



ESCUELA TÉCNICO PROFESIONAL  
EN CIENCIAS DE LA SALUD  
clínica mompía

# ASIGNATURA: DOSIMETRÍA FÍSICA Y CLÍNICA

## TEMA 1: EQUIPAMIENTO EN DOSIMETRÍA FÍSICA. QA DE LOS EQUIPOS DE DETECCIÓN

PROFESORA:  
JÉSICA SÁNCHEZ MAZÓN

*Ciclo Formativo de Grado  
Superior de Radioterapia y  
Dosimetría*



# INTRODUCCIÓN

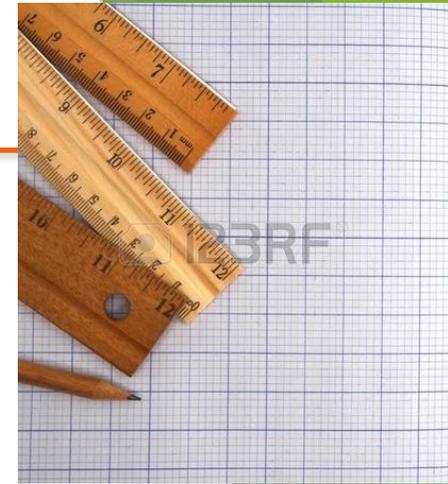
## OBJETIVO DEL TEMA:

- **Descripción del equipamiento** utilizado para calibrar los haces, medir funciones que caracterizan su penetración en un medio y chequear periódicamente los haces:
  - Detectores
  - Equipos asociados
  - Maniquíes
- Hacer una revisión de los aspectos de **control de calidad de este equipamiento**. Pruebas tanto de aceptación como de mantenimiento.



# INTRODUCCIÓN

---



Este equipamiento comprende desde:

- los dispositivos más **sencillos**: reglas, papel milimetrado etc. a
- los dispositivos mas **complejos**: como los controlados por ordenador para la adquisición de datos de los haces de radiación.

# INTRODUCCIÓN

---

## ¿ QUE VAMOS A VER?

- SISTEMAS DE MEDIDA. CONTROL DE CALIDAD DE:

- Cámaras de ionización
- Diodos.
- TLD.
- Detectores de diamante
- Cables de conexión

- MANIQUÍES

- Material y geometría del maniquí
- Maniqués sólidos.
- Maniquí sellado de agua.
- Sistemas de medida de diaria de la respuesta de las cámaras monitoras
- Controles de calidad de de los mismos

# INTRODUCCIÓN

---

- **SISTEMAS DE HACES**

- Cubas de agua y equipamiento asociado

- **OTROS SISTEMAS PARA:**

- Medidas de factores de apertura de colimación.
- Medidas de índice de calidad de los haces.

- **OTRO MATERIAL:**

- Termómetros
- Barómetros
- Higrómetro
- Etc.

# INTRODUCCIÓN

---

¿Porqué diferente equipamiento?

La física es intrínseca a cada:

- **Tipo de radiación**
- **Rango de energía**

No es la misma → **No hay una instrumentación universal para todo y toda condición.**

El equipamiento varía y es específico para cada caso en función del tipo y energía de la radiación y aspecto que se quiera medir.

# INTRODUCCIÓN

## EQUIPOS DE DOSIMETRÍA RELATIVA

- Relacionan la dosis en cualquier punto del haz con el valor de la dosis absorbida en un punto de referencia
- Sirven para asegurar de forma rutinaria la estabilidad de las unidades de tratamiento.
- Equipos similares a estos se pueden utilizar para determinar “in vivo” la dosis recibida por un paciente.
- Estos equipos incluyen, entre otros:
  - Cámaras de ionización
  - Diodos
  - Dosímetros termoluminiscencia
  - Película radiográficas, etc.

# INTRODUCCIÓN

---

## PRUEBAS DE ACEPTACIÓN

Los equipos necesarios para la dosimetría requieren que

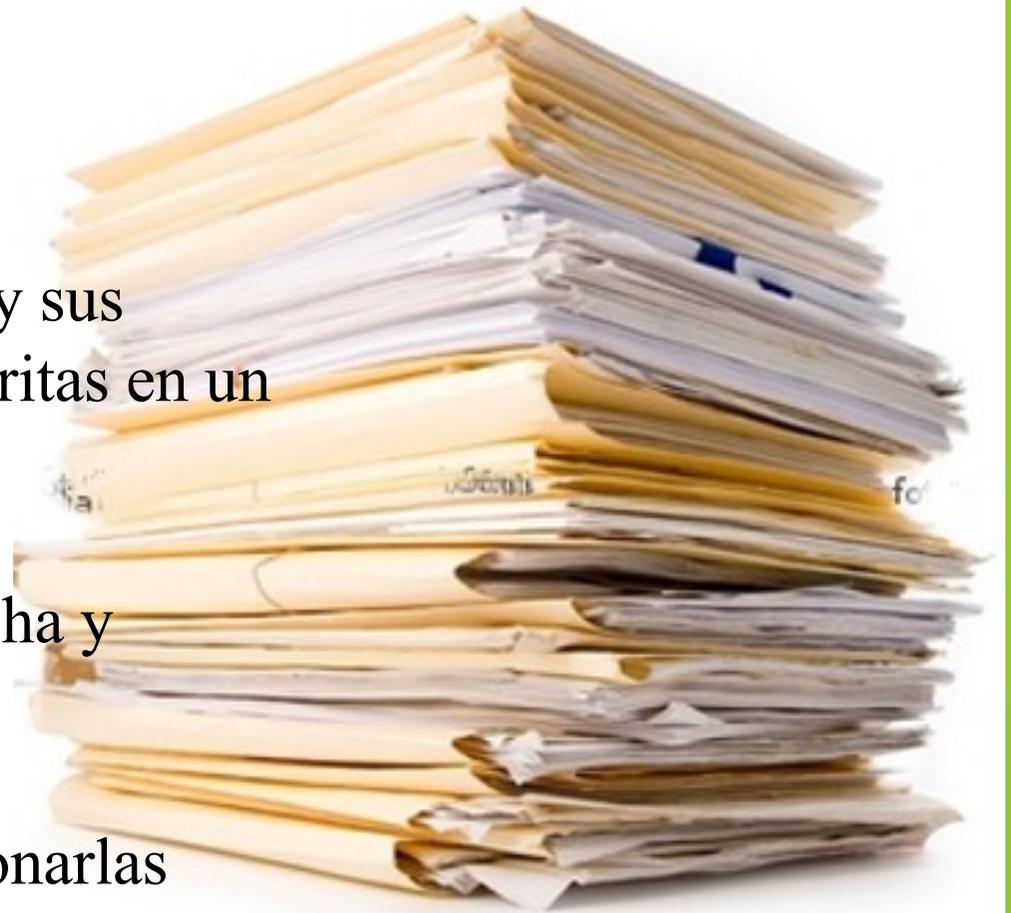
- Se realicen pruebas de aceptación y
- Se establezca su estado de referencia inicial.

Permiten:

- Asegurarse que el equipo satisface las **especificaciones de compra**
- Establecer el **estado de referencia inicial** del equipo
- Establecer dentro del programa de garantía de calidad los **parámetros** a medir y controlar periódicamente
- Familiarizarse con el uso del equipamiento

# INTRODUCCIÓN

- Las pruebas de aceptación y sus resultados deben estar descritas en un documento.
- Deben ser firmadas con fecha y ser guardadas.
- El CSN las puede inspeccionarlas



# CÁMARAS DE IONIZACIÓN

La dosis absorbida en agua se determina con una combinación **cámara-electrómetro** tanto para medidas de **dosimetría absoluta como relativa.**

Dependiendo de la envergadura de la unidad de radioterapia hay:

- Un conjunto que hace las funciones de equipo de referencia
- Otros conjuntos utilizados para verificaciones periódicas de unidades.



