

Comparación interlaboratorio nacional ARN 2019 de dosímetros personales de cuerpo entero para fotones

Autoridad Regulatoria Nuclear

Gerencia Mediciones y Evaluaciones en Protección Radiológica

Departamento de Dosimetría Física

Contenido

Contenido.....	1
RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	2
MARCO REGULATORIO.....	3
DESARROLLO.....	4
PARTICIPANTES.....	5
PLAN DE IRRADIACIÓN	6
MÉTODO ESTADÍSTICO DE DESEMPEÑO	7
CONFIDENCIALIDAD	7
RESULTADOS.....	8
Respuesta en energía.....	10
Repetibilidad	13
Linealidad	15
Resultados por sistema dosimétrico.....	19
CONCLUSIONES	46
REFERENCIAS.....	47
ANEXO 1. PROTOCOLO	48
ANEXO 2. EJEMPLO FORMULARIO DE PARTICIPACIÓN	52
ANEXO 3. INSTRUCCIONES PARA LOS PARTICIPANTES.....	57
ANEXO 4. EJEMPLO VALORES INFORMADOS POR EL PARTICIPANTE	59
ANEXO 5. EJEMPLO CERTIFICADO DE PARTICIPACIÓN.....	60
ANEXO 6. CRONOGRAMA	62

RESUMEN

Durante 2019 se realizó un ejercicio de comparación interlaboratorio de dosímetros personales de cuerpo entero para radiación gamma en términos de $H_p(10)$.

El ejercicio fue coordinado por la Autoridad Regulatoria Nuclear a través de la Gerencia de Mediciones y Evaluaciones en Protección Radiológica y, particularmente, del Departamento de Dosimetría Física (“el coordinador” de aquí en más) y las irradiaciones fueron realizadas por el Centro Regional de Referencia para Dosimetría de la Comisión Nacional de Energía Atómica (“el laboratorio de irradiación” de aquí en más).

Participaron 17 servicios de dosimetría: empresas privadas inscriptas en los registros del Ministerio de Salud de la Nación, que prestan servicio de dosimetría personal en el ámbito de nuestro país y laboratorios de organismos oficiales, provinciales y nacionales, que prestan servicio de dosimetría personal a sus trabajadores ocupacionalmente expuestos a las radiaciones ionizantes.

Los servicios de dosimetría participaron con un total de 28 sistemas dosimétricos (12 Film, 10 TLD, 3 OSL, 1 EPD, 2 Direct Ion Storage), de los cuales 21 (75 %) obtuvieron resultados satisfactorios, es decir, cumplen con los criterios de aceptación expuestos en la Norma IRAM-ISO 14146:2002. Entre los 7 sistemas que no obtuvieron resultados satisfactorios, uno de ellos, luego de la irradiación de sus dosímetros, retiró sus dosímetros, pero decidió abandonar el ejercicio, por lo que no envió los resultados de sus mediciones.

Se recibieron un total de 364 dosímetros de los cuales se irradiaron 280.

INTRODUCCIÓN

El Departamento de Dosimetría Física de la ARN desarrolla desde 1997 (en ese momento como parte de la Subgerencia de Estudios Físicos y Radiobiológicos, Gerencia Apoyo Científico Técnico) ejercicios de comparación interlaboratorio de dosimetría personal en el marco del Programa Nacional de Comparaciones Interlaboratorio de dosímetros personales. Hasta la fecha se han realizado 16 ejercicios (Tabla 1).

Estos ejercicios han demostrado a lo largo del tiempo ser de gran utilidad, tanto para los servicios nacionales de dosimetría “ya que representan una herramienta objetiva sólida para verificar la calidad de sus resultados” como para los usuarios de dichos servicios, porque les permite evaluar el desempeño técnico de los servicios que contratan a través de una herramienta objetiva, llevando tranquilidad y confianza a su personal ocupacionalmente expuesto en los resultados medidos.



Año	Calidad de radiación	Participantes
1997	Rayos x (W60, W110, W200) Gamma (Cs-137, Co-60)	12
1998	Rayos x (W60, W110, W200) Gamma (Cs-137, Co-60)	10
1999	Rayos x (W60, W110, W200) Gamma (Cs-137, Co-60)	12
2001	Rayos x (W60, W110, W200) Gamma (Cs-137, Co-60)	14
2002	Rayos x (W60, W80, W200) Gamma (Cs-137)	14
2004	Rayos x (W60, W110, W200) Gamma (Cs-137)	13
2006	Rayos x (W60, W110, W200) Gamma (Cs-137)	12
2008	Gamma (Cs-137) Neutrones (Cf-252, Cf-252 moderado)	2
2009	Rayos x (W60, W80, W110, W200) Gamma (Cs-137, Co-60)	13
2011	Rayos x (W60, W80, W110, W200) Gamma (Cs-137, Co-60)	20
2012	Neutrones (Cf-252, Cf-252 moderado, Am-Be)	6
2013	Gamma (Cs-137, Co-60)	22
2014	Neutrones (Cf-252, Cf-252 moderado, Am-Be)	6
2015	Gamma (Cs-137, Co-60)	26
2017	Gamma (Cs-137, Co-60)	23
2019	Gamma (Cs-137, Co-60)	17

Tabla 1. Resumen de los ejercicios de comparación interlaboratorio de dosimetría personal organizados hasta la fecha.

MARCO REGULATORIO

La Resolución del Directorio N° 180/13 [1] de la Autoridad Regulatoria Nuclear establece el marco legal que deben cumplir los Titulares de Licencia o de Autorización de Práctica no Rutinaria que poseen personal afectado al control dosimétrico individual con el fin de acreditar que las dosis debidas a irradiación externa sean medidas por un servicio o laboratorio apropiado.

Este ejercicio de comparación provee a los servicios o laboratorios un medio apropiado para cumplir con los requisitos técnicos establecidos en el Art. 1 de dicha resolución, incisos a), b) y c).



El ejercicio se extendió desde marzo 2019 (anuncio) hasta marzo 2020 (entrega de certificados).

Las fases del ejercicio fueron las siguientes:

a) Anuncio

Vía email se notificó la realización del ejercicio a todas las organizaciones que brindan servicios de dosimetría personal en el país. A su vez se envió el Protocolo (ver ANEXO 1) donde se describían los detalles del ejercicio, junto con un formulario de participación que cada participante debió completar, firmar y enviar escaneado (ver ANEXO 2).

b) Instrucciones a los participantes

Una vez inscriptos, se envió a cada participante un documento con instrucciones relacionadas con la identificación de los dosímetros, su transporte y la dirección postal donde debían enviarlos (ver ANEXO 3). Por primera vez se implementó un método único de identificación para todos los dosímetros (Figura 1):

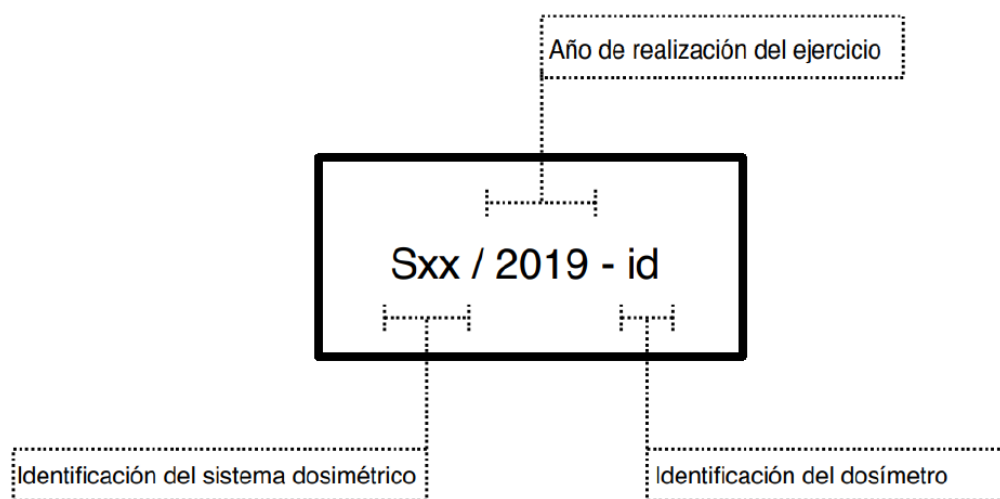


Figura 1. Identificación de los dosímetros

c) Envío de los dosímetros al coordinador

Se recibieron los dosímetros de todos los participantes sin inconvenientes, se corroboró su correcta identificación y se dispusieron en bolsas especiales para almacenarse y posteriormente trasladarse al laboratorio de irradiación. En todo momento los dosímetros se mantuvieron en condiciones ambientales controladas, con baja radiación UV y alejados de fuentes radiactivas artificiales. Los dosímetros de control acompañaron en todo momento al resto de los dosímetros, antes y después de ser irradiados.

d) Irradiación

Los dosímetros fueron trasladados por el coordinador al laboratorio de irradiación, ubicado a pocos metros de distancia, por lo que no fue necesario tomar medidas especiales para el traslado.

El laboratorio de irradiación llevó a cabo las irradiaciones durante dos meses según el plan de irradiación previamente acordado.



e) Anuncio de retiro de los dosímetros de los participantes

Una vez finalizada la etapa de irradiación, el coordinador retiró los dosímetros y notificó vía email a todos los participantes para que retiren sus dosímetros. En el mismo email se envió adjunto un formulario diseñado por el coordinador para que los participantes completen los valores de dosis medidos.

f) Envío de los resultados de medición

Emitido el anuncio de retiro, los participantes dispusieron de dos meses para informar sus resultados. Esta fue la primera vez que se estandarizó el documento donde los participantes debían informar sus resultados (ver ANEXO 4).

g) Devolución de los resultados preliminares

Luego de analizar todos los resultados obtenidos por los participantes, el coordinador envió vía email a cada uno un resumen con los resultados preliminares de sus sistemas dosimétricos de manera que verificaran si hubo algún error de transcripción por parte del coordinador o realicen algún otro tipo de comentario.

h) Envío postal de los certificados de participación e informes de irradiaciones calibradas

En esta oportunidad se solicitó al laboratorio de irradiación que confeccione un Informe de Irradiaciones Calibradas para cada sistema dosimétrico con el fin de que el participante tenga la documentación oficial que demuestra las dosis entregadas a sus dosímetros. Este informe se envió junto con el certificado de participación (ver ANEXO 5), el cual acredita el desempeño del sistema dosimétrico en el ejercicio.

PARTICIPANTES

Participaron organizaciones privadas y públicas inscriptas en los registros del Ministerio de Salud de la Nación que prestan servicio de dosimetría personal en el ámbito nacional y laboratorios de organismos oficiales que prestan servicio de dosimetría personal a sus trabajadores ocupacionalmente expuestos.

Los tipos de dosímetros registrados por los participantes se dividieron en Film, TLD, OSL, EPD y DIS (Figura 2).

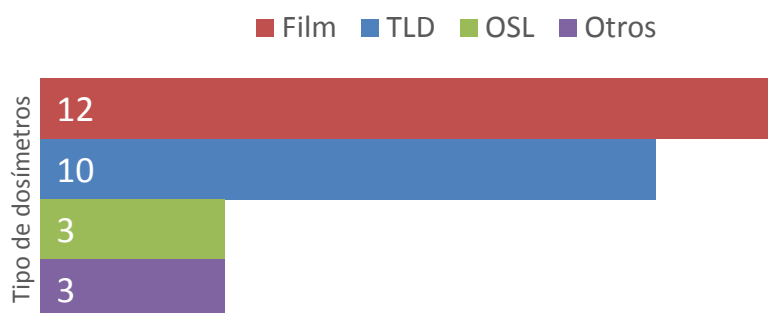


Figura 2. Cantidad de sistemas dosimétricos registrados por tipo de dosímetro. Otros: EPD y DIS



PLAN DE IRRADIACIÓN

El Centro Regional de Referencia para Dosimetría de la Comisión Nacional de Energía Atómica es el Laboratorio Nacional de Referencia Dosimétrica trazable al Sistema Internacional de Unidades a través de la Oficina Internacional de Pesos y Medidas (Bureau International des Poids et Mesures, BIPM).

La magnitud evaluada fue el equivalente de dosis personal $H_p(10)$, como lo recomienda la Comisión Internacional de Unidades Radiológicas y Mediciones (ICRU, sigla en inglés) en su Reporte 51 [2]. Todas las irradiaciones se llevaron a cabo sobre el maniquí de agua ISO slab con un ángulo de incidencia igual a 0° . Las calidades de radiación de fotones se eligieron de acuerdo a la norma ISO 4037-1:2019 [3].

Las dosis entregadas se detallan en la Tabla 2.

Cantidad de dosímetros	$H_p(10)$ (mSv)	Calidad de radiación
3	0,6	Cs-137
1	2,4	Cs-137
1	18	Cs-137
3	0,6	Co-60
1	2,4	Co-60
1	8,5	Co-60

Tabla 2. Plan de irradiación para cada sistema dosimétrico.

La elección del plan de irradiación es el resultado de la combinación de varios parámetros con el fin de verificar linealidad, repetibilidad y respuesta en energía:

- Disponibilidad de calidades de radiación en el laboratorio de irradiación;
- Actividad de las fuentes a la fecha de la irradiación, lo que a su vez condiciona dos subparámetros:
 - valores máximos de dosis practicables;
 - cantidad de dosímetros que se pueden irradiar en un tiempo razonable, lo que impacta en la elección de la cantidad de dosímetros por sistema dosimétrico.

La información completa que se brindó en el protocolo se encuentra en el ANEXO 1.



MÉTODO ESTADÍSTICO DE DESEMPEÑO

Para cada dosímetro irradiado, la relación R entre el valor de dosis medido H_s y el valor convencional de la magnitud H_c , dada por:

$$R = \frac{H_s}{H_c}$$

debe cumplir con la siguiente condición (IRAM-ISO 14146:2002) [4]:

$$\frac{1}{F} \left(1 - \frac{2H_0}{H_0 + H_c} \right) \leq R \leq F \left(1 + \frac{H_0}{2H_0 + H_c} \right)$$

Donde F es un factor para limitar el error máximo del sistema dosimétrico a valores de dosis altos y H_0 es el límite inferior del rango de dosis cuyo valor es 0,2 mSv. De acuerdo al ICRP 75 [5], para radiación gamma, F debe ser igual a 1,5.

Se considera que un sistema dosimétrico tuvo un desempeño satisfactorio si sólo un décimo de los dosímetros irradiados excede los límites arriba indicados.

CONFIDENCIALIDAD

La combinación entre el nombre de los participantes y sus respectivos códigos fueron conocidos únicamente por el coordinador del ejercicio. El laboratorio de irradiación recibió los dosímetros con los códigos de los participantes.

La vía autorizada de comunicación de los participantes fue únicamente a través del coordinador.



RESULTADOS

En la Figura 3 se muestran las respuestas representadas en la “curva trompeta” de todos los dosímetros. La Tabla 3 brinda un resumen del resultado general y por tipo de dosímetro.

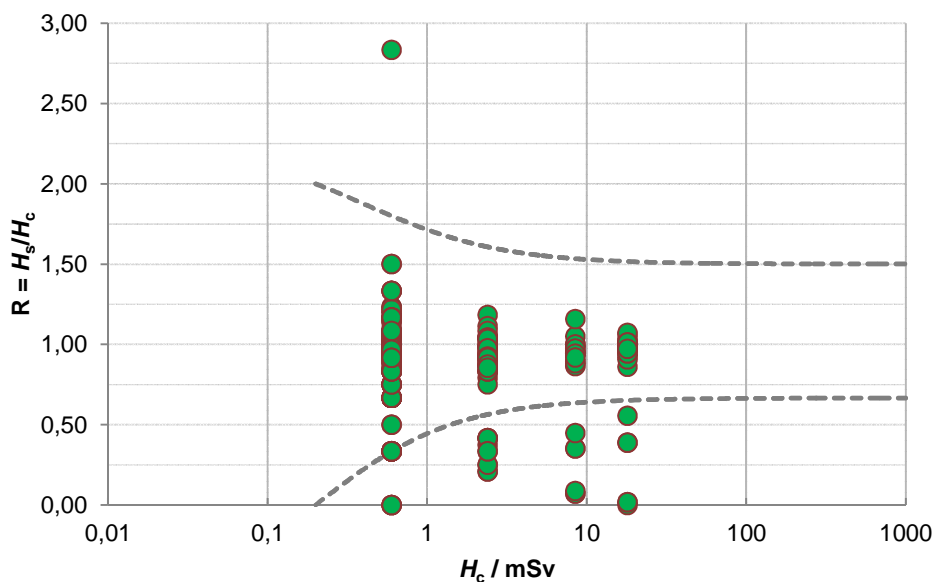


Figura 3. Respuestas de todos los dosímetros.

En la Figura 4 se muestran las respuestas representadas en la “curva trompeta” de todos los dosímetros categorizados por tipo de dosímetro y en la Figura 5 se muestra la distribución de las respuestas por tipo de dosímetro.

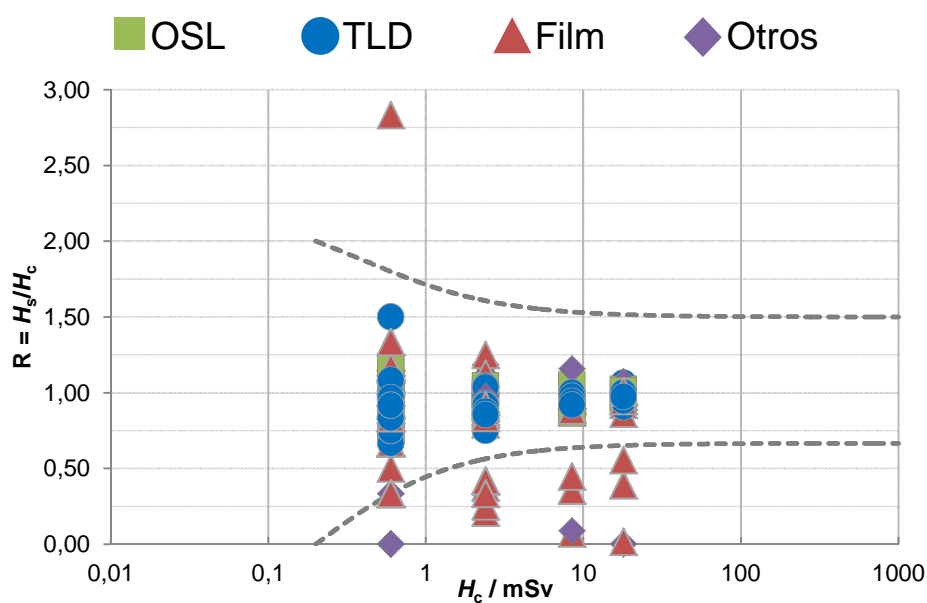


Figura 4. Respuestas por tipo de dosímetro.



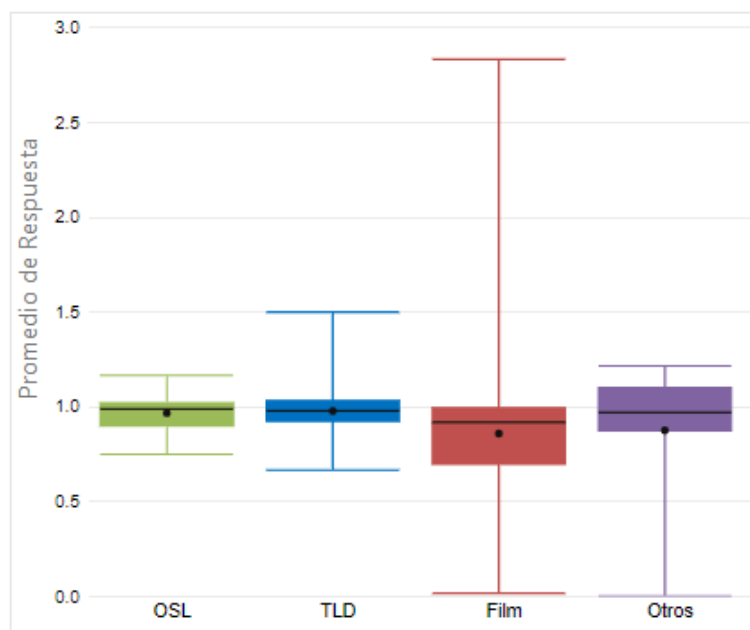


Figura 5. Distribución de respuestas promedio por tipo de dosímetro. Nota: punto negro central: promedio; línea negra central: mediana; cota inferior: mínimo; cota superior: máximo.

	General	OSL	TLD	Film	Otros
General					
Respuesta promedio	0,87 ± 0,30 ⁽¹⁾	0,95 ± 0,11	0,94 ± 0,12	0,81 ± 0,37	0,76 ± 0,42
Respuesta Mínima	0,02	0,75	0,67	0,02	0,00
Respuesta Mediana	0,94	0,99	0,95	0,88	0,95
Respuesta Máxima	2,83	1,17	1,50	2,83	1,22
No satisfactorios	9 %	0 %	0 %	16 %	20 %
Cs-137					
Respuesta promedio	0,88 ± 0,32	0,96 ± 0,11	0,97 ± 0,10	0,82 ± 0,41	0,75 ± 0,41
Respuesta Mínima	0,00	0,75	0,75	0,02	0,00
Respuesta Mediana	0,97	1,00	0,98	0,88	0,98
Respuesta Máxima	2,83	1,17	1,50	2,83	1,11
No satisfactorios	10 %	0 %	0 %	18 %	20 %
Co-60					
Respuesta promedio	0,86 ± 0,27	0,94 ± 0,12	0,92 ± 0,14	0,80 ± 0,31	0,78 ± 0,43
Respuesta Mínima	0,00	0,75	0,67	0,07	0,00
Respuesta Mediana	0,92	0,99	0,94	0,87	0,87
Respuesta Máxima	1,50	1,17	1,50	1,33	1,22
No satisfactorios	8 %	0 %	0 %	15 %	20 %

Tabla 3. Resultados generales y por tipo de dosímetro y calidad radiación. ⁽¹⁾ Desviación estándar.



