



*Autoridad Regulatoria Nuclear*

DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

GERENCIA APOYO CIENTÍFICO TÉCNICO  
Laboratorio de Dosimetría Física

## **INTERCOMPARACIÓN REGIONAL DE DOSÍMETROS PERSONALES DE CUERPO ENTERO PARA NEUTRONES ARN-2014**

### **RESUMEN**

Se presentan los resultados del desempeño de los laboratorios participantes en el ejercicio de intercomparación de dosímetros personales de neutrones organizado por la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) durante el año 2014.

En este ejercicio de intercomparación participaron empresas privadas y laboratorios de organismos oficiales del orden nacional que prestan servicio de dosimetría personal a trabajadores ocupacionalmente expuestos a radiaciones neutrónicas. Se contó así mismo con la participación de un laboratorio privado de la República de Colombia. Participaron 6 servicios de dosimetría, y se irradiaron un total de 99 dosímetros.

Como consecuencia del análisis de los resultados se observa que el 33% de los participantes cumple con los criterios de aceptación expuestos en el punto 6 de este documento.

### **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.

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

En este informe se emplean las siguientes abreviaturas:

Abreviatura	Significado
ARN	Autoridad Regulatoria Nuclear
NASA	Nucleoeléctrica Argentina S.A.
CNEA	Comisión Nacional de Energía Atómica
NIST	National Institute of Standards and Technology
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
ISO	Organización Internacional de Estandarización

## ALCANCE

En este ejercicio de intercomparación 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.

En la Tabla 1 se puede observar el listado de los laboratorios participantes y el tipo de detector utilizado para realizar la dosimetría personal debida a la radiación neutrónica. Algunos laboratorios presentaron más de un tipo de dosímetros.

Laboratorio	Tipo de detector	Observaciones
NASA CNE	TLD	EPD
NASA CNA	TLD	
NASA CNA	Electrónico	
CNEA CAC	TLD	
ARN	TLD	
BIONICS	TLD	
Sievert S.A.S. - AIDTSA	TLD	

*Tabla 1. Listado de laboratorios participantes.*

## DESARROLLO

Los laboratorios participantes enviaron al Laboratorio de Dosimetría Física de la ARN los dosímetros, los cuales fueron recibidos hasta el 1 de junio de 2014. Las irradiaciones de los dosímetros se realizaron durante el mes de junio de 2014. A partir del 1° de agosto de 2014 los dosímetros fueron remitidos a los participantes. La fecha límite para recibir sus informes correspondientes fue el 1° de octubre de 2014.

Los informes del ejercicio de intercomparación se enviaron a cada participante a partir del 1° de noviembre de 2014.

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 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 [3].

El ángulo de incidencia de las irradiaciones fue de 0°. Las energías y dosis de las irradiaciones se detallan en la tabla 2.

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

Tabla 2. Calidades de radiación y dosis impartidas, Hp(10).

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 [3]. Con el fin de evaluar la linealidad, se realizaron 3 irradiaciones en cada calidad de radiación.



Figura 1. Plataforma y geometría de irradiación.

## 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 [1]:

Para cada dosímetro irradiado se calcula su respuesta  $R$ , que es la relación entre el valor de dosis medido  $H_m$  y el valor verdadero convencional  $H_r$  y está dada por:

$$R = H_m / H_r$$

Se debe satisfacer la siguiente condición:

$$\frac{1}{1.5} \left(1 - \frac{2 H_0}{H_0 + H_r}\right) \leq \frac{H_m}{H_r} \leq 1.5 \left(1 + \frac{H_0}{2 H_0 + H_r}\right) \quad (1)$$

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 [1], para dosimetría bimensual.

Por otro lado, haciendo una extensión a la radiación neutrónica del criterio expresado en el documento [4], 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”.

