

## **SEGUNDO EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN REGIONAL DE DOSÍMETROS PERSONALES DE NEUTRONES 2014**

**Carelli, J. L.<sup>1</sup>, Menchaca, I. Discacciatti, A. P. y López F.**

Autoridad Regulatoria Nuclear

### **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados del segundo ejercicio de intercomparación regional de dosímetros personales de neutrones organizado en el año 2014 por la Autoridad Regulatoria Nuclear.

Se invitaron a participar de este ejercicio de intercomparación a todos los laboratorios pertenecientes a organismos estatales y a empresas privadas de nuestro país, que prestan servicio de dosimetría personal para radiación neutrónica. Asimismo, se invitaron a organismos y empresas privadas de Latinoamérica. En total participaron 6 servicios de dosimetría y se irradiaron 99 dosímetros.

Las irradiaciones se llevaron a cabo en el Laboratorio de Neutrones de la Autoridad Regulatoria Nuclear, ubicado en el Centro Atómico Ezeiza, con 3 calidades de radiación [1]:  $^{252}\text{Cf}$ ,  $^{252}\text{Cf}+\text{D}_2\text{O}+\text{Cd}$ ,  $^{241}\text{Am-Be}$ , cuyas dosis neutrónicas son trazables a los laboratorios primarios NIST y PTB [2, 3].

Las irradiaciones se realizaron sobre el maniquí descrito en la norma ISO 8529-3 y la magnitud dosimétrica utilizada fue el equivalente de dosis personal, Hp(10) de neutrones. Los criterios de aceptación del ejercicio se definieron en base a la expresión analítica establecida en el documento IAEA N° RS-G-1.3 [4].

La meta principal de este ejercicio de intercomparación es proporcionar una herramienta objetiva para evaluar la capacidad de los laboratorios que efectúan la dosimetría personal de neutrones [5].

### **1. INTRODUCCIÓN**

El objetivo de este ejercicio de intercomparación es proporcionar una herramienta objetiva para evaluar la capacidad de medición de neutrones de los servicios de dosimetría personal, promover la mejora de su desempeño y comparar el rendimiento de aquellos servicios que también participaron en el ejercicio desarrollado en el año 2012.

Se invitó a participar empresas privadas y organismos estatales, nacionales e internacionales, proveedores de servicio de dosimetría personal de neutrones. La intercomparación fue de carácter voluntario y anónimo.

Los resultados obtenidos en este ejercicio, expuestos en este informe, dan confianza a las mediciones realizadas por los servicios de dosimetría personal.

### **2. DESARROLLO**

Las irradiaciones se llevaron a cabo en el Laboratorio de Dosimetría Física de la ARN en el Centro Atómico Ezeiza, cuyo banco de calibración fue caracterizado en diferentes puntos y

---

<sup>1</sup> E-mail del Autor. [jcarelli@arn.gob.ar](mailto:jcarelli@arn.gob.ar)

sus tasas de dosis son valores trazables a los laboratorios primarios NIST y PTB. Estas irradiaciones se realizaron sobre el maniquí descrito en el punto 6.2.2, *Maniquí de calibración*, de la publicación [6].

El ángulo de incidencia de las irradiaciones fue de  $0^\circ$ . Las energías y dosis de las irradiaciones se detallan en la tabla 2.

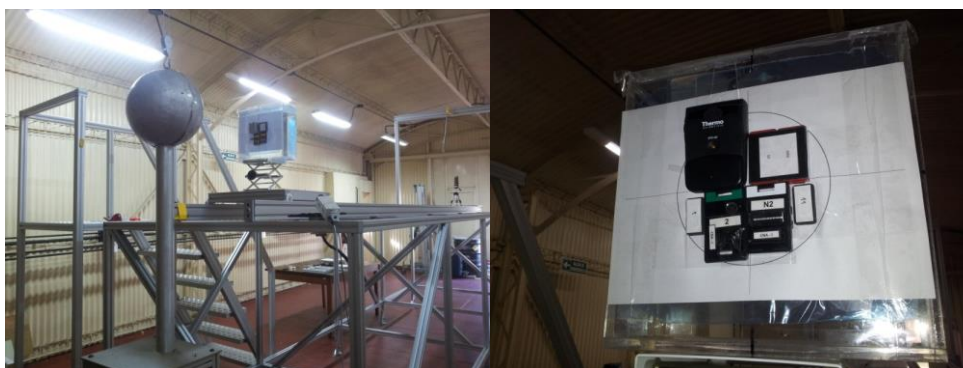
**Tabla 1. Calidades de radiación y dosis impartidas, Hp(10).**

| Calidad  | Hp(10) de neutrones [mSv] |      |     |
|--|---------------------------|------|-----|
| $^{252}\text{Cf}$                                  | 1,1                       | 1,9  | 3   |
| $^{252}\text{Cf} + \text{D}_2\text{O} + \text{Cd}$ | 0,7                       | 0,95 | 1,2 |
| $^{241}\text{Am-Be}$                               | 0,6                       | 1    | 1,4 |