Respuesta en energía

El objetivo de utilizar varias calidades de radiación es verificar si los dosímetros responden de la misma manera independientemente de la energía con que se irradian. Para estudiar este fenómeno se fijan todos los parámetros y se modifica la calidad de radiación. En este ejercicio, para cada sistema dosimétrico, se irradian seis dosímetros con $H_p(10) = 0,60$ mSv, tres con Cs-137 y tres con Co-60, y dos dosímetros con $H_p(10) = 2,4$ mSv, uno con Cs-137 y uno con Co-60. Las Figuras 7 a 11 representan las distribuciones a nivel general y para cada tipo de dosímetro.

General

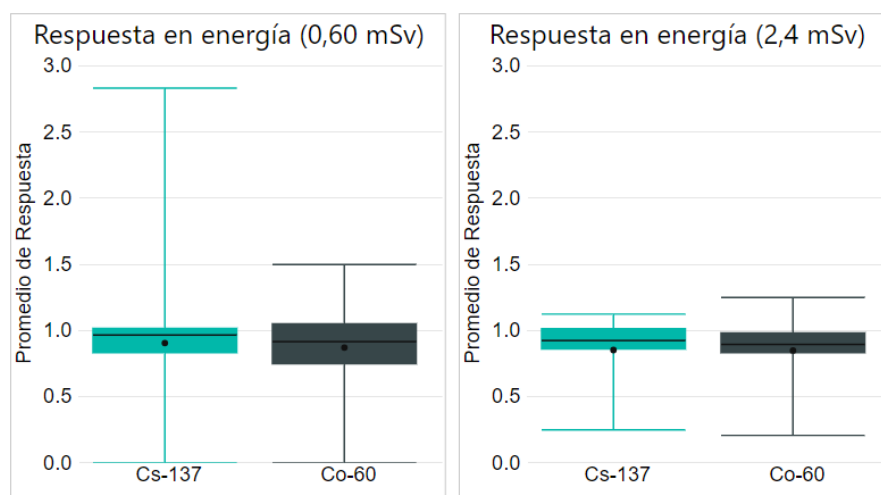


Figura 6. Distribución del promedio de respuesta de todos los dosímetros para una dosis $H_p(10) = 0,60$ mSv y 2,4 mSv en diferentes calidades de radiación. Nota: punto negro central: promedio; línea negra central: mediana; cota inferior: mínimo; cota superior: máximo.

OSL

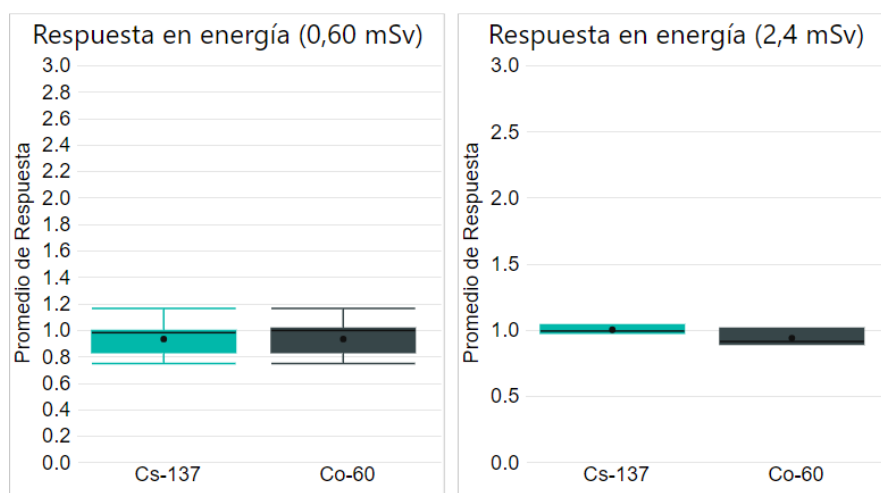


Figura 7. Distribución del promedio de respuesta de los dosímetros tipo OSL para una dosis $H_p(10) = 0,60$ mSv y 2,4 mSv en diferentes calidades de radiación. Nota: punto negro central: promedio; línea negra central: mediana; cota inferior: mínimo; cota superior: máximo.



● TLD

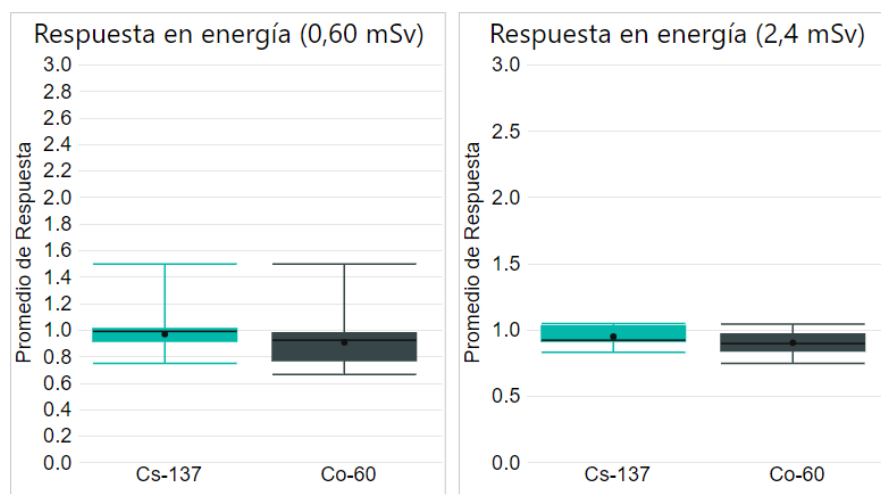


Figura 8. Distribución del promedio de respuesta de los dosímetros tipo TLD para una dosis $H_p(10) = 0,60$ mSv y 2,4 mSv en diferentes calidades de radiación. Nota: punto negro central: promedio; línea negra central: mediana; cota inferior: mínimo; cota superior: máximo.

▲ Film

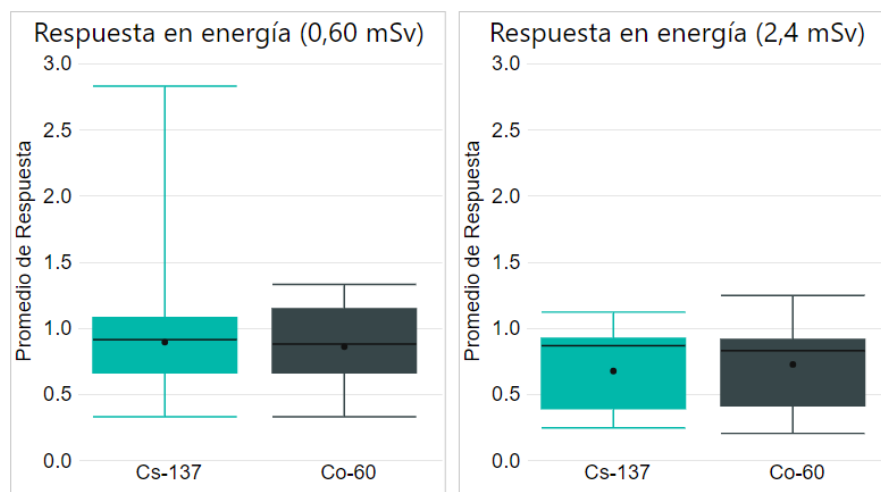


Figura 9. Distribución del promedio de respuesta de los dosímetros tipo Film para una dosis $H_p(10) = 0,60$ mSv y 2,4 mSv en diferentes calidades de radiación. Nota: punto negro central: promedio; línea negra central: mediana; cota inferior: mínimo; cota superior: máximo.



◆ Otros

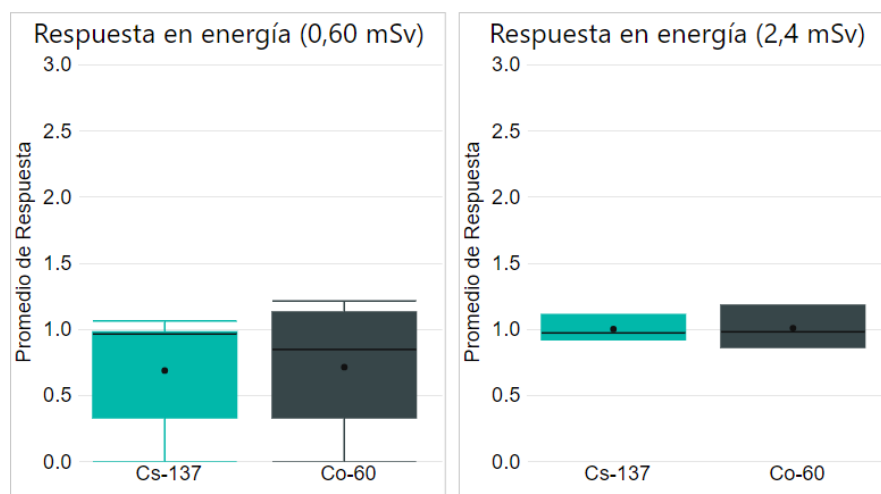


Figura 10. Distribución del promedio de respuesta de los dosímetros tipo Otros (EPD y DIS) para una dosis $H_p(10) = 0,60$ mSv y 2,4 mSv en diferentes calidades de radiación. Nota: punto negro central: promedio; línea negra central: mediana; cota inferior: mínimo; cota superior: máximo.

Como puede observarse en la Tabla 4 los resultados indican una dispersión máxima del ± 7 % en la respuesta de energía.

	General	OSL	TLD	Film	Otros
$H_p(10) = 0,60$ mSv					
Respuesta promedio (Cs-137)	0,91	0,94	0,97	0,90	0,69
Respuesta promedio (Co-60)	0,87	0,94	0,91	0,86	0,72
Relación respuestas (R_{Co-60}/R_{Cs-137})	0,96	1,00	0,94	0,96	1,04
$H_p(10) = 2,4$ mSv					
Respuesta promedio (Cs-137)	0,85	1,01	0,95	0,68	1,00
Respuesta promedio (Co-60)	0,85	0,94	0,91	0,73	1,01
Relación respuestas (R_{Co-60}/R_{Cs-137})	1,00	0,93	0,96	1,07	1,01

Tabla 4. Resultados del promedio de respuesta a nivel general y para cada tipo de dosímetro, y la relación entre las diferentes calidades de radiación.



Repetibilidad

Esta prueba verifica si un conjunto de dosímetros responde relativamente igual si se los irradia con la misma dosis. En este ejercicio, para cada sistema dosimétrico, se irradiaron tres dosímetros con una dosis $H_p(10) = 0,60$ mSv para cada calidad de radiación.

En las Figuras 12 a 16 se muestran las frecuencias de los valores de coeficientes de variación (desviación estándar de la media sobre el promedio de la respuesta) para todos los sistemas dosimétricos y para cada tipo de dosímetro.

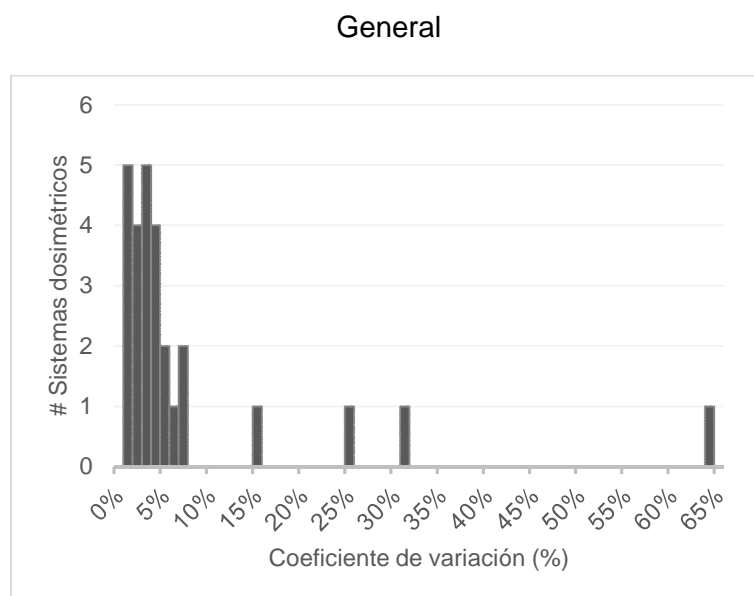


Figura 11. Frecuencia de todos los sistemas dosimétricos por coeficiente de variación para seis dosímetros irradiados con una dosis $H_p(10) = 0,60$ mSv.

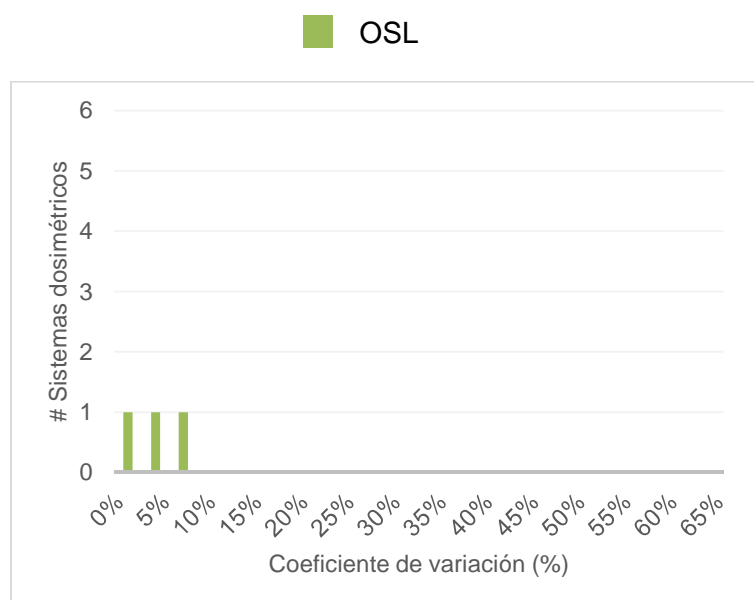


Figura 12. Frecuencia de los sistemas dosimétricos tipo OSL por coeficiente de variación para seis dosímetros irradiados con una dosis $H_p(10) = 0,60$ mSv.



● TLD

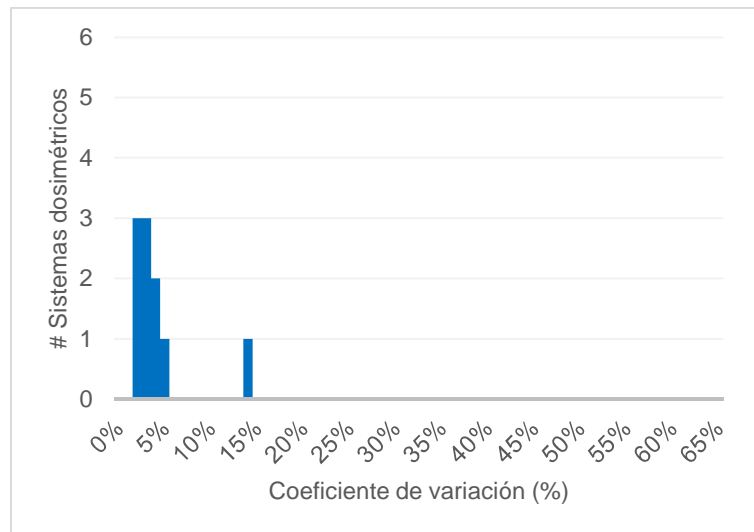


Figura 13. Frecuencia de los sistemas dosimétricos tipo TLD por coeficiente de variación para seis dosímetros irradiados con una dosis $H_p(10) = 0,60$ mSv.

▲ Film

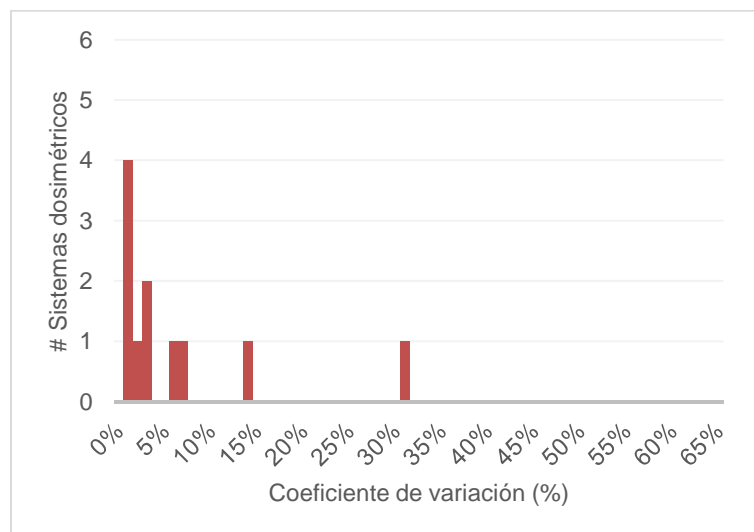


Figura 14. Frecuencia de los sistemas dosimétricos tipo Film por coeficiente de variación para seis dosímetros irradiados con una dosis $H_p(10) = 0,60$ mSv.



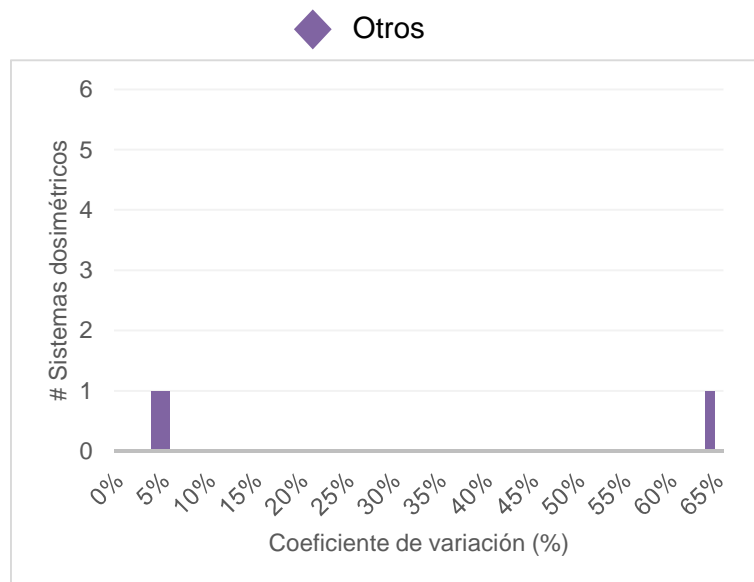


Figura 15. Frecuencia de los sistemas dosimétricos tipo Otros (EPD y DIS) por coeficiente de variación para seis dosímetros irradiados con una dosis $H_p(10) = 0,60$ mSv.

Como puede verificarse los coeficientes de variación fueron menores al 10 % para el 70 % de los sistemas dosimétricos. Considerando los tipos de dosímetros, los coeficientes de variación fueron menores al 10 % de la siguiente manera: OSL: 100 %; TLD: 90 %; Film: 82 % y Otros: 66 %.

Linealidad

Otro de los objetivos del diseño del plan de irradiación tiene por finalidad el análisis de la linealidad. Para estudiar este fenómeno se fijan todos los parámetros y se modifica el valor de dosis entregada. En este ejercicio se seleccionaron tres valores de dosis distintos para cada calidad de radiación. Las Figuras 17 a 21 presentan a nivel general y para cada tipo de dosímetro la distribución del promedio de respuesta para diferentes valores de dosis y calidad de radiación.

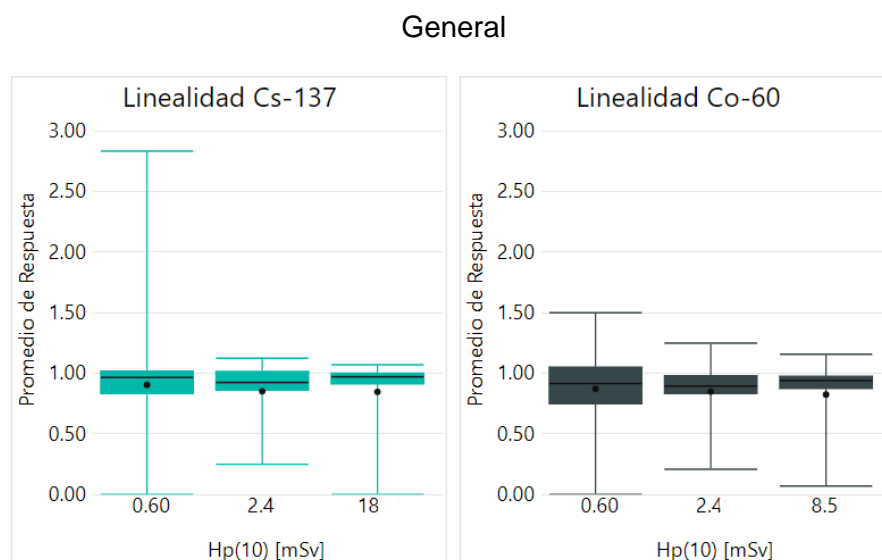


Figura 16. Distribución del promedio de respuestas de todos los dosímetros para diferentes valores de dosis. Nota: punto negro central: promedio; línea negra central: mediana; cota inferior: mínimo; cota superior: máximo.



