

INTERCOMPARACIÓN ARGENTINA DE DOSIMETRÍA INTERNA 2014: CÁLCULO DE DOSIS

Royo, A.¹, Puerta, N.¹, Gossio, S.¹, Gomez Parada, I.¹

¹ Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN), Argentina

RESUMEN

La estimación de dosis efectiva comprometida debida a la incorporación de radionucleidos es un proceso complejo cuyo resultado depende de una serie de factores como son la cantidad y calidad de datos de medición, la habilidad del dosimetrista, las herramientas de cálculo disponibles y las hipótesis asumidas sobre el caso. Debido a que esta variedad de factores hacían que para un mismo caso de exposición interna distintos laboratorios obtuvieran resultados diferentes, el grupo Europeo de Dosimetría Interna (EURADOS) desarrolló las *IDEAS Guidelines*, con el objeto de armonizar los procesos de interpretación de los datos de medición. Con el fin de verificar la implementación de las Guías IDEAS, el Laboratorio de Dosimetría Interna (LDI) de la ARN organizó en el 2014 un ejercicio de Intercomparación Nacional de Evaluación de Dosis por Incorporación de Radionucleídos, al cual convocó a laboratorios de dosimetría interna del país. En este ejercicio se propusieron cuatro casos simulados de exposición interna ocupacional de una complejidad particular en cada uno de ellos, involucrando incorporaciones de ¹³¹I, ¹³⁷Cs y Tritio. Los LDI participantes fueron 4. Dichos participantes debieron interpretar los datos de medición para reportar los resultados de incorporación y de dosis efectiva comprometida. El análisis de desempeño de los participantes se evaluó mediante el estadístico z y los valores asignados de incorporación y dosis fueron definidos a partir de los resultados de la Intercomparación Regional de Cálculo de Dosis en la cual se evaluaron los mismos casos que en el presente ejercicio. En este trabajo se analizaron los aspectos más destacables del desempeño de los LDI Nacionales, considerando que todos los inscriptos reportaron los 4 casos propuestos. El porcentaje de resultados aceptados fue muy satisfactorio superando en todos los casos el 63%.

1. INTRODUCCIÓN

El laboratorio de dosimetría interna (LDI) de la Autoridad Regulatoria Nuclear ha organizado en el año 2014 un Ejercicio de Intercomparación Nacional de Cálculo de Dosis Efectiva proponiendo escenarios simulados de exposición interna de trabajadores ocupacionalmente expuestos diseñados con diferente complejidad.

El análisis de los resultados de este ejercicio se corresponde con los criterios vigentes para la evaluación de la exposición interna, publicados en la página web de EURADOS <http://www.eurados.org/...>, "IDEAS Guidelines (version 2) for the Estimation of Committed Doses from Incorporation Monitoring Data" [1]. Los participantes de esta intercomparación se presentan en la tabla 1.

Los casos simulados de exposición interna que se han elaborado con diferente grado de complejidad se describen en detalle en la publicación ARN PI 1/15 [2] y son los siguientes:

- CASO 1: Incorporación repetida de ¹³¹I
- CASO 2: Incorporación única de ¹³¹I

¹ E-mail del Autor. arojo@arn.gob.ar

- CASO 3: Incorporación única de ^{137}Cs
- CASO 4: Incorporación única de ^3H

Tabla 1. Participantes en la Intercomparación Nacional de Dosimetría Interna 2014

Comisión Nacional de Energía Atómica, Centro Atómico Bariloche
Comisión Nacional de Energía Atómica, Centro Atómico Ezeiza
Núcleoelectrónica Argentina S.A. (NA-SA) Central Nuclear EMBALSE (CNE)
Núcleoelectrónica Argentina S.A. (NA-SA) Central Nuclear ATUCHA (CNA)

2. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es presentar el análisis de los resultados del Ejercicio de Intercomparación Nacional de Dosimetría Interna del año 2014, como una herramienta para verificar la capacidad de los participantes en la interpretación de datos del monitoreo individual de los trabajadores para la evaluación de la exposición interna en término de Dosis Efectiva y constatar la implementación de los criterios actuales vigentes publicados por el grupo Europeo de Dosimetría (EURADOS) en las Guías IDEAS.

3. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación se presenta la metodología de evaluación y el análisis de los resultados de los casos propuestos en esta intercomparación.

3.1 Evaluación de Desempeño

3.1.1 Determinación del valor asignado

Para el análisis estadístico es necesario disponer de un valor de referencia contra el cual contrastar los resultados de los participantes. Ese valor de referencia, “valor asignado”, fue obtenido a partir de los resultados reportados por laboratorios expertos de dosimetría interna en la Intercomparación Regional 2013, ARN PI 1/15 [2] de la cual participaron 20 laboratorios de 14 países resolviendo los mismos 4 casos que se proponen en esta intercomparación. El procedimiento por el cual se hallaron estos valores de referencia se detalla en la publicación ARN PI 2/15. [3]

3.1.2 Criterio de aceptación de los valores reportados

Para realizar la evaluación de desempeño de los participantes se seleccionó el estadístico z como el más apropiado. [4]

El procedimiento se basa en la hipótesis nula de que todos los datos pertenecen a una distribución lognormal. Si un valor estuviera fuera del intervalo de confianza del 98,8%, entonces la hipótesis nula es rechazada y el valor es considerado “No Aceptado”.

Por lo tanto se calcula el estadístico z para cada valor reportado, de incorporación o de Dosis Efectiva, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$z = \frac{\ln X - \ln (\text{valor asignado})}{\ln (\text{incertidumbre asignada})} \quad (1)$$

Siendo X: el valor reportado de Incorporación o de Dosis Efectiva

El criterio de aceptación es el siguiente: el estadístico z cuyo modulo sea mayor a 2,5 (intervalo de confianza correspondiente al 98,8%), será considerado como “No Aceptado”.

3.2 Análisis de los Resultados de Cada Caso

3.2.1 Caso 1: Incorporación repetida de ¹³¹I

El caso fue evaluado por los 4 participantes inscriptos (100%). Se evalúan 5 períodos de un monitoreo rutinario.

A continuación se presentan tablas con los datos del valor asignado y su desviación estándar geométrica, la evaluación estadística, y los gráficos del estadístico z para cada uno de los 5 períodos evaluado del caso 1.

1° Período

Tabla 1. Valores estadísticos de incorporación y E(50) para el 1° período del Caso 1.

Magnitud	Valor Asignado	Desviación Estándar Geométrica
Incorporación	3,01E+04 Bq	1,08
E(50)	0,59 mSv	1,07

Tabla 2. Resultados de la evaluación de desempeño en el período 1 del caso 1.

Código	Incorporación (Bq)	z	Conclusión	E(50) mSv	z	Conclusión
1	3,02E+04	0,06	Aceptado	0,61	0,49	Aceptado
2	3,18E+04	0,72	Aceptado	0,64	1,20	Aceptado
3	2,88E+04	0,57	Aceptado	0,576	0,35	Aceptado
4	3,02E+04	0,04	Aceptado	0,332	8,50	No aceptado