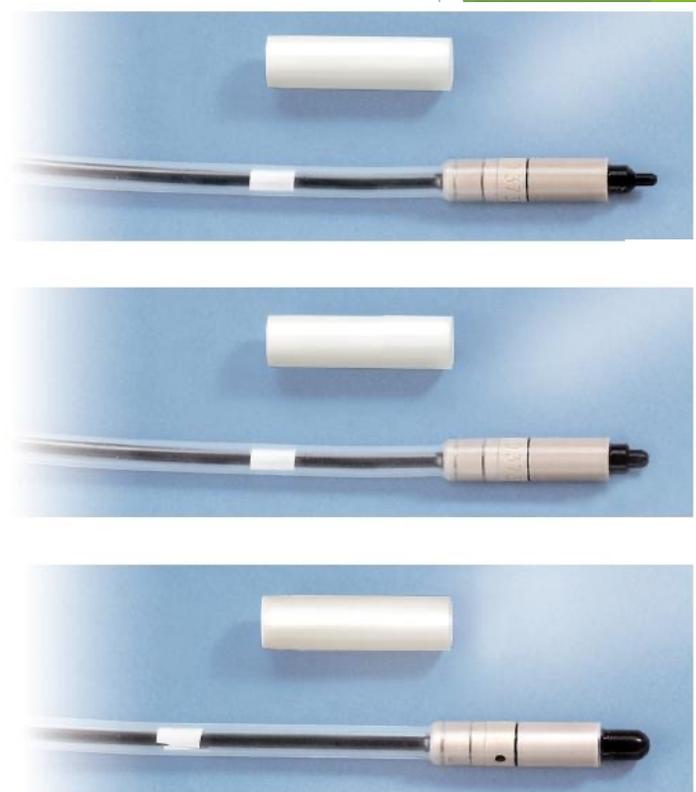


# CÁMARAS DE IONIZACIÓN

El tipo de cámaras depende directamente del **uso a que se van a dedicar.**

Es decir que tipo de

- Radiación
- Energía
- tasa de dosis
- situaciones geométricas respecto al eje del haz
- etc.



Así como del tipo de **maniqués** en que se van a utilizar.

# CÁMARAS DE IONIZACIÓN

## Protocolo IAEA TRS 398

- Recomienda un conjunto de cámaras
- Da datos específicos de ellas

tanto

- Cilíndricas
- Plano-paralelas

para → **dosimetría absoluta de los haces de radiación.**



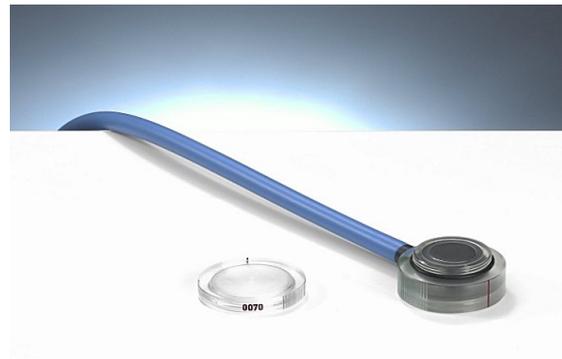
# CÁMARAS DE IONIZACIÓN

Cámaras de ionización de diferentes tamaños y características

**Tipo dedal/farmer**



**Plano paralelas**



**Microcámaras**



Impermeables o No Impermeables → Fundas abiertas al aire

# CÁMARAS DE IONIZACIÓN

---

## CALIBRACIÓN E INTERCOMPARACIÓN

El conjunto de cámara electrómetro de referencia deberá estar calibrado frente a un **patrón nacional en un Centro Oficial de Metrología.**

Se recomienda que la referencia local sea recalibrada **bianualmente.**

# CÁMARAS DE IONIZACIÓN

---

## **RESTO DE DISPOSITIVOS:**

Intercomparar y contrastar de forma rutinaria con el estándar calibrado en el laboratorio oficial.

En el programa de garantía de calidad es necesario establecer:

- **los procedimientos,**
  - **un calendario de controles de calidad**
  - **y tolerancias asociadas a los diferentes parámetros.**
- **Se recomienda que la cámara de ionización utilizada como instrumento de campo sea verificada anualmente, y que la constancia de su factor de calibración, deducido de la comparación con la referencia local, sea mejor que el 1%.**

# CÁMARAS DE IONIZACIÓN

---

## MÉTODOS FUNDAMENTALES DE COMPARACIÓN

- **‘Tip a Tip’:**

Cámaras de **diseño similar**,  
expuestas a un haz con **buena uniformidad radial**,  
pero que pueda presentar fluctuaciones temporales

- **Sustitución:**

Cámaras **diferentes en tamaño**,  
cuando se emplee un haz con cierta **no uniformidad radial**,  
con pequeñas fluctuaciones temporales.

# CÁMARAS DE IONIZACIÓN Pruebas de control de calidad

Prueba	Tolerancia	Acción	Sistema	Cuándo
<b>Radiografía</b>	<b>Caracterizar</b>		<b>Dosimetría de referencia: Estándar secundario Estándar de campo</b>	<b>Uso Inicial Tras reparación</b>
<b>Efecto tallo</b>	<b>0.5%</b>	<b>1.0%</b>	<b>Dosimetría de referencia: Estándar secundario Estándar de campo</b>	<b>Uso Inicial Tras Calibración Tras reparación</b>
<b>Eficiencia de colección de iones</b>	<b>Caracterizar</b>		<b>Dosimetría de referencia: Estándar secundario Estándar de campo</b>	<b>Uso Inicial Tras Calibración Tras reparación</b>
<b>Linealidad</b>	<b>0.5%</b>	<b>1.0%</b>	<b>Dosimetría de referencia: Estándar secundario Estándar de campo</b>	<b>Uso Inicial Tras Calibración Tras reparación</b>
<b>Fugas</b>	<b>0.1%</b>	<b>0.2%</b>	<b>Dosimetría de referencia: Estándar secundario Estándar de campo</b>	<b>Uso Inicial Tras Calibración Tras reparación</b>
<b>Reproducibilidad de la tensión de colección</b>	<b>1.0%</b>	<b>2.0%</b>	<b>Dosimetría de referencia: Estándar secundario Estándar de campo</b>	<b>Uso Inicial Tras Calibración Tras reparación</b>
			<b>Estándar de campo</b>	<b>Semestral</b>

# CÁMARAS DE IONIZACIÓN Pruebas de control de calidad

Prueba	Tolerancia	Acción	Sistema	Cuándo
Reproductibilidad	0.2%	0.5%	Dosimetría de referencia: Estándar secundario	En cada Uso
			Estándar de campo	Semestral
Calibración de los estándares en el laboratorio de metrología	Caracterizar		Dosimetría de referencia: Estándar secundario	4 años o según indicado por fabricante o laboratorio de metrología  IAEA TedDoc 1151 : BIANUAL
Intercomparación	Caracterizar		Dosimetría de referencia: Estándar de campo	Uso Inicial Tras reparación ANUAL
Estabilidad frente a una fuente radiactiva	Caracterizar		Dosimetría de referencia: Estándar de campo	Uso Inicial Tras reparación TRIMESTRAL