Las incertidumbres expandidas relativas asociadas a las fuentes en el punto de irradiación, expresadas con un factor de cobertura  $k=2$  son:

- $^{252}\text{Cf}$ : 11%
- $^{252}\text{Cf} + \text{D}_2\text{O} + \text{Cd}$ : 22%
- $^{241}\text{Am-Be}$ : 10%

Las irradiaciones se realizaron en el banco de calibraciones del laboratorio, de manera que el centro del maniquí y el centro de la fuente se hallen a 2 m del piso. Todas las irradiaciones fueron realizadas ubicando el centro de la cara frontal del maniquí a 70 cm del centro de la fuente. Se colocaron los dosímetros sobre el maniquí fijándolos con cinta adhesiva, sin interferir con la ventana del dosímetro. Ninguna parte sensible de los dosímetros quedó alejada más de 7,5 cm del centro de la cara frontal del maniquí, tal como se indica en el punto 6.2.3, *Geometría de irradiación*, del documento [6]. Con el fin de evaluar la linealidad, se realizaron 3 irradiaciones en cada calidad de radiación.



**Figura 1. Plataforma de irradiación y geometría de irradiación.**

### 3. CRITERIO DE ACEPTACIÓN

El criterio de aceptación, para un valor de dosis, adoptado en este ejercicio de intercomparación es el propuesto por el IAEA para equivalente de dosis personal, Hp(10), en la publicación N° RS-G-1.3 [4]:

Para cada dosímetro irradiado, la relación entre el valor de dosis medido  $H_m$  y el valor verdadero convencional  $H_r$ , se denomina respuesta,  $R$ :

$$R = H_m / H_r \quad (1)$$

Que debe satisfacer la siguiente condición:

$$\frac{1}{1,5} \left(1 - \frac{2 H_0}{H_0 + H_r}\right) \leq \frac{H_m}{H_r} \leq 1,5 \left(1 + \frac{H_0}{2 H_0 + H_r}\right) \quad (2)$$

Donde:

$H_r$  es el valor de dosis verdadero convencional dado por el Laboratorio de Neutrones de la ARN, Hp(10).

$H_m$  es el resultado informado por cada laboratorio participante.

$H_0$  es el límite inferior de respuesta a dosis del sistema participante. Se asume 0,2 mSv según lo establecido en [4], para dosimetría bimensual.

Por otro lado, haciendo una extensión a la radiación neutrónica del criterio expresado en el documento [7], se considera que un laboratorio ha tenido un desempeño satisfactorio si cumple con el siguiente criterio:

“Se admite que como máximo, la décima parte de los dosímetros irradiados puedan exceder los límites indicados”.

#### 4. RESULTADOS

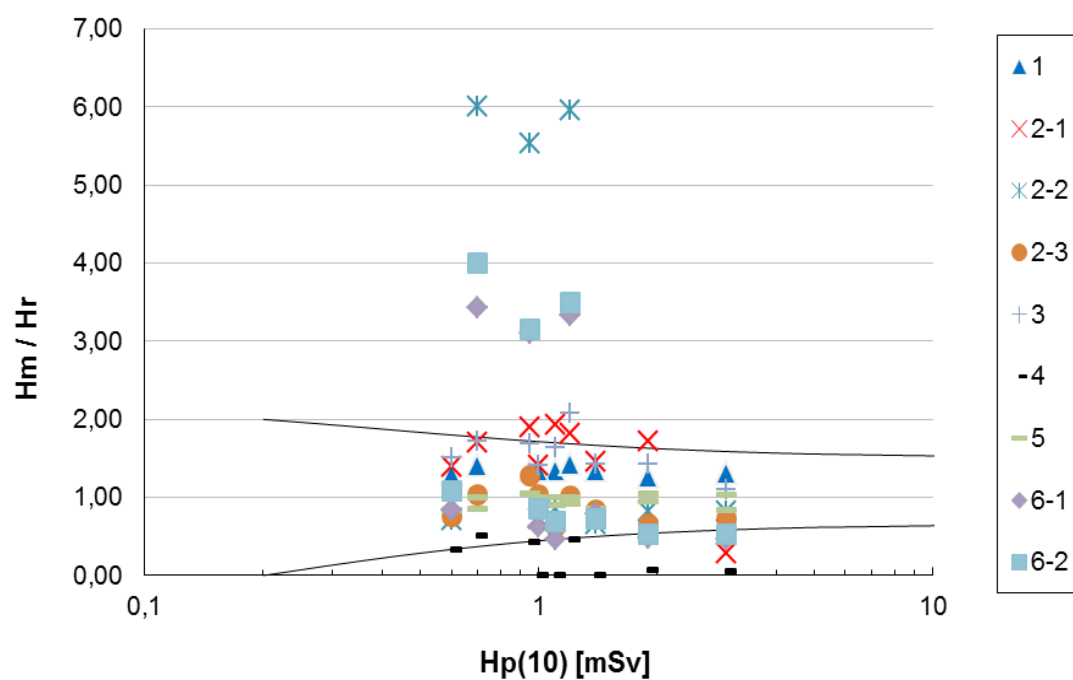


Figura 2. Resultados de todos los participantes.