## RESULTADOS

### Resultados globales

En las siguientes tablas y gráficos se presentan los resultados globales del ejercicio:

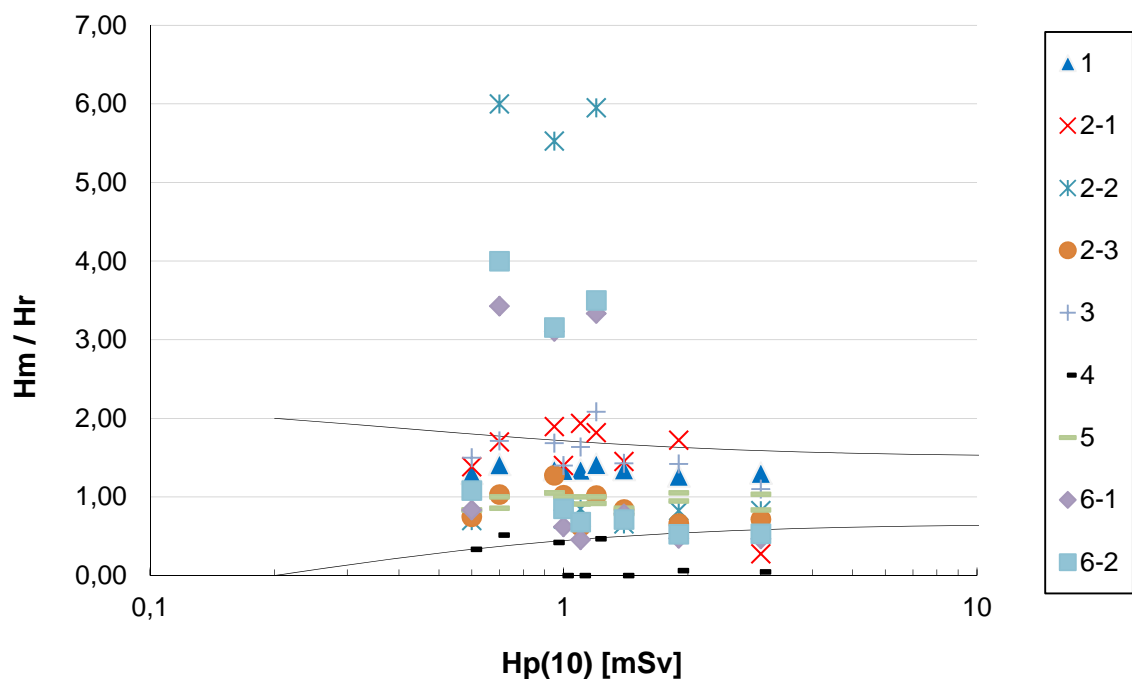


Figura 2. Resultados de todos los participantes.

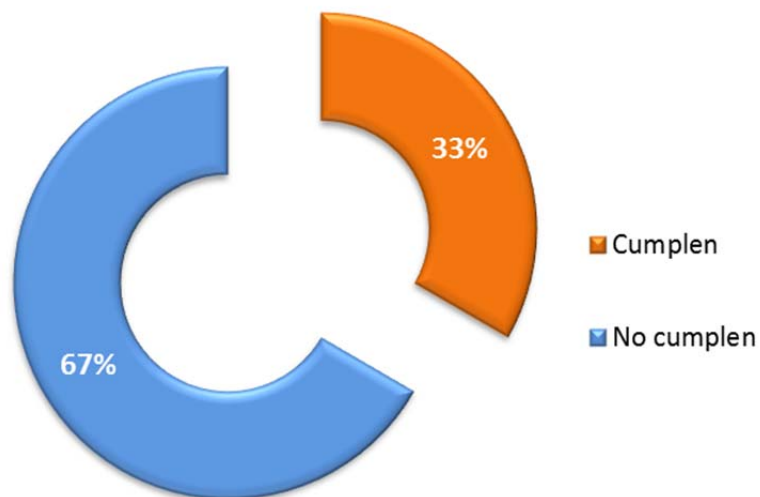


Figura 3. Desempeño de los participantes según los criterios de aceptación: 90% de las dosis informadas por el servicio de dosimetría están dentro de la banda de aceptación.