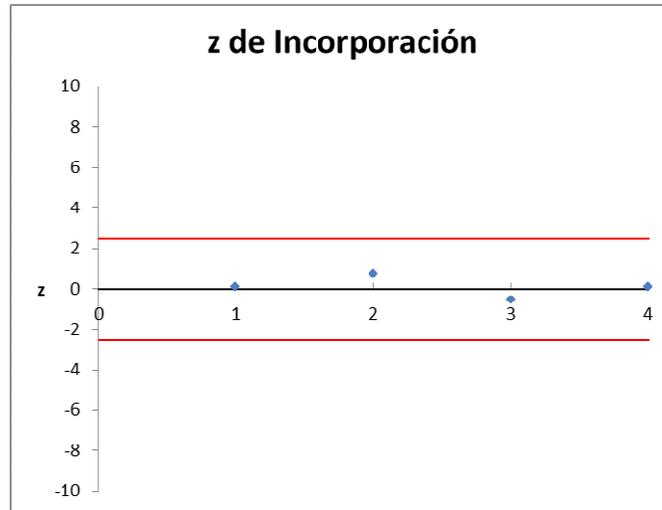


Figura 1. Estadístico z de la incorporación reportada en el período 1 del caso 1

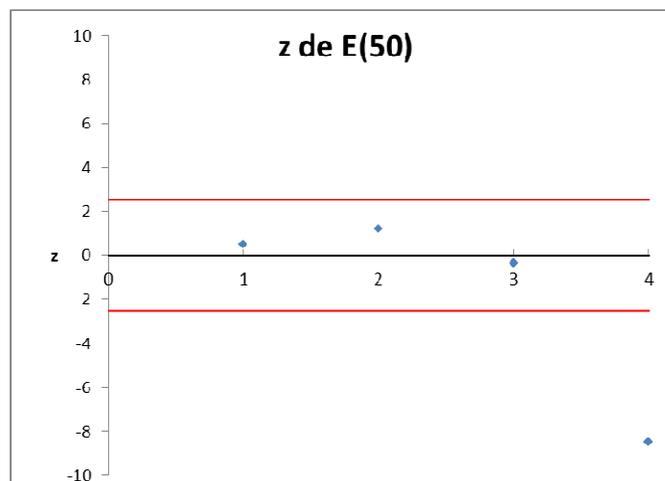


Figura 2. Estadístico z de la dosis E(50) reportada en el período 1 del caso 1

2° Período

De acuerdo al procedimiento recomendado por las Guías IDEAS, se concluye que no se está en presencia de una nueva incorporación en este período. Solamente el laboratorio 4 reportó incorporación.

3° Período

Tabla 3. Valores estadísticos de la incorporación y de E(50) en el 3° período del Caso 1.

Magnitud	Valor Asignado	Desviación Estándar Geométrica
Incorporación de ^{131}I	4,50E+04 Bq	1,05
E(50)	0,9 mSv	1,05

Tabla 4. Resultados de la evaluación de desempeño para el período 3 del caso 1.

Código	Incorporación (Bq)	z	Conclusión	E(50) mSv	z	Conclusión
1	4,52E+04	0,09	Aceptado	0,9	0,00	Aceptado
2	4,32E+04	0,82	Aceptado	0,86	0,93	Aceptado
3	4,69E+04	0,85	Aceptado	0,938	0,85	Aceptado
4	4,53E+04	0,14	Aceptado	0,498	12,13	No aceptado

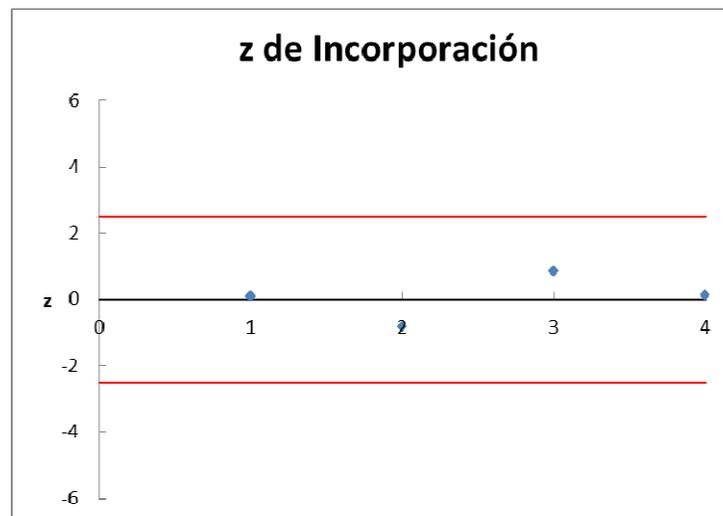


Figura 3. Estadístico z de la incorporación reportada en el período 3 del caso 1.