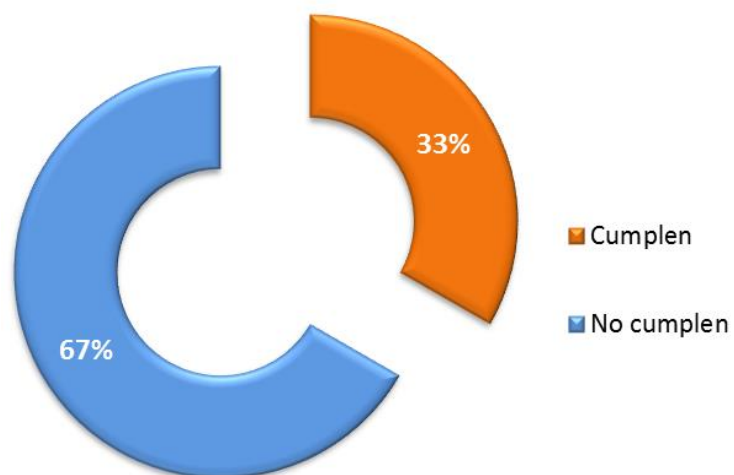


Figura 3. Desempeño de los participantes según los criterios de aceptación.

#### 4.1. Resultados globales según calidad de radiación

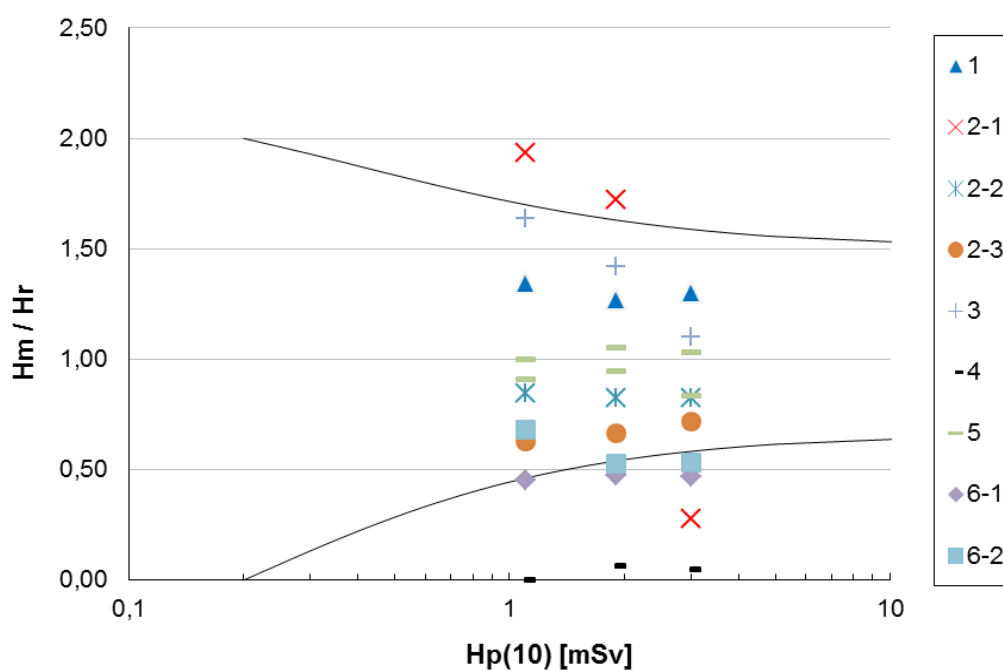


Figura 4. Resultados de todos los participantes. Caso  $^{252}\text{Cf}$ .

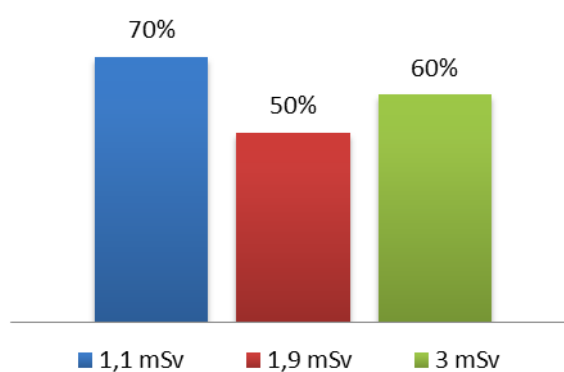


Figura 5. Porcentaje de dosis informadas que cumplen con los criterios de aceptación según las dosis impartidas, Hp(10). Caso  $^{252}\text{Cf}$ .

