

# Curso: “Dosimetría personal externa”

UNIDAD 4. Dosimetría Externa

**Conferencia No. 4.3**

**Pruebas a los Dosímetros Personales**

Daniel Molina Pérez  
MSc. Ing. Físico Nuclear



FACULTAD DE  
**CIENCIAS**  
UDELAR | [fcien.edu.uy](http://fcien.edu.uy)



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

# OBJETIVOS

Conocer las diferentes pruebas que se deben realizar para la aceptación y funcionamiento de los sistemas de dosimetría personal externa

# CONTENIDO

Conceptos básicos sobre calibración

Pruebas tipo

Pruebas de funcionamiento

Pruebas de rutina

Pruebas de control de calidad

# RESUMEN TEMA ANTERIOR

ESPECIFICACIONES FUNCIONALES PARA  
LOS DOSIMETROS PERSONALES

# Nivel de exactitud y precisión aceptables

Recomendaciones de la CIPR según el nivel de dosis:

**Función  
discontinua**

**Nivel de registro**  
Publicación 75 (1997)

Implícita una incertidumbre  
aceptable de 100%.

**Dosis intermedia.**  
Publicación 35 (1982).

Factor de dos en cualquier  
dirección

$$\frac{1}{2} \leq \frac{Hm}{Ht} \leq 2$$

**Procedimiento  
de suavización:**

**Límite de dosis**  
Publicación 60 (1991)

Factor de 1,5 en cualquier  
dirección;

$$\frac{1}{1.5} \leq \frac{Hm}{Ht} \leq 1.5$$

# Nivel de exactitud y precisión aceptables

Sobre esta base, puede expresarse el intervalo de precisión permisible como función del nivel de dosis.

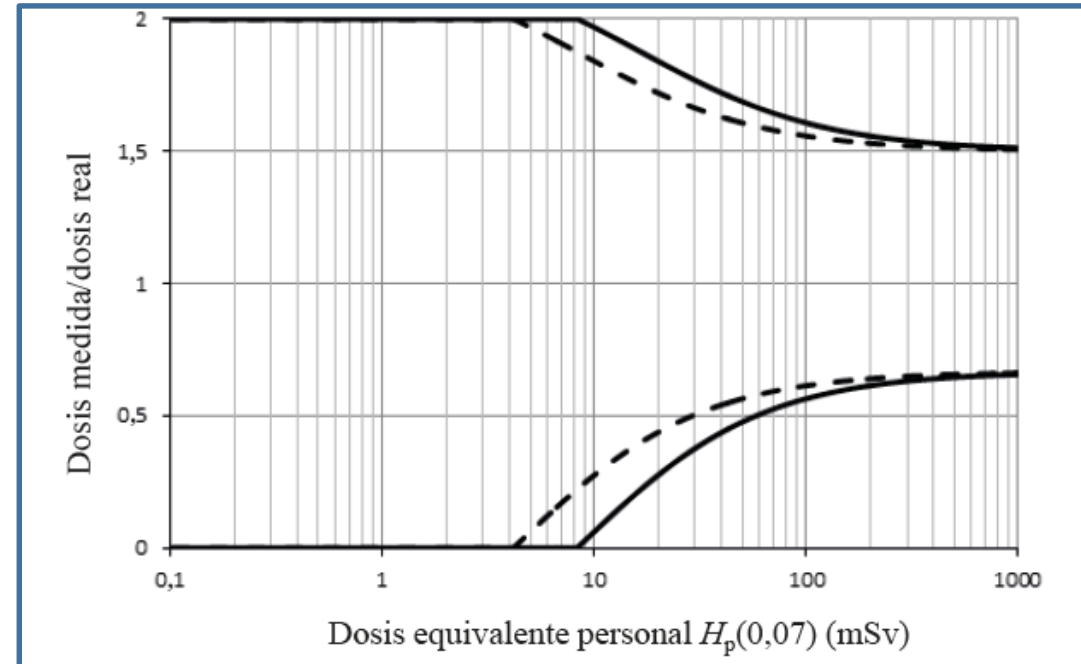
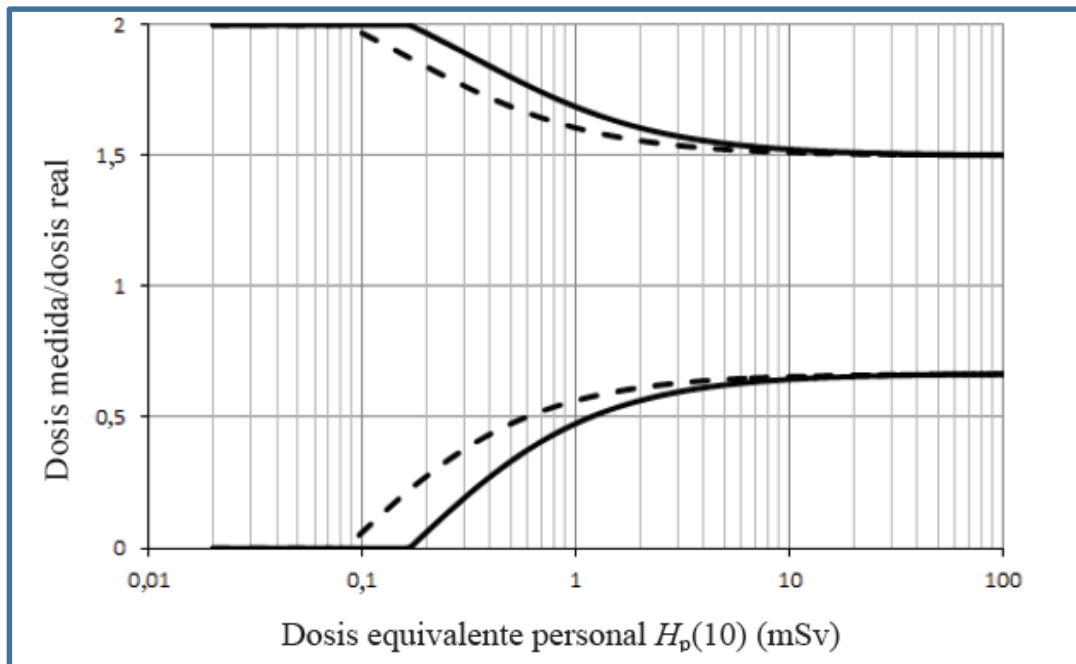
$$\left( \frac{H_m}{H_t} \right)_{\text{LIMITE-INFERIOR}} = 0, \quad H_t < H_0$$

$$\left( \frac{H_m}{H_t} \right)_{\text{LIMITE-INFERIOR}} = \frac{1}{1.5} \cdot \left( 1 - \frac{2H_0}{H_0 + H_t} \right), \quad H_t \geq H_0$$

$$\left( \frac{H_m}{H_t} \right)_{\text{LIMITE-SUPERIOR}} = 1.5 \cdot \left( 1 + \frac{H_0}{2H_0 + H_t} \right)$$

# Intervalos para $H_p(10)$ y $H_p(0,07)$

Obsérvese que cualquier **cambio en el valor del nivel de registro** influirá en la forma de la **curva en embudo en la región de las dosis bajas**.