■ OSL

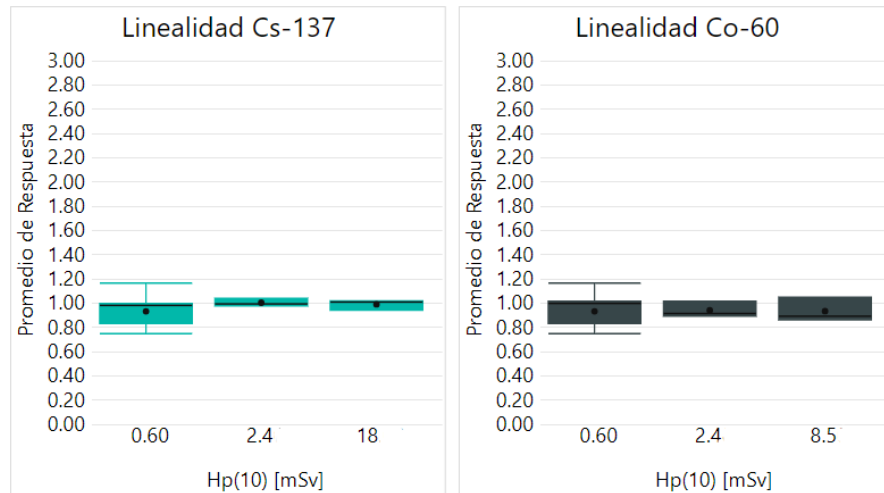


Figura 17. Distribución del promedio de respuestas de los dosímetros tipo OSL para diferentes valores de dosis. Nota: punto negro central: promedio; línea negra central: mediana; cota inferior: mínimo; cota superior: máximo.

● TLD

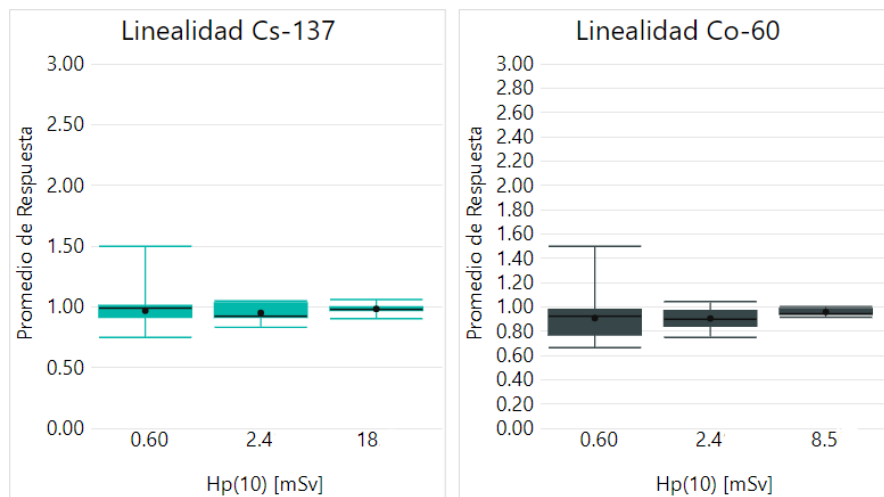


Figura 18. Distribución del promedio de respuestas de los dosímetros tipo TLD para diferentes valores de dosis. Nota: punto negro central: promedio; línea negra central: mediana; cota inferior: mínimo; cota superior: máximo.





Film

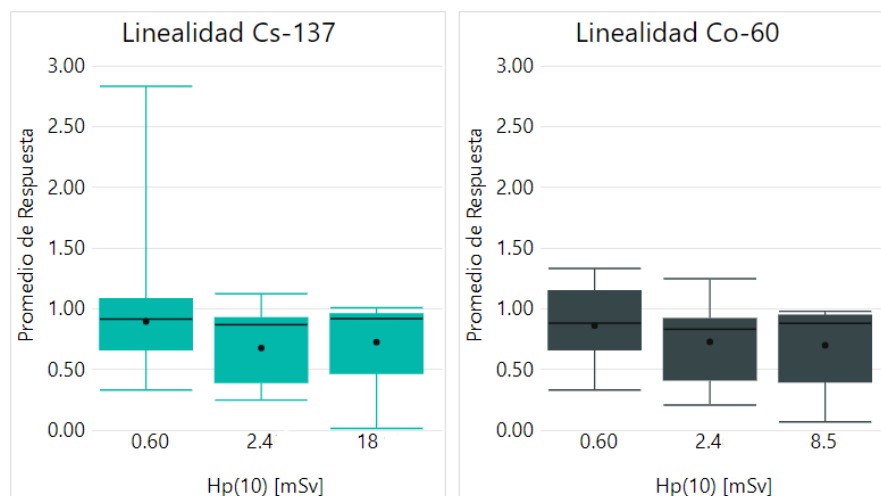


Figura 19. Distribución del promedio de respuestas de los dosímetros tipo Film para diferentes valores de dosis. Nota: punto negro central: promedio; línea negra central: mediana; cota inferior: mínimo; cota superior: máximo.



Otros

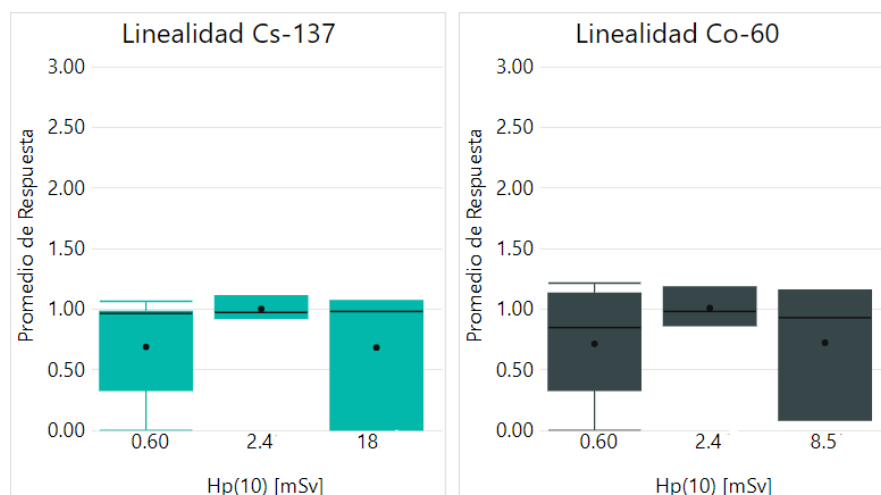


Figura 20. Distribución del promedio de respuestas de los dosímetros tipo Otros (EPD y DIS) para diferentes valores de dosis. Nota: punto negro central: promedio; línea negra central: mediana; cota inferior: mínimo; cota superior: máximo.



En la Tabla 5 se encuentran los resultados del estudio de linealidad. Los dosímetros tipo OSL y TLD obtuvieron buenos resultados con una dispersión máxima de 7 % (Cs-137) y 5 % (Co-60), respectivamente, mientras que Film y Otros obtuvieron una dispersión máxima de 24 % (Cs-137) y 45 % (Co-60), respectivamente.

	General	OSL	TLD	Film	Otros
Cs-137					
Respuesta promedio (0,60 mSv)	0,91	0,94	0,97	0,90	0,69
Respuesta promedio (2,4 mSv)	0,85	1,01	0,99	0,73	1,00
Respuesta promedio (18 mSv)	0,85	0,99	0,95	0,68	0,68
Relación respuestas ($R_{2,4}/R_{0,60}$)	0,93	1,07	1,02	0,81	1,45
Relación respuestas ($R_{18}/R_{0,60}$)	0,93	1,05	0,98	0,76	0,99
Relación respuestas ($R_{18}/R_{2,4}$)	1,00	0,98	0,96	0,93	0,68
Co-60					
Respuesta promedio (0,60 mSv)	0,87	0,94	0,91	0,86	0,72
Respuesta promedio (2,4 mSv)	0,85	0,94	0,96	0,73	1,01
Respuesta promedio (8,5 mSv)	0,83	0,94	0,91	0,70	0,73
Relación respuestas ($R_{2,4}/R_{0,60}$)	0,98	1,00	1,05	0,85	1,40
Relación respuestas ($R_{8,5}/R_{0,60}$)	0,95	1,00	1,00	0,81	1,01
Relación respuestas ($R_{8,5}/R_{2,4}$)	0,98	1,00	0,95	0,96	0,72

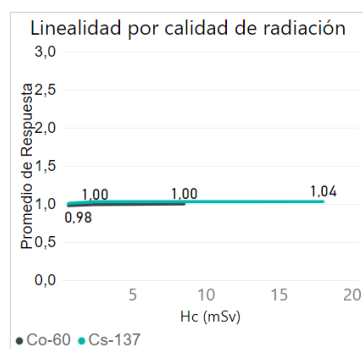
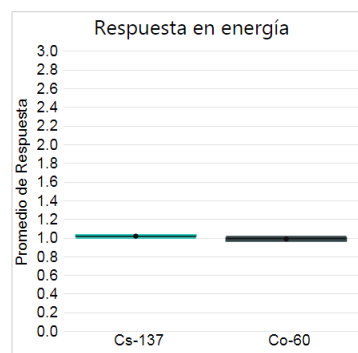
Tabla 5. Respuestas promedio general y por tipo de dosímetro para cada valor de dosis y calidad de radiación, y la relación entre los valores de respuesta para cada valor de dosis.



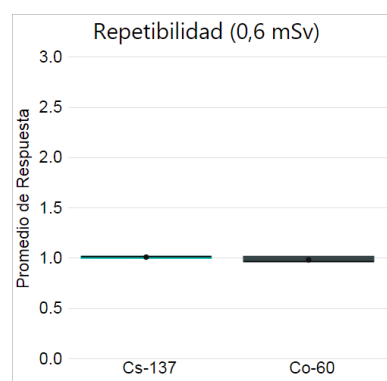
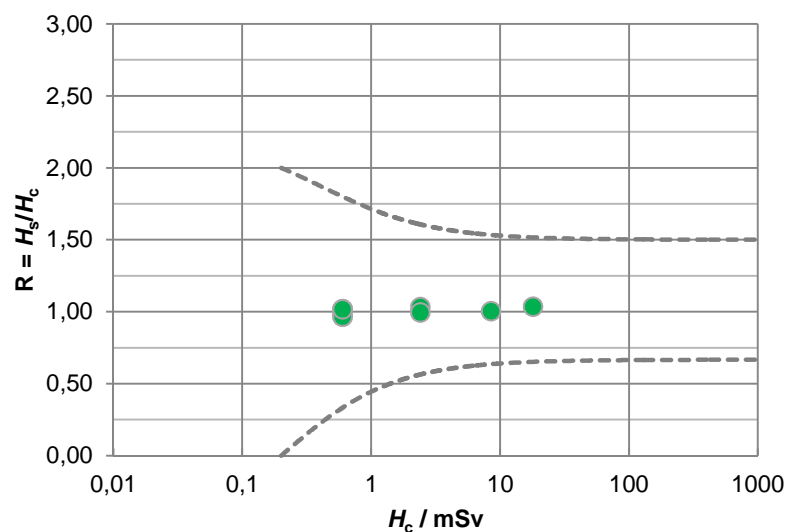
Resultados por sistema dosimétrico

Código participante	P01
Código sistema dosimétrico	S01
Tipo de dosímetro	TLD

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S01/2019-01	Sin irradiar				
S01/2019-02	Sin irradiar				
S01/2019-03	Sin irradiar				
S01/2019-04	Co-60	0,58	0,60	0,97	Satisfactorio
S01/2019-05	Co-60	8,54	8,5	1,00	Satisfactorio
S01/2019-06	Cs-137	0,60	0,60	1,00	Satisfactorio
S01/2019-07	Cs-137	18,63	18	1,04	Satisfactorio
S01/2019-08	Cs-137	0,61	0,60	1,02	Satisfactorio
S01/2019-09	Cs-137	2,48	2,4	1,03	Satisfactorio
S01/2019-10	Cs-137	0,61	0,60	1,02	Satisfactorio
S01/2019-11	Co-60	0,58	0,60	0,97	Satisfactorio
S01/2019-12	Co-60	0,61	0,60	1,02	Satisfactorio
S01/2019-13	Co-60	2,39	2,4	1,00	Satisfactorio
Respuesta global				1,01	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	1,02	1,02	1,00	1,04	1 %
Co-60	0,99	1,00	0,97	1,02	1 %

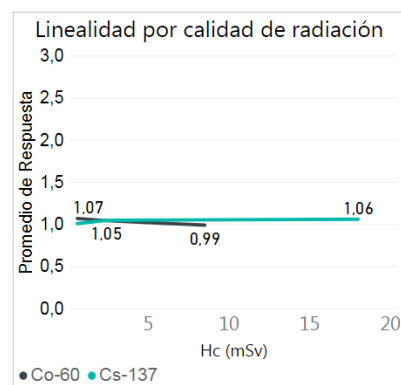
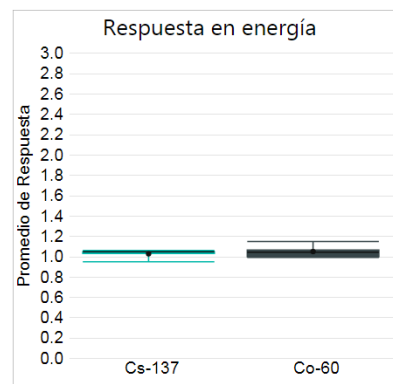


$$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$$

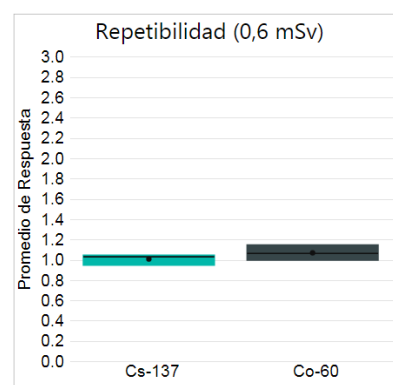
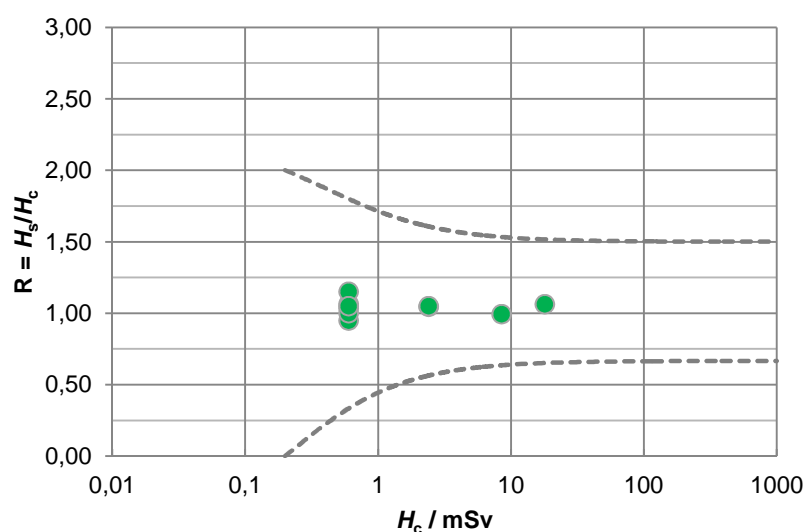


Código participante	P02
Código sistema dosimétrico	S02
Tipo de dosímetro	TLD

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S02/2019-01	Co-60	2,51	2,4	1,05	Satisfactorio
S02/2019-02	Cs-137	0,62	0,60	1,03	Satisfactorio
S02/2019-03	Co-60	0,64	0,60	1,07	Satisfactorio
S02/2019-04	Cs-137	0,57	0,60	0,95	Satisfactorio
S02/2019-05	Sin irradiar				
S02/2019-06	Cs-137	19,13	18	1,06	Satisfactorio
S02/2019-07	Co-60	0,60	0,60	1,00	Satisfactorio
S02/2019-08	Sin irradiar				
S02/2019-09	Co-60	8,44	8,5	0,99	Satisfactorio
S02/2019-10	Co-60	0,69	0,60	1,15	Satisfactorio
S02/2019-11	Cs-137	2,52	2,4	1,05	Satisfactorio
S02/2019-12	Cs-137	0,63	0,60	1,05	Satisfactorio
S02/2019-13	Sin irradiar				
Respuesta global				1,04	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	1,03	1,05	0,95	1,06	2 %
Co-60	1,05	1,05	0,99	1,15	3 %

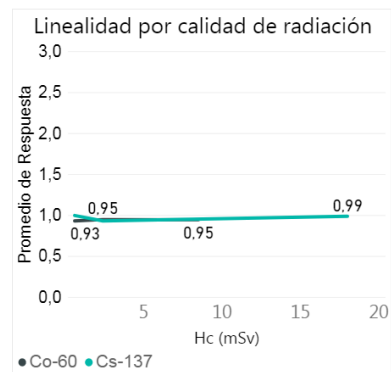
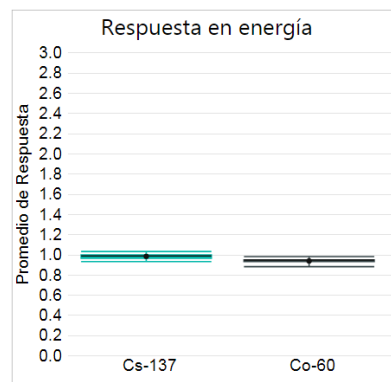


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

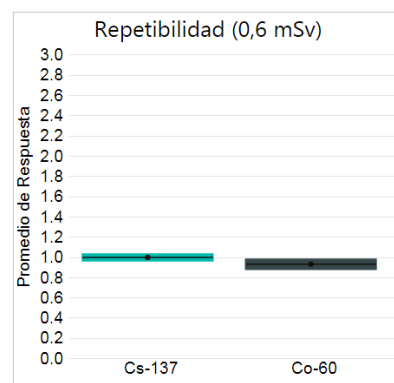
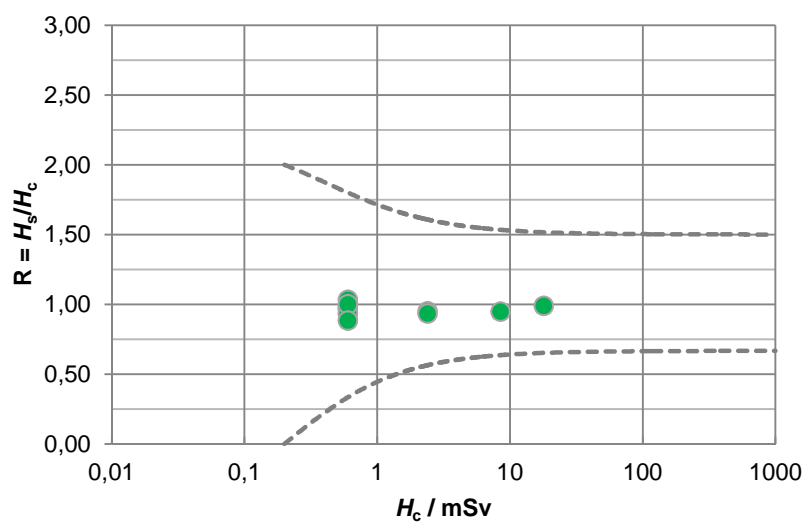


Código participante	P03
Código sistema dosimétrico	S03
Tipo de dosímetro	TLD

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S03/2019-01	Co-60	8,06	8,5	0,95	Satisfactorio
S03/2019-02	Sin irradiar				
S03/2019-03	Co-60	0,59	0,60	0,98	Satisfactorio
S03/2019-04	Cs-137	17,82	18	0,99	Satisfactorio
S03/2019-05	Cs-137	0,58	0,60	0,97	Satisfactorio
S03/2019-06	Co-60	2,28	2,4	0,95	Satisfactorio
S03/2019-07	Cs-137	2,24	2,4	0,93	Satisfactorio
S03/2019-08	Sin irradiar				
S03/2019-09	Sin irradiar				
S03/2019-10	Cs-137	0,62	0,60	1,03	Satisfactorio
S03/2019-11	Co-60	0,56	0,60	0,93	Satisfactorio
S03/2019-12	Cs-137	0,60	0,60	1,00	Satisfactorio
S03/2019-13	Co-60	0,53	0,60	0,88	Satisfactorio
Respuesta global				0,96	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	0,98	0,99	0,93	1,03	2 %
Co-60	0,94	0,95	0,88	0,98	2 %

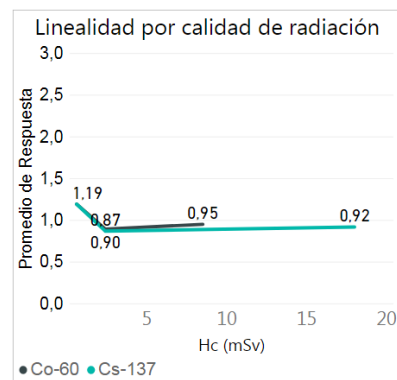
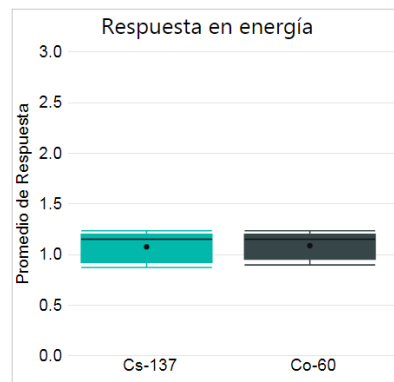


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

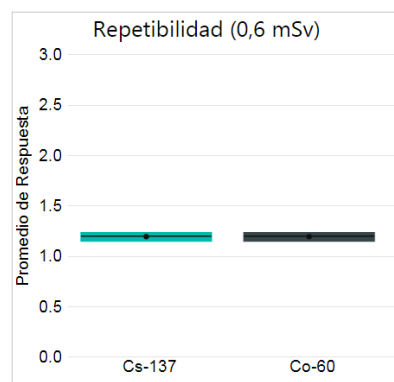
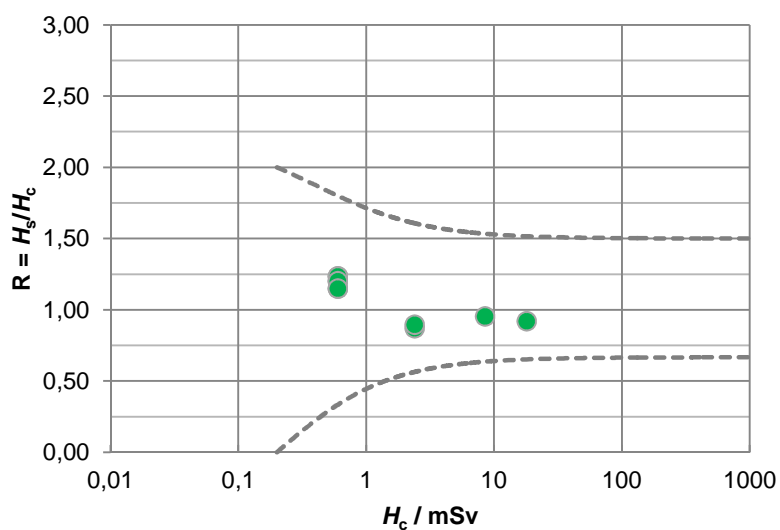