# CÁMARAS DE IONIZACIÓN

---

**Pruebas de control de calidad.**

**Lectura detallada de  
Manuales de instrucciones  
del conjunto  
Cámara-Electrómetro.**

# CÁMARAS DE IONIZACIÓN

---

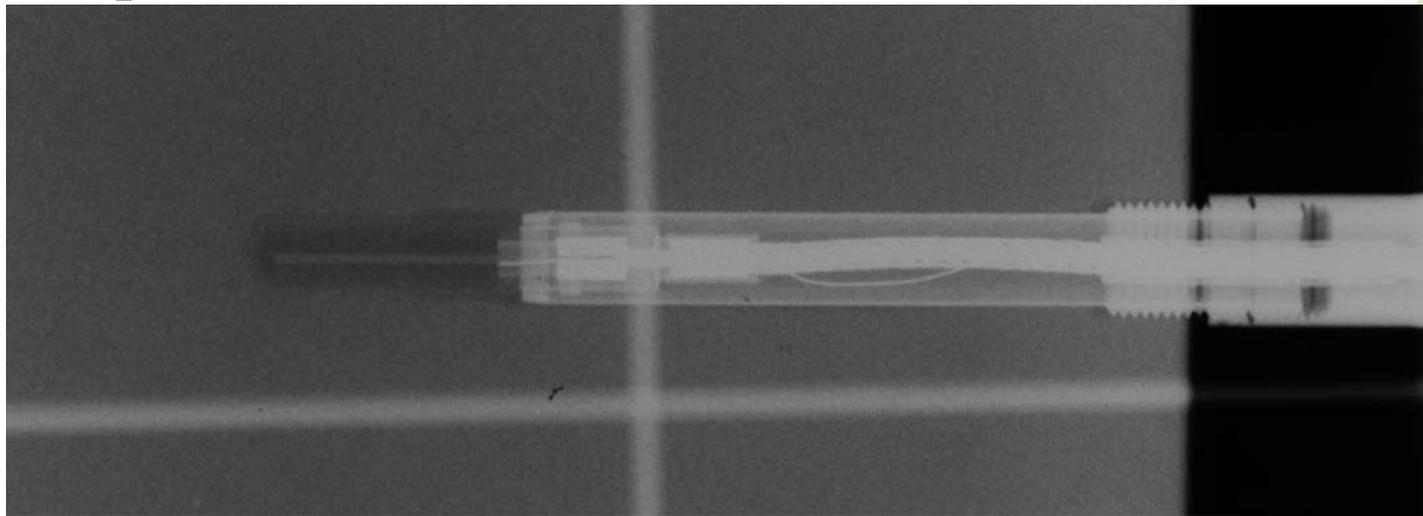
## Pruebas de control de calidad. Control Radiográfico.

Debe verificarse la integridad y uniformidad exterior del material de la cámara.

Es conveniente realizar una radiografía de la cámara.

Técnica:

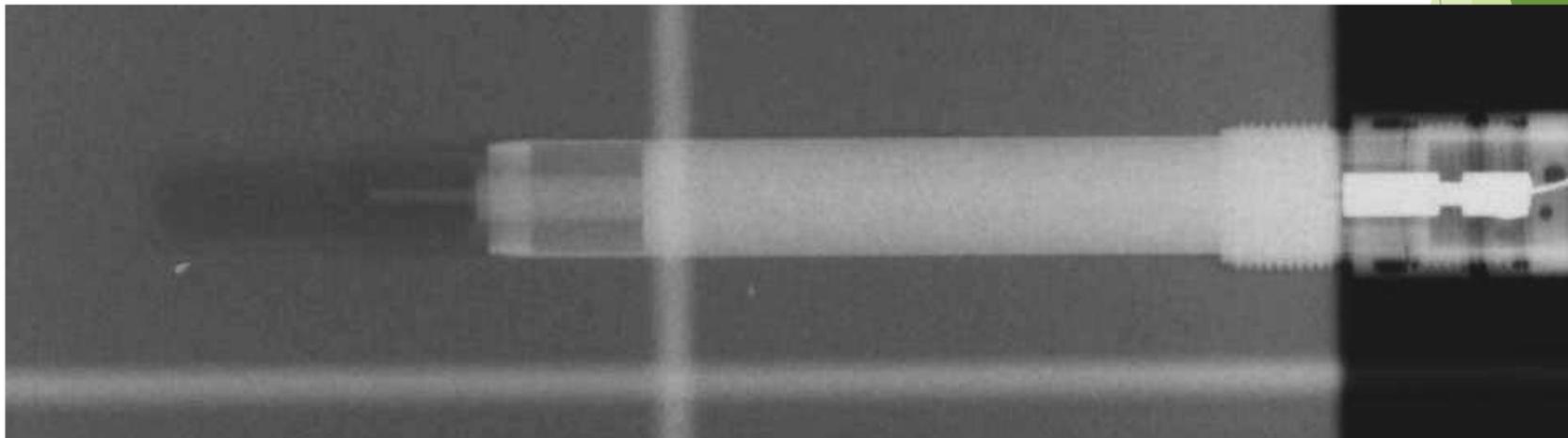
- Filtro de 0.2 mm de Cu a la salida del tubo, y
- Emplear 70-80 kV con 5 mAs.



# CÁMARAS DE IONIZACIÓN

## Pruebas de control de calidad. Control Radiográfico.

Prueba	Objetivo	Sistema	Cuándo
Radiografía	Caracterizar	Dosimetría de referencia: Estándar secundario Estándar de campo	Uso Inicial Tras reparación



# CÁMARAS DE IONIZACIÓN

## CORRIENTE DE FUGA

- Se colecta una carga significativa en el rango más sensible del electrómetro.
- Sin detener el proceso de colección se retira la cámara del campo de radiación y se deja un tiempo suficientemente largo para evaluar posibles fugas (30 min. a 1 hora).
- Variación de carga dividida por el tiempo transcurrido después de retirar la cámara:

$$I_{\text{fuga}} = (Q_{\text{final}} - Q_{\text{inicial}}) / t_{\text{descarga}}$$

# CÁMARAS DE IONIZACIÓN

## CHEQUEOS DE CONSTANCIA

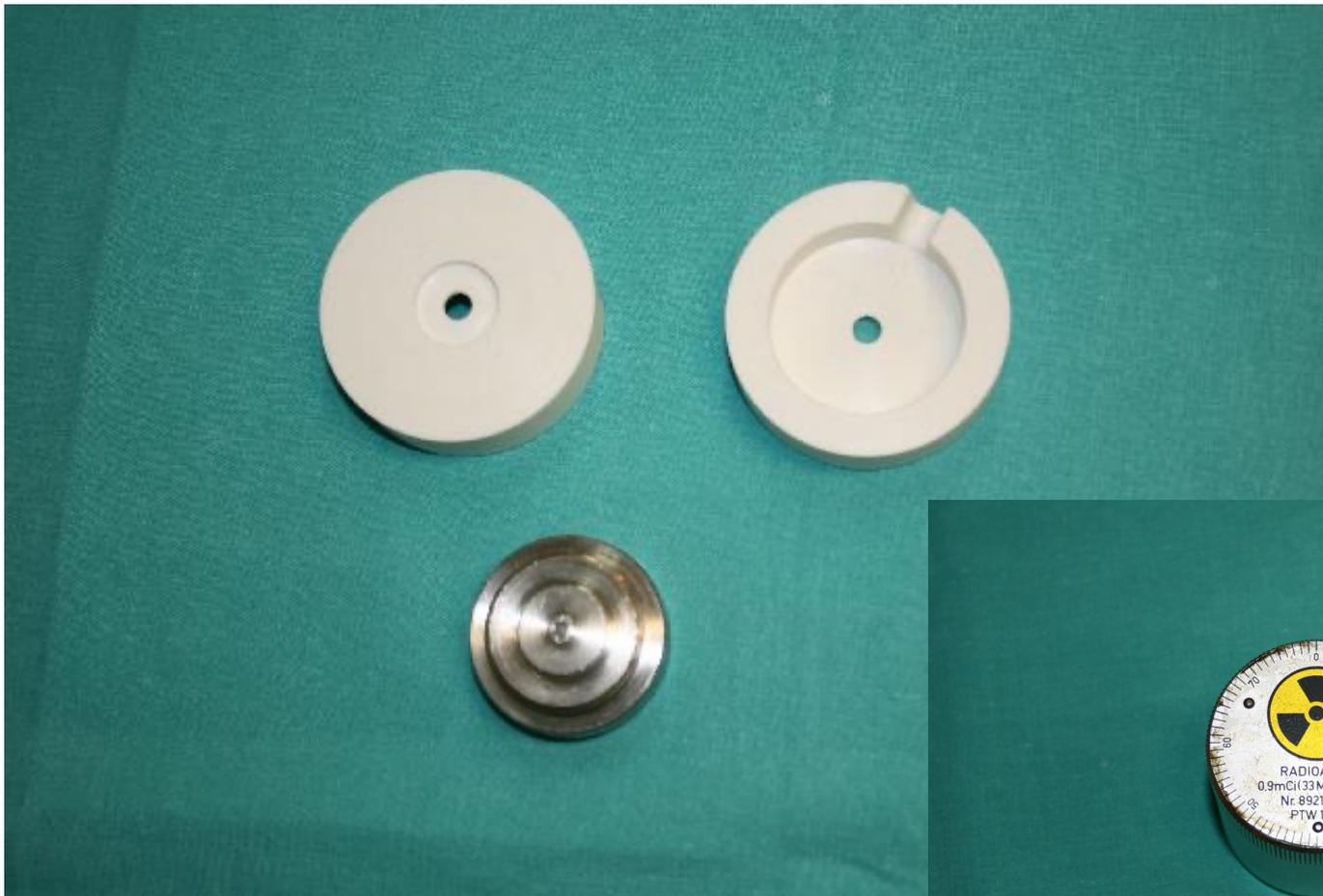
### **Estabilidad frente a una fuente radiactiva.**