**Nota:** Líneas discontinuas: períodos de monitorización de 1 mes; líneas continuas: períodos de monitorización de 2 meses.

# Nivel de exactitud y precisión aceptables

## Magnitudes de Protección Radiológica:

- Dosis efectiva (E)
- Dosis equivalente (HT)

Aplicada a dosis anuales  
Grupo de trabajadores (mediciones)

## Magnitudes Operacionales :

- $H_p(10)$
- $H_p(3)$
- $H_p(0,07)$

Aplicada a dosis individuales  
Medición simple



# Incertidumbres: Consideraciones Generales



- ✓ Medida de la **calidad y confiabilidad** del resultado de una medición
- ✓ **Atributo cuantificable** que expresa la **duda de cuán bien el resultado de una medición representa el valor de la magnitud que está siendo evaluada**. Duda sobre la validez del resultado de una medición
- ✓ **Magnitud internamente consistente**: debe ser posible derivar de los componentes que contribuyen a ella, debe ser independiente de la forma en que dichos componentes son agrupados o descompuestos en subcomponentes.
- ✓ **Magnitud transferible**: debe ser posible utilizar directamente la incertidumbre evaluada de un resultado como componente en la evaluación de la incertidumbre de otra medición en la cual el primer resultado es utilizado.

# Incertidumbres: Consideraciones Generales

- ✓ El método de evaluar y expresar la incertidumbre de una medición debe ser capaz de proporcionar un **intervalo de confianza alrededor del resultado de dicha medición**, el cual se espera que **comprenda una proporción determinada de los valores atribuibles a la magnitud que está siendo medida**.
- ✓ El **método de evaluar y expresar** la incertidumbre de una medición debe **ser universal**, capaz de ser aplicable a toda clase de mediciones y a todo tipo de datos de entrada utilizados en las mediciones.

## DEFINICION

parámetro asociado al resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que pueden ser razonablemente atribuibles a la magnitud que está siendo medida.

# Incertidumbres: Metodología GUM

Evaluación de datos de medición — Guía para la expresión de la incertidumbre de medida

## 1) Formulación:

- a) Definición de la magnitud de salida.
- b) Determinación de las magnitudes de entrada
- c) Modelo que relacione las magnitudes de entrada con la de salida.
- d) Asignación función de densidad de probabilidad a cada magnitudes de entrada.  
**Tipo A:** aquellas que se evalúan por métodos estadísticos  
**Tipo B:** aquellas que se evalúan por otros medios

## 2) Cálculo:

Propagar funciones de densidad de las magnitudes de entrada a través del modelo de medición  $Y = f(X)$  hasta obtener una función de densidad de la salida.

# Incertidumbres: Metodología GUM

La **incertidumbre** del sistema determinada por los efectos resultantes de los dos tipos de incertidumbre (Tipo A, aleatorio, y Tipo B, sistemático).

ISO recomienda combinar incertidumbres del Tipo A y las del Tipo B por suma de cuadrados para obtener **la incertidumbre combinada**.

$$U_C = \sqrt{U_A^2 + U_B^2}$$

$U_C$ ... Incertidumbre combinada

$U_A$ ... Incertidumbre estándar Tipo A

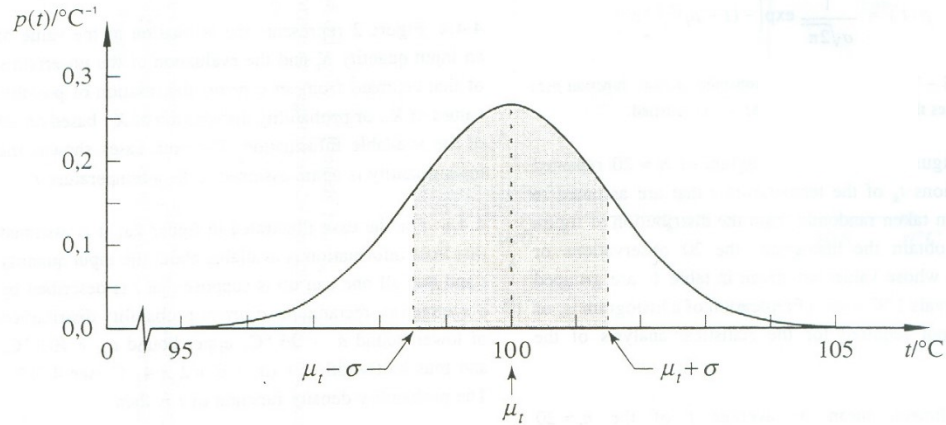
$U_B$ ... Incertidumbre estándar Tipo B

La **incertidumbre tipo combinada** tiene todavía el carácter de una desviación típica.

- ✓ Es necesario multiplicar la incertidumbre combinada por un factor adecuado, factor de cobertura  $k$ , para obtener la **incertidumbre expandida** (conocida también como “incertidumbre global”).
- ✓ Valores típicos del factor de cobertura: 2 o 3 (límites de confianza de 95% o 99%). **El valor numérico tomado para el factor de cobertura debe indicarse claramente.**

# Incertidumbres: Metodología GUM

## Distribución normal



Nivel de confianza  $p$  (%)

Factor de cobertura

68.27

1.000

90.00

1.645

95.00

1.960

95.45

2.000

99.00

2.576

99.73

3.000

Valor Medido: 100.1 (unidades)

Incertidumbre de la Medición:  $\pm 0.1$  (unidades)

*La incertidumbre expandida reportada está basada en la incertidumbre estándar multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$ , correspondiente a un nivel de confianza de aproximadamente el 95%.*