Código participante	P04
Código sistema dosimétrico	S04
Tipo de dosímetro	Film

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S04/2019-01	Cs-137	2,09	2,4	0,87	Satisfactorio
S04/2019-02	Cs-137	16,57	18	0,92	Satisfactorio
S04/2019-03	Sin irradiar				
S04/2019-04	Co-60	0,72	0,60	1,20	Satisfactorio
S04/2019-05	Co-60	0,69	0,60	1,15	Satisfactorio
S04/2019-06	Co-60	0,74	0,60	1,23	Satisfactorio
S04/2019-07	Sin irradiar				
S04/2019-08	Cs-137	0,74	0,60	1,23	Satisfactorio
S04/2019-09	Co-60	8,10	8,5	0,95	Satisfactorio
S04/2019-10	Cs-137	0,72	0,60	1,20	Satisfactorio
S04/2019-11	Sin irradiar				
S04/2019-12	Co-60	2,15	2,4	0,90	Satisfactorio
S04/2019-13	Cs-137	0,69	0,60	1,15	Satisfactorio
Respuesta global				1,08	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	1,07	1,15	0,87	1,23	7 %
Co-60	1,09	1,15	0,90	1,23	6 %

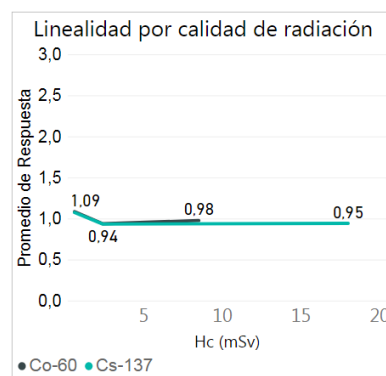
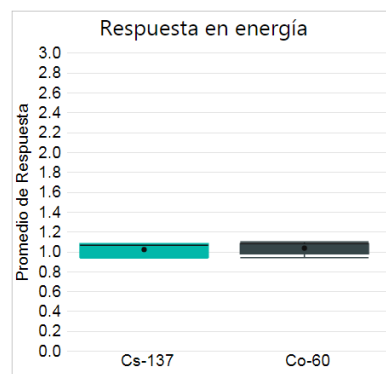


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

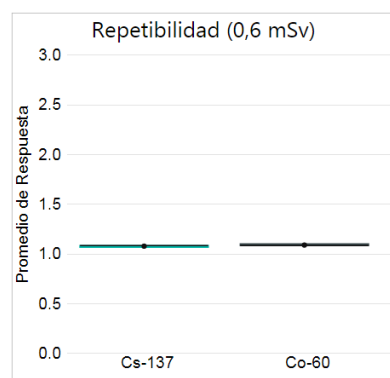
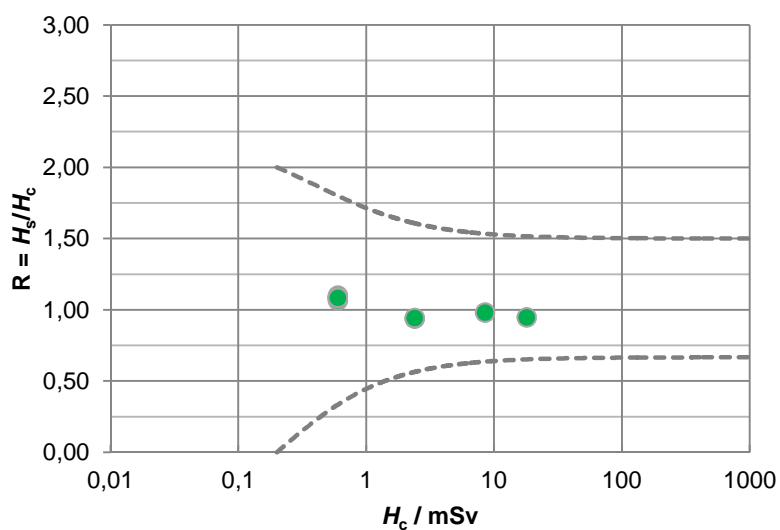


Código participante	P04
Código sistema dosimétrico	S06
Tipo de dosímetro	Film

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S06/2019-01	Co-60	0,66	0,60	1,10	Satisfactorio
S06/2019-02	Cs-137	2,25	2,4	0,94	Satisfactorio
S06/2019-03	Sin irradiar				
S06/2019-04	Cs-137	0,65	0,60	1,08	Satisfactorio
S06/2019-05	Co-60	0,65	0,60	1,08	Satisfactorio
S06/2019-06	Cs-137	0,64	0,60	1,07	Satisfactorio
S06/2019-07	Sin irradiar				
S06/2019-08	Cs-137	17,03	18	0,95	Satisfactorio
S06/2019-09	Sin irradiar				
S06/2019-10	Cs-137	0,65	0,60	1,08	Satisfactorio
S06/2019-11	Co-60	2,26	2,4	0,94	Satisfactorio
S06/2019-12	Co-60	0,65	0,60	1,08	Satisfactorio
S06/2019-13	Co-60	8,34	8,5	0,98	Satisfactorio
Respuesta global				1,03	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	1,02	1,07	0,94	1,08	3 %
Co-60	1,04	1,08	0,94	1,10	3 %

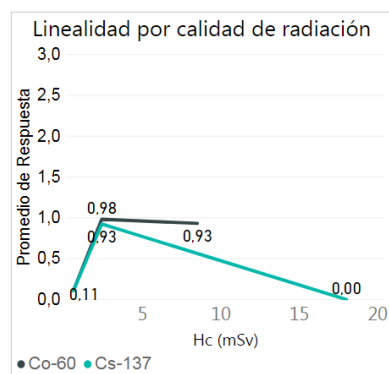
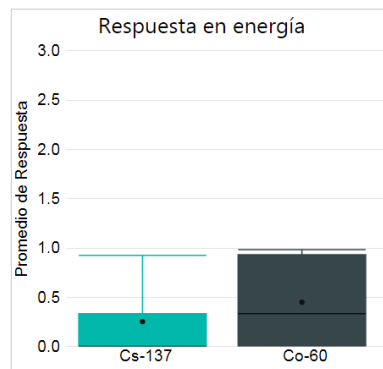


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

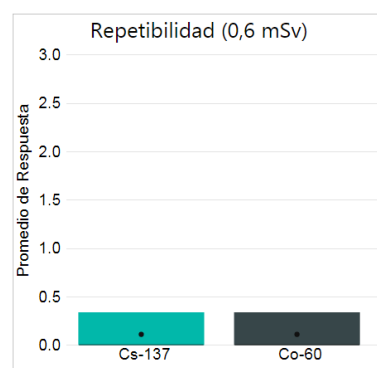
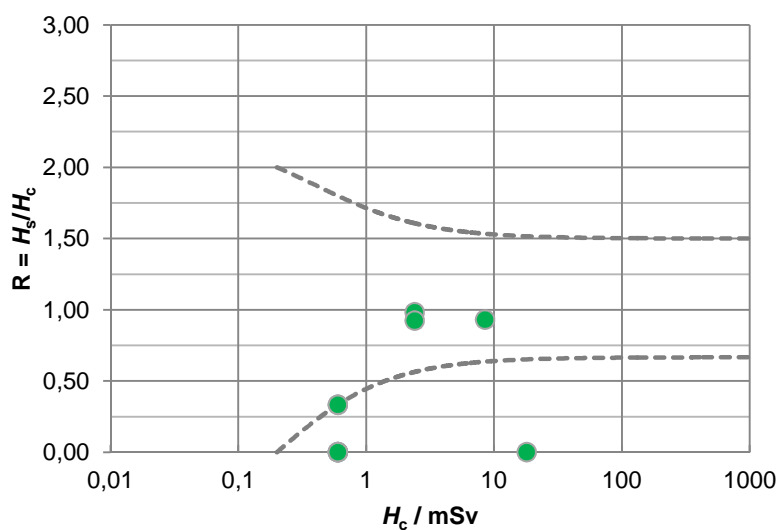


Código participante	P05
Código sistema dosimétrico	S07
Tipo de dosímetro	DIS (Otros)

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S07/2019-01	Sin irradiar				
S07/2019-02	Co-60	2,36	2,4	0,98	Satisfactorio
S07/2019-03	Co-60	-	0,60	0,00	No satisfactorio
S07/2019-04	Cs-137	-	18	0,00	No satisfactorio
S07/2019-05	Cs-137	2,22	2,4	0,93	Satisfactorio
S07/2019-06	Co-60	-	0,60	0,00	No satisfactorio
S07/2019-07	Cs-137	-	0,60	0,00	No satisfactorio
S07/2019-08	Sin irradiar				
S07/2019-09	Cs-137	-	0,60	0,00	No satisfactorio
S07/2019-10	Co-60	7,92	8,5	0,93	Satisfactorio
S07/2019-11	Sin irradiar				
S07/2019-12	Co-60	0,20	0,60	0,33	Satisfactorio
S07/2019-13	Cs-137	0,20	0,60	0,33	Satisfactorio
Respuesta global				0,35	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	0,25	0,00	0,00	0,93	72 %
Co-60	0,45	0,33	0,00	0,98	48 %

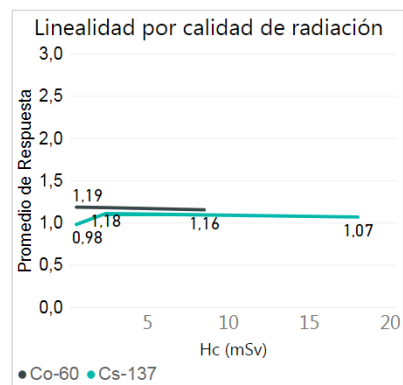
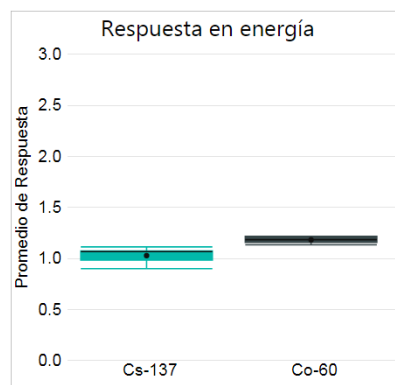


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

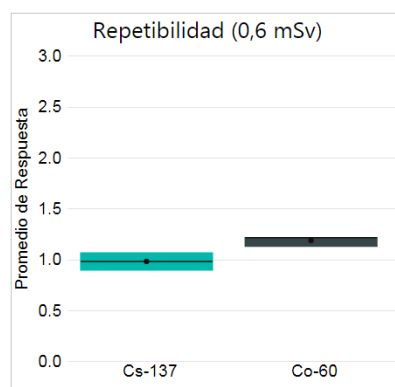
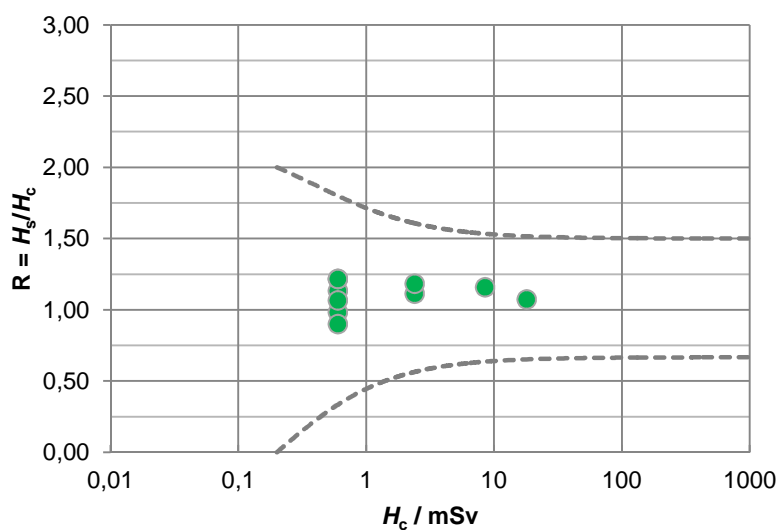


Código participante	P05
Código sistema dosimétrico	S08
Tipo de dosímetro	DIS (Otros)

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S08/2019-01	Sin irradiar				
S08/2019-02	Co-60	0,68	0,60	1,13	Satisfactorio
S08/2019-03	Co-60	0,73	0,60	1,22	Satisfactorio
S08/2019-04	Co-60	0,73	0,60	1,22	Satisfactorio
S08/2019-05	Cs-137	0,59	0,60	0,98	Satisfactorio
S08/2019-06	Cs-137	0,64	0,60	1,07	Satisfactorio
S08/2019-07	Co-60	9,84	8,5	1,16	Satisfactorio
S08/2019-08	Cs-137	0,54	0,60	0,90	Satisfactorio
S08/2019-09	Sin irradiar				
S08/2019-10	Cs-137	19,29	18	1,07	Satisfactorio
S08/2019-11	Cs-137	2,67	2,4	1,11	Satisfactorio
S08/2019-12	Co-60	2,84	2,4	1,18	Satisfactorio
S08/2019-13	Sin irradiar				
Respuesta global				1,10	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	1,03	1,07	0,90	1,11	4 %
Co-60	1,18	1,18	1,13	1,22	1 %

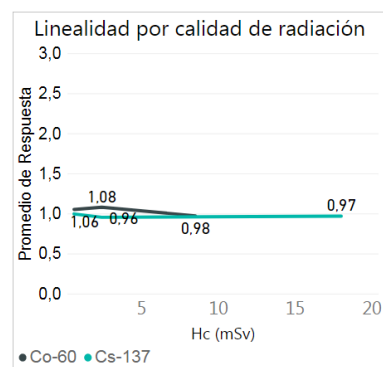
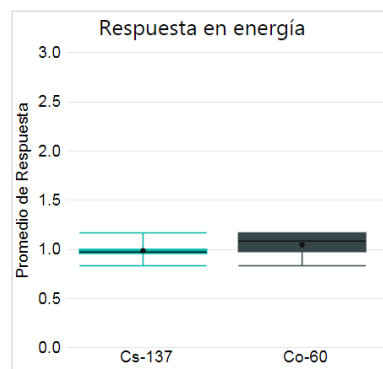


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

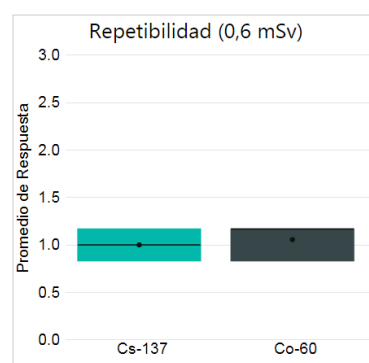
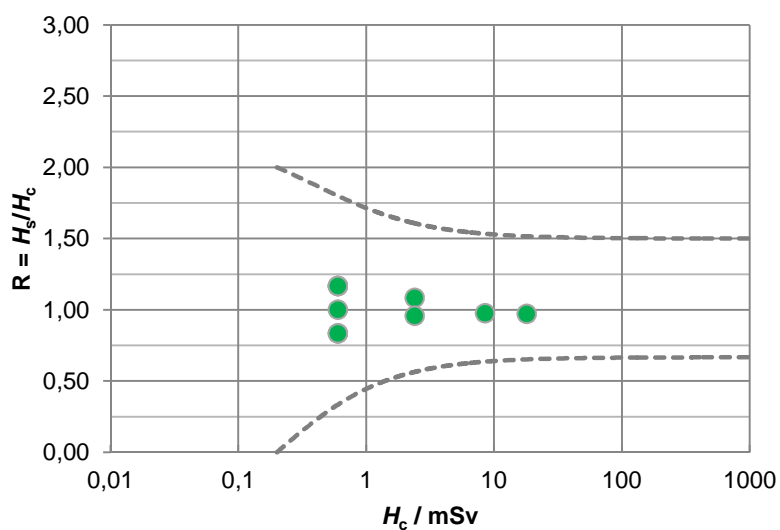


Código participante	P06
Código sistema dosimétrico	S09
Tipo de dosímetro	Film

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S09/2019-01	Co-60	2,60	2,4	1,08	Satisfactorio
S09/2019-02	Sin irradiar				
S09/2019-03	Co-60	0,50	0,60	0,83	Satisfactorio
S09/2019-04	Co-60	8,30	8,5	0,98	Satisfactorio
S09/2019-05	Cs-137	2,30	2,4	0,96	Satisfactorio
S09/2019-06	Sin irradiar				
S09/2019-07	Cs-137	0,50	0,60	0,83	Satisfactorio
S09/2019-08	Co-60	0,70	0,60	1,17	Satisfactorio
S09/2019-09	Co-60	0,70	0,60	1,17	Satisfactorio
S09/2019-10	Sin irradiar				
S09/2019-11	Cs-137	0,60	0,60	1,00	Satisfactorio
S09/2019-12	Cs-137	17,50	18	0,97	Satisfactorio
S09/2019-13	Cs-137	0,70	0,60	1,17	Satisfactorio
Respuesta global				1,02	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	0,99	0,97	0,83	1,17	5 %
Co-60	1,05	1,08	0,83	1,17	6 %

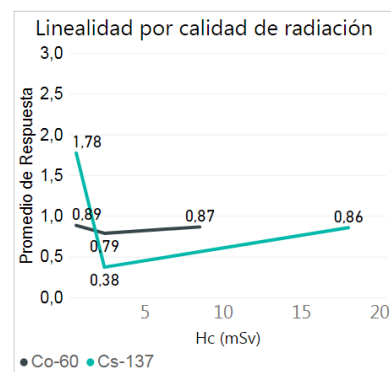
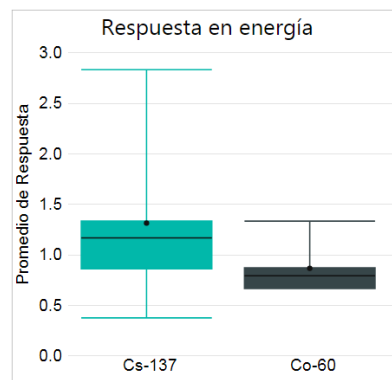


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

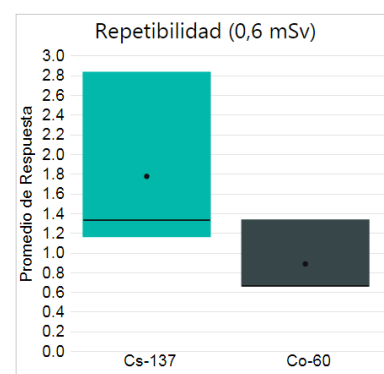
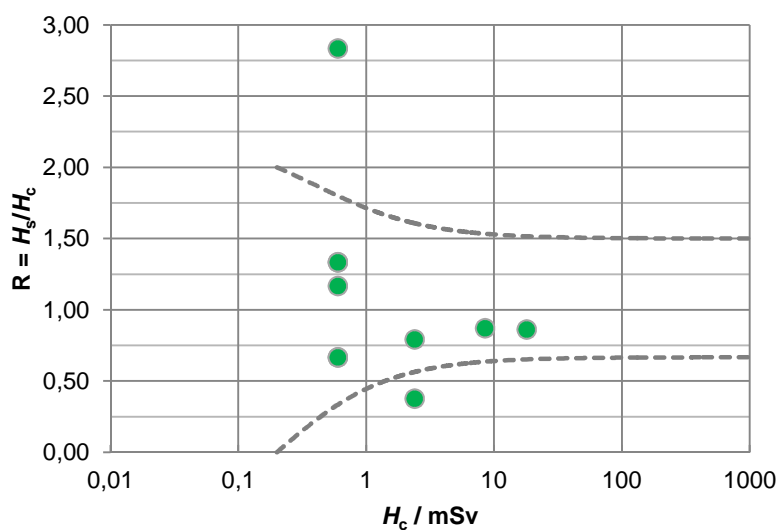


Código participante	P07
Código sistema dosimétrico	S10
Tipo de dosímetro	Film

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S10/2019-01	Cs-137	1,70	0,60	2,83	No satisfactorio
S10/2019-02	Cs-137	0,80	0,60	1,33	Satisfactorio
S10/2019-03	Co-60	0,80	0,60	1,33	Satisfactorio
S10/2019-04	Co-60	1,90	2,4	0,79	Satisfactorio
S10/2019-05	Cs-137	15,50	18	0,86	Satisfactorio
S10/2019-06	Cs-137	0,70	0,60	1,17	Satisfactorio
S10/2019-07	Sin irradiar				
S10/2019-08	Sin irradiar				
S10/2019-09	Co-60	7,40	8,5	0,87	Satisfactorio
S10/2019-10	Cs-137	0,90	2,4	0,38	No satisfactorio
S10/2019-11	Co-60	0,40	0,60	0,67	Satisfactorio
S10/2019-12	Sin irradiar				
S10/2019-13	Co-60	0,40	0,60	0,67	Satisfactorio
Respuesta global				1,09	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	1,31	1,17	0,38	2,83	31 %
Co-60	0,87	0,79	0,67	1,33	14 %