### Resultados según la calidad de radiación

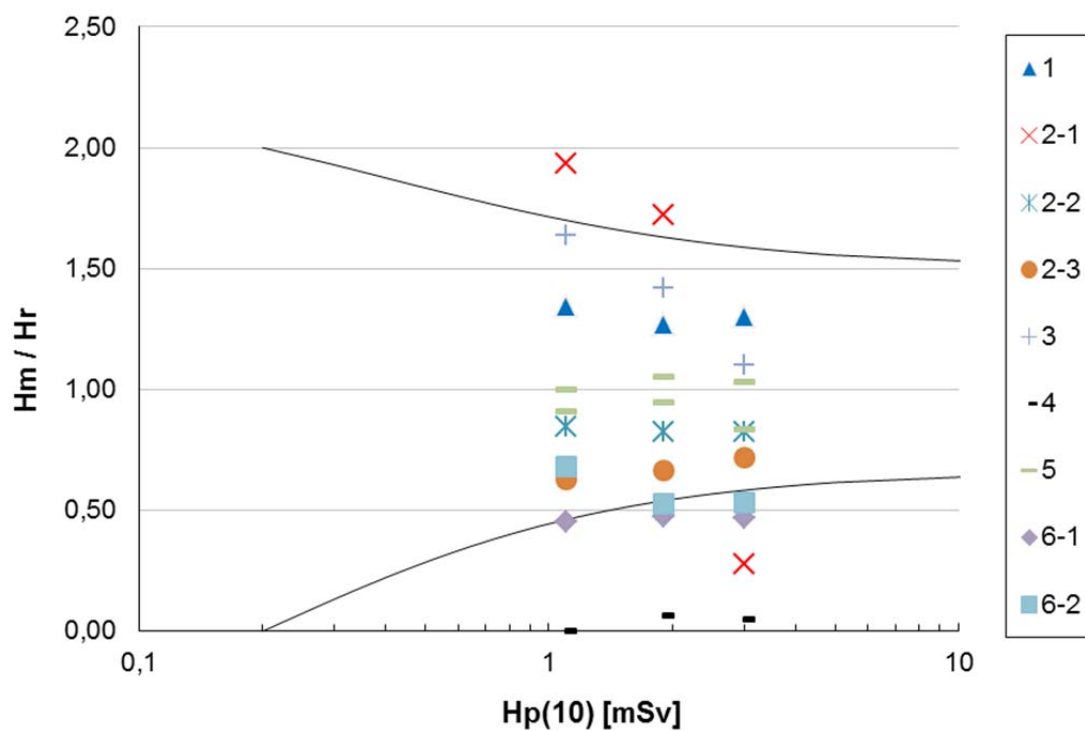


Figura 4. Resultados de todos los participantes. Caso  $^{252}\text{Cf}$ .

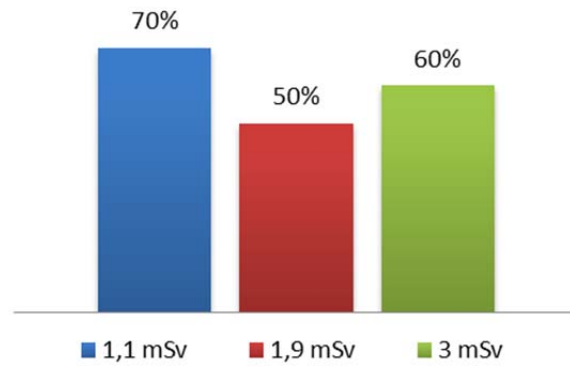


Figura 5. Dosis informadas que cumplen con los criterios de aceptación según dosis impartidas,  $H_p(10)$ . Caso  $^{252}\text{Cf}$ .