# Estimación de incertidumbres dosímetros personales

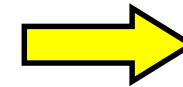
## Criterios de funcionamiento

Incertidumbre expandida  
cumple criterios ICRP

### Criterios ICRP

- Limite inferior: - 33%
- Limite superior: 50%

Nivel de confianza: 95%  
Factor de cobertura  
 $k = 1.96$



$$1.96 \cdot U_C \leq (0.33 + 0.50) / 2$$

Incertidumbre combinada

$$U_C = \sqrt{U_A^2 + U_B^2}$$



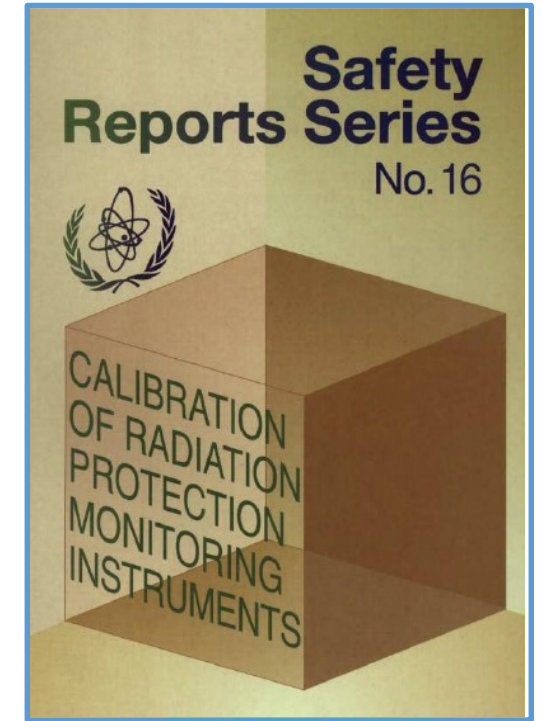
$$U_C = \sqrt{U_A^2 + U_B^2} \leq 0.21$$

La aceptación del sistema dosimétrico no implica el cumplimiento de criterios predefinidos para cada parámetro de forma independiente, sino que los efectos combinados de las incertidumbres están dentro de ciertos límites.

# Conceptos básicos sobre calibración

Colección Seguridad del OIEA No. 16

Recomendaciones detalladas sobre los procedimientos de calibración de instrumentos y dosímetros



# Objetivos de la Calibración

Los objetivos primarios de la calibración son:

- (1) Asegurar que un instrumento trabaja correctamente y que es apropiado para el tipo de mediciones que se requiere realizar.
- (2) Determinar, bajo condiciones de referencia controladas, la indicación de un instrumento como función del valor del mensurando (magnitud que se intenta medir). Esto debe ser realizado sobre todo el rango de respuesta del instrumento.
- (3) Ajustar la calibración del instrumento, si es posible, de forma que la precisión del instrumento se perfeccione.



# Terminología de Calibración

## Patrones de Calibración

**Patrón Primario:** es un patrón con las cualidades metrológicas superiores en un campo específico. (BIMP).

**Patrón Secundario:** es un patrón cuyo valor se fija por la comparación directa con un patrón primario y que se acompaña de un certificado que documenta esa trazabilidad. (LSCD).

**Patrón Terciario:** es un patrón cuyo valor se fija por la comparación con un patrón secundario.

**Patrón Nacional:** es un patrón reconocido por una autoridad nacional competente a partir del cual se fija en el país el valor de todos los demás patrones para la magnitud dada. (En general es también el patrón primario).

# Terminología de Calibración

## Instrumentación y Fuentes de Referencia

- **Instrumento de Referencia:** puede ser un patrón secundario calibrado con respecto a un patrón primario por un laboratorio nacional primario o un laboratorio de referencia reconocido que maneje patrones apropiados.
- **Fuente de Referencia:** puede ser una fuente patrón secundaria calibrada con respecto a un patrón primario por un laboratorio nacional primario o un laboratorio de referencia reconocido que maneje patrones apropiados.

# Terminología de Calibración

- **Valor verdadero convencional:** Es el mejor estimador de un valor, determinado por un patrón primario o secundario, o por un instrumento de referencia que está calibrado contra un patrón primario secundario.
- **Coeficiente de conversión:** se utilizan para relacionar los valores de las magnitudes operacionales con los de las magnitudes primarias tales como dosis absorbida en aire o el kerma en aire.
- Ejemplo: coeficiente de conversión de kerma a dosis equivalente  $h_k$

$$h_k = H/K_a$$

# Terminología de Calibración

## Principios de la Calibración

- **Calibración:** es la *determinación cuantitativa*, bajo *condiciones de referencia* controladas, de la indicación de un *instrumento de medición* en función del valor de la magnitud que se pretende medir con el instrumento.
- **Pruebas:** son mediciones que se realizan para confirmar que un instrumento *funciona correctamente*, y/o para la *determinación cuantitativa de las variaciones* de la indicación del instrumento para un rango de radiaciones y condiciones eléctricas y medioambientales.

# Terminología de Calibración

## Categorías de las pruebas de un instrumento o dosímetro

**Pruebas tipo** - Normalmente se llevan a cabo por un Laboratorio de Patrones Nacional o Secundario para determinar las características de un tipo o modelo específico de un instrumento fabricado.

**Calibración de rutina:** esta dirigida a determinar el factor de calibración apropiado para la aplicación rutinaria de los dosímetros.

# Terminología de Calibración

## Trazabilidad

Las mediciones de las características dosimétricas que se realizan en las pruebas tipo, deben ser trazables a un patrón nacional apropiado:

- La trazabilidad se refiere a la capacidad de referir la calibración de un dosímetro a un patrón nacional o internacional (primario).
- La trazabilidad significa que las mediciones son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI).
- Los instrumentos de referencia utilizados deben estar calibrado con respecto al instrumento de calidad superior (patrón nacional aprobado).

# Terminología de Calibración

## Categorías de las pruebas de un instrumento o dosímetro:

- ***Prueba de aceptación:*** son las pruebas contractuales que se llevan a cabo en todos los instrumentos de un tipo particular antes de que sean introducidos por primera vez en el servicio para demostrar que cumplen con las especificaciones.
- ***Pruebas de funcionamiento:*** son las pruebas regulares dirigidas a demostrar que se mantienen los parámetros tipo del funcionamiento dosimétrico global;

# Pruebas tipo a sistemas de dosímetros personales



# Pruebas Tipo: Objetivos y Alcance

Evalúan las características de funcionamiento del sistema como un todo para un conjunto de condiciones de irradiación y almacenamiento

## 1). Cuantificar las fuentes de incertidumbre relevantes

## 2). Otras características dosimétricas

- linealidad de la respuesta,
- intervalo de dosis mensurables,
- capacidad de funcionar satisfactoriamente en un rango razonable de condiciones de temperatura y humedad,
- capacidad de responder adecuadamente a tasas de dosis altas y en campos de radiación pulsantes.