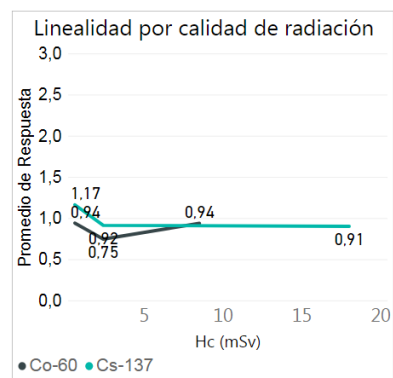
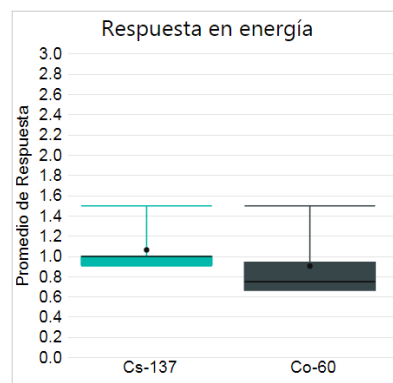


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

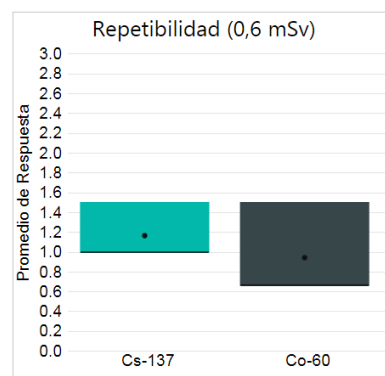
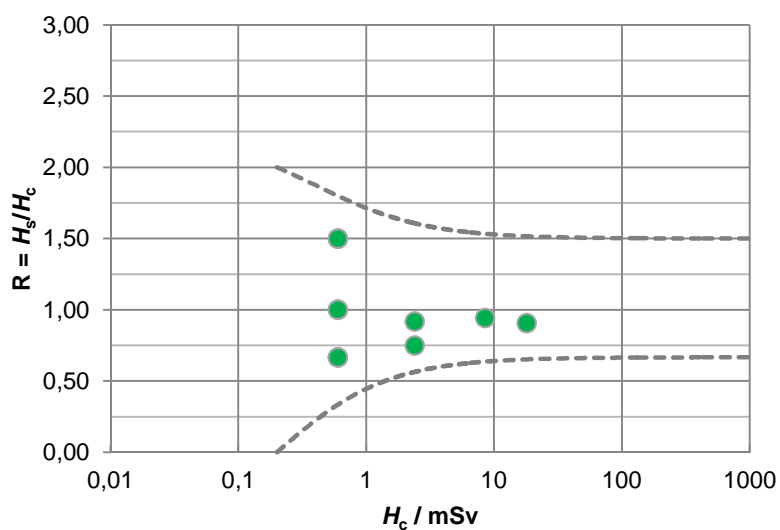


Código participante	P07
Código sistema dosimétrico	S11
Tipo de dosímetro	TLD

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S11/2019-01	Sin irradiar				
S11/2019-02	Co-60	0,90	0,60	1,50	Satisfactorio
S11/2019-03	Cs-137	0,60	0,60	1,00	Satisfactorio
S11/2019-04	Cs-137	0,90	0,60	1,50	Satisfactorio
S11/2019-05	Cs-137	16,30	18	0,91	Satisfactorio
S11/2019-06	Co-60	0,40	0,60	0,67	Satisfactorio
S11/2019-07	Sin irradiar				
S11/2019-08	Co-60	1,80	2,4	0,75	Satisfactorio
S11/2019-09	Co-60	8,00	8,5	0,94	Satisfactorio
S11/2019-10	Co-60	0,40	0,60	0,67	Satisfactorio
S11/2019-11	Cs-137	0,60	0,60	1,00	Satisfactorio
S11/2019-12	Cs-137	2,20	2,4	0,92	Satisfactorio
S11/2019-13	Sin irradiar				
Respuesta global				0,98	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	1,06	1,00	0,91	1,50	10 %
Co-60	0,90	0,75	0,67	1,50	17 %

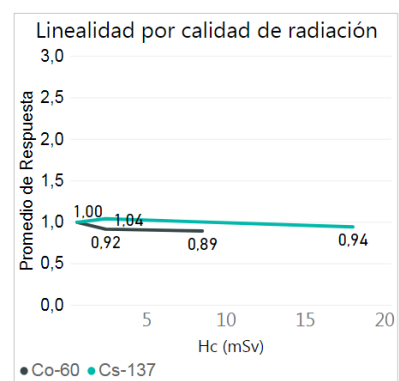
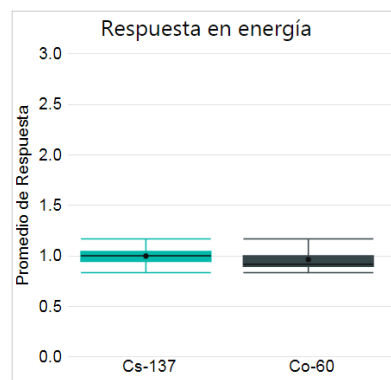


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

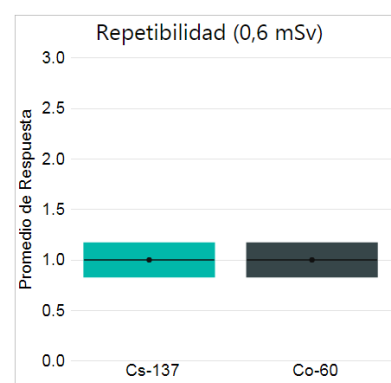
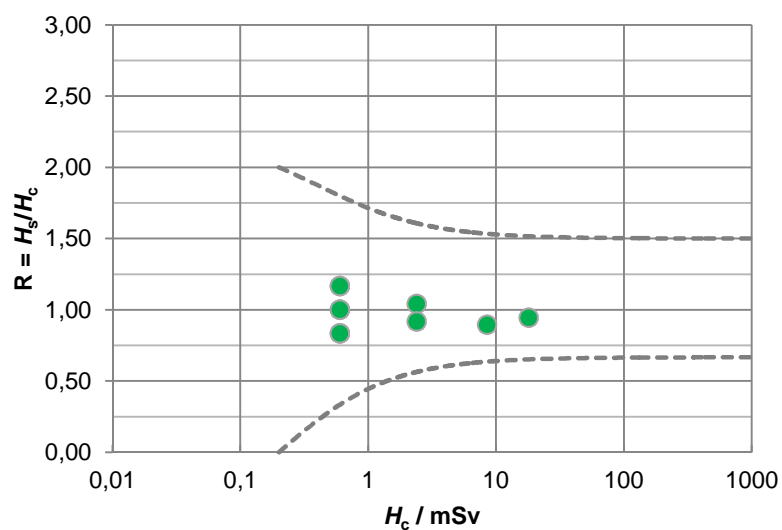


Código participante	P07
Código sistema dosimétrico	S12
Tipo de dosímetro	OSL

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S12/2019-01	Cs-137	2,50	2,4	1,04	Satisfactorio
S12/2019-02	Cs-137	0,70	0,60	1,17	Satisfactorio
S12/2019-03	Co-60	0,50	0,60	0,83	Satisfactorio
S12/2019-04	Sin irradiar				
S12/2019-05	Sin irradiar				
S12/2019-06	Co-60	2,20	2,4	0,92	Satisfactorio
S12/2019-07	Sin irradiar				
S12/2019-08	Cs-137	0,60	0,60	1,00	Satisfactorio
S12/2019-09	Co-60	0,60	0,60	1,00	Satisfactorio
S12/2019-10	Cs-137	17,00	18	0,94	Satisfactorio
S12/2019-11	Co-60	0,70	0,60	1,17	Satisfactorio
S12/2019-12	Co-60	7,60	8,5	0,89	Satisfactorio
S12/2019-13	Cs-137	0,50	0,60	0,83	Satisfactorio
Respuesta global				0,98	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	1,00	1,00	0,83	1,17	6 %
Co-60	0,96	0,92	0,83	1,17	6 %

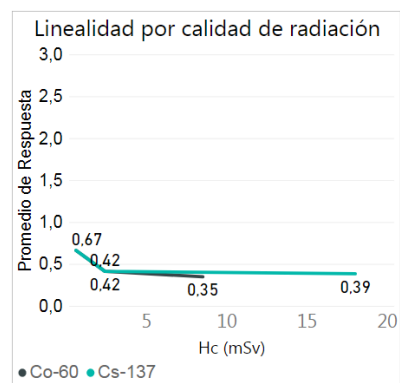
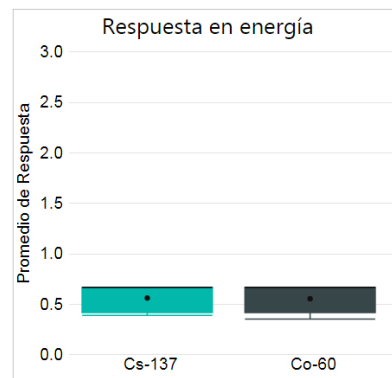


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

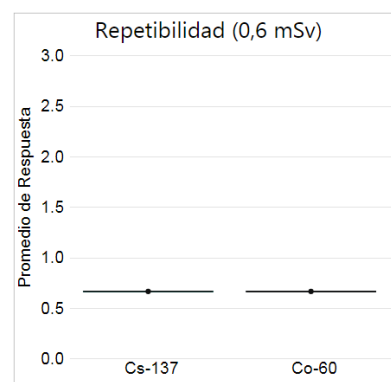
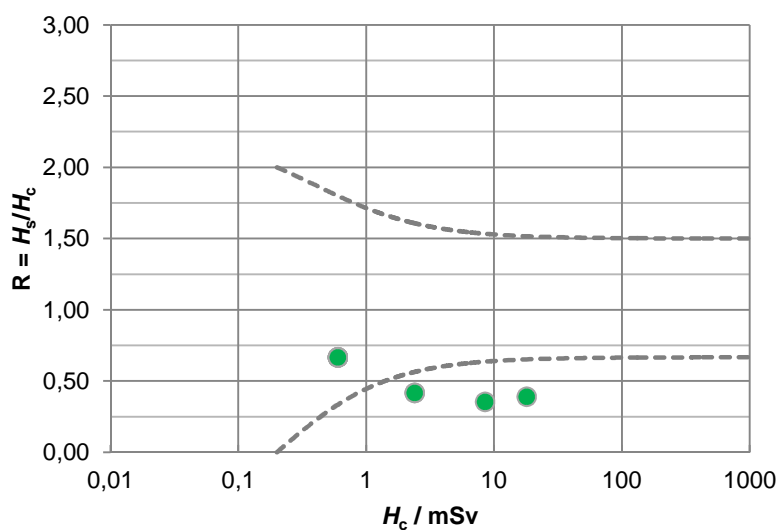


Código participante	P08
Código sistema dosimétrico	S13
Tipo de dosímetro	Film

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S13/2019-01	Co-60	0,40	0,60	0,67	Satisfactorio
S13/2019-02	Co-60	3,00	8,5	0,35	No satisfactorio
S13/2019-03	Co-60	0,40	0,60	0,67	Satisfactorio
S13/2019-04	Sin irradiar				
S13/2019-05	Sin irradiar				
S13/2019-06	Sin irradiar				
S13/2019-07	Co-60	1,00	2,4	0,42	No satisfactorio
S13/2019-08	Cs-137	0,40	0,60	0,67	Satisfactorio
S13/2019-09	Cs-137	0,40	0,60	0,67	Satisfactorio
S13/2019-10	Co-60	0,40	0,60	0,67	Satisfactorio
S13/2019-11	Cs-137	1,00	2,4	0,42	No satisfactorio
S13/2019-12	Cs-137	7,00	18	0,39	No satisfactorio
S13/2019-13	Cs-137	0,40	0,60	0,67	Satisfactorio
Respuesta global				0,56	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	0,56	0,67	0,39	0,67	12 %
Co-60	0,55	0,67	0,35	0,67	13 %

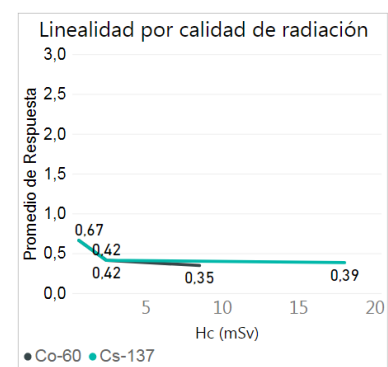
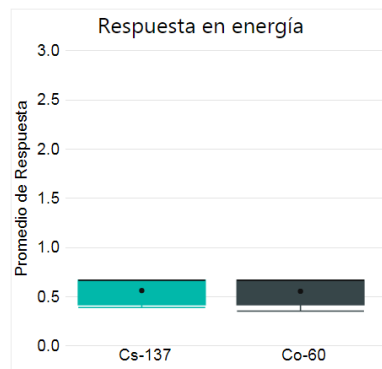


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

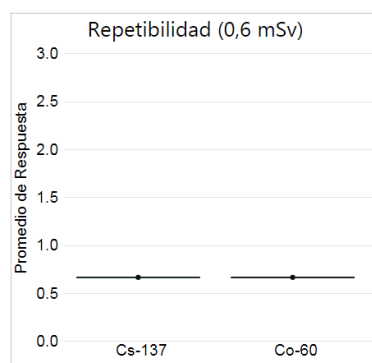
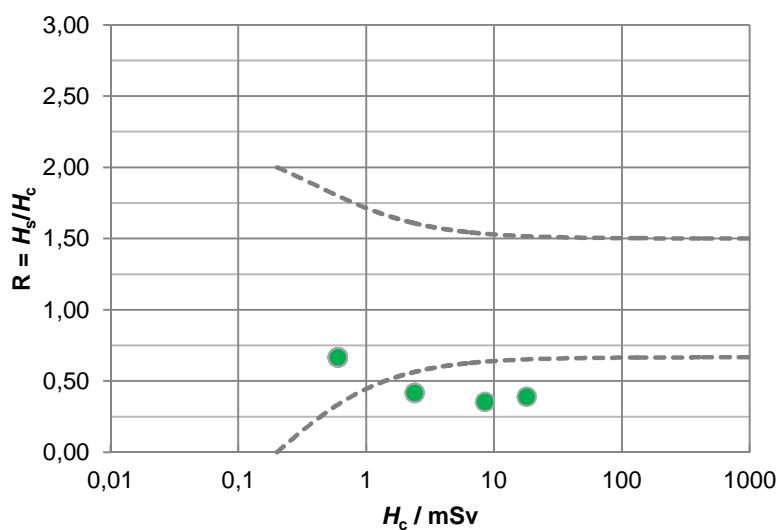


Código participante	P08
Código sistema dosimétrico	S14
Tipo de dosímetro	Film

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S14/2019-01	Sin irradiar				
S14/2019-02	Cs-137	7,00	18	0,39	No satisfactorio
S14/2019-03	Co-60	0,40	0,60	0,67	Satisfactorio
S14/2019-04	Sin irradiar				
S14/2019-05	Cs-137	0,40	0,60	0,67	Satisfactorio
S14/2019-06	Co-60	0,40	0,60	0,67	Satisfactorio
S14/2019-07	Co-60	1,00	2,4	0,42	No satisfactorio
S14/2019-08	Cs-137	0,40	0,60	0,67	Satisfactorio
S14/2019-09	Sin irradiar				
S14/2019-10	Co-60	3,00	8,5	0,35	No satisfactorio
S14/2019-11	Co-60	0,40	0,60	0,67	Satisfactorio
S14/2019-12	Cs-137	0,40	0,60	0,67	Satisfactorio
S14/2019-13	Cs-137	1,00	2,4	0,42	No satisfactorio
Respuesta global				0,56	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	0,56	0,67	0,39	0,67	12 %
Co-60	0,55	0,67	0,35	0,67	13 %

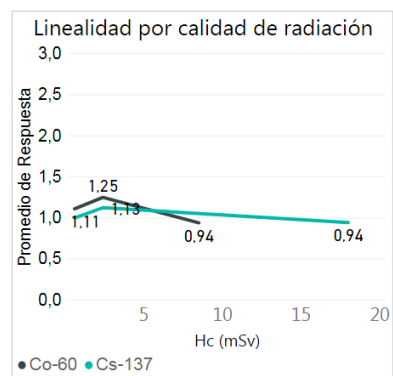
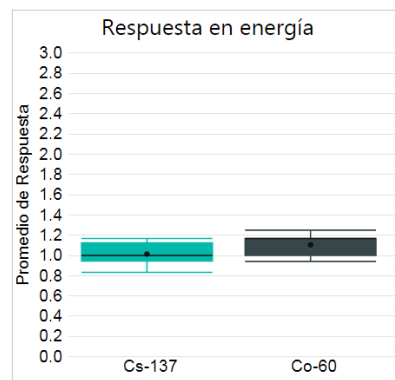


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

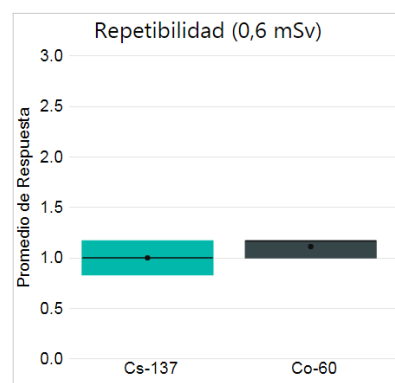
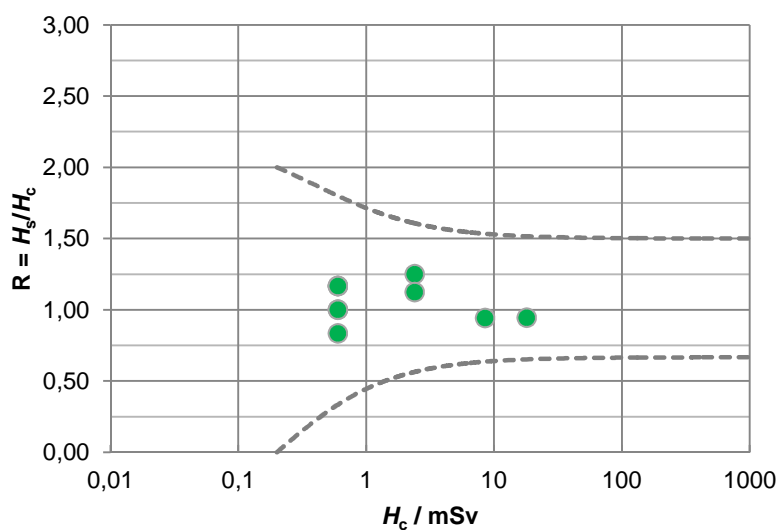


Código participante	P09
Código sistema dosimétrico	S15
Tipo de dosímetro	Film

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S15/2019-01	Co-60	0,70	0,60	1,17	Satisfactorio
S15/2019-02	Sin irradiar				
S15/2019-03	Co-60	3,00	2,4	1,25	Satisfactorio
S15/2019-04	Co-60	8,00	8,5	0,94	Satisfactorio
S15/2019-05	Cs-137	0,70	0,60	1,17	Satisfactorio
S15/2019-06	Co-60	0,60	0,60	1,00	Satisfactorio
S15/2019-07	Sin irradiar				
S15/2019-08	Cs-137	17,00	18	0,94	Satisfactorio
S15/2019-09	Cs-137	2,70	2,4	1,13	Satisfactorio
S15/2019-10	Sin irradiar				
S15/2019-11	Cs-137	0,50	0,60	0,83	Satisfactorio
S15/2019-12	Cs-137	0,60	0,60	1,00	Satisfactorio
S15/2019-13	Co-60	0,70	0,60	1,17	Satisfactorio
Respuesta global				1,06	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	1,01	1,00	0,83	1,17	6 %
Co-60	1,10	1,17	0,94	1,25	5 %

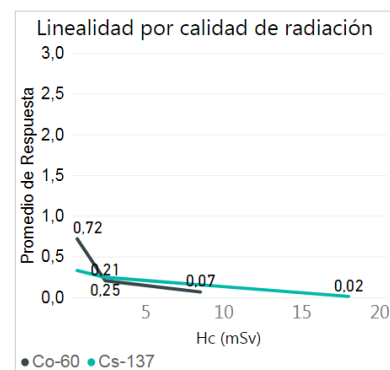
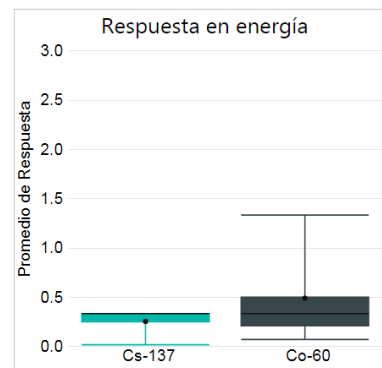


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

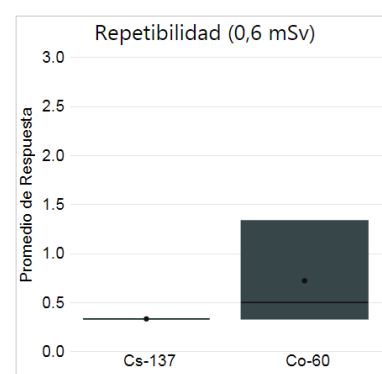
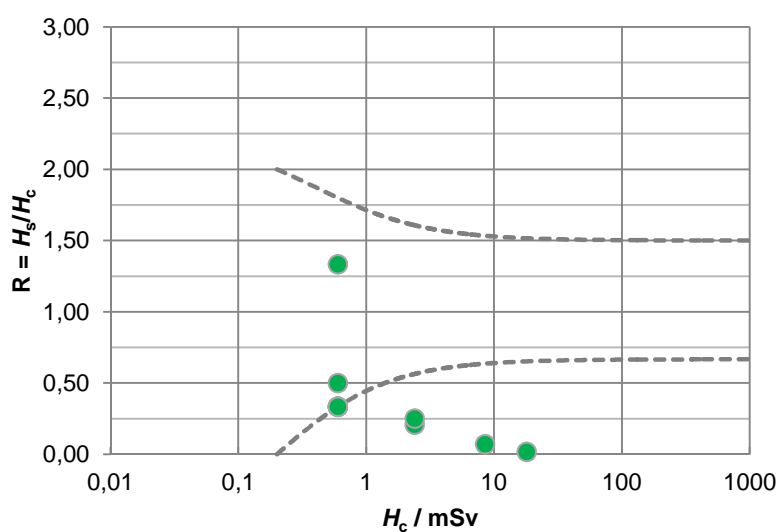