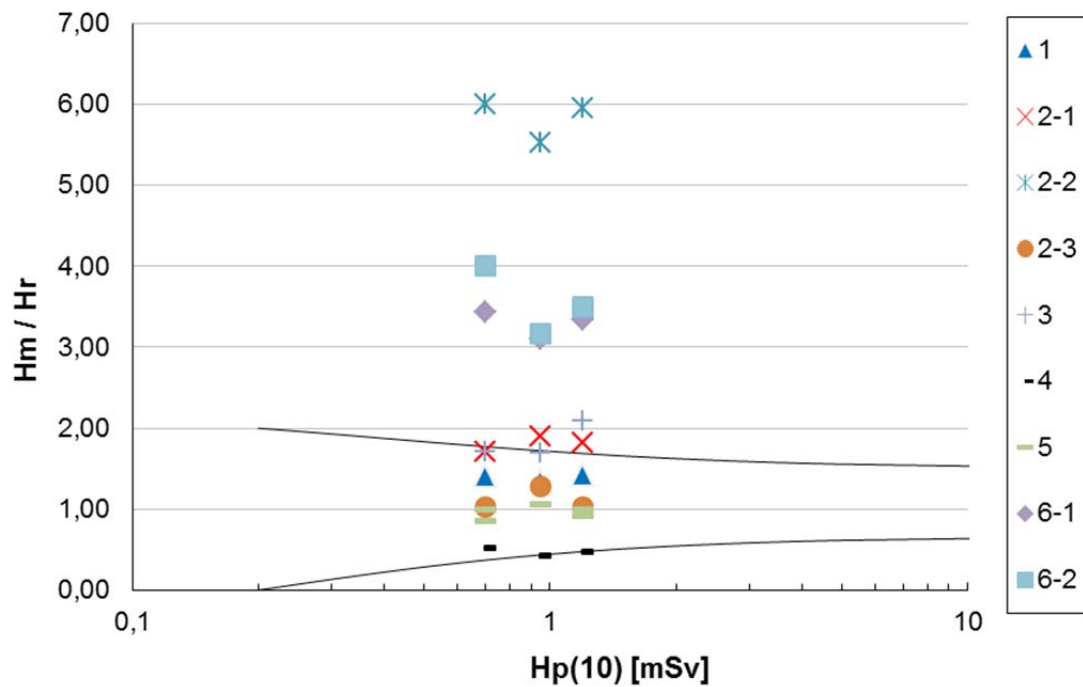


Figura 6. Resultados de todos los participantes. Caso  $^{252}\text{Cf} + \text{D}_2\text{O} + \text{Cd}$ .

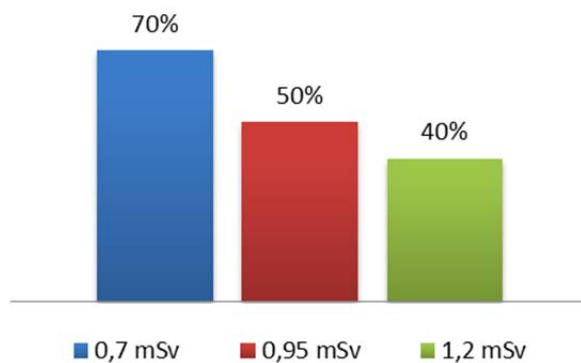


Figura 7. Dosis informadas que cumplen con los criterios de aceptación según dosis impartidas, Hp(10). Caso  $^{252}\text{Cf} + \text{D}_2\text{O} + \text{Cd}$ .