## 3) Pruebas de carácter más general,

- capacidad del sistema de funcionar satisfactoriamente en un abanico razonable de campos eléctricos y magnéticos,
- su capacidad de soportar vibraciones y choques mecánicos.

# Pruebas Tipo: Objetivos y Alcance

- ✓ Las pruebas no se aplican solo al propio dosímetro, sino al sistema completo, incluido el equipo de lectura
- ✓ El resultado de una prueba tipo debería ser una descripción detallada de todas las propiedades de un determinado tipo de dosímetro.
- ✓ Esos resultados deberán analizarse desde el punto de vista de los criterios de funcionamiento con el propósito de demostrar si es posible cumplirlos en la práctica, teniendo presentes los intervalos de valores de los distintos factores en la instalación en que se utilizarán los dosímetros.
- ✓ Mientras el tipo de dosímetro y el equipo de lectura no cambien, las pruebas tipo mantendrán su validez

# Pruebas Tipo: Normas Internacionales

Los sistemas dosimétricos deberían someterse a pruebas tipo acordes con las normas internacionales (IEC y/o ISO).

## IEC 62387:2012



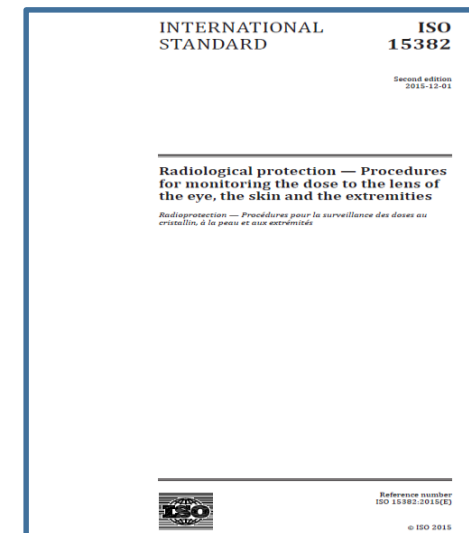
Hp(10), Hp(0.07) y Hp(3)  
Fotones y Beta

## IEC 12794:2012



Hp(0.07)  
Fotones y Beta

## ISO 15382: 2018

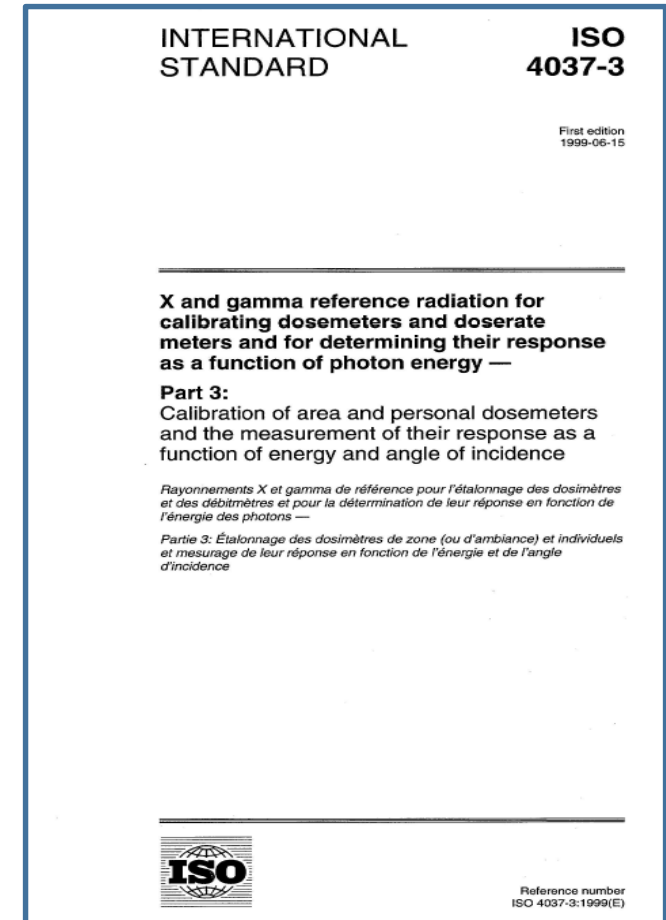


Hp(0.07) y Hp(3)  
Fotones y Beta

# Pruebas Tipo: Campos de Radiación

Campos de radiación utilizados en las pruebas tipo deberían estar bien caracterizados, con la debida trazabilidad hasta los patrones nacionales de medición.

Serie ISO 4037



# Pruebas Tipo: Coeficientes de Conversión

Coeficientes de conversión que relacionan magnitudes físicas (fluencia y kerma en aire) con las magnitudes operacionales ( $H_p(d)$ )

## Dosis en piel $H_p(0.07)$

- ISO 4037-3 (2019)
- Example: *Recommended conversion coefficient  $h_{pK}(0,07; N)_{pill}$  from air kerma,  $K_a$ , to the dose equivalent  $H_p(0,07)$  for the pillar phantom at angle of radiation incidence from  $0^\circ$  up to  $60^\circ$*

Radiation quality	$h_{pK}(0,07; N)_{pill}$ for the distance of 2,5 m, Sv/Gy
N-10	0,93
N-15	0,96
N-20	0,99
N-25	1,03
N-30	1,09
N-40	1,20
N-60	1,33
N-80	1,39
N-100	1,37
N-120	1,35
N-150	1,32
N-200	1,27
N-250	1,24
N-300	1,22
N-350	1,21
N-400	1,20

# Pruebas Tipo: Coeficientes de Conversión

Coeficientes de conversión que relacionan las magnitudes físicas (fluencia y kerma en aire) con las magnitudes operacionales ( $H_p(d)$ )

## Dosis en cristalino $H_p(3)$

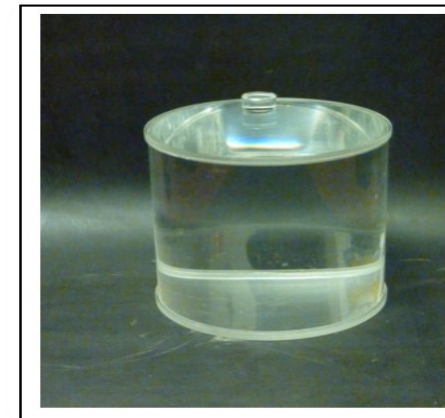
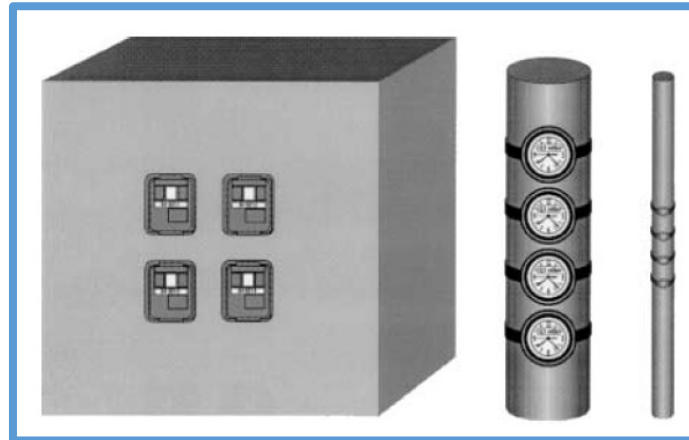
- ISO 4037-3 (2019)
- Example: Recommended conversion coefficient  $h_{pK}(3; N, \alpha)_{cyl}$  from air kerma,  $K_a$ , to the dose equivalent  $H_p(3)$  for the cylinder phantom consisting of ICRU tissue