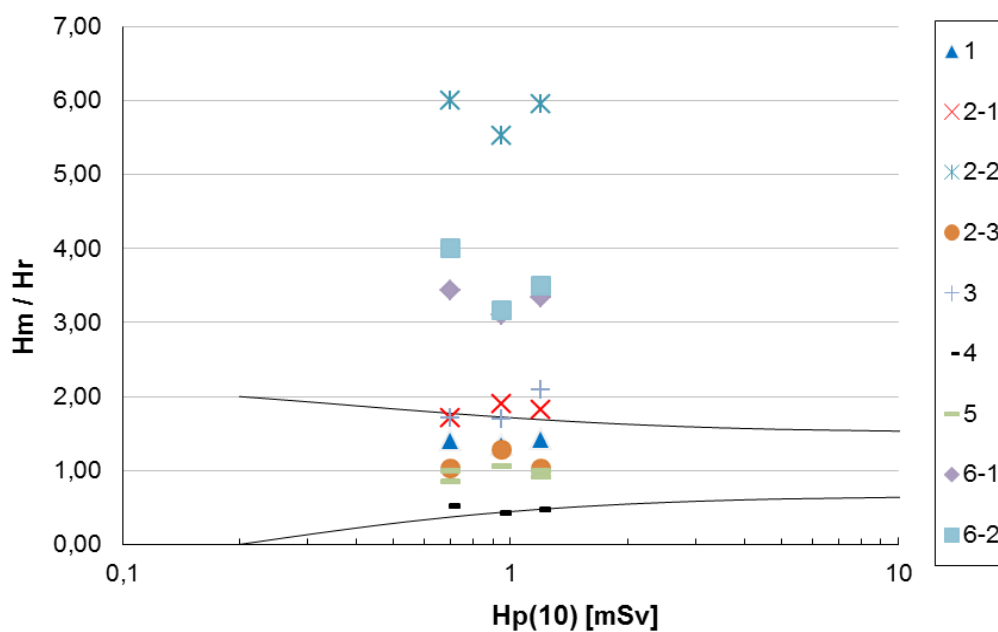


Figura 6. Resultados de todos los participantes. Caso  $^{252}\text{Cf}+\text{D}_2\text{O}+\text{Cd}$ .

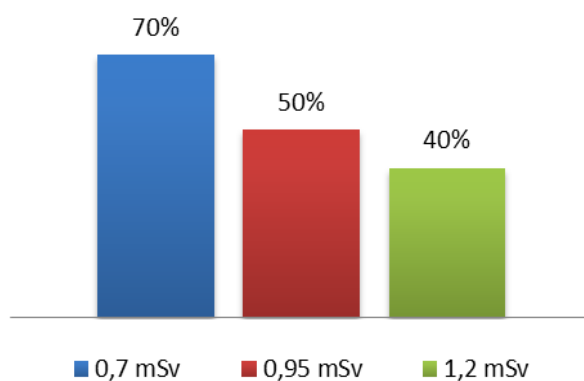


Figura 7. Porcentaje de dosis informadas que cumplen con los criterios de aceptación según las dosis impartidas,  $\text{Hp}(10)$ . Caso  $^{252}\text{Cf}+\text{D}_2\text{O}+\text{Cd}$ .

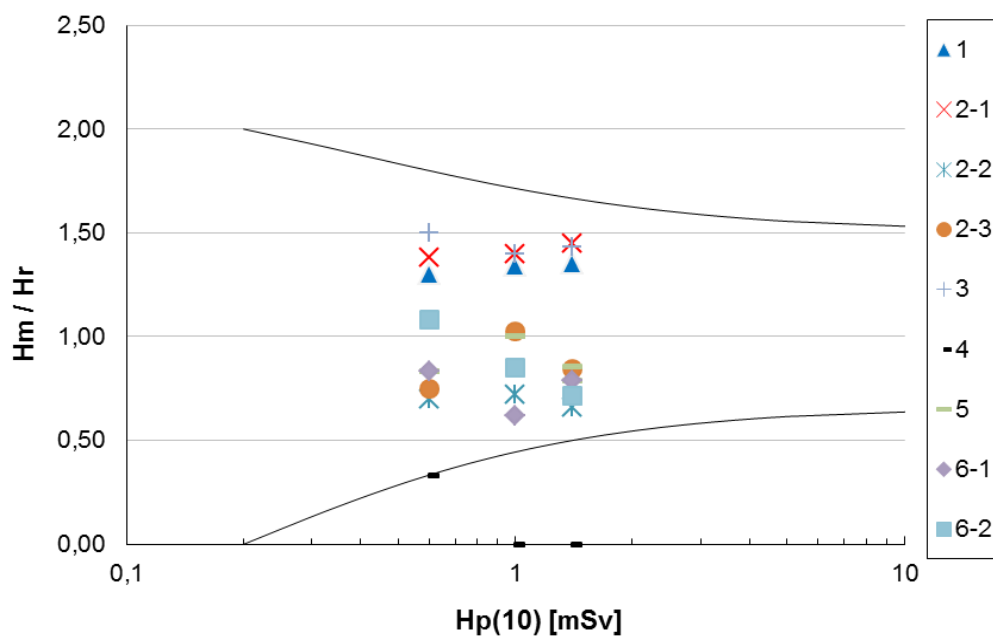


Figura 8. Resultados de todos los participantes. Caso  $^{241}\text{Am-Be}$ .