Código participante	P10
Código sistema dosimétrico	S16
Tipo de dosímetro	Film

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S16/2019-01	Cs-137	0,20	0,60	0,33	Satisfactorio
S16/2019-02	Sin irradiar				
S16/2019-03	Sin irradiar				
S16/2019-04	Co-60	0,20	0,60	0,33	Satisfactorio
S16/2019-05	Cs-137	0,20	0,60	0,33	Satisfactorio
S16/2019-06	Co-60	0,30	0,60	0,50	Satisfactorio
S16/2019-07	Co-60	0,60	8,5	0,07	No satisfactorio
S16/2019-08	Co-60	0,80	0,60	1,33	Satisfactorio
S16/2019-09	Cs-137	0,30	18	0,02	No satisfactorio
S16/2019-10	Cs-137	0,20	0,60	0,33	Satisfactorio
S16/2019-11	Sin irradiar				
S16/2019-12	Co-60	0,50	2,4	0,21	No satisfactorio
S16/2019-13	Cs-137	0,60	2,4	0,25	No satisfactorio
Respuesta global				0,37	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	0,25	0,33	0,02	0,33	24 %
Co-60	0,49	0,33	0,07	1,33	46 %

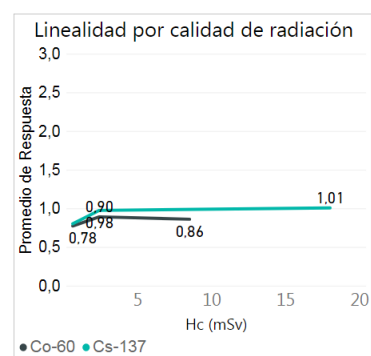
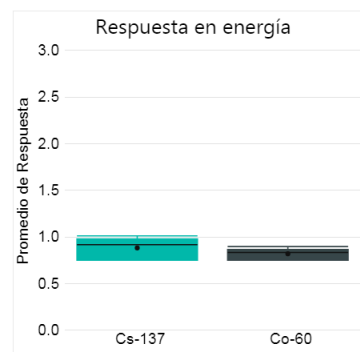


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

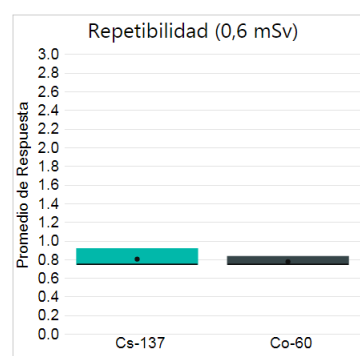
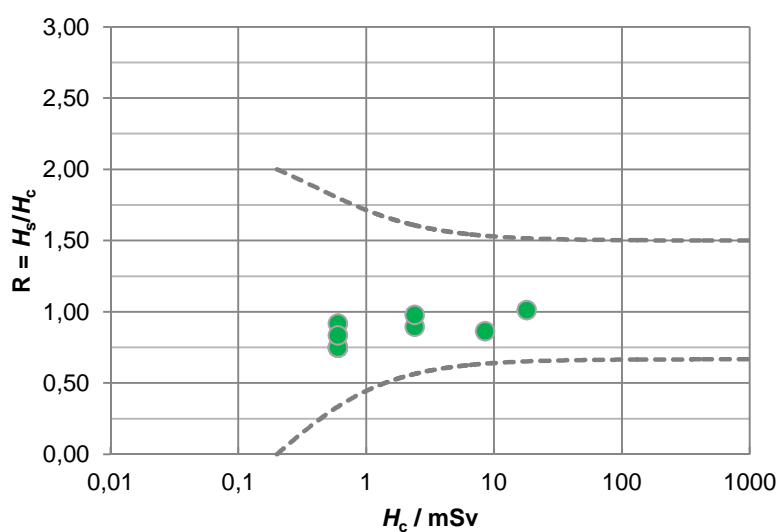


Código participante	P11
Código sistema dosimétrico	S17
Tipo de dosímetro	OSL

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S17/2019-01	Cs-137	0,45	0,60	0,75	Satisfactorio
S17/2019-02	Sin irradiar				
S17/2019-03	Cs-137	0,45	0,60	0,75	Satisfactorio
S17/2019-04	Cs-137	0,55	0,60	0,92	Satisfactorio
S17/2019-05	Co-60	2,15	2,4	0,90	Satisfactorio
S17/2019-06	Co-60	0,45	0,60	0,75	Satisfactorio
S17/2019-07	Co-60	0,45	0,60	0,75	Satisfactorio
S17/2019-08	Cs-137	2,35	2,4	0,98	Satisfactorio
S17/2019-09	Co-60	7,35	8,5	0,86	Satisfactorio
S17/2019-10	Cs-137	18,20	18	1,01	Satisfactorio
S17/2019-11	Co-60	0,50	0,60	0,83	Satisfactorio
S17/2019-12	Sin irradiar				
S17/2019-13	Sin irradiar				
Respuesta global				0,85	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	0,88	0,92	0,75	1,01	6 %
Co-60	0,82	0,83	0,75	0,90	4 %

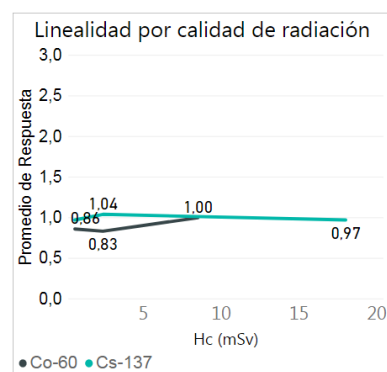
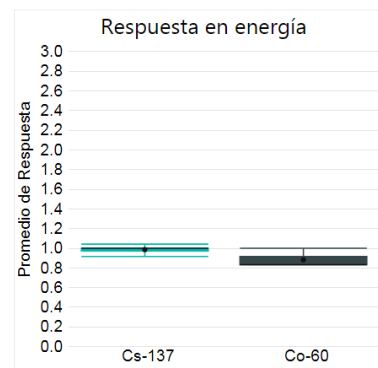


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

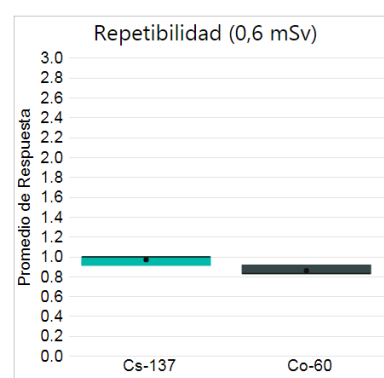
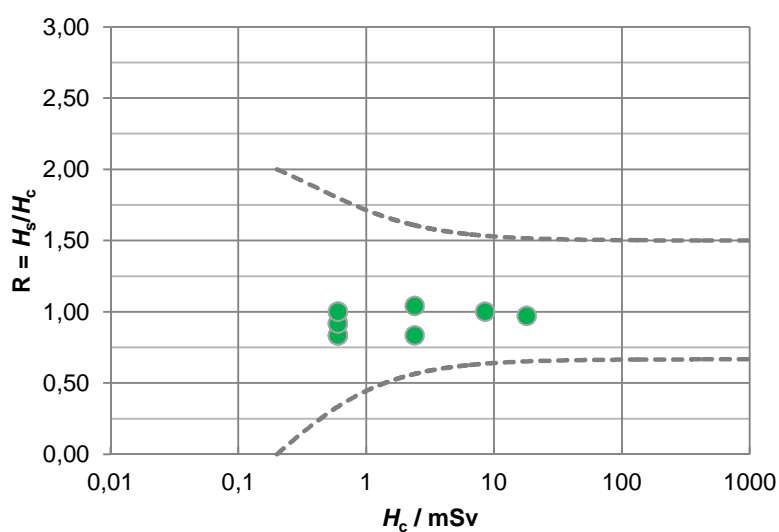


Código participante	P12
Código sistema dosimétrico	S18
Tipo de dosímetro	TLD

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S18/2019-01	Co-60	0,50	0,60	0,83	Satisfactorio
S18/2019-02	Co-60	8,50	8,5	1,00	Satisfactorio
S18/2019-03	Cs-137	0,60	0,60	1,00	Satisfactorio
S18/2019-04	Co-60	0,55	0,60	0,92	Satisfactorio
S18/2019-05	Cs-137	2,50	2,4	1,04	Satisfactorio
S18/2019-06	Cs-137	17,50	18	0,97	Satisfactorio
S18/2019-07	Sin irradiar				
S18/2019-08	Co-60	0,50	0,60	0,83	Satisfactorio
S18/2019-09	Cs-137	0,55	0,60	0,92	Satisfactorio
S18/2019-10	Cs-137	0,60	0,60	1,00	Satisfactorio
S18/2019-11	Sin irradiar				
S18/2019-12	Sin irradiar				
S18/2019-13	Co-60	2,00	2,4	0,83	Satisfactorio
Respuesta global				0,93	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	0,99	1,00	0,92	1,04	2 %
Co-60	0,88	0,83	0,83	1,00	4 %

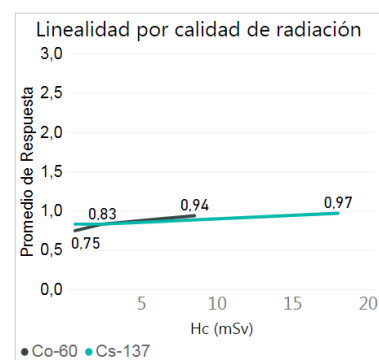
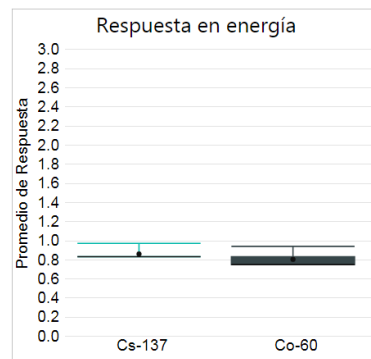


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

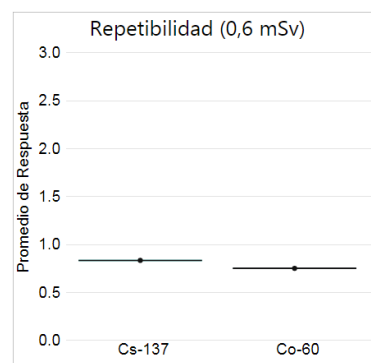
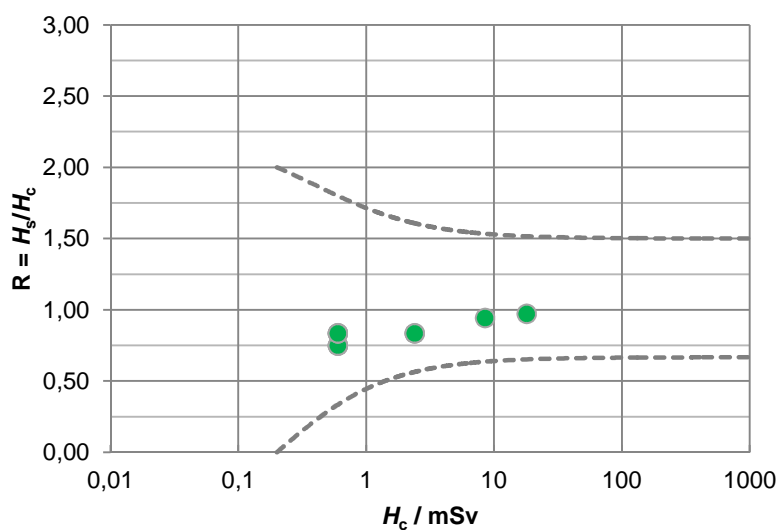


Código participante	P12
Código sistema dosimétrico	S19
Tipo de dosímetro	TLD

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S19/2019-01	Sin irradiar				
S19/2019-02	Co-60	2,00	2,4	0,83	Satisfactorio
S19/2019-03	Sin irradiar				
S19/2019-04	Co-60	8,00	8,5	0,94	Satisfactorio
S19/2019-05	Cs-137	0,50	0,60	0,83	Satisfactorio
S19/2019-06	Sin irradiar				
S19/2019-07	Co-60	0,45	0,60	0,75	Satisfactorio
S19/2019-08	Cs-137	2,00	2,4	0,83	Satisfactorio
S19/2019-09	Co-60	0,45	0,60	0,75	Satisfactorio
S19/2019-10	Cs-137	17,50	18	0,97	Satisfactorio
S19/2019-11	Co-60	0,45	0,60	0,75	Satisfactorio
S19/2019-12	Cs-137	0,50	0,60	0,83	Satisfactorio
S19/2019-13	Cs-137	0,50	0,60	0,83	Satisfactorio
Respuesta global				0,83	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	0,86	0,83	0,83	0,97	3 %
Co-60	0,80	0,75	0,75	0,94	5 %

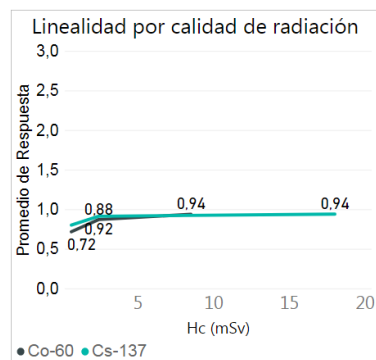
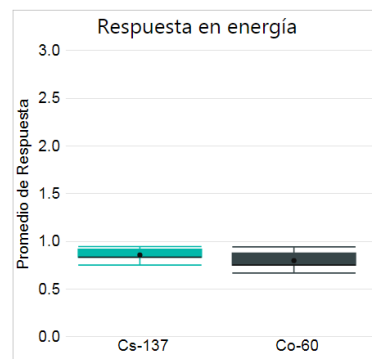


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

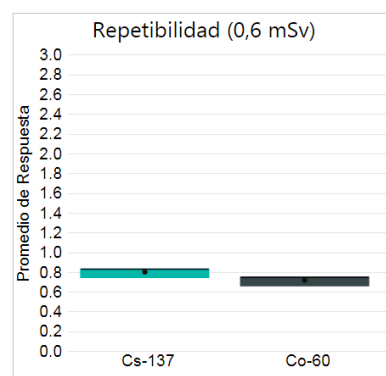
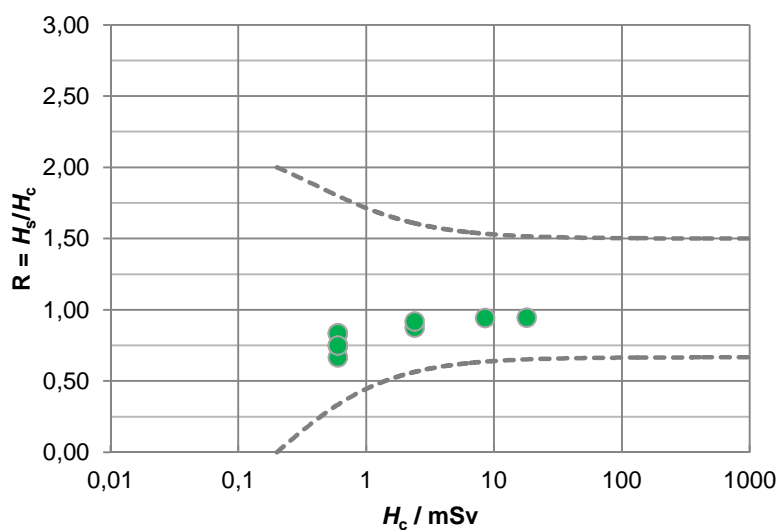


Código participante	P12
Código sistema dosimétrico	S20
Tipo de dosímetro	TLD

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S20/2019-01	Cs-137	0,45	0,60	0,75	Satisfactorio
S20/2019-02	Sin irradiar				
S20/2019-03	Co-60	0,45	0,60	0,75	Satisfactorio
S20/2019-04	Cs-137	17,00	18	0,94	Satisfactorio
S20/2019-05	Sin irradiar				
S20/2019-06	Co-60	2,10	2,4	0,88	Satisfactorio
S20/2019-07	Sin irradiar				
S20/2019-08	Co-60	8,00	8,5	0,94	Satisfactorio
S20/2019-09	Co-60	0,40	0,60	0,67	Satisfactorio
S20/2019-10	Cs-137	0,50	0,60	0,83	Satisfactorio
S20/2019-11	Cs-137	0,50	0,60	0,83	Satisfactorio
S20/2019-12	Co-60	0,45	0,60	0,75	Satisfactorio
S20/2019-13	Cs-137	2,20	2,4	0,92	Satisfactorio
Respuesta global				0,83	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	0,86	0,83	0,75	0,94	4 %
Co-60	0,80	0,75	0,67	0,94	6 %

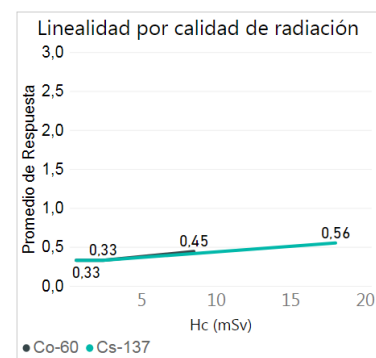
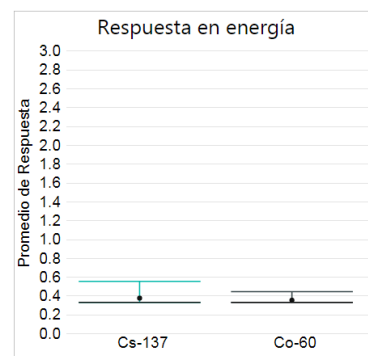


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

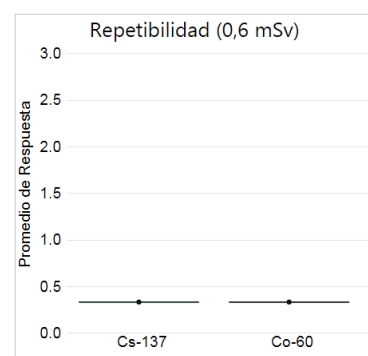
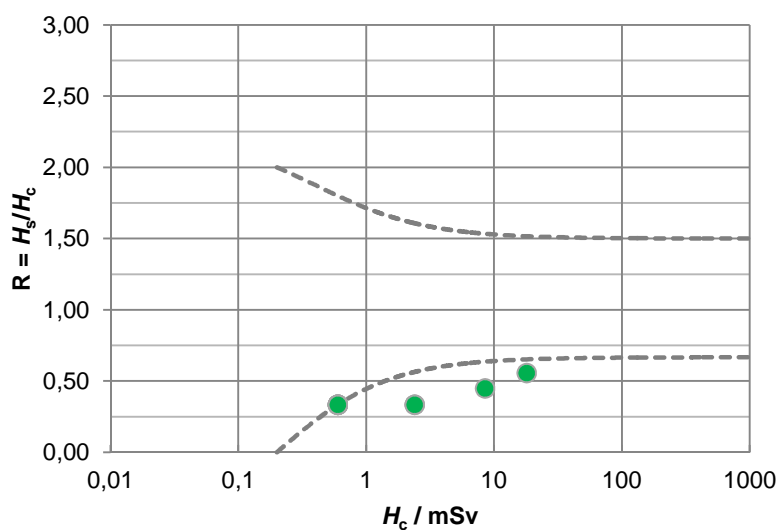


Código participante	P13
Código sistema dosimétrico	S21
Tipo de dosímetro	Film

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S21/2019-01	Co-60	0,20	0,60	0,33	Satisfactorio
S21/2019-02	Cs-137	0,80	2,4	0,33	No satisfactorio
S21/2019-03	Cs-137	10,00	18	0,56	No satisfactorio
S21/2019-04	Co-60	0,20	0,60	0,33	Satisfactorio
S21/2019-05	Sin irradiar				
S21/2019-06	Cs-137	0,20	0,60	0,33	Satisfactorio
S21/2019-07	Co-60	0,20	0,60	0,33	Satisfactorio
S21/2019-08	Co-60	3,80	8,5	0,45	No satisfactorio
S21/2019-09	Co-60	0,80	2,4	0,33	No satisfactorio
S21/2019-10	Cs-137	0,20	0,60	0,33	Satisfactorio
S21/2019-11	Sin irradiar				
S21/2019-12	Sin irradiar				
S21/2019-13	Cs-137	0,20	0,60	0,33	Satisfactorio
Respuesta global				0,37	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	0,38	0,33	0,33	0,56	12 %
Co-60	0,36	0,33	0,33	0,45	6 %

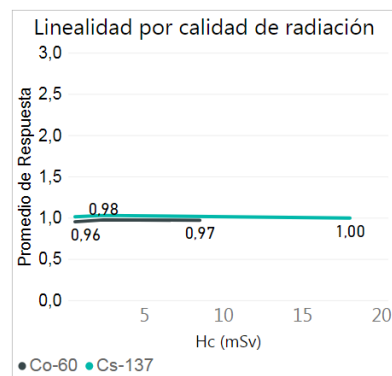
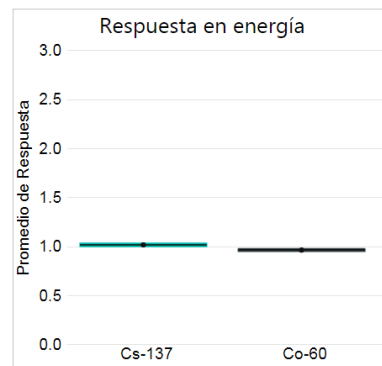