Radiation quality	$h_{pK}(3; N, \alpha)_{cyl}$ in Sv/Gy for a distance of 2,5 m and the angle of incidence, $\alpha$						
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
N-10	0,129	0,121	0,097	0,061	0,0237	0,00245	0,000241
N-15	0,42	0,41	0,38	0,32	0,244	0,147	0,036
N-20	0,67	0,66	0,63	0,58	0,50	0,35	0,102
N-25	0,88	0,87	0,85	0,80	0,72	0,54	0,212
N-30	1,04	1,03	1,01	0,97	0,89	0,72	0,37
N-40	1,28	1,27	1,25	1,22	1,15	1,00	0,65
N-60	1,54	1,53	1,51	1,48	1,41	1,27	0,95
N-80	1,66	1,65	1,64	1,60	1,54	1,42	1,12
N-100	1,63	1,63	1,62	1,59	1,54	1,44	1,17
N-120	1,58	1,58	1,57	1,55	1,51	1,42	1,17
N-150	1,52	1,52	1,51	1,50	1,47	1,40	1,16
N-200	1,42	1,42	1,42	1,42	1,40	1,34	1,15
N-250	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,31	1,14
N-300	1,32	1,33	1,33	1,33	1,32	1,29	1,13
N-350	1,29	1,30	1,30	1,30	1,30	1,27	1,13
N-400	1,27	1,27	1,27	1,28	1,28	1,26	1,12

# Pruebas Tipo: Condiciones de irradiación

Debido a que la magnitud operacional en dosimetría externa de la monitorización individual se relaciona con la medición de la dosis equivalente personal  $H_p(d)$  dentro del cuerpo, las pruebas tipo de los dosímetros para esta magnitud operacional deberían efectuarse con un maniquí apropiado que simule la retrodispersión y atenuación producidas por el cuerpo.

Si el dosímetro funciona adecuadamente en el maniquí, podrá suponerse que lo hará también en el cuerpo de una persona.



# Pruebas Tipo: Requerimientos

- Los resultados deben analizarse en función de los **criterios de funcionamiento** y para comprobar si estos se cumplen en la práctica, teniendo en cuenta la escala de valores de los factores de influencia existentes en la instalación en la que han de utilizarse los dosímetros.
- Las pruebas tipo deben ser realizadas por laboratorios de patrones secundarios cuyas medidas estén contrastadas con patrones primarios.



# Pruebas Tipo: Requerimientos



IEC 62387:2012 applies to all kinds of passive dosimetry systems that are used for measuring:

- the personal dose equivalent (for whole body dosimetry),
- the personal dose equivalent (for eye lens dosimetry),
- the personal dose equivalent (for both whole body and extremity dosimetry),
- the ambient dose equivalent (for environmental dosimetry),
- or the directional dose equivalent (for environmental dosimetry).

This standard applies to dosimetry systems that measure **external photon and/or beta radiation** in the **dose range between 0,01 mSv and 10 Sv** and **in wide energy ranges**.

# Pruebas Tipo: Rangos de Energías

**Table 1 – Mandatory and maximum energy ranges covered by this standard**

Measuring quantity	Mandatory energy range for photon radiation	Maximum energy range for testing photon radiation	Mandatory energy range for beta-particle radiation <sup>a</sup>	Maximum energy range for testing beta-particle radiation <sup>a</sup>
$H_p(10)$ , $H^*(10)$	80 keV to 1,25 MeV	12 keV to 10 MeV	–	–
$H_p(3)$	30 keV to 250 keV	8 keV to 10 MeV	0,8 MeV almost equivalent to an $E_{max}$ of 2,27 MeV	0,7 MeV <sup>b</sup> to 1,2 MeV almost equivalent to $E_{max}$ from 2,27 MeV to 3,54 MeV
$H_p(0,07)$ , $H'(0,07)$	30 keV to 250 keV	8 keV to 10 MeV	0,8 MeV almost equivalent to an $E_{max}$ of 2,27 MeV	0,06 MeV <sup>c</sup> to 1,2 MeV almost equivalent to $E_{max}$ from 0,225 MeV to 3,54 MeV

<sup>a</sup> The following beta radiation source are suggested for the different mean energies: For 0,06 MeV:  $^{147}\text{Pm}$ ; for 0,8 MeV:  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ; for 1,2 MeV:  $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ .

<sup>b</sup> For beta-particle radiation, an energy of 0,7 MeV is required to reach the radiation sensitive layers of the eye lens in a depth of about 3 mm (approximately 3 mm of ICRU tissue).

<sup>c</sup> For beta-particle radiation, an energy of 0,07 MeV is required to penetrate the dead layer of skin of 0,07 mm (approximately 0,07 mm of ICRU tissue).