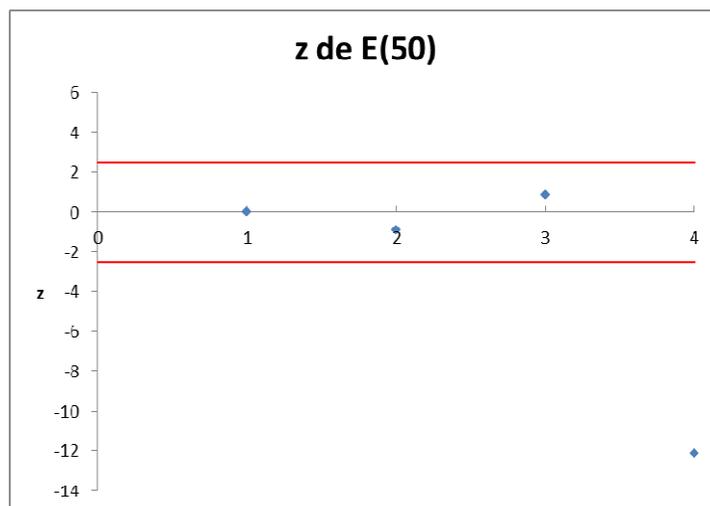


Figura 4. Estadístico z de la dosis E(50) reportada en el período 3 del caso 1.

4º Período

Tabla 5. Valores estadísticos de la incorporación y de E(50) en el 4º período del Caso 1

Magnitud	Valor Asignado	Desviación Estándar geométrica
Incorporación de ^{131}I	2,55E+04 Bq	1,13
E(50)	0,49 mSv	1,08

Tabla 6. Resultados de la evaluación de desempeño en el período 4 del caso 1

Código	Incorporación (Bq)	z	Conclusión	E(50) mSv	z	Conclusión
1	2,67 E+04	0,38	Aceptado	0,534	1,12	Aceptado
2	2,68E+04	0,40	Aceptado	0,540	1,26	Aceptado
3	2,32E+04	-0,77	Aceptado	0,464	-0,71	Aceptado
4	2,31E+04	-0,81	Aceptado	0,254	-8,54	No aceptado



Figura 5. Estadístico z de la incorporación reportada en el período 4 del caso 1.

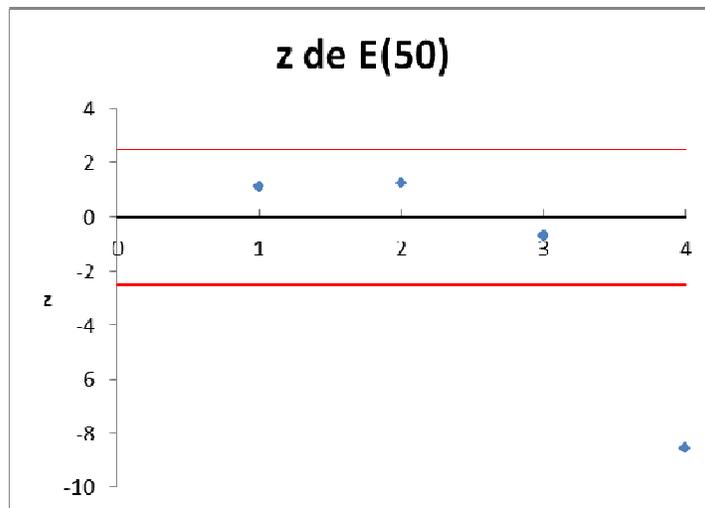


Figura 6. Estadístico z de la dosis E(50) reportada en el período 4 del caso 1.

5° Período

De acuerdo al procedimiento recomendado por las Guías IDEAS, se concluye que no se está en presencia de una nueva incorporación en este período. Los laboratorios 3 y 4 reportaron incorporación.

3.2.2 Caso 2: Incorporación única de ^{131}I

El caso fue evaluado por los 4 participantes (100%). El valor asignado y la desviación estándar geométrica se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Valores estadísticos de la incorporación y de E(50) del Caso 2.

Magnitud	Valor Asignado	Desviación Estándar Geométrica
Incorporación de ^{131}I	3,5E+05 Bq	1,37
E(50)	6,59 mSv	1,12

En la tabla 8 se presentan los resultados de los participantes y la evaluación de desempeño de los mismos mediante el estadístico z:

Tabla 8. Resultados de la evaluación de desempeño de los participantes.

Código	Incorporación (Bq)	z	Conclusión	E(50) mSv	z	Conclusión
1	2,94E+05	-0,55	Aceptado	5,83	-1,08	Aceptado
2	3,12E+05	-0,36	Aceptado	6E-3	-61,78	No aceptado
3	3,66E+05	0,14	Aceptado	7,32	0,93	Aceptado
4	2,42E+05	-1,17	Aceptado	4,83	-2,74	No aceptado

En las figuras 7 y 8 se presentan los resultados de la evaluación de desempeño de los participantes mediante el estadístico z.