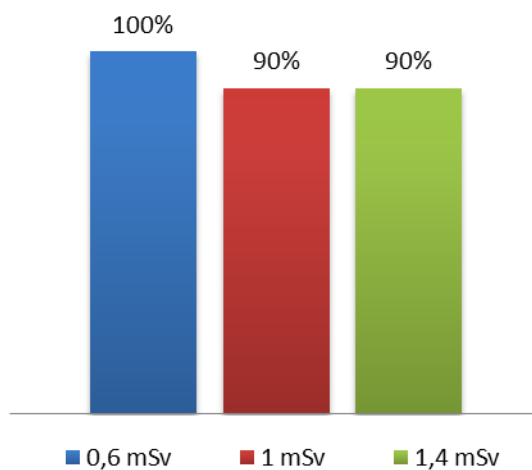
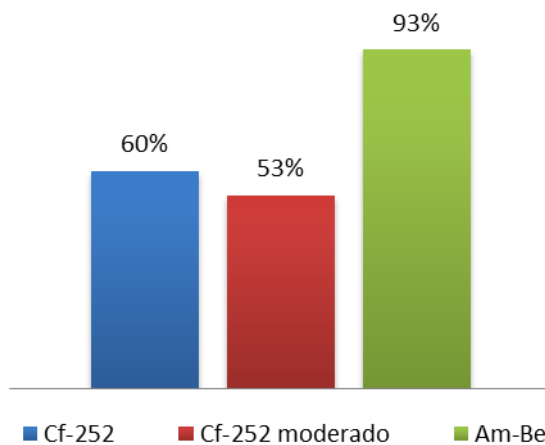
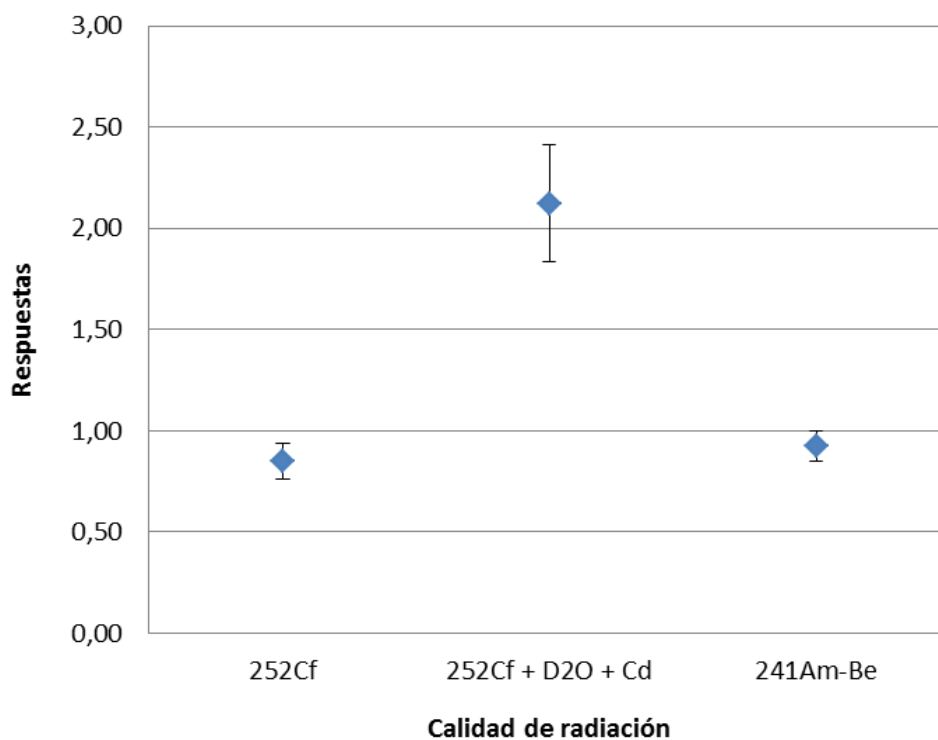


Figura 9. Porcentaje de dosis informadas que cumplen con los criterios de aceptación según las dosis impartidas,  $\text{Hp}(10)$ . Caso  $^{241}\text{Am-Be}$ .