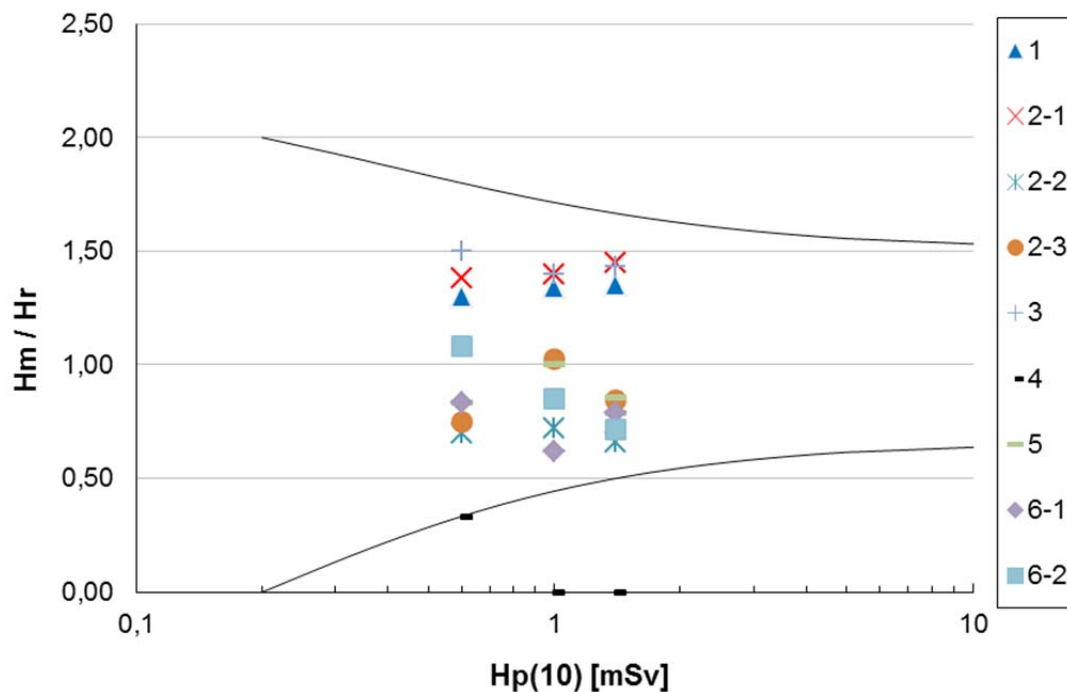


Figura 8. Resultados de todos los participantes. Caso  $^{241}\text{Am} - \text{Be}$ .



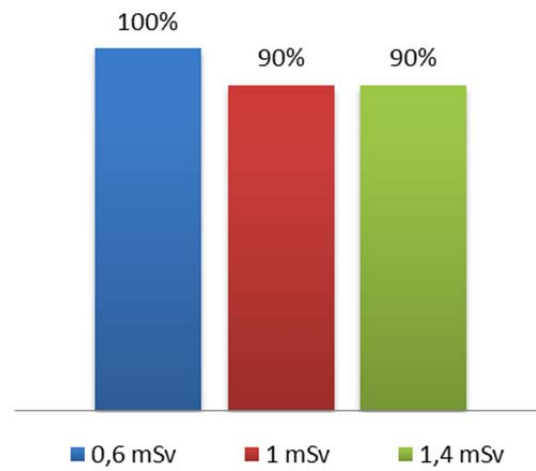


Figura 9. Dosis informadas que cumplen con los criterios de aceptación según dosis impartidas,  $H_p(10)$ . Caso  $^{241}\text{Am-Be}$ .

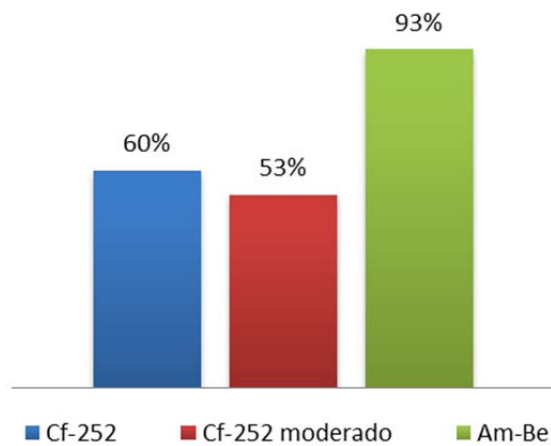


Figura 10. Dosis informadas que cumplen con los criterios de aceptación según calidad de radiación.

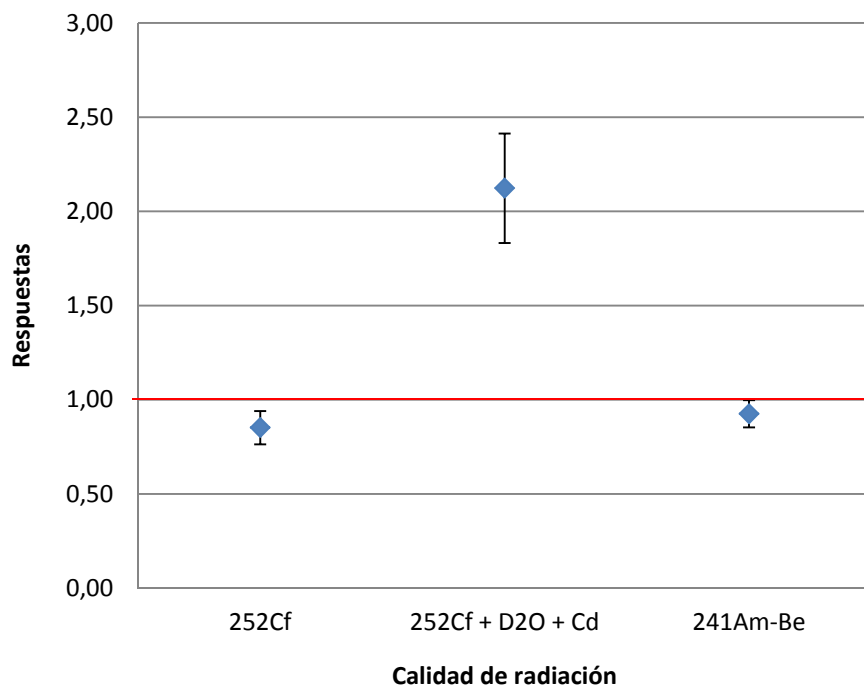


Figura 11. Respuestas globales según calidad de radiación.