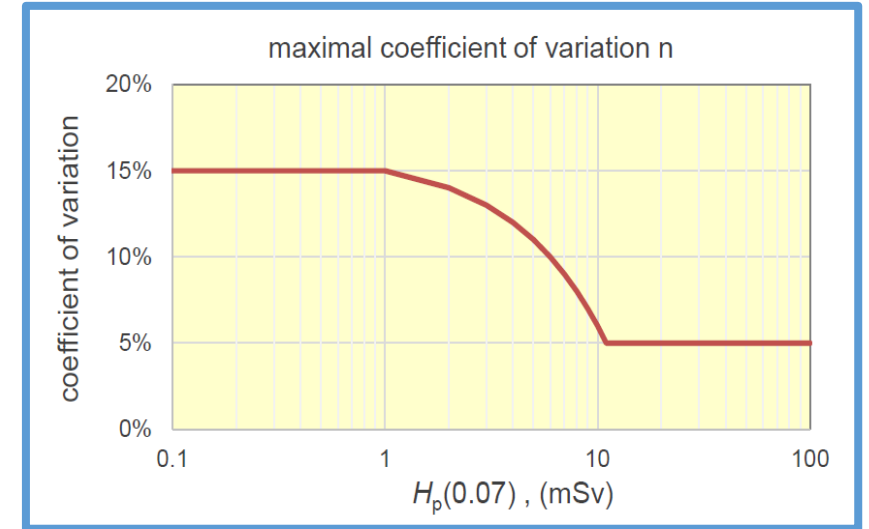
# Pruebas Tipo: Parámetros

- Coefficient of variation
- Non-linearity
- Overload characteristics, after-effects, and reusability
- Radiation energy and angle of incidence for  $H_p(0,07)$  or  $H'(0,07)$  dosimeters
- Over response to radiation incidence from the side of an  $H_p(10)$ ,  $H_p(3)$  or  $H_p(0,07)$  dosimeter
- Indication of the presence of beta dose for  $H_p(0,07)$  whole body dosimeters

# Pruebas Tipo: Criterios de Aceptación

## Coeficiente de Variación

Coefficient of variation. $\nu$	
$H < 1 \text{ mSv}$	15%
$1 \text{ mSv} \geq H < 11 \text{ mSv}$	$(16 - H/1 \text{ mSv}) \%$
$H \geq 11 \text{ mSv}$	5%



Relative response due to <u>non-linearity</u> :	
$1 \text{ mSv} \leq H \leq 3 \text{ Sv}$	-9 % to +11 %

## Linealidad de la respuesta

# Pruebas Tipo: Criterios de Aceptación

## Respuesta energética y angular

Relative response due to <u>mean photon radiation energy and angle of incidence:</u>	
30 keV to 250 keV and 0° to ±60° from reference direction	8 keV ≤ E <sub>ph</sub> < 20 keV: 0.67 to 2.00
	20 keV ≤ E <sub>ph</sub> < 33 keV: 0.69 to 1.82
	for E <sub>ph</sub> ≥ 33 keV: 0.71 to 1.67

Relative response due to mean <u>beta radiation energy:</u>	
0.8 MeV and 0° to ±60° (for extremity dosimeters)	0.06 MeV ≤ E <sub>beta</sub> ≤ 0.2 MeV: 0.67 to 2.00
	0.2 MeV ≤ E <sub>beta</sub> ≤ 0.7 MeV: 0.69 to 1.82
	E <sub>beta</sub> ≥ 0.7 MeV: 0.71 to 1.67

# Pruebas Tipo:

- Variación de la respuesta del dosímetro con la energía y la dirección de incidencia del haz de radiación.
- No linealidad de la respuesta;
- Desvanecimiento, con la temperatura ambiental y la humedad;
- Efectos de la exposición a la luz;
- Efectos de la exposición a tipos de radiación ionizante que no se intentan medir por el dosímetro;
- Efectos de un impacto mecánico;
- Errores de calibración;
- Variación del fondo natural local.

# Pruebas de Funcionamiento

# Pruebas de Funcionamiento

## Objetivos

deberían realizarse pruebas a intervalos regulares (típicamente anuales) para demostrar que el nivel de funcionamiento sigue siendo el mismo.

- ❑ Las pruebas de funcionamiento realizadas externamente por un laboratorio identificable permiten verificar la fiabilidad del sistema dosimétrico y la estabilidad de su método de aplicación.
- ❑ La aprobación de un servicio de dosimetría por el órgano regulador debería incluir el examen de los resultados tanto de las pruebas tipo como de las pruebas de funcionamiento iniciales.
- ❑ La demostración de que se siguen cumpliendo los procedimientos utilizados para la aprobación debería basarse en los resultados de pruebas de funcionamiento.



# Pruebas de Funcionamiento

- Se realizan como parte de los procedimientos (normas) aprobados.
- Comprobar que las especificaciones esenciales de funcionamiento se mantienen de forma rutinaria.
- Los resultados deben confirmar los datos de la **prueba tipo**.
- Llevarse a cabo a intervalos regulares, de acuerdo con los requisitos reglamentarios, por una instalación externa de prueba, y
- Pueden servir para la autorización inicial y/o en curso de funcionamiento del servicio dosimétrico.

# Pruebas de Funcionamiento

- Programa que puede subdividirse en **diferentes clases de irradiación para adaptarse a los tipos de radiación y escalas de energía abarcados por los dosímetros.**
- Cada prueba puede incluir:
  - una escala de diferentes energías y ángulos de incidencia de la radiación,
  - una distribución adecuada de dosis (desde 0,2mSv hasta 100 mSv).
- *Para situaciones de accidente puede ser necesario una escala mayor de dosis.*

**Evaluación:** Satisfacer criterios generales de precisión especificados por la CIPR, de forma que el 95% de los resultados se mantengan dentro de los límites aceptables definidos (curva trompeta)

# Pruebas de Funcionamiento

Hay tres tipos de prueba de funcionamiento que son de uso común:

- a) **Pruebas con anonimato:**
- ✓ Proveedor de servicios de dosimetría no tiene conocimiento de la prueba,
  - ✓ No puede seleccionar los dosímetros ni utilizar procedimientos de evaluación especiales.
- Cliente 'ficticio' independiente e irradiando los dosímetros en condiciones controladas sin la intervención del proveedor de servicios.
- Pruebas de funcionamiento internas con fines de garantía de la calidad.

b) **Pruebas por sorpresa:**

- ✓ Proveedor de servicios de dosimetría sabe que se va a realizar la prueba pero no conoce a fecha exacta.
- ✓ Puede utilizar dosímetros seleccionados, pero no procedimientos de evaluación especiales.