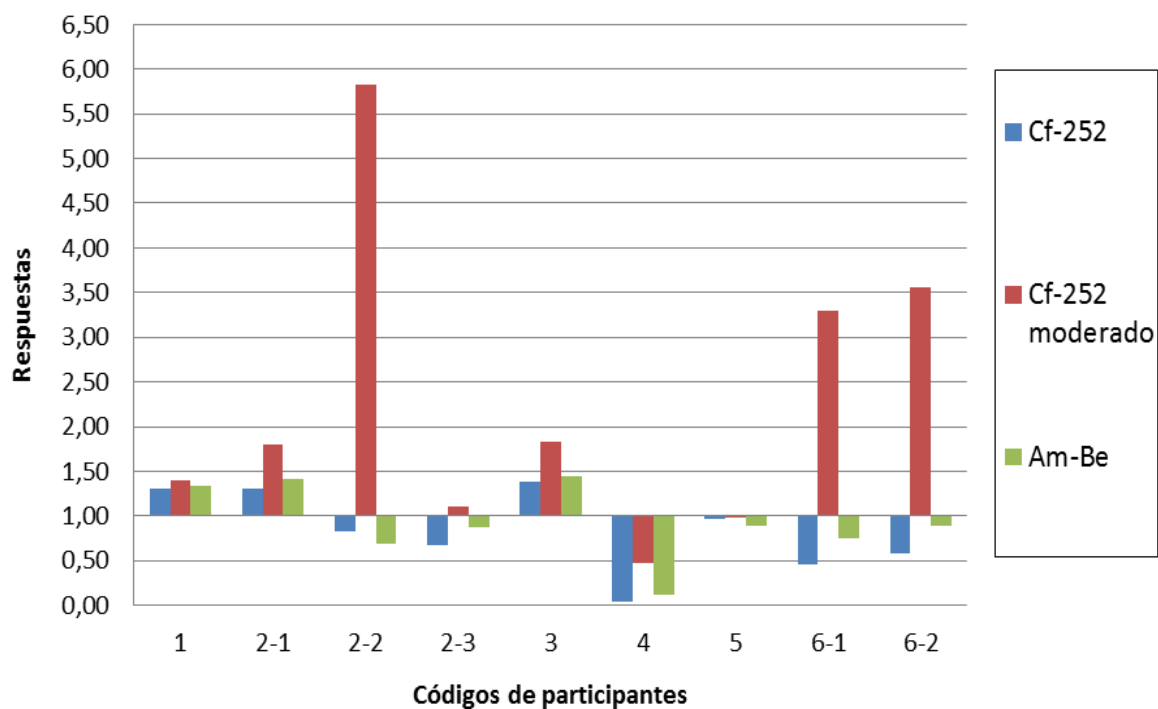


**Figura 10. Porcentaje de dosis informadas que cumplen con los criterios de aceptación según la calidad de radiación.**



**Figura 11. Respuestas globales según calidad de radiación.**

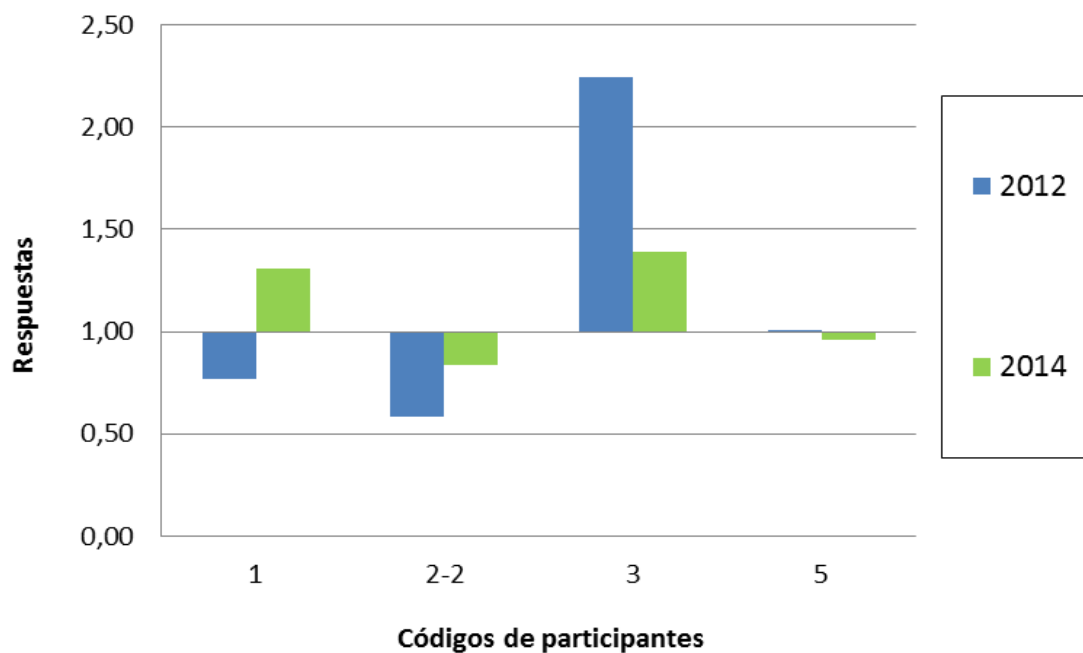




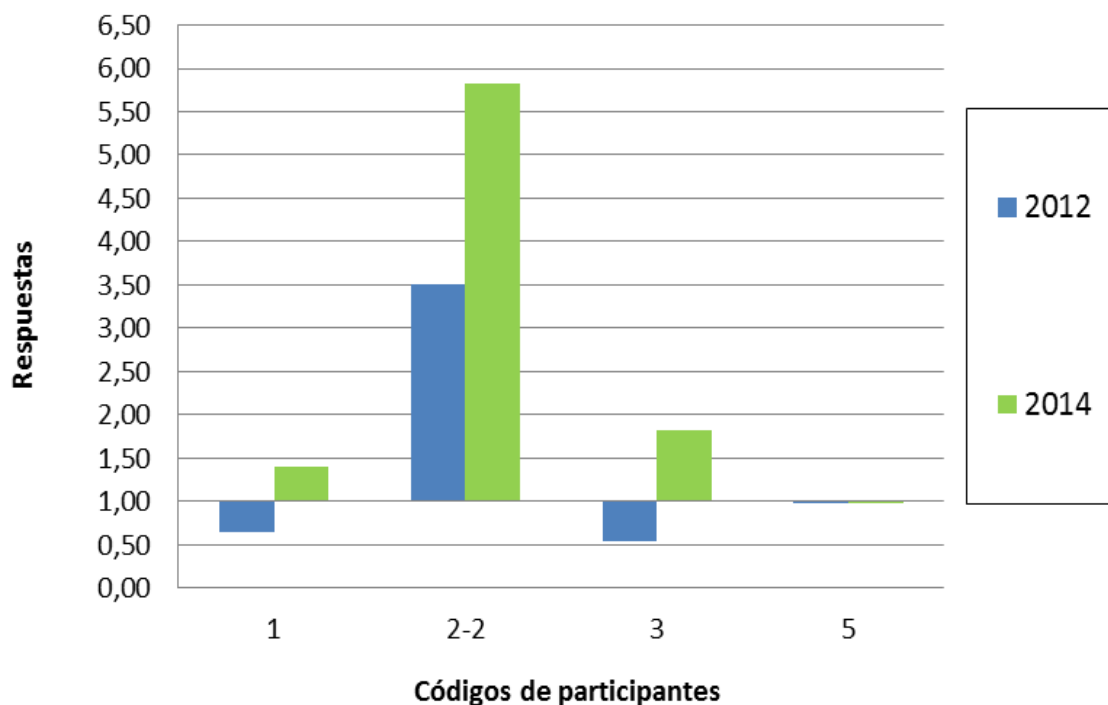