- Para esto se recomienda el empleo de fuentes de periodo largo, preferiblemente  $^{90}\text{Sr}$ .
- El inserto para colocar la cámara en la fuente debe garantizar una elevada reproducibilidad ( $< 0.5\%$ ).
- La resolución de la lectura debería ser mejor que  $0.1\%$ .
- Es recomendable que se pueda medir la temperatura en el interior del contenedor de la fuente.

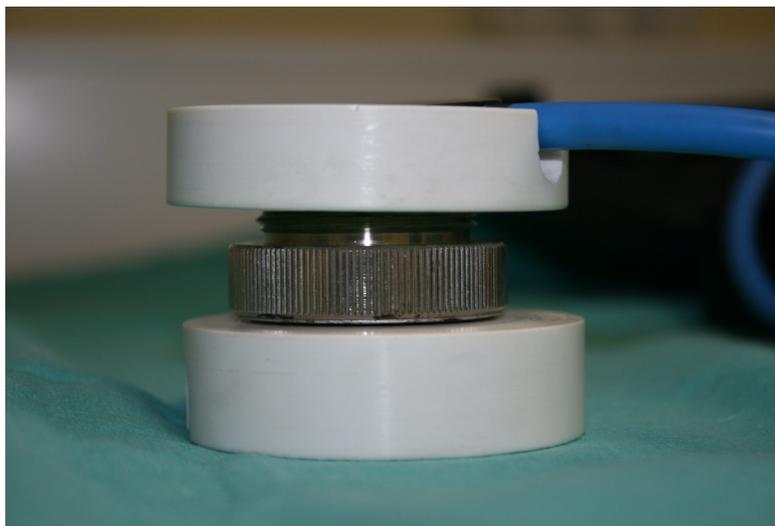
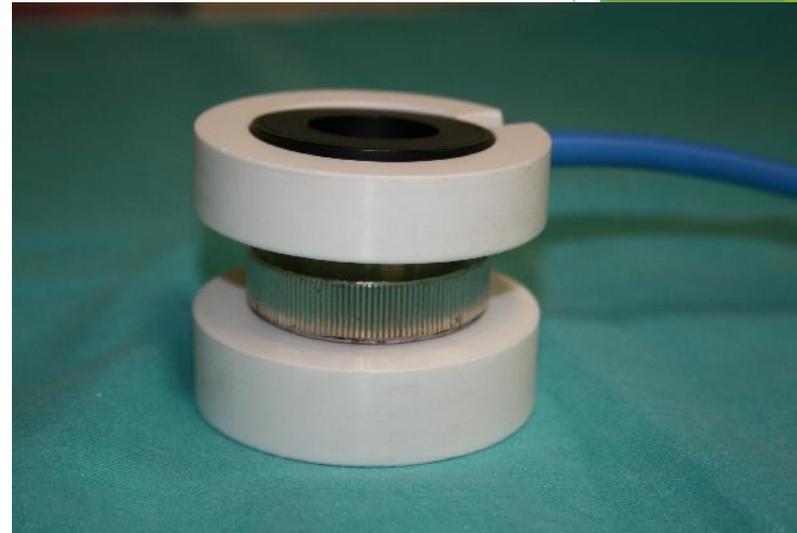
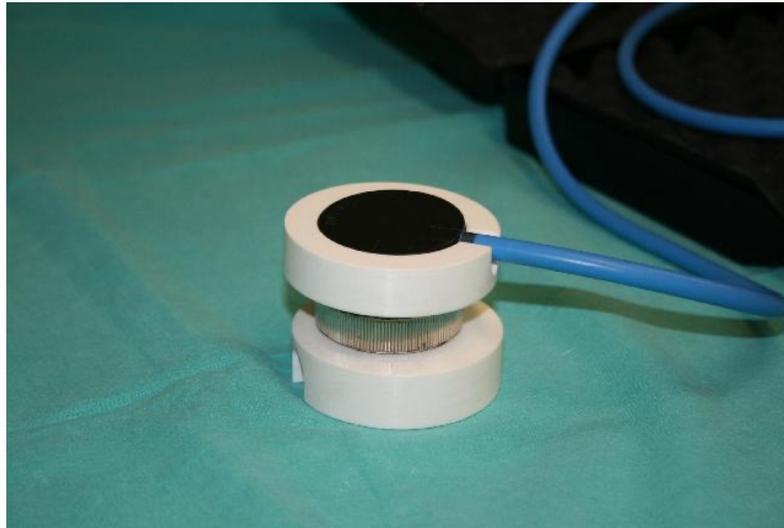
# CÁMARAS DE IONIZACIÓN

## Chequeos de constancia: Cámaras Planas



# CÁMARAS DE IONIZACIÓN

## Chequeos de constancia: Cámaras Planas



# CÁMARAS DE IONIZACIÓN

## Chequeos de constancia: Cámaras tipo Farmer





# CÁMARAS DE IONIZACIÓN

## CONTROL DEL DOSE-DOSE RATE METER TYPE 2020

FECHA:

CONECTAR EL INSTRUMENTO 5 MINUTOS ANTES DE EMPEZAR LAS COMPROBACIONES.

Seleccionar MODE: CHARGE  
RANGE: LOW

- Chequeo del Voltaje:  
FUNCTION – HV: Debe indicar:  $380 \pm IV$  INDICACION.....V
- Chequeo del cero del voltage  
FUNCTION – W ZERO: Debe indicar:  $0 \pm 000.1$  Debe ajustarse?:
- Chequeo de la intensidad  
Function – I Zero: Debe indicar  $0 \pm 00.001$  Debe ajustarse?:

### 4. Fugas

FUNCTION – MEASURE

a) Anotar:

	Sin cámara	Con cámara
Carga (nC) inicial a los 5 s	$Q_5 =$	

Carga (nC) final (procurar a los 500s)	$Q_f =$	
--	---------	--

Tiempo (s) transcurrido:	$t =$	
--------------------------	-------	--

b) Calcular:

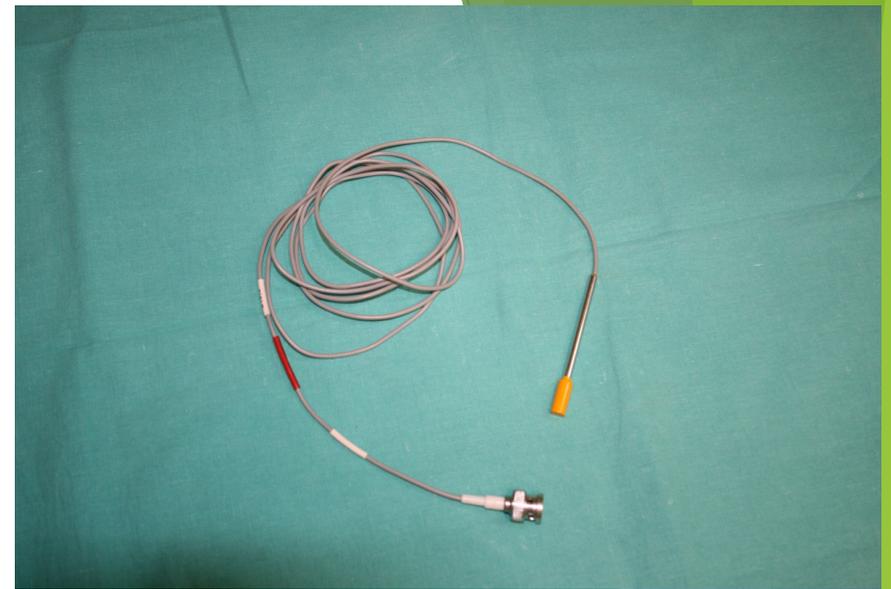
$$IL = \frac{Q_f - Q_5}{t - 5} \cdot 10^{-9}$$

	IL =	
--	------	--

Debe ser  $I_L < \pm 3 \times 10^{-14} A$

CORRECTO (S, N)?

# DIODOS



- Más sensibles
- Más pequeños de tamaño ( $<$  cámaras de ionización)
- Dosimetría relativa
- No deben ser utilizados para la calibración de haces
- Tienen cambios en la sensibilidad con el uso repetido debido al deterioro producido en ellos por la radiación.

# DIODOS



- Son particularmente útiles para la medida de:
  - **Campos pequeños** usados en radiocirugía
  - En las **zonas de alto gradiente** de dosis tales como la región de penumbra.
  - Rendimientos en profundidad.
- Para su uso en cubas de agua, se impermeabilizan.

# DIODOS

## Ventaja de los diodos



Los valores obtenidos son **directamente la distribución de la dosis**, en contraste con las cámaras de ionización que miden curvas de distribuciones de ionización.

Los diodos son ampliamente utilizados en

- Dosimetría *in vivo* en pacientes:
  - Sobre la superficie o
  - en cavidades (vejiga o recto).

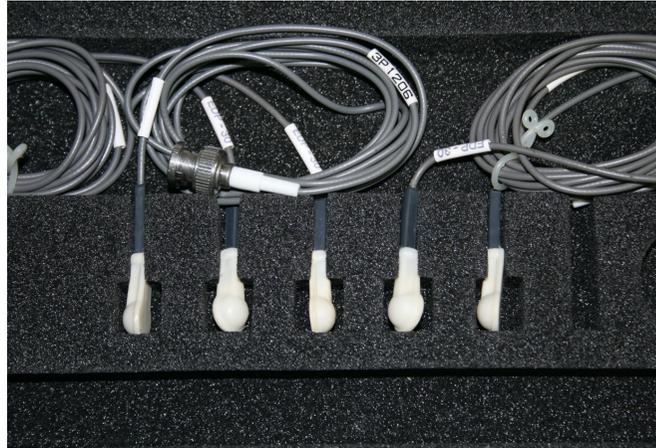
# DIODOS

## Diodos dosimetría *in vivo*



- Elegir aquellos que tengan un espesor de acumulación adecuado al tipo y energía del haz utilizado.
- **Tienen que ser calibrados.**
- La sensibilidad de los diodos depende de su historial de radiación,  
→ la calibración tiene que ser repetida periódicamente.

# DIODOS



- Presentan variación en su respuesta a la dosis con:
  - **La temperatura** (particularmente importante para tratamientos largos),
  - **La tasa de dosis** (hay que tener en cuenta las diferentes distancias fuente-piel)
  - Tienen **dependencia angular** con la energía

# DIODOS

## Prueba

Calibración

Linealidad

Dependencia con la tasa de dosis

Dependencia con la radiación y con la energía

Dependencia angular

Dependencia con la temperatura

Estabilidad térmica con la temperatura ambiente

## Tolerancia

Caracterizar

Caracterizar

Caracterizar

Caracterizar

Caracterizar

Caracterizar

## Sistema

Diodos

Diodos

Diodos

Diodos

Diodos

Diodos

Diodos

## Cuándo

Uso Inicial  
Tras reparación

Uso Inicial  
Tras reparación

Uso Inicial  
Tras reparación  
Cada 10 Gy o  
criterio específico

Uso Inicial  
Tras reparación  
Cada 10 Gy o  
criterio específico

Uso Inicial  
Tras reparación

Uso Inicial  
Tras reparación

En cada uso

# MOSFET

Transistor de óxido metálico de efecto de campo (MOSFET)

- Es un transistor miniatura de silicio (semiconductor)
- Son de tamaño pequeño incluso comparado con los diodos
- Se usan en:
  - Medidas superficiales de dosis
  - Radiocirugía
  - Dosimetría in vivo
  - Braquiterapia

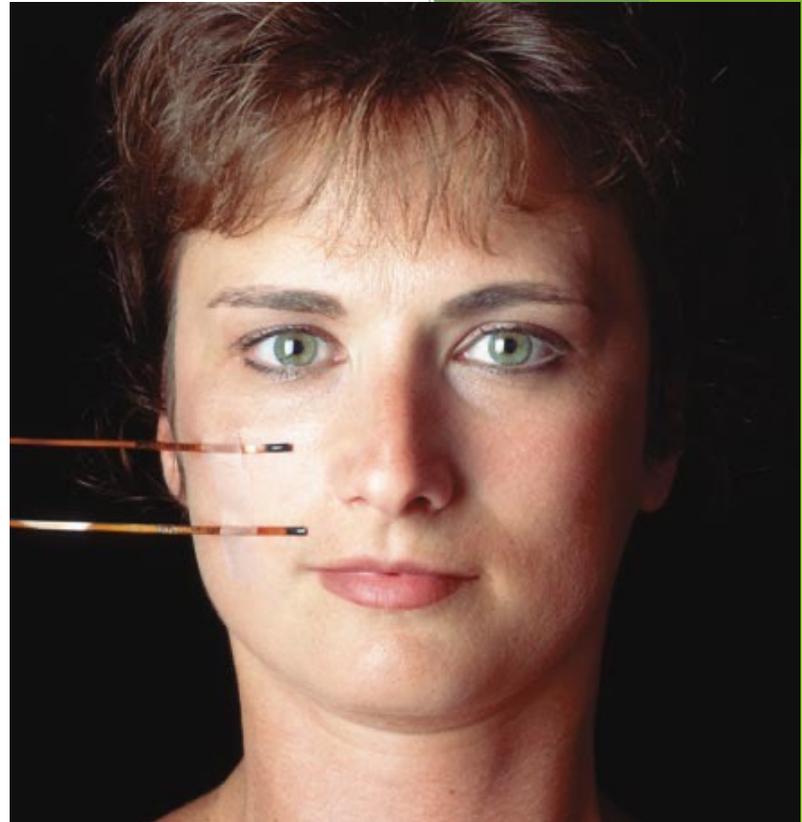
# MOSFET



- **Pequeño tamaño** → su presencia atenúa poco el haz de radiación
- Un solo dosímetro puede cubrir **amplio espectro de energías** de fotones y de electrones
- **Dependencia de la respuesta con la energía** → debe ser caracterizada para cada tipo y energía del haz

# MOSFET

- Dependencia con la **temperatura**



- La linealidad en la respuesta depende de la dosis total absorbida por el detector → controles periódicos de su respuesta.

# TLD

## Usos en radioterapia externa:

- Dosimetría *in vivo* en pacientes:
  - Geometrías complicadas.
  - Irradiación de cuerpo entero.
- Verificación de técnicas de tratamiento en maniqués antropomórficos.
- Dosimetría portal e intercomparaciones entre centros.