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

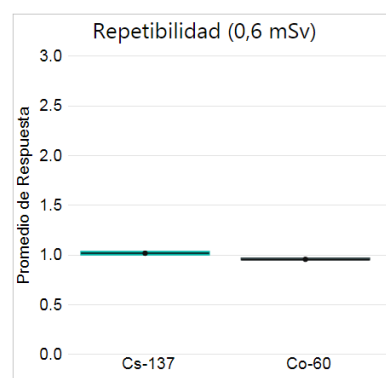
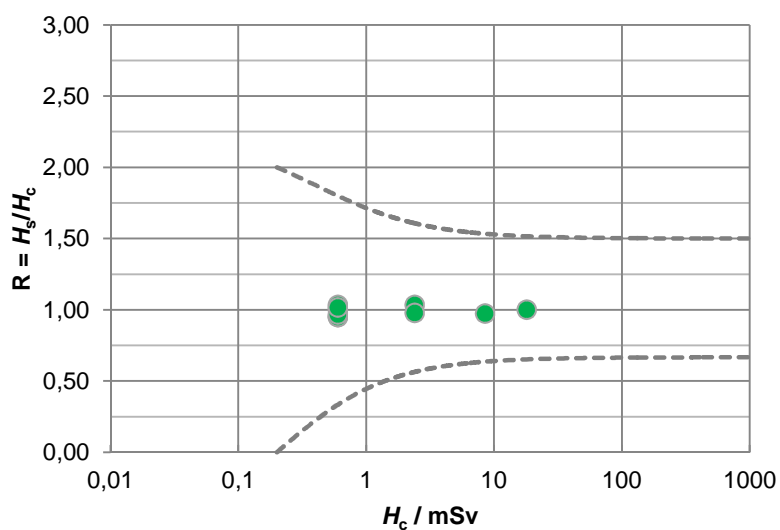


Código participante	P14
Código sistema dosimétrico	S22
Tipo de dosímetro	TLD

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S22/2019-01	Cs-137	18,02	18	1,00	Satisfactorio
S22/2019-02	Sin irradiar				
S22/2019-03	Co-60	0,57	0,60	0,95	Satisfactorio
S22/2019-04	Co-60	8,28	8,5	0,97	Satisfactorio
S22/2019-05	Cs-137	2,48	2,4	1,03	Satisfactorio
S22/2019-06	Cs-137	0,62	0,60	1,03	Satisfactorio
S22/2019-07	Co-60	0,57	0,60	0,95	Satisfactorio
S22/2019-08	Cs-137	0,60	0,60	1,00	Satisfactorio
S22/2019-09	Sin irradiar				
S22/2019-10	Co-60	0,58	0,60	0,97	Satisfactorio
S22/2019-11	Cs-137	0,61	0,60	1,02	Satisfactorio
S22/2019-12	Co-60	2,35	2,4	0,98	Satisfactorio
S22/2019-13	Sin irradiar				
Respuesta global				0,99	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	1,02	1,02	1,00	1,03	1 %
Co-60	0,96	0,97	0,95	0,98	1 %

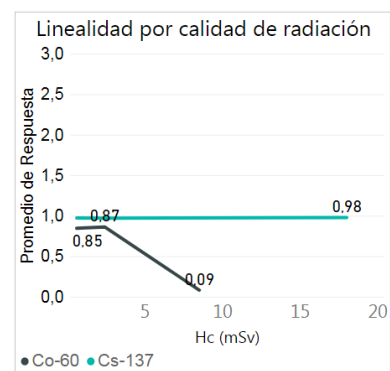
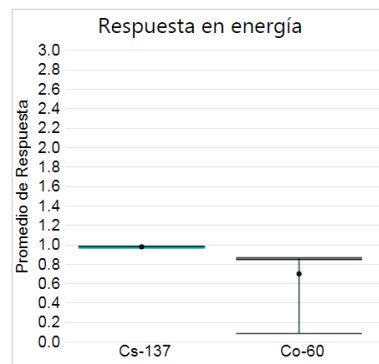


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

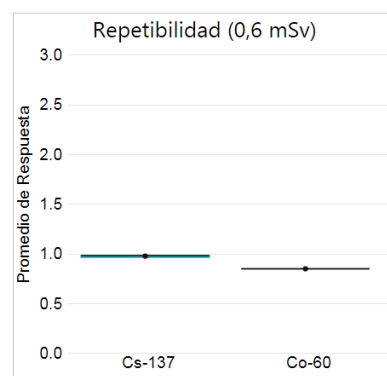
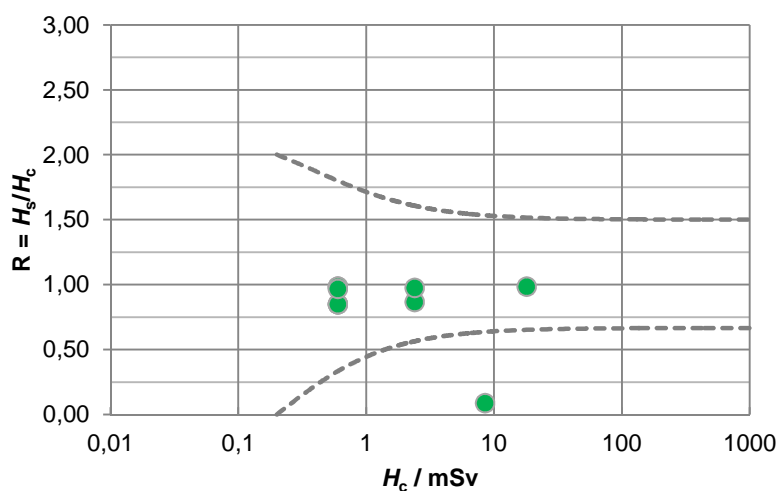


Código participante	P14
Código sistema dosimétrico	S23
Tipo de dosímetro	EPD (Otros)

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S23/2019-01	Sin irradiar				
S23/2019-02	Sin irradiar				
S23/2019-03	Co-60	0,51	0,60	0,85	Satisfactorio
S23/2019-04	Co-60	0,51	0,60	0,85	Satisfactorio
S23/2019-05	Cs-137	0,59	0,60	0,98	Satisfactorio
S23/2019-06	Cs-137	0,59	0,60	0,98	Satisfactorio
S23/2019-07	Co-60	2,08	2,4	0,87	Satisfactorio
S23/2019-08	Co-60	0,51	0,60	0,85	Satisfactorio
S23/2019-09	Cs-137	17,70	18	0,98	Satisfactorio
S23/2019-10	Co-60	0,74	8,5	0,09	No satisfactorio
S23/2019-11	Cs-137	2,34	2,4	0,98	Satisfactorio
S23/2019-12	Cs-137	0,58	0,60	0,97	Satisfactorio
S23/2019-13	Sin irradiar				
Respuesta global				0,84	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	0,98	0,98	0,97	0,98	0 %
Co-60	0,70	0,85	0,09	0,87	22 %

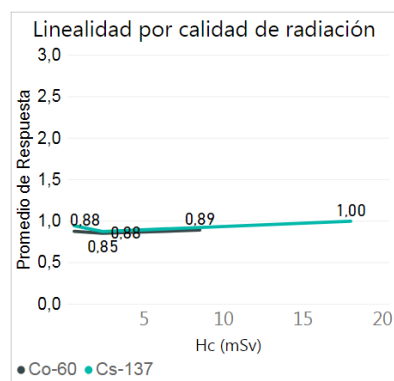
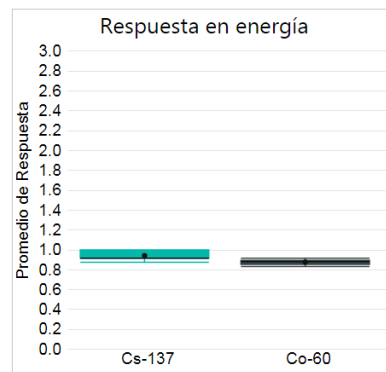


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

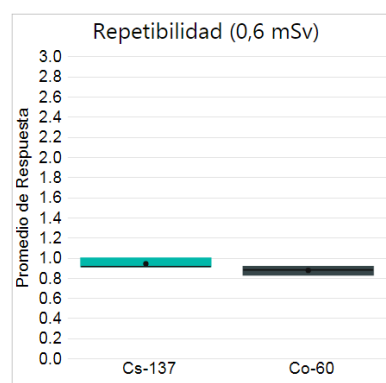
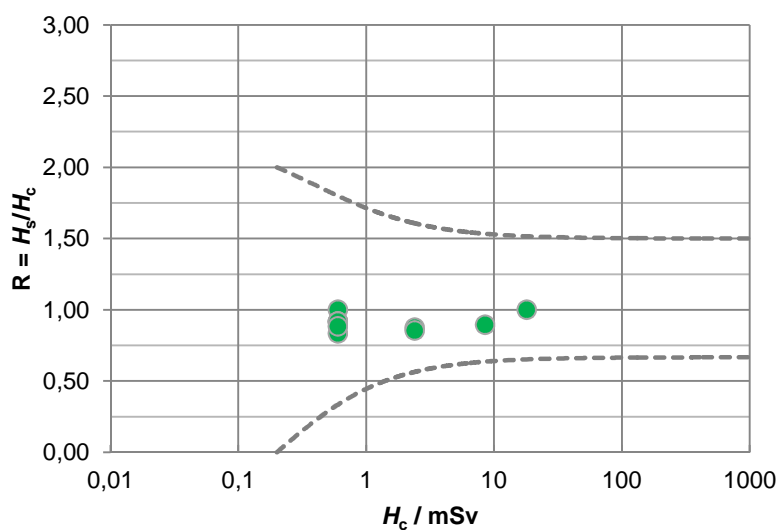


Código participante	P15
Código sistema dosimétrico	S24
Tipo de dosímetro	Film

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S24/2019-01	Cs-137	0,60	0,60	1,00	Satisfactorio
S24/2019-02	Sin irradiar				
S24/2019-03	Cs-137	2,10	2,4	0,88	Satisfactorio
S24/2019-04	Sin irradiar				
S24/2019-05	Co-60	0,55	0,60	0,92	Satisfactorio
S24/2019-06	Sin irradiar				
S24/2019-07	Cs-137	0,55	0,60	0,92	Satisfactorio
S24/2019-08	Co-60	7,60	8,5	0,89	Satisfactorio
S24/2019-09	Cs-137	18,00	18	1,00	Satisfactorio
S24/2019-10	Co-60	0,50	0,60	0,83	Satisfactorio
S24/2019-11	Cs-137	0,55	0,60	0,92	Satisfactorio
S24/2019-12	Co-60	2,05	2,4	0,85	Satisfactorio
S24/2019-13	Co-60	0,53	0,60	0,88	Satisfactorio
Respuesta global				0,91	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	0,94	0,92	0,88	1,00	3 %
Co-60	0,88	0,88	0,83	0,92	2 %

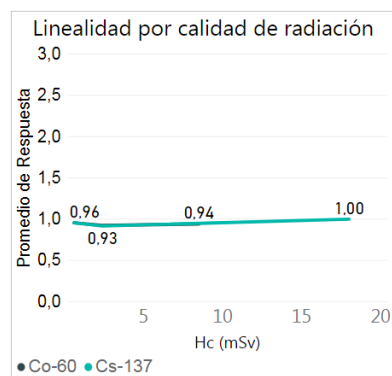
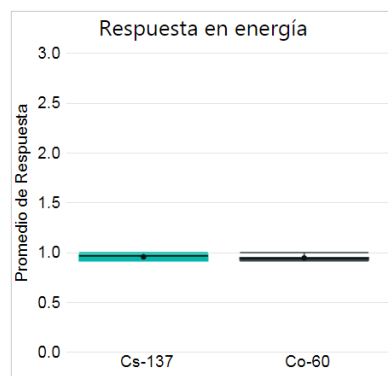


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

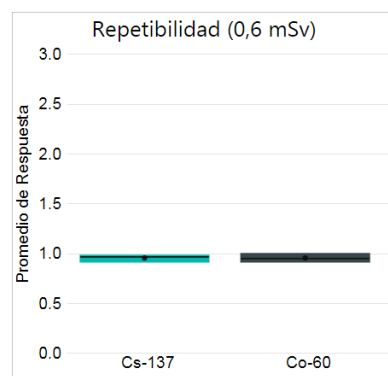
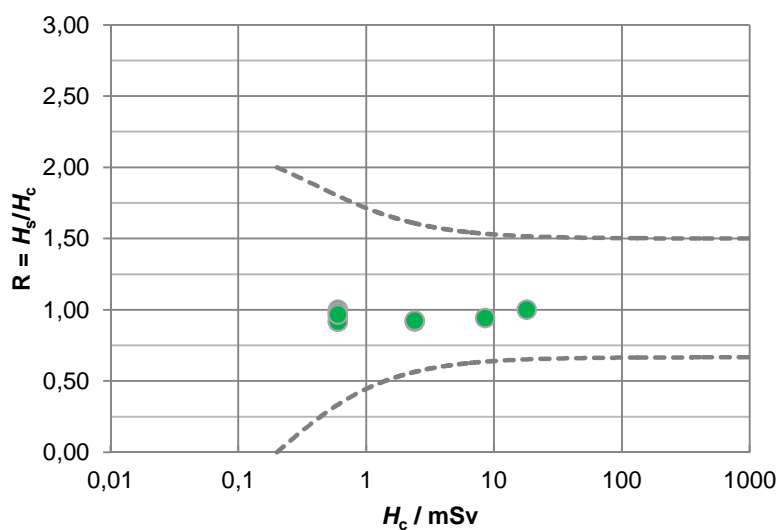


Código participante	P15
Código sistema dosimétrico	S25
Tipo de dosímetro	TLD

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S25/2019-01	Co-60	0,57	0,60	0,95	Satisfactorio
S25/2019-02	Cs-137	0,55	0,60	0,92	Satisfactorio
S25/2019-03	Co-60	0,60	0,60	1,00	Satisfactorio
S25/2019-04	Co-60	0,55	0,60	0,92	Satisfactorio
S25/2019-05	Cs-137	0,59	0,60	0,98	Satisfactorio
S25/2019-06	Cs-137	2,20	2,4	0,92	Satisfactorio
S25/2019-07	Co-60	2,22	2,4	0,93	Satisfactorio
S25/2019-08	Sin irradiar				
S25/2019-09	Sin irradiar				
S25/2019-10	Cs-137	18,00	18	1,00	Satisfactorio
S25/2019-11	Sin irradiar				
S25/2019-12	Cs-137	0,58	0,60	0,97	Satisfactorio
S25/2019-13	Co-60	8,00	8,5	0,94	Satisfactorio
Respuesta global				0,95	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	0,96	0,97	0,92	1,00	2 %
Co-60	0,95	0,94	0,92	1,00	2 %

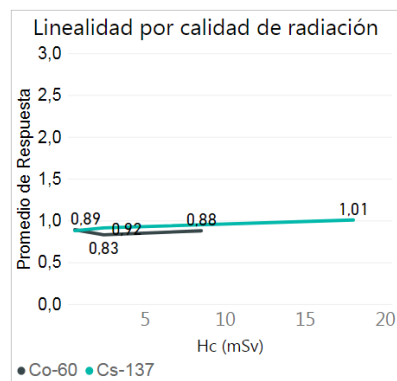
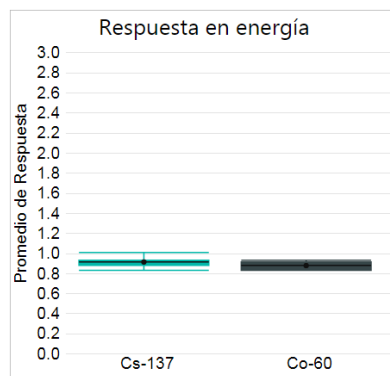


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

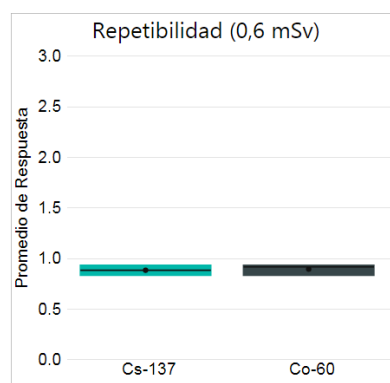
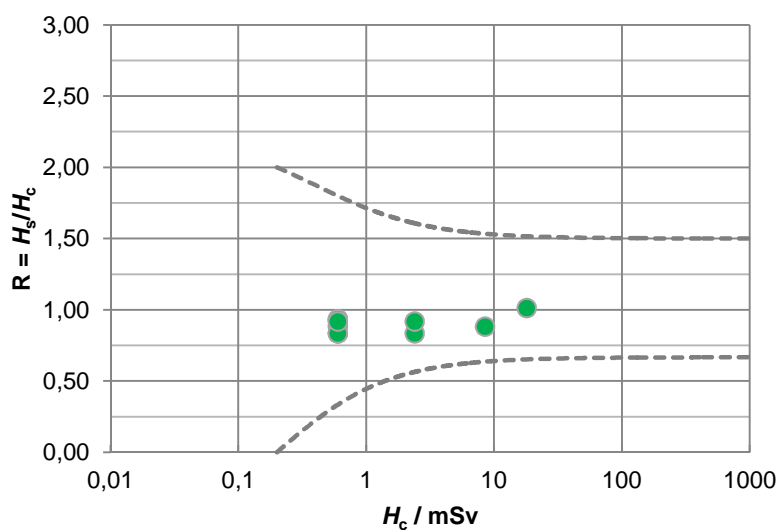


Código participante	P16
Código sistema dosimétrico	S26
Tipo de dosímetro	Film

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S26/2019-01	Cs-137	0,56	0,60	0,93	Satisfactorio
S26/2019-02	Co-60	2,00	2,4	0,83	Satisfactorio
S26/2019-03	Co-60	0,50	0,60	0,83	Satisfactorio
S26/2019-04	Sin irradiar				
S26/2019-05	Cs-37	0,53	0,60	0,88	Satisfactorio
S26/2019-06	Cs-137	2,20	2,4	0,92	Satisfactorio
S26/2019-07	Sin irradiar				
S26/2019-08	Co-60	0,56	0,60	0,93	Satisfactorio
S26/2019-09	Co-60	7,50	8,5	0,88	Satisfactorio
S26/2019-10	Cs-137	18,20	18	1,01	Satisfactorio
S26/2019-11	Cs-137	0,50	0,60	0,83	Satisfactorio
S26/2019-12	Co-60	0,55	0,60	0,92	Satisfactorio
S26/2019-13	Sin irradiar				
Respuesta global				0,90	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	0,92	0,92	0,83	1,01	3 %
Co-60	0,88	0,88	0,83	0,93	2 %

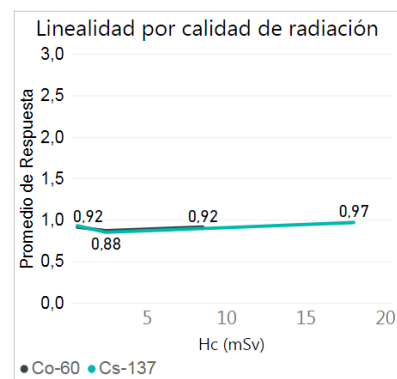
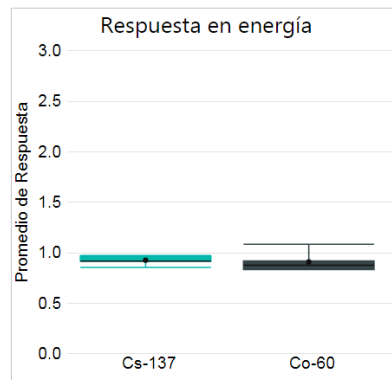


$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$

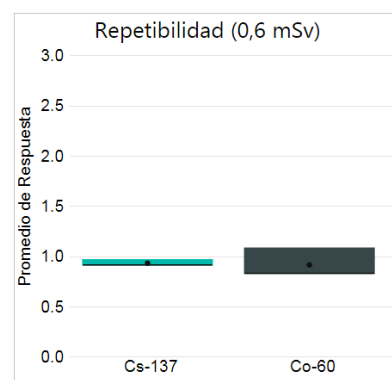
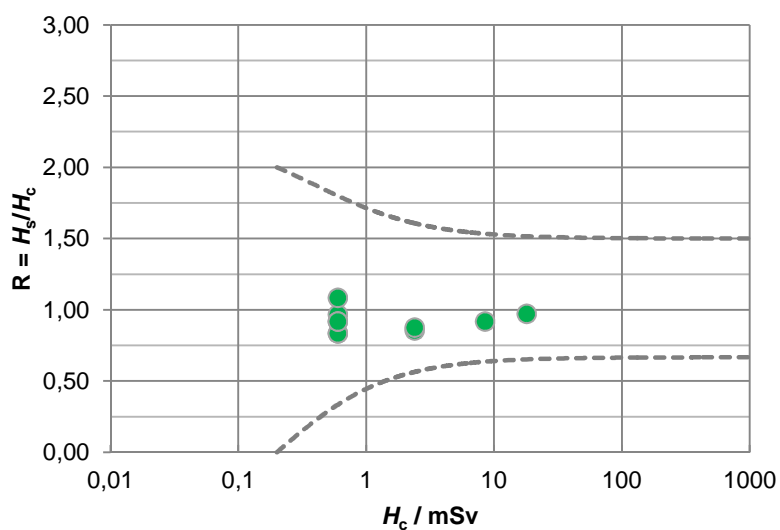


Código participante	P16
Código sistema dosimétrico	S27
Tipo de dosímetro	TLD

Dosímetro	Calidad	H_s	H_c	Respuesta	Desempeño
S27/2019-01	Sin irradiar				
S27/2019-02	Cs-137	2,05	2,4	0,85	Satisfactorio
S27/2019-03	Co-60	0,50	0,60	0,83	Satisfactorio
S27/2019-04	Co-60	0,50	0,60	0,83	Satisfactorio
S27/2019-05	Co-60	7,80	8,5	0,92	Satisfactorio
S27/2019-06	Sin irradiar				
S27/2019-07	Cs-137	17,50	18	0,97	Satisfactorio
S27/2019-08	Cs-137	0,58	0,60	0,97	Satisfactorio
S27/2019-09	Co-60	2,10	2,4	0,88	Satisfactorio
S27/2019-10	Cs-137	0,55	0,60	0,92	Satisfactorio
S27/2019-11	Cs-137	0,55	0,60	0,92	Satisfactorio
S27/2019-12	Co-60	0,65	0,60	1,08	Satisfactorio
S27/2019-13	Sin irradiar				
Respuesta global				0,92	
Calidad	\bar{R}	Mediana	Mínimo	Máximo	CV
Cs-137	0,93	0,92	0,85	0,97	2 %
Co-60	0,91	0,88	0,83	1,08	5 %



$[H_s] = [H_c] = \text{mSv}$



CONCLUSIONES

Durante 2019, se llevó a cabo de manera satisfactoria un nuevo ejercicio de comparación interlaboratorio de dosimetría personal de cuerpo entero para fotones.