c) **Pruebas anunciadas:**

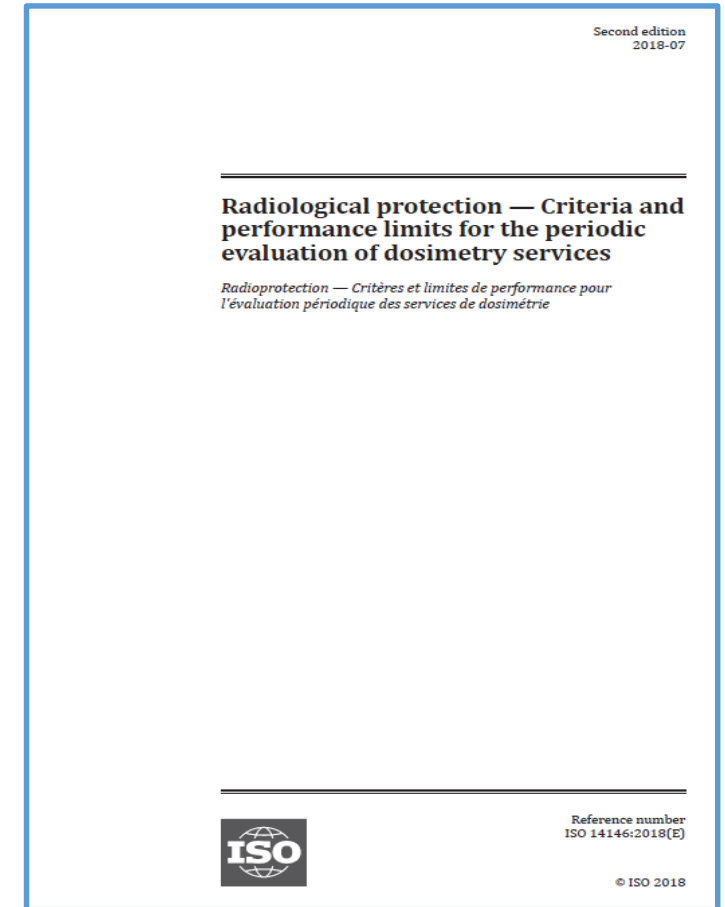
- ✓ Proveedor de servicios de dosimetría tiene conocimiento de la prueba
- ✓ Puede seleccionar los dosímetros y utilizar procedimientos de evaluación especiales.

# Pruebas de Funcionamiento

- ✓ Un ejercicio de intercomparación entre proveedores de servicios de dosimetría puede considerarse una **prueba de funcionamiento anunciada**.
- ✓ Por lo general, los resultados de estos ejercicios se publican, pero sin revelar el nombre de los participantes.
- ✓ La participación en ejercicios de intercomparación suele ser un requisito para la aprobación, y forma también parte del sistema de gestión de la calidad

**ISO 14146: 2018**

**“Radiological protection –Criteria and performance limits for the periodic evaluation of dosimetry services**



# Pruebas de Rutina

# Pruebas de Rutina

- ✓ La finalidad de las pruebas de rutina es verificar **la exactitud y precisión del sistema dosimétrico** en la medición de dosis a una única energía, por lo general la de la fuente de calibración (por ejemplo, el  $^{137}\text{Cs}$  o el  $^{60}\text{Co}$ , para los dosímetros de fotones).
- ✓ Este tipo de pruebas sirve también para normalizar la sensibilidad global del sistema.
- ✓ Las pruebas de rutina deberían ser realizadas generalmente por el **proveedor de servicios** de dosimetría y repetidas a **intervalos regulares**, de preferencia mensuales

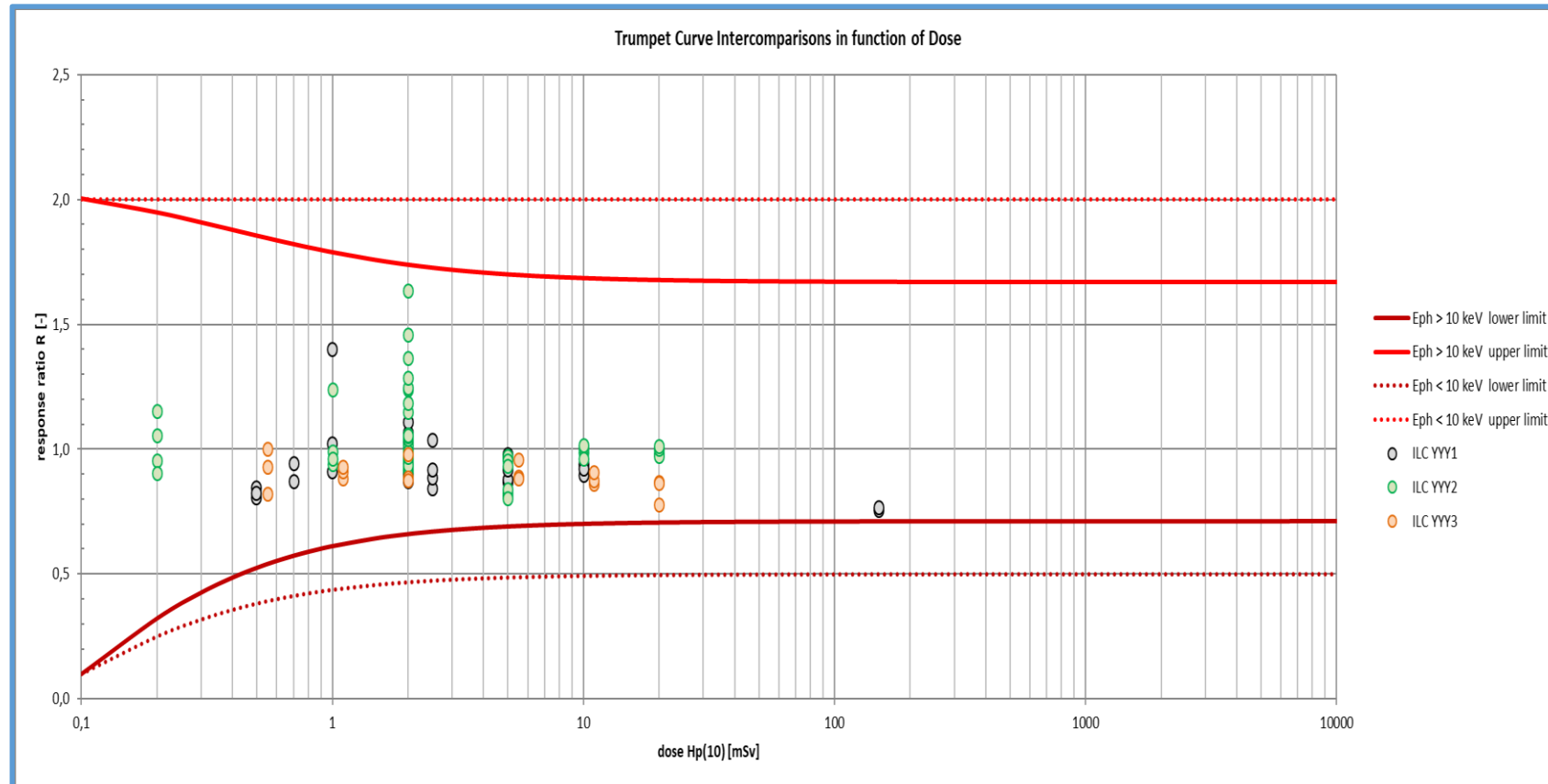
# Pruebas de Rutina

- ✓ La **precisión** (desviación estándar de una sola medición) y la **exactitud** (desviación media de las lecturas del valor real convencional), deben **comprobarse a diferentes niveles de dosis**.
- ✓ Los resultados de las pruebas deben cumplir al menos los criterios de exactitud dados en la Curva Trompeta:

$$\frac{1}{1.5} \left[ 1 - \frac{2H_o}{H_o + H_t} \right] \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 1.5 \left[ 1 + \frac{H_o}{2H_o + H_t} \right]$$