**Figura 12. Respuestas promedio por participante según la calidad de radiación.**

#### **4.2. Comparación de resultados con el ejercicio de intercomparación del 2012.**

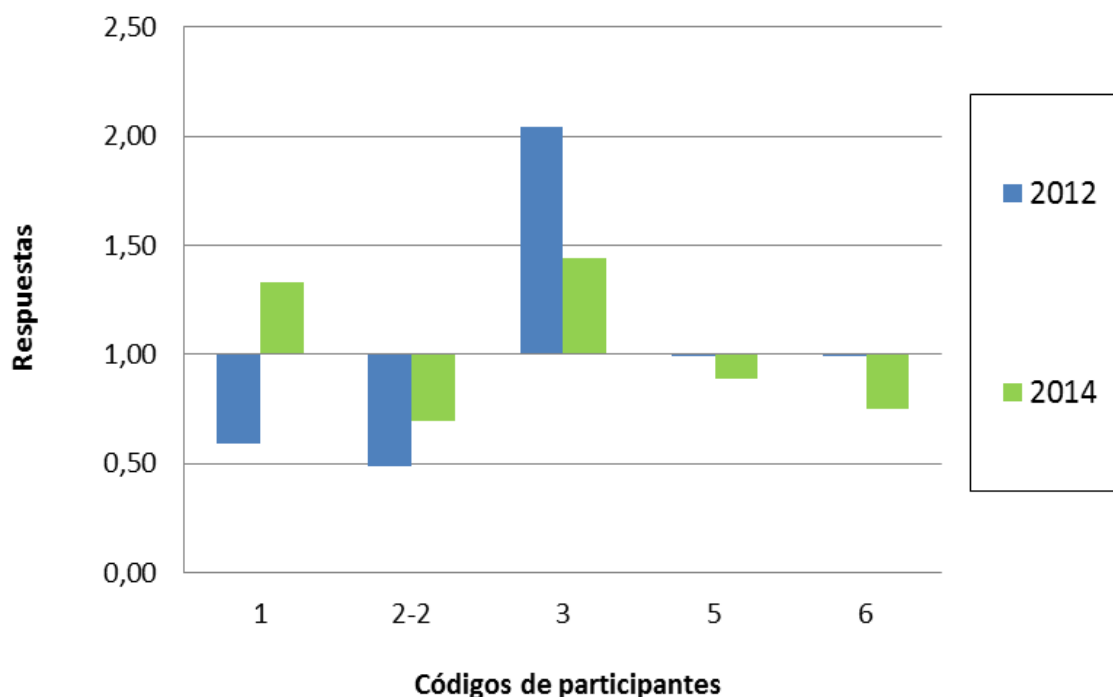
Se estudió la evolución de las respuestas globales por calidad de radiación de los servicios de dosimetría que participaron en el presente ejercicio y en el 2012.