El 75 % de los sistemas dosimétricos obtuvieron desempeños satisfactorios.

Si se analizan los desempeños por tipo de dosímetro, los resultados satisfactorios se distribuyen de la siguiente manera:

- OSL: 100 %
- TLD: 100 %
- Film: 84 %
- Otros: 80 %

Se observa menor dispersión en los valores de medición de los dosímetros tipo OSL y TLD:

[Respuesta mín.; Respuesta promedio; Respuesta máx.]

- OSL: [0,75; 0,95; 1,17]
- TLD: [0,67; 0,94; 1,50]

Mientras que para Film y Otros se observa mayor dispersión:

- Film: [0,02; 0,81; 2,83]
- Otros: [0,09; 0,76; 1,22]

Respuesta en energía:

A nivel general se observó una dispersión máxima del ± 7 % en la respuesta de energía.

Repetibilidad:

Los coeficientes de variación fueron menores al 10 % para el 70 % de los sistemas dosimétricos. Considerando los tipos de dosímetros, los coeficientes de variación fueron menores al 10 % de la siguiente manera:

- OSL: 100 %
- TLD: 90 %
- Film: 82 %
- Otros: 66 %

Linealidad:

Los dosímetros tipo OSL y TLD obtuvieron resultados con una dispersión máxima de 7 % (Cs-137) y 5 % (Co-60), respectivamente, mientras que Film y Otros obtuvieron una dispersión máxima de 24 % (Cs-137) y 45 % (Cs-137), respectivamente.

En el proceso de inscripción se solicitó que indiquen el límite de registro del sistema dosimétrico. Pocos participantes reconocen el concepto (propuesto por el ICRP [5] y adoptado por IAEA [6]), donde en algunos casos se lo confunde, por ejemplo, con el máximo valor de dosis que es capaz de informar el sistema o con el rango de medición.

Es de interés volver a incorporar rayos x a los ejercicios (incluido por última vez en 2011).

Se planea realizar una reunión con todos los participantes para exponer los resultados, intercambiar ideas y escuchar sus inquietudes o consultas.

La presencia de servicios que no son alcanzados por la normativa de ARN demuestra el interés por conocer el estado de la calidad de sus resultados.



Menciones particulares:

- En el caso del sistema dosimétrico S23 de tipo EPD, el único valor fuera del rango aceptable (dosímetro S23/2019-10 cuyo valor informado fue 0,74 mSv) se debió, según declaró el participante, a un error de transcripción siendo el valor que debía ser informado igual a 7,4 mSv. A pesar de esta declaración el coordinador lo consideró como resultado no satisfactorio ya que el proceso de registro de los resultados forma parte del análisis del desempeño. De todas formas, al ser el único dosímetro con respuesta fuera del rango aceptable, el sistema dosimétrico tuvo un desempeño satisfactorio.
- En el caso del sistema dosimétrico S07 del tipo Direct Ion Storage, el participante manifestó que cinco de sus dosímetros no pudieron ser procesados por lo que no les fue posible informar esos valores de dosis. El coordinador tomó la decisión de considerar los resultados no satisfactorios ya que la ausencia de medición es un resultado en sí mismo.

REFERENCIAS

- [1] Resolución del Directo de la Autoridad Regulatoria Nuclear N°180/13.
- [2] ICRU (1993). International Commission on Radiation Units and Measurements. Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry, ICRU Report 51 (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD).
- [3] ISO 4037-1:2019. Radiological protection — X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy — Part 1: Radiation characteristics and production methods.
- [4] IRAM-ISO 14146:2002. Protección radiológica. Criterios y límites de desempeño para la evaluación periódica de laboratorios de servicio de dosimetría personal para radiación X y gamma.
- [5] ICRP, 1997. General Principles for the Radiation Protection of Workers. ICRP Publication 75. Ann. ICRP 27 (1).
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Occupational Radiation Protection, IAEA Safety Standards Series No. GSG-7, IAEA, Vienna (2018).



Comparación interlaboratorio nacional ARN 2019 de dosímetros personales de cuerpo entero para fotones

La ARN organiza ejercicios de comparación interlaboratorio de servicios de dosimetría personal desde 1997, con alcance nacional y regional.

La necesidad de confianza constante en el desempeño de los laboratorios no sólo es esencial para los laboratorios y sus clientes sino también para otras partes interesadas, como las autoridades reguladoras.

Objetivos

El objetivo de este ejercicio es evaluar el rendimiento de los servicios de dosimetría nacionales que participan del ejercicio, en las condiciones de exposición representativas que esperan encontrarse en los campos de trabajo con radiación gamma de las actividades radiológicas que se supervisan en el país.

Sólo los laboratorios de la República Argentina podrán participar en el ejercicio.

Alcance

La magnitud medida en la evaluación será el equivalente de dosis personal $H_p(10)$, como lo recomienda la Comisión Internacional de Unidades Radiológicas y Mediciones (ICRU, sigla en inglés). Todas las irradiaciones serán llevadas a cabo en el maniquí de agua ISO slab en el Centro Regional de Referencia para Dosimetría de la Comisión Nacional de Energía Atómica ("el laboratorio de irradiación" de aquí en más).

Las irradiaciones serán realizadas en las siguientes condiciones:

- Energías: Cs-137 y Co-60
- Rango de dosis: 0,2 mSv - 1 Sv
- Angulo de incidencia de la radiación: 0°



ANEXO 1. PROTOCOLO (continuación)

Desarrollo

Se requerirán 13 dosímetros por sistema dosimétrico

- 10 serán irradiados
- 2 serán utilizados como control del fondo de radiación
- 1 será utilizado como repuesto

Luego de realizar las irradiaciones en el laboratorio de irradiación de todos los dosímetros el coordinador del ejercicio por ARN ("el coordinador" de aquí en más) dará aviso a los participantes para que procedan a retirar sus dosímetros. A partir del aviso, los participantes dispondrán de dos (2) meses para informar los resultados al coordinador.

Una vez recibidos los resultados de todos los laboratorios participantes, el coordinador enviará a cada servicio participante un Certificado de participación, que incluirá:

- Nombre del servicio
- Sistema dosimétrico
- Magnitud operacional
- Tipo de radiación
- Energía
- Angulo de incidencia
- Maniquí
- Dosis entregada con su incertidumbre asociada
- Dosis medida
- Respuesta

A su vez, cada servicio participante recibirá un informe de irradiación individual por cada sistema dosimétrico, confeccionado por el laboratorio de irradiación.



ANEXO 1. PROTOCOLO (continuación)

Método estadístico de desempeño

Para cada dosímetro irradiado, la relación R entre el valor de dosis medido H_s y el valor convencional de la magnitud H_c , dado por:

$$R = \frac{H_s}{H_c}$$

Debe cumplir con la siguiente condición (IRAM-ISO 14146:2002):

$$\frac{1}{F} \left(1 - \frac{2H_0}{H_0 + H_c} \right) \leq R \leq F \left(1 + \frac{H_0}{2H_0 + H_c} \right)$$

Donde F es un factor para limitar el error máximo del sistema dosimétrico a valores de dosis altos y H_0 es el límite inferior del rango de dosis cuyo valor es 0,2 mSv. De acuerdo a ICRP 75, para radiación gamma, F debe ser igual a 1,5.

Evaluación del desempeño

Se considerará que un sistema dosimétrico tuvo un desempeño satisfactorio si sólo un décimo de los dosímetros irradiados excede los límites arriba indicados.

Informe final

El coordinador confeccionará un informe donde se resumirán los resultados del ejercicio. Se incluirán los nombres de los servicios participantes, el tipo de dosímetro, una fotografía de los dosímetros usados, y los principales indicadores de desempeño. Los resultados serán tratados por el coordinador como información confidencial.



ANEXO 1. PROTOCOLO (continuación)

Cronograma

Fecha límite para enviar los dosímetros al coordinador	24 mayo 2019
Irradiaciones	junio y julio 2019
Fecha límite para enviar los valores de dosis	2 meses luego del retiro de los dosímetros
Envío de resultados preliminares a los participantes	octubre 2019
Envío de certificados de participación e irradiación	diciembre 2019

Laboratorio de irradiación

Las irradiaciones serán realizadas por el Centro Regional de Referencia para Dosimetría de la Comisión Nacional de Energía Atómica, que es el Laboratorio Nacional de Referencia Dosimétrica designado por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), y es trazable al Sistema Internacional de Unidades a través de la Oficina Internacional de Pesos y Medidas (*Bureau International des Poids et Mesures*, BIPM).

Coordinador

Sebastián Gossio

Autoridad Regulatoria Nuclear


Laboratorio de dosimetría por termoluminiscencia

Email: labdosimetria@arn.gov.ar

Teléfonos: 011-4125-8366/8422



ANEXO 2. EJEMPLO FORMULARIO DE PARTICIPACIÓN

 Autoridad Regulatoria Nuclear PRESIDENCIA DE LA NACIÓN		FORMULARIO DE PARTICIPACION CÓDIGO F-TLD-12 REVISIÓN 00 VIGENCIA 19/10/2018	
Ejercicio			
Título		Comparación interlaboratorio nacional ARN 2019 de dosímetros personales de cuerpo entero para fotones	
Datos del participante			
Código de identificación (A completar por el coordinador)			
Institución			
Dirección			
Persona de contacto			
Nombre			
E-mail principal			
E-mail secundario			
Teléfono principal			
Teléfono secundario			



ANEXO 2. EJEMPLO FORMULARIO DE PARTICIPACIÓN (continuación)

Sistema dosimétrico 1	
Código de identificación (A completar por el coordinador)	
Nombre	
Límite de registro [mSv]	
Tipo de detector	
Tipo de material	
Cantidad de detectores/filtros por dosímetro	
Calidad de radiación de referencia utilizada en la calibración	
Utiliza algún algoritmo para el cálculo de dosis	
Sistema dosimétrico 2 (si aplica)	
Código de identificación (A completar por el coordinador)	
Nombre	
Límite de registro [mSv]	
Tipo de detector	
Tipo de material	
Cantidad de detectores/filtros por dosímetro	
Calidad de radiación de referencia utilizada en la calibración	
Utiliza algún algoritmo para el cálculo de dosis	



ANEXO 2. EJEMPLO FORMULARIO DE PARTICIPACIÓN (continuación)

Sistema dosimétrico 3 (si aplica)	
Código de identificación (A completar por el coordinador)	
Nombre	
Límite de registro [mSv]	
Tipo de detector	
Tipo de material	
Cantidad de detectores/filtros por dosímetro	
Calidad de radiación de referencia utilizada en la calibración	
Utiliza algún algoritmo para el cálculo de dosis	
Sistema dosimétrico 4 (si aplica)	
Código de identificación (A completar por el coordinador)	
Nombre	
Límite de registro [mSv]	
Tipo de detector	
Tipo de material	
Cantidad de detectores/filtros por dosímetro	
Calidad de radiación de referencia utilizada en la calibración	
Utiliza algún algoritmo para el cálculo de dosis	



ANEXO 2. EJEMPLO FORMULARIO DE PARTICIPACIÓN (continuación)

Términos y condiciones de participación
<p>1. La participación en el ejercicio es gratuita y exclusiva para servicios radicados en la República Argentina. Los costos y la gestión del envío y devolución de los dosímetros estarán a cargo del participante en todo momento.</p> <p>2. Cada participante debe enviar 13 dosímetros por cada servicio dosimétrico que haya registrado. Los dosímetros enviados deben ser los mismos que provee a sus usuarios/clientes rutinarios. Los dosímetros deberán ser enviados dentro de los plazos establecidos en el cronograma (ver Protocolo).</p> <p>3. Los dosímetros deberán ser identificados según lo indica el documento "Instructivo para participantes", que le será enviado luego de completar este formulario.</p> <p>4. Aquel participante que haya registrado más de un servicio dosimétrico deberá presentar los resultados de manera separada. El coordinador distribuirá un formulario por cada servicio dosimétrico, que los participantes deberán completar con sus resultados.</p> <p>5. No deben enviarse distintos tipos de dosímetros como un único conjunto de medición, a menos que se demuestre que el servicio provea la dosimetría de esa manera.</p> <p>Por ejemplo, si el servicio tiene la capacidad de proveer dosimetría por TLD y Film, pero brinda los servicios por separado (cada dosímetro sólo tiene TLD o sólo tiene Film), debe enviar 13 dosímetros del tipo TLD y 13 dosímetros del tipo Film, por separado.</p> <p>6. El grupo coordinador no se responsabiliza por los daños o pérdidas de los dosímetros que puedan ocurrir durante el traslado de los mismos, fuera del laboratorio.</p> <p>7. Cuando los dosímetros estén listos para ser retirados, se enviará un aviso por email a cada participante a las direcciones indicadas en este formulario.</p> <p>8. Los dosímetros sólo se recibirán y retirarán sin excepción en el Centro Atómico Ezeiza:</p> <p style="text-align: center;">Autoridad Regulatoria Nuclear Presbítero Juan González y Aragón N° 15 (B1802AYA) Ezeiza - Buenos Aires Edificio ARN Oficina 1.</p> <p>9. Las irradiaciones serán realizadas con fotones en términos de $H_p(10)$ en los rangos indicados en el anuncio del ejercicio (ver Protocolo).</p> <p>10. Los participantes deben informar los resultados en términos de $H_p(10)$ antes de cumplirse el plazo de dos meses, luego de recibir la notificación de retiro de los dosímetros. Superado ese plazo, quedará anulada la participación de aquellos servicios que no hayan enviados los valores de dosis.</p> <p>11. Luego de distribuirse los datos de las irradiaciones, sólo se permitirán cambios en los resultados si los errores fueron realizados por el laboratorio de irradiación o el grupo coordinador.</p> <p>12. El grupo coordinador preparará un informe final detallando los resultados del ejercicio. El informe incluirá los nombres de los servicios de dosimetría participantes y los tipos de los dosímetros enviados, pero los resultados serán presentados conservando el anonimato del participante.</p> <p>13. Los participantes deberán ajustarse al cronograma establecido. No se aceptará documentación fuera de los plazos preestablecidos.</p>



ANEXO 2. EJEMPLO FORMULARIO DE PARTICIPACIÓN (continuación)

Conformidad		
Acepto los términos y condiciones de participación enunciados en este documento		
Firma	Aclaración	Fecha

Fin del Documento



ANEXO 3. INSTRUCCIONES PARA LOS PARTICIPANTES

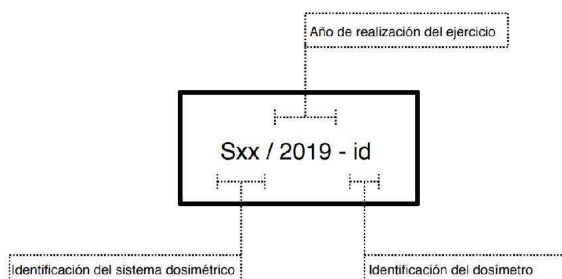
Comparación interlaboratorio nacional ARN 2019 de dosímetros personales de cuerpo entero para fotones

Instrucciones para los participantes

Preparar 13 dosímetros por cada sistema dosimétrico que haya especificado durante el proceso de registro. Asegurarse que sean dosímetros que usa rutinariamente.

Identificación

Etiquetar cada dosímetro de la siguiente manera:



La identificación del sistema dosimétrico la puede encontrar en el email que recibió junto con este archivo. La identificación del dosímetro será un número de dos dígitos, de 01 a 13.

Ejemplo:

Si su sistema dosimétrico es S01, la identificación del primer dosímetro quedaría:

S01/2019-01

Asegúrese de que la etiqueta quede del lado frontal del dosímetro. Si no tiene posibilidad de pegar la etiqueta al dosímetro, envíe la etiqueta unida al dosímetro de otra manera, de forma tal que no queden dudas de que esa etiqueta corresponde a ese dosímetro.



ANEXO 3. INSTRUCCIONES PARA LOS PARTICIPANTES

(continuación)

Comparación interlaboratorio nacional ARN 2019 de dosímetros personales de cuerpo entero para fotones

Dirección postal

Enviar los dosímetros al coordinador usando la siguiente dirección postal:

Autoridad Regulatoria Nuclear Av. Presbítero Juan González y Aragón N° 15 (B1802AYA) Ezeiza – Buenos Aires Edificio ARN Laboratorio TLD Teléfono: +54 11 4125 8366/8422
--

Cartelería

Ante la posibilidad de que el paquete sea expuesto a rayos-x durante el transporte, agréguele un cartel que indique:

"No pasar por rayos x"

Fechas de interés


Envíe los dosímetros lo antes posible. La fecha límite para el envío es 24 de mayo de 2019. Una vez se de aviso vía email para retirar los dosímetros, tendrá 2 meses para enviar los resultados.

Resultados informados

Luego de procesar sus dosímetros deberá informar los valores de las mediciones en un archivo Excel que oportunamente le será enviado.




ANEXO 4. EJEMPLO VALORES INFORMADOS POR EL PARTICIPANTE

 VALORES INFORMADOS POR EL PARTICIPANTE <small>CÓDIGO F-TLD-15 REVISIÓN 00 VIGENCIA 07/08/2019</small>		
Ejercicio		
Título	Comparación interlaboratorio nacional ARN 2019 de dosímetros personales de cuerpo entero para fotones	
Datos del participante		
Código de identificación		
Institución		
Sistema dosimétrico		
Código de identificación		
Nombre		
Valores de dosis medidos		
Identificación del dosímetro	Dosis $H_p(10)$ [mSv]	
Firma	Aclaración	Fecha
Enviar este documento firmado y escaneado por e-mail a: labdosimetria@arn.gov.ar		



ANEXO 5. EJEMPLO CERTIFICADO DE PARTICIPACIÓN

 Autoridad Regulatoria Nuclear PRESIDENCIA DE LA NACIÓN		CERTIFICADO DE PARTICIPACIÓN CÓDIGO F-DF-02 REVISIÓN 00 VIGENCIA 15/01/2020	IDENTIFICACIÓN
Ejercicio			
Título		Comparación interlaboratorio nacional ARN 2019 de dosímetros personales de cuerpo entero para fotones	
Participante			
Código de identificación			
Institución			
Sistema			
Código de identificación			
Nombre			
Tipo de detector			
Metodología			
Descripción		<p>El ejercicio fue gestionado y coordinado por la Autoridad Regulatoria Nuclear. El plan de irradiación (rangos de dosis y las calidades de irradiación) fue consensuado con el Centro Regional de Referencia para Dosimetría de la Comisión Nacional de Energía Atómica quien estuvo a cargo de la irradiación de los dosímetros.</p> <p>Finalizada la etapa de inscripción se envió un instructivo a los participantes indicando la manera de identificar los dosímetros y los cuidados para el transporte.</p> <p>Los dosímetros recibidos fueron trasladados al laboratorio de irradiación quien dispuso de dos meses para realizar las irradiaciones (junio y julio 2019).</p> <p>Una vez irradiados el coordinador notificó a los participantes para que inicien el retiro, momento a partir del cual tuvieron 2 meses para informar los resultados. A su vez se les envió un formulario para que informen los resultados de sus mediciones.</p> <p>Participaron 17 organizaciones con un total de 28 sistemas dosimétricos y se irradiaron 280 dosímetros.</p>	



ANEXO 5. EJEMPLO CERTIFICADO DE PARTICIPACIÓN
(continuación)

Resultados					
Dosímetro	Calidad de radiación	$H_s^{(1)}$ [mSv]	$H_c^{(2)}$ [mSv]	Respuesta	Resultado

⁽¹⁾ H_s : valor de dosis medido
⁽²⁾ H_c : valor convencional de la magnitud

Adjunto encontrará el certificado de irradiación del sistema

Evaluación del desempeño			

	Elaboró	Revisó	Aprobó
Firma			
Aclaración			
Función			
Fecha			

ANEXO 6. CRONOGRAMA

En la Tabla A6 se detalla el cronograma general del ejercicio.

Evento	Fecha
Fecha límite para enviar los dosímetros al coordinador	24 mayo 2019
Irradiaciones	junio y julio 2019
Fecha límite para enviar los valores de dosis	2 meses luego del anuncio de retiro de los dosímetros
Envío de resultados preliminares a los participantes	octubre 2019
Envío de certificados de participación e informes de irradiaciones calibradas	diciembre 2019

Tabla A6. Cronograma.





www.argentina.gob.ar/arn