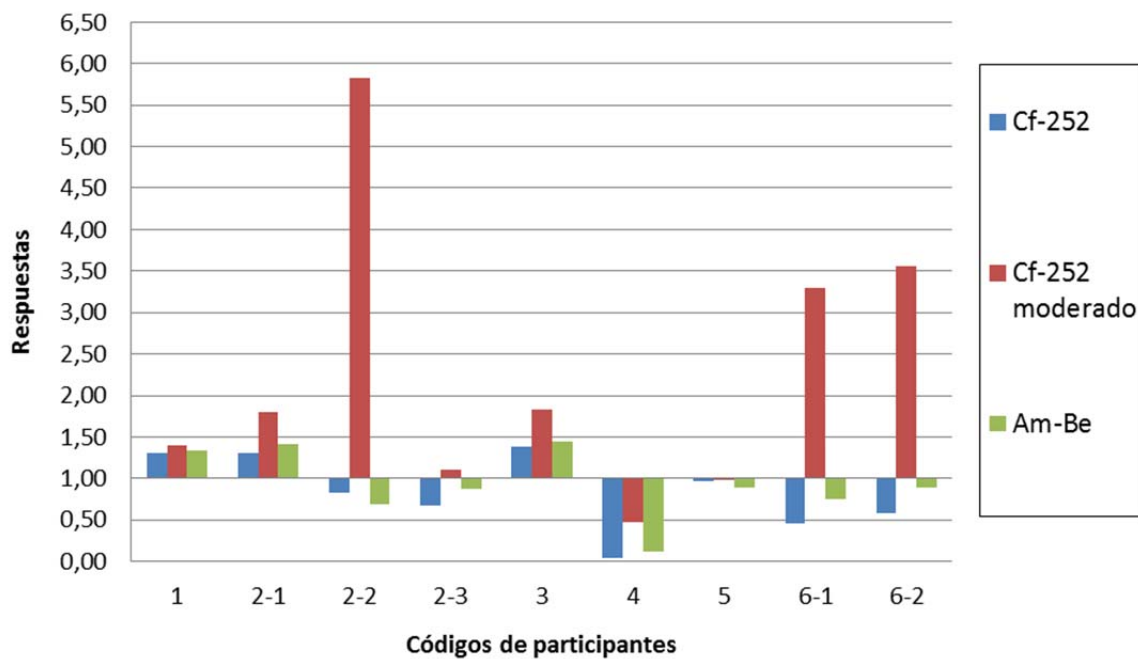


Figura 12. Respuestas promedio por participante según calidad de radiación.

## 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 6.

- 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 [2]) 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 25). 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.

## 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.

*Recomendación: debido a 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.*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Assessment of Occupational Exposure Due to External Sources of Radiation, Safety Standards Series No. RS-G-1.3, IAEA, Vienna (1999).
- [2] ISO 8529-1:2001. Reference neutron radiations – Part 1: Characteristics and methods of production.
- [3] ISO 8529-3:1998. 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.
- [4] ISO 14146:2000. Radiation protection – Criteria and performance limits for the periodic evaluation of processors of personal dosimeters for X and gamma radiation.
- [5] ISO 17025. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

- [6] ICRP, 1991. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21 (1-3).
- [7] ICRP, 1997. General Principles for the Radiation Protection of Workers. ICRP Publication 75. Ann. ICRP 27 (1).
- [8] ARN AR 10.1.1. Norma básica de seguridad radiológica.
- [9] LA-UR-06-7427. Characterization of the Centro Atómico Ezeiza Neutron Calibration Facility. Los Alamos National Laboratory, 2006.
- [10] LA-UR-09-00488. Characterization of the Centro Atómico Ezeiza Neutron Calibration Facility. Los Alamos National Laboratory, 2009.