Figura 7. Estadístico z de la incorporación reportada para el caso 2.

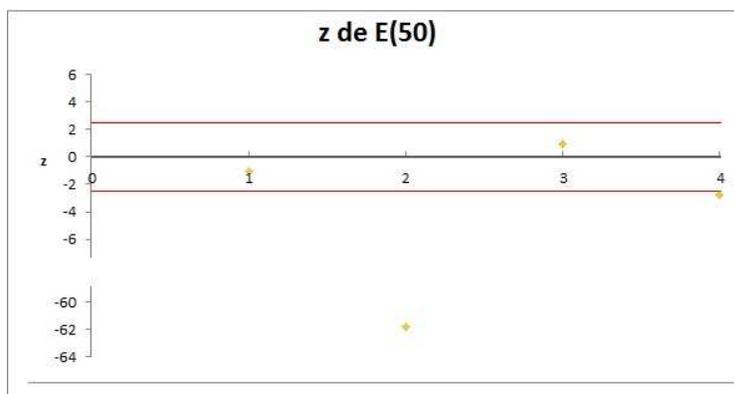


Figura 8. Estadístico z de la dosis E(50) reportada para caso 2.

4.2.3 Caso 3: Incorporación única de ^{137}Cs

El caso fue evaluado por los 4 participantes (100%). El valor asignado y la desviación estándar geométrica se presentan en la tabla 9.

Tabla 9. Valores estadísticos de la incorporación y de E(50) del caso 3.

Magnitud	Valor Asignado	Desviación Estándar Geométrica
Incorporación de ^{131}I	6,86E+05 Bq	1,02
E(50)	4,60 mSv	1,02

En la tabla 10 se presentan los resultados de los participantes y la evaluación de desempeño de los mismos mediante el estadístico z:

Tabla 10. Resultados de la evaluación de desempeño de los participantes en el caso 3.

Código	Incorporación (Bq)	z	Conclusión	E(50) mSv	z	Conclusión
1	6,87E+05	0,07	Aceptado	4,61	0,11	Aceptado
2	6,96E+05	0,73	Aceptado	0,0046	-348,83	No aceptado
3	6,92E+05	0,44	Aceptado	4,63	0,33	Aceptado
4	6,65E+05	-1,57	Aceptado	4,45	-1,67	Aceptado

En las figuras 9 y 10 se presentan los resultados de la evaluación de desempeño de los participantes mediante el estadístico z.



Figura 9. Estadístico z de la incorporación reportada para el caso 3.

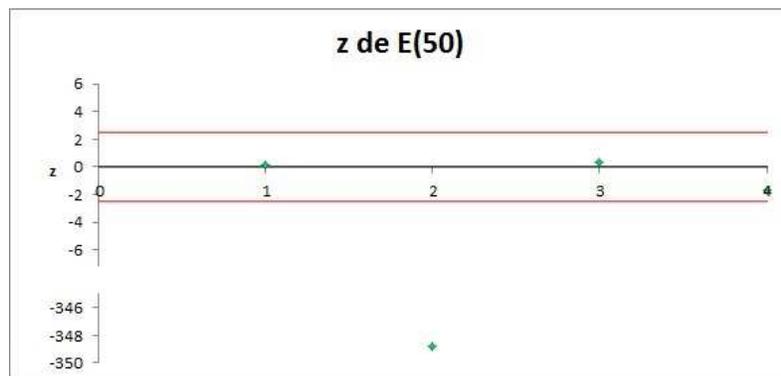


Figura 10. Estadístico z de la dosis E(50) reportada para el caso 3

4.2.4 Caso 4: Inhalación aguda de ^3H

El caso fue evaluado por los 4 participantes (100%). El valor asignado y su desviación estándar geométrica se presentan en la tabla 11

Tabla 11. Valores estadísticos de la incorporación y de E(50) del caso 4.