# TLD

**Prueba**

**Tolerancia**

**Sistema**

**Cuándo**

**Calibración**

**Caracterizar**

**Termoluminiscencia**

**Uso Inicial**

**Linealidad o  
Supraliencalidad**

**Caracterizar**

**Termoluminiscencia**

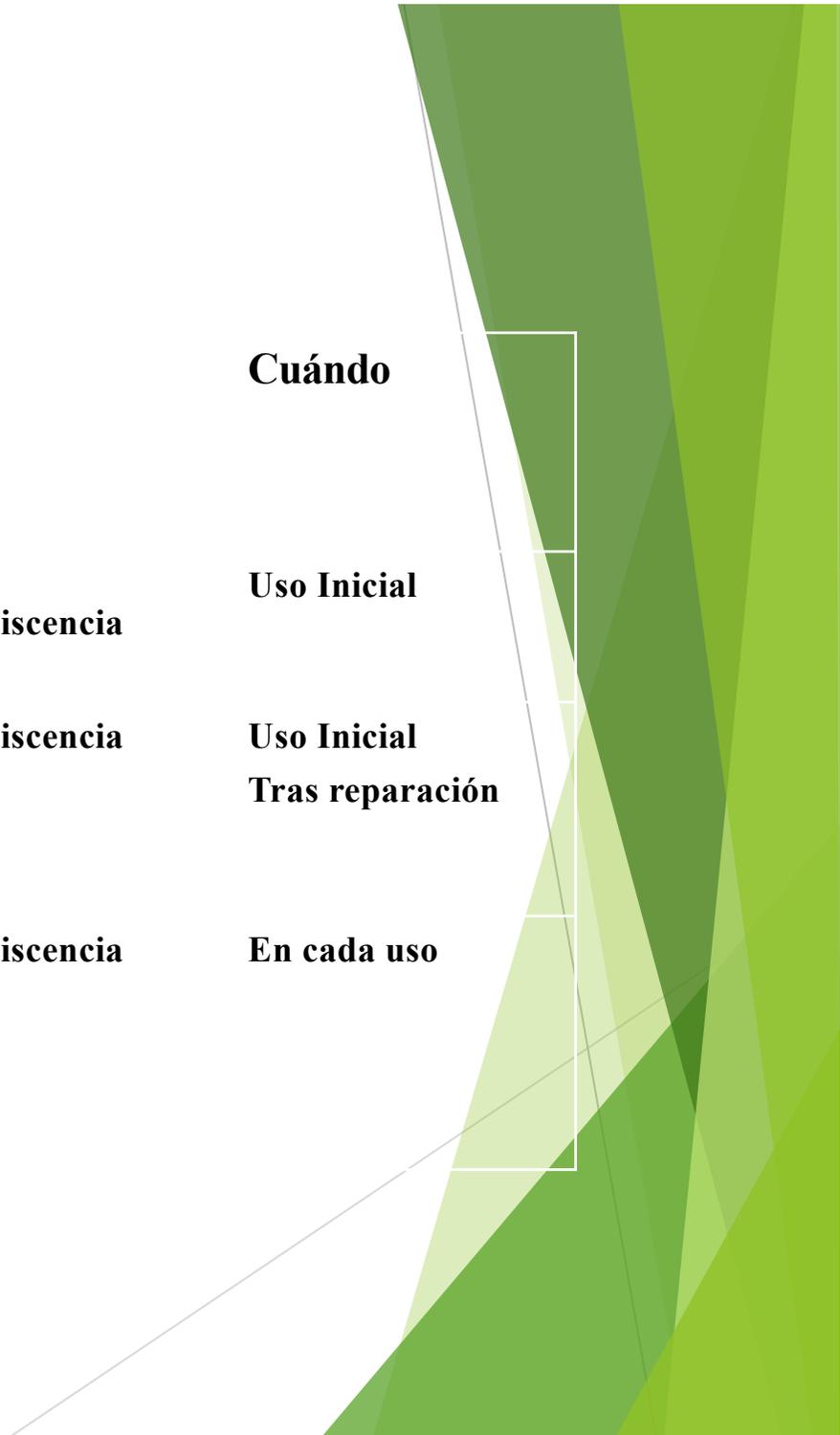
**Uso Inicial  
Tras reparación**

**Calibración individual de  
cada elemento**

**Caracterizar**

**Termoluminiscencia**

**En cada uso**



## DETECTORES DE DIAMANTE

- Dependencia insignificante con la temperatura
- Es impermeable y puede ser utilizado para las medidas en un maniquí del agua.
- Son adecuados en regiones de alto gradiente de dosis, como ocurre en técnicas de radiocirugía, IMRT, etc..
- Están diseñados para medir distribuciones relativas de dosis en haces de fotones y haces de electrones de alta energía.



## DETECTORES DE DIAMANTE



- Para estabilizar su respuesta, se deben irradiar antes de cada uso para reducir el efecto de la polarización.
- Tienen una cierta dependencia con la tasa de dosis lo que trae consigo tener que realizar **algunas correcciones a la media.**

# CABLES Y CONECTORES

## Cables

- Evitar curvaturas forzadas
- No pisarlo ni forzar al recogerlo
- No forzar ni girar el cable en las proximidades de un conector
- No someterlo a tensiones longitudinales ni torsiones.
- Caso de utilizar cables prolongadores es conveniente revisarlos y verificar ausencia de corrientes de fuga, etc.



# CABLES Y CONECTORES

## Conectores



- Deben conservarse limpios de polvo
- Preservarlos de la humedad.
- Se recomienda utilizar tapones durante su almacenamiento

# MANIQUIES



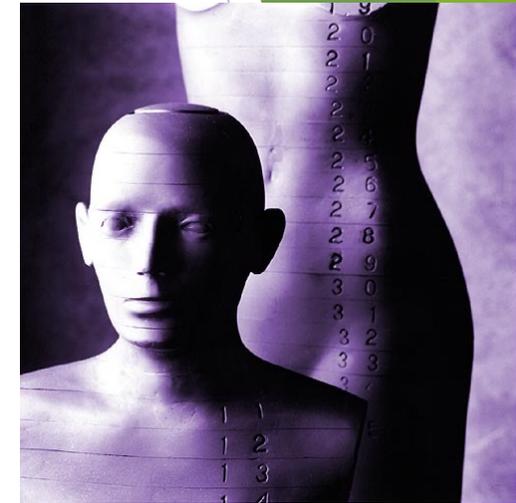
¿Qué se entiende por maniquí?

Aquel material y estructura que tiene las **mismas propiedades**, o lo mas equivalente posible, a un paciente desde el punto de vista de la **absorción y dispersión de la radiación**.