**Figura 13. Comparación del promedio de las respuestas por la calidad de radiación de los participantes entre los ejercicios de 2012 y 2014. Caso  $^{252}\text{Cf}$ .**



**Figura 14. Comparación del promedio de las respuestas por calidad de radiación de los participantes entre los ejercicios de 2012 y 2014. Caso  $^{252}\text{Cf}+\text{C}_2\text{O}+\text{Cd}$ .**



**Figura 15. Comparación del promedio de las respuestas por la calidad de radiación de los participantes entre los ejercicios de 2012 y 2014. Caso  $^{241}\text{Am-Be}$**

### 4.3. Análisis de los resultados

A partir de los resultados obtenidos en el ejercicio de intercomparación, se observa que:

- El 33% de los laboratorios participantes cumple con los criterios de aceptación expuestos en el punto 3.
- El 69% de los valores de dosis informados se encuentran dentro de la banda de aceptación.
- Se evidencian problemas en la medición de dosis en  $^{252}\text{Cf}+\text{D}_2\text{O}+\text{Cd}$  (cuya energía promediada en fluencia es de 0,55 MeV [1]) en todos los rangos de dosis irradiadas, principalmente en el caso de 1,2 mSv donde sólo el 40% de los valores informados se encuentran dentro de la banda de aceptación.
- El desempeño global con la fuente de  $^{252}\text{Cf}$  fue aceptable, donde el 60% de las dosis informadas se encontraron dentro de la banda de aceptación, mientras que con la fuente de  $^{241}\text{Am-Be}$  se evidenciaron muy buenos resultados, donde el 93% de las dosis informadas satisficieron los requerimientos.
- Tres participantes no informaron la calidad de radiación por dosímetro (Códigos: 2, 4 y 6), mientras que el resto las informaron de forma correcta.

- Varios laboratorios emitieron los resultados sin identificar la magnitud dosimétrica y la unidad correspondiente, por lo que fue necesario solicitar aclaraciones al respecto.
- Una de las recomendaciones surgidas del ejercicio de 2012 establecía que los dosímetros debían ser calibrados en  $^{241}\text{Am-Be}$ . El ejercicio 2014 evidenció la aplicación de esa recomendación ya que las dosis informadas en esta calidad de radiación han sido las que mejor desempeño tuvieron (93%),
- En el caso de  $^{252}\text{Cf}+\text{D}_2\text{O}+\text{Cd}$  aún se evidencian inconvenientes en las mediciones ya que no hubo mejora en las respuestas (Figura 14). A pesar de esto, las dosis informadas para este caso, sobreestimaron los valores de dosis.
- El criterio de aceptación está basado en fuentes de neutrones de espectros conocidos para medición bimensual. Los dosímetros activos EPD suelen ser usados en fracciones de tiempo que pueden ir desde minutos hasta días. A pesar de esto, se aplicó el mismo criterio de aceptación que para el resto de los dosímetros.

## 5. CONCLUSIONES

Se llevó a cabo el ejercicio de intercomparación de dosímetros personales de neutrones correspondiente al año 2014. Este ejercicio tuvo como finalidad conocer el desempeño de los laboratorios de dosimetría que ofrecen su servicio actualmente en la región, encontrando que el 33% de los participantes cumplieron con los criterios de aceptación.

Si bien la proporción de participantes con desempeños aceptables es baja, en la mayoría de los casos sólo sería necesario corregir el factor de calibración, principalmente en el caso del  $^{252}\text{Cf}+\text{D}_2\text{O}+\text{Cd}$  donde varios participantes sobreestimaron el valor de dosis de referencia.

Se recomienda que los participantes adapten sus informes para lograr una mayor claridad en la expresión de los resultados, lo cual podría lograrse siguiendo los lineamientos de la norma internacional ISO 17025 [8].

*Recomendación: a la luz de los resultados obtenidos en esta segunda convocatoria, a la necesidad de observar la evolución de los rendimientos, a los comentarios de los participantes y a que algunos servicios de dosimetría no participaron, se recomienda realizar una intercomparación durante el año 2016.*

## 6. REFERENCIAS

- [1] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. “Reference neutron radiations – Part 1: Characteristics and methods of production”. ISO 8529-1:2001. Geneva, ISO.
- [2] LA-UR-06-7427. Characterization of the Centro Atómico Ezeiza Neutron Calibration Facility. Los Alamos National Laboratory, 2006.
- [3] LA-UR-09-00488. Characterization of the Centro Atómico Ezeiza Neutron Calibration Facility. Los Alamos National Laboratory, 2009.
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. “Assessment of Occupational Exposure Due to External Sources of Radiation”. SSS RS-G-1.3. Vienna, IAEA (1999).
- [5] AUTORIDAD REGULATORIA NUCLEAR. “Norma básica de seguridad radiológica”. ARN AR 10.1.1 Rev. 3. Buenos Aires, ARN, 2003.
- [6] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. “Reference neutron radiations -- Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and determination of their response as a function of neutron energy and angle of incidence”. ISO 8529-3:1998. Geneva, ISO.
- [7] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. “Radiation protection – Criteria and performance limits for the periodic evaluation of processors of personal dosimeters for X and gamma radiation”. ISO 14146:2000. Geneva, ISO.
- [8] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION “General requirements for the competence of testing and calibration laboratories”. ISO/IEC 17025:2005. Geneva, ISO.