Magnitud	Valor Asignado	Desviación Estándar Geométrica
E(50)	11,9 mSv	1,09

En la tabla 12 se presentan los resultados de los participantes y la evaluación de desempeño de los mismos mediante el estadístico z:

Tabla 12. Resultados de la evaluación de desempeño de los participantes en el caso 4.

Código	E(50) (mSv)	z	Conclusión
1	12,7	0,75	Aceptado
2	76,00	21,52	No aceptado
3	14,71	2,46	Aceptado
4	0,09	56,68	No aceptado

En la figura 21 se presentan los resultados de la evaluación de desempeño de los participantes mediante el estadístico z.

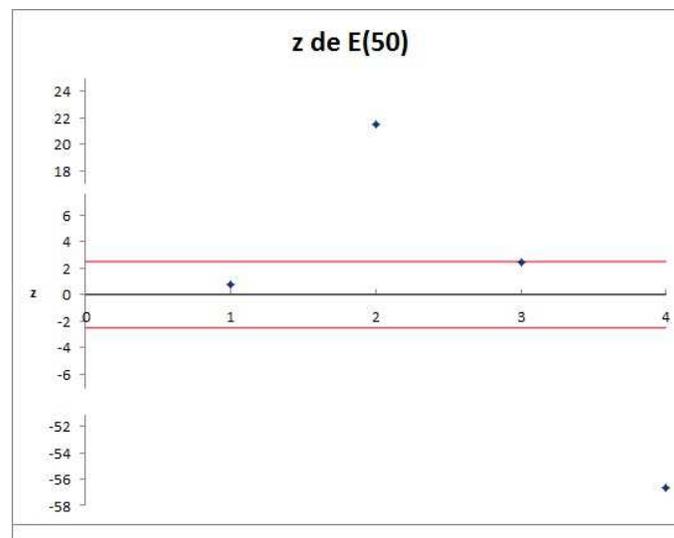


Figura 11. Evaluación z de la dosis E(50) reportada por los participantes para caso 4.

4. CONCLUSIONES

Este Ejercicio de Intercomparación Nacional de Dosimetría Interna para el Cálculo de Dosis Efectiva demuestra que el desempeño de la mayoría de los laboratorios participantes en la interpretación de datos de monitoreo individual es satisfactorio.

Todos los participantes informaron los resultados de los 4 casos. No todos los participantes se ajustaron a las Guías IDEAS, algunos lo hicieron parcialmente o no las aplicaron. Se observa dificultad en el tratamiento de los datos y de las incertezas. En particular, aquellos participantes que han aplicado los criterios vigentes para la evaluación de la exposición interna, publicados por el grupo europeo de dosimetría (EURADOS) “IDEAS Guidelines for the Estimation of Committed Doses from Incorporation Monitoring Data” evidencian resultados dentro del rango aceptable de la distribución.

Del análisis realizado surgen las siguientes recomendaciones:

- Realizar ejercicios periódicos de intercomparación de cálculo de dosis
- Realizar talleres de discusión de los resultados de las intercomparaciones
- Traducir las Guías IDEAS al español
- Organizar Cursos Avanzados de Dosimetría Interna basado en las Guías IDEAS
- Disponer de herramientas computacionales que faciliten la implementación de las Guías IDEAS

Estas recomendaciones permitirán mantener actualizados los conocimientos sobre la aplicación de las Guías IDEAS entre los especialistas en dosimetría interna de Argentina.

Esto contribuirá al aseguramiento de la calidad de los resultados de la evaluación de los datos de monitoreo individual de los trabajadores expuestos a fuentes abiertas.

5. REFERENCIAS

- [1] C.M. Castellani, J.W. Marsh, C. Hurtgen, E. Blanchardon, P. Berard, A. Giussani, M.A. Lopez. IDEAS Guidelines (Version 2) for the Estimation of Committed Doses from Incorporation Monitoring Data. EURADOS Report 2013-01 Braunschweig, March 2013
- [2] ARN PI 1/15 Reporte de resultados Intercomparación Regional de Dosimetría Interna 2013
- [3] ARN PI 2/15 Intercomparación Argentina de Dosimetría Interna 2014: Cálculo de Dosis
- [4] ISO/IEC 17043:2010. Conformity assessment-General requirements for proficiency testing. Suiza (2010)