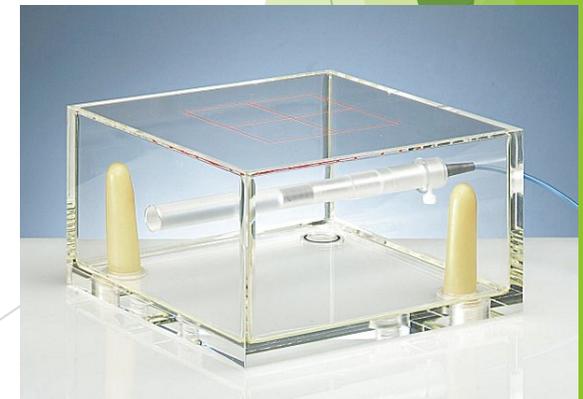
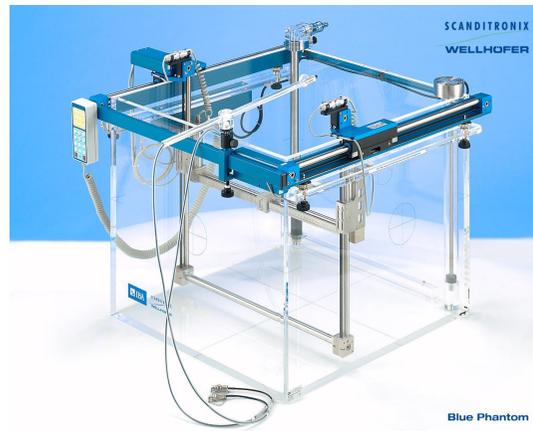
# MANIQUES: MATERIAL Y GEOMETRÍA

## Tipos de maniqués:

### Maniqués Sólidos



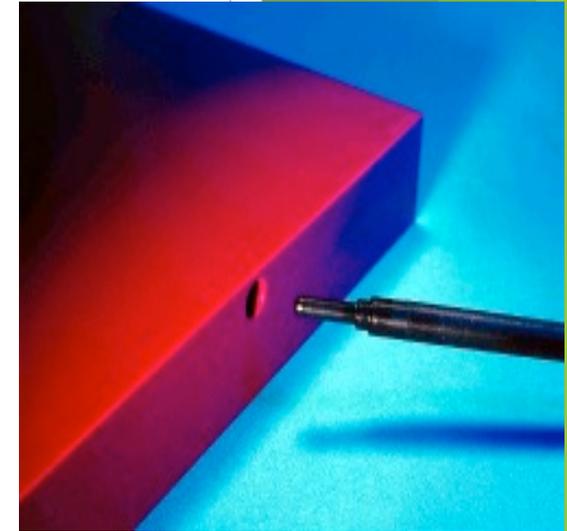
### Maniqués Líquidos



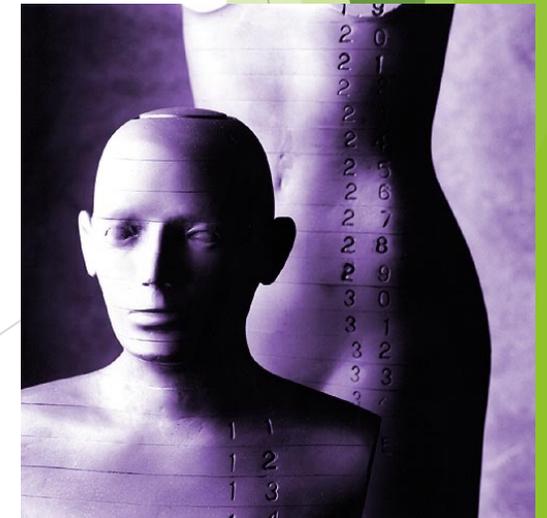
# MANIQUES: MATERIAL Y GEOMETRÍA

## Tipos de maniqués:

### Maniqués geométricos



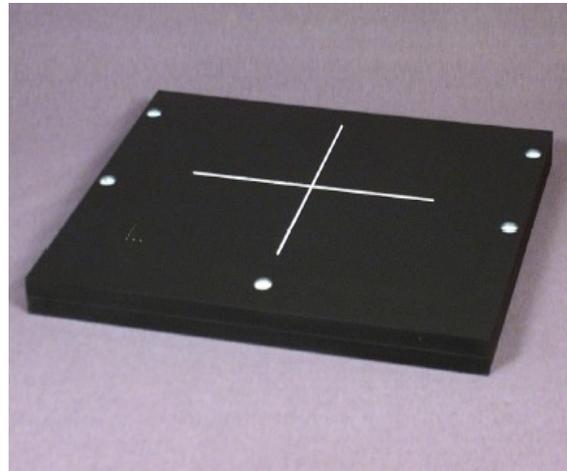
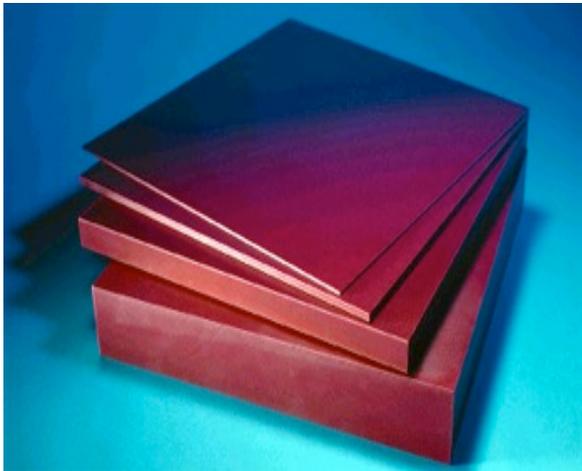
### Maniqués antropomórficos



# MANIQUES: MATERIAL Y GEOMETRÍA

## Maniqués geométricos

**Permiten reducir a geometrías sencillas la complejidad de la anatomía humana.**



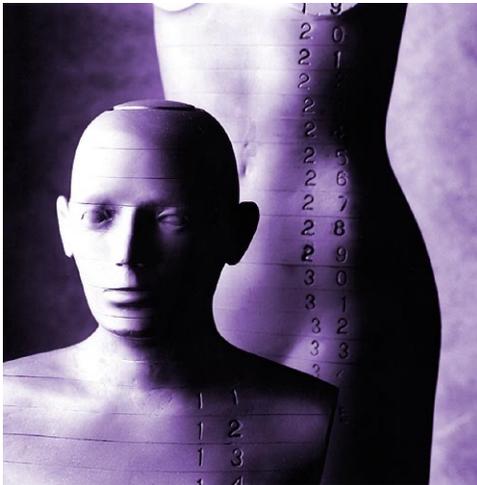
# MANIQUES: MATERIAL Y GEOMETRÍA

## Maniqués antropomórficos.

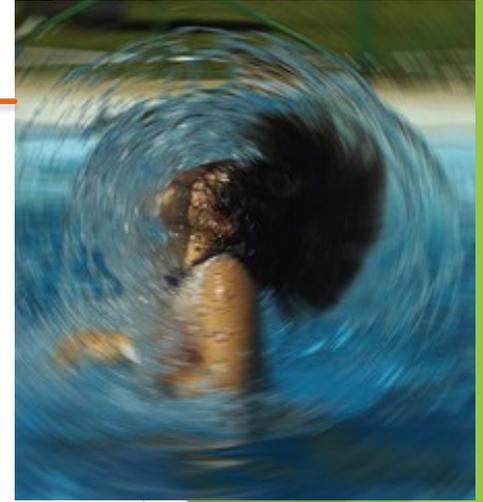
**Propiedades dosimétricas** → lo más equivalente posible a las de los diferentes tejidos humanos

### Ventajas:

- Reproducen la forma de los tejidos humanos.
- Se utilizan para determinaciones muy específicas con ciertos tipos de radiación y energía



# MANIQUES: MATERIAL Y GEOMETRÍA



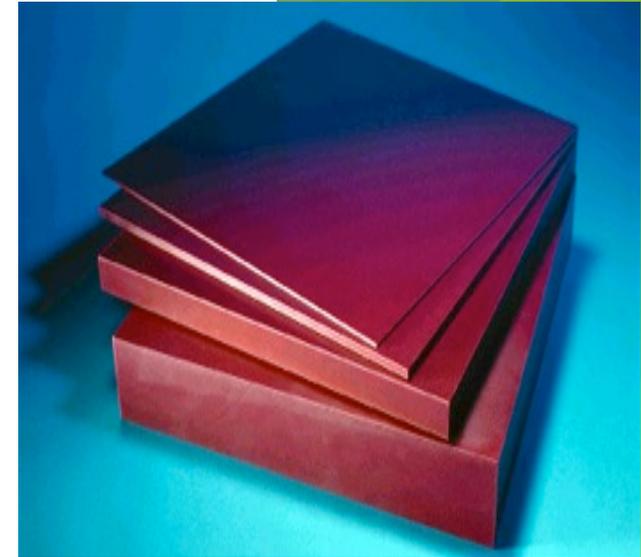
## MANIQUÍ UNIVERSAL → AGUA

- Recomendada por la IAEA (TRS-398)
  - **Medio de referencia** para la medida de la dosis absorbida
  - Haces de electrones como de fotones.
- Formula química sencilla, transparente, líquida, barata y de fácil acceso.
- Es uno de los principales componentes del tejido humano
- Número atómico efectivo  $Z_{\text{eff}} = 7,51$
- Densidad másica ( $1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) muy próxima a la del cuerpo humano.

