiológica (Ka).
- Coeficientes de calibración de monitores de protección radiológica ( $N_{H^*(10)}$ ).
- Calibraciones de monitores de contaminación superficial en eficiencia  $2\pi$  y coeficientes de actividad C(A).
- Evaluación de la actividad incorporada y la dosis comprometida a nivel dosimetría interna para los isotopos  $^{99m}Tc$  &  $^{131}I$ .

- Evaluación del desempeño de sistemas de dosimetría externa, en calidades ISO-4037.

#### **7. Conclusiones.**

- Resultados de la Intercomparación en tolerancia para el nivel protección radiológica.
- Puede ser utilizado el procedimiento descrito en el OIEA TECDOC-1585 como el procedimiento estándar del LSCD-GUA a nivel Protección Radiológica, tras ser verificados los resultados del ejercicio de Intercomparación.

#### **8. Recomendaciones.**

- Mantener la participación en intercomparaciones internacionales, como el mejor método para demostración de proficiencia en las distintas calibraciones realizadas por el LSCD-GUA y los laboratorios del Área de Aplicaciones Nucleares.
- Vigencia del LSCD-GUA como laboratorio de referencia de metrología de radiaciones ionizantes para la región C.A. y el Caribe, por la gran importancia que tiene para los usuarios nacionales y regionales.

#### **9. Bibliografía.**

- IAEA-TECDOC-1585 “Measurement Uncertainty. A Practical Guide for Secondary Standards Dosimetry Laboratories”. IAEA; mayo 2008.
- “Vocabulario Internacional de Metrología, Conceptos fundamentales y generales y términos asociados”, Centro Español de Metrología, tercera edición, 2012.