Los resultados de las pruebas de rutina deberían seguirse de cerca, por ejemplo utilizando gráficos de control, con niveles de advertencia y de actuación que pongan en marcha las intervenciones necesarias por parte del proveedor de servicios de dosimetría

# Pruebas de Rutina



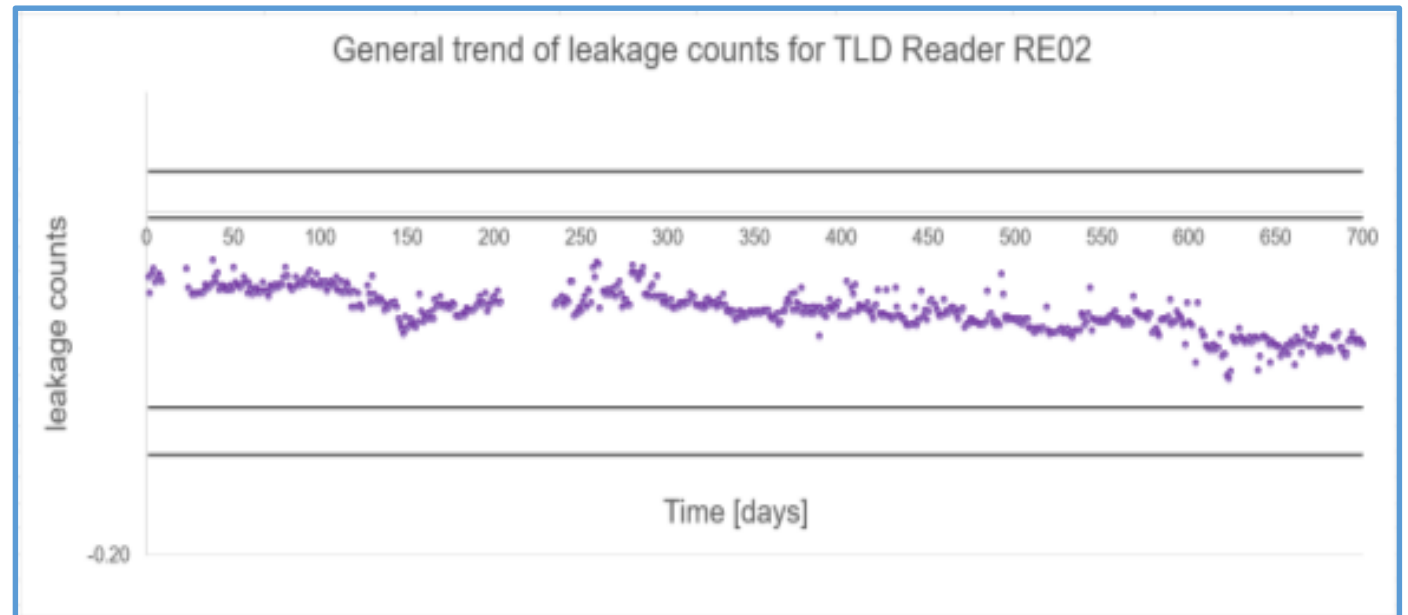


# Pruebas de Control de Calidad

# Pruebas de Control de Calidad

En cambio, las pruebas de garantía de calidad para **controlar aspectos específicos** del funcionamiento del sistema se efectúan, por lo general, **cada día de lectura**.

- PMT
- Luz de Referencia
- Alto Voltaje
- Dosímetros de Calibración
- RCF



# Pruebas de Funcionamiento

CUADRO 3. RESUMEN DE LOS PROGRAMAS DE PRUEBAS PARA LOS SISTEMAS DE DOSIMETRÍA PERSONAL

	Entidad que realiza las pruebas	Frecuencia de las pruebas
Pruebas tipo	Fabricante u organización autorizada para las pruebas tipo	Una sola vez, típicamente antes de la venta a los usuarios finales
Pruebas de funcionamiento	Organización autorizada para estas pruebas	Anual
Pruebas de rutina	Proveedor de servicios de dosimetría	Mensual
Pruebas de rutina (pruebas de garantía de calidad)	Usuario final o proveedor de servicios de dosimetría	Diaria o en cada día de lectura, antes del procesamiento del dosímetro

# BIBLIOGRAFÍA



- **COMISIÓN ELECTROCTÉCNICA INTERNACIONAL, Radiation Protection Instrumentation – Direct Reading Personal Dose Equivalent (Rate) Monitors – X, Gamma and High Energy Beta Radiation, IEC Standard 1283, CEI, Ginebra (1995).**
- **ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments, Colección de Informes de Seguridad No 16, OIEA, Viena (1999).**
- **ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN, X and Gamma Reference Radiation for Calibrating Dosimeters and Doserate Meters and for Determining their Response as a Function of Photon Energy, ISO 4037/Part 1: Radiation Characteristics and Production Methods, ISO, Ginebra (1996).**
- **ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN, X and Gamma Reference Radiation for Calibrating Dosimeters and Doserate Meters and for Determining their Response as a Function of Photon Energy, ISO 4037/Part 2: Dosimetry for Radiation Protection over the Energy Ranges 8 keV to 1.3 MeV and from 4 MeV to 9 MeV, ISO, Ginebra (1998).**
- **ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN, X and Gamma Reference Radiation for Calibrating Dosimeters and Doserate Meters and for Determining their Response as a Function of Photon Energy, ISO 4037/Part 3: Calibration of Area and Personal Dosimeters and the Measurement of their Response as a Function of Energy and Angle Incidence, ISO, Ginebra (1998).**
- **JULIUS, H.W., CHRISTENSEN, P., MARSHALL, T.O., Performance, requirements and testing in individual monitoring, Rad. Prot. Dosim. 34 1-4 (1990) 87-91.**
- **JULIUS, H.W., MARSHALL, T.O., CHRISTENSEN, P.M., VAN DYK, J.W.E., Type testing of personal dosimeters for photon energy and angular response, Rad. Prot. Dosim. 54 3-4 (1994) 273-277.**
- **ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN, Exposure Meters and Dosimeters – General Methods of Testing, ISO 4071, Ginebra (1978).**