# MANIQUÍES SÓLIDOS

---

¿Cómo son los materiales utilizados como maniquíes para dosimetría en radioterapia?



Hay materiales tradicionales

- Poliestireno
- PMMA (perpex, o lucita son nombres comerciales registrados del PMMA)

Materiales “más” modernos

- agua sólida
- agua plástica
- agua virtual
- etc.

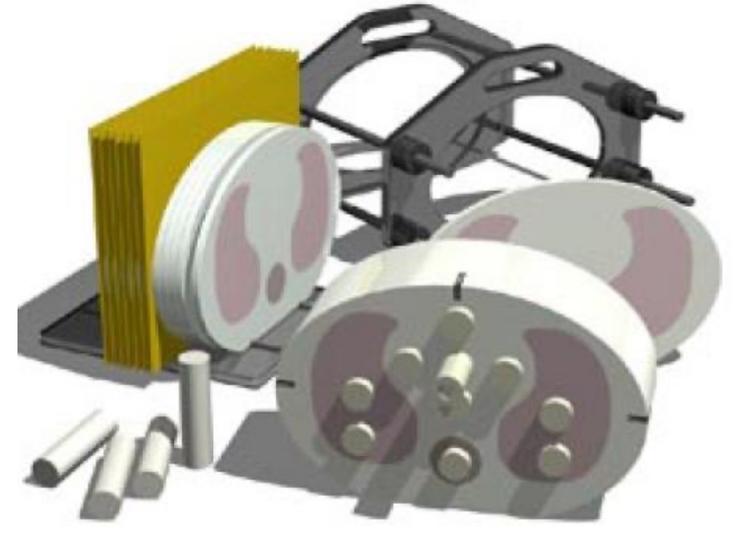
O materiales basados en resinas tipo epoxy.

# MANIQUÍES SÓLIDOS

---

Los parámetros físicos como

- Composición
- Densidad másica
- Densidad electrónica



De algunos materiales utilizados como maniqués sólidos equivalentes a:

- Agua
- Hueso
- Músculo
- Pulmón, etc.

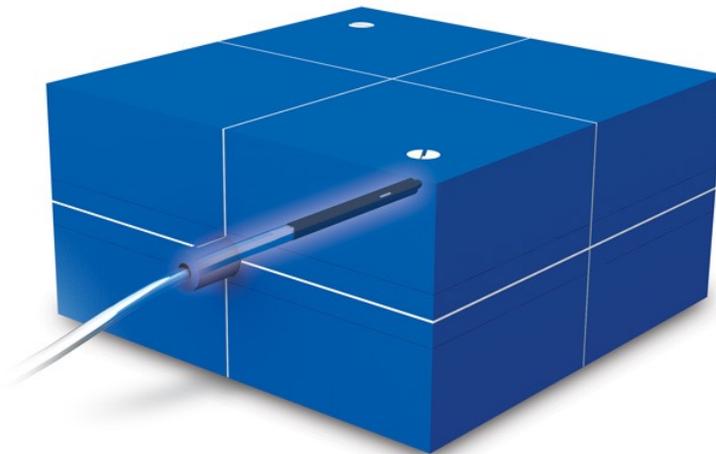
Y de algunos tejidos biológicos, **se encuentran tabulados**

# MANIQUÍES SÓLIDOS

---

Alternativa para chequeos rutinarios de **constancia** de

- Factores de calibración (dosis por unidad de monitor/tiempo)
- Energía
- Etc



# MANIQUÍES SÓLIDOS

---

## ¿Cómo son?

- Un conjunto de láminas
- Composición conocida equivalente al tejido a simular
- Diferentes espesores
- Normalmente de una superficie de unos 30x30 cm<sup>2</sup>
- Presenten un volumen de material dispersor suficiente para la mayoría de las situaciones y tamaños de campo utilizados en radioterapia.
- Tienen diferentes propiedades físicas y dosimétricas (según su composición).



# MANIQUÍES SÓLIDOS

---

## ¿Cómo son?

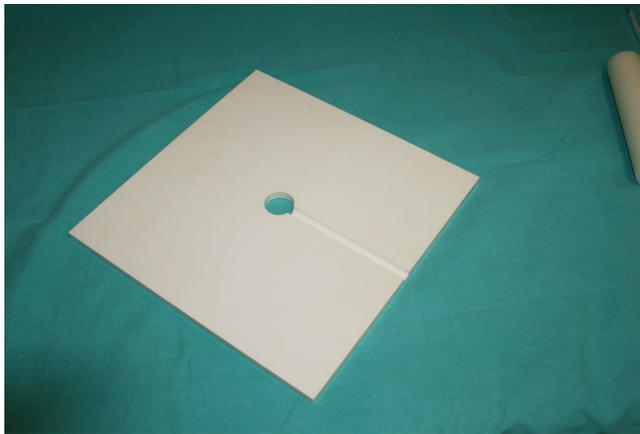
- Espesores de láminas ser 0.5, 1, 2, 5, 10 y 20 milímetros de grosor
- Con una combinación adecuada se puede realizar medidas de curvas de ionización en profundidad en incrementos de 0,5 ó 1 mm a cualquier profundidad.
- Espesor mínimo de 10 cm por debajo de la posición mas baja de la cámara → **Evitar la retrodispersión**



# MANIQUÍES SÓLIDOS

¿Cómo son?

- Alojamiento específico para el tipo de cámara a utilizar



Alojamiento para cámara plano - paralela

# MANIQUÍES SÓLIDOS

ANTES de medir con estos maniquíes

Es necesario :



- Contrastar la densidad del material y dimensiones de cada lámina frente a datos nominales.
- Valorar el número CT (relación de densidades electrónicas entre el material y el agua)
- Una valoración radiográfica de ausencia de burbujas y/o huecos
- Una intercomparación de los resultados dosimétricos de interés obtenidos con este tipo de maniquíes frente a los obtenidos con los maniquíes de agua en condiciones de referencia.

## MANIQUÍES SÓLIDOS: Aspectos a tener en cuenta

---

- Este tipo de materiales deben ser lo **suficientemente conductores para evitar la acumulación de carga eléctrica** cuando se realizan medidas de haces de electrones, pues afecta a la distribución de la fluencia de electrones y en definitiva al valor de la medida.
- Para reducir este efecto de acumulación de cargas, se recomienda que el espesor de las láminas no exceda de 2 cm.
- Es conveniente tener en cuenta la necesidad de equivalencia entre los materiales del maniquí y del detector, sobre todo en el caso de cámaras plano paralelas.

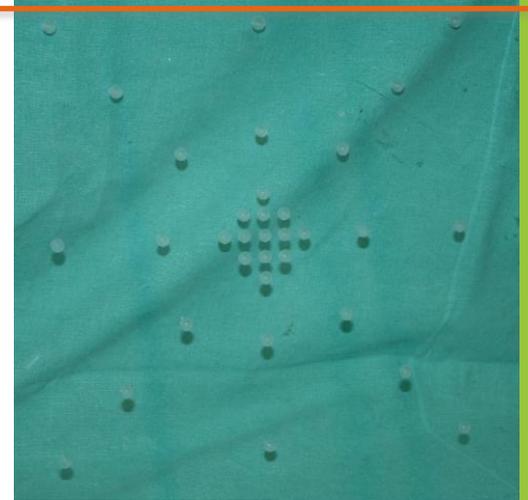
# MANIQUÍES SÓLIDOS

---

Otros maniquíes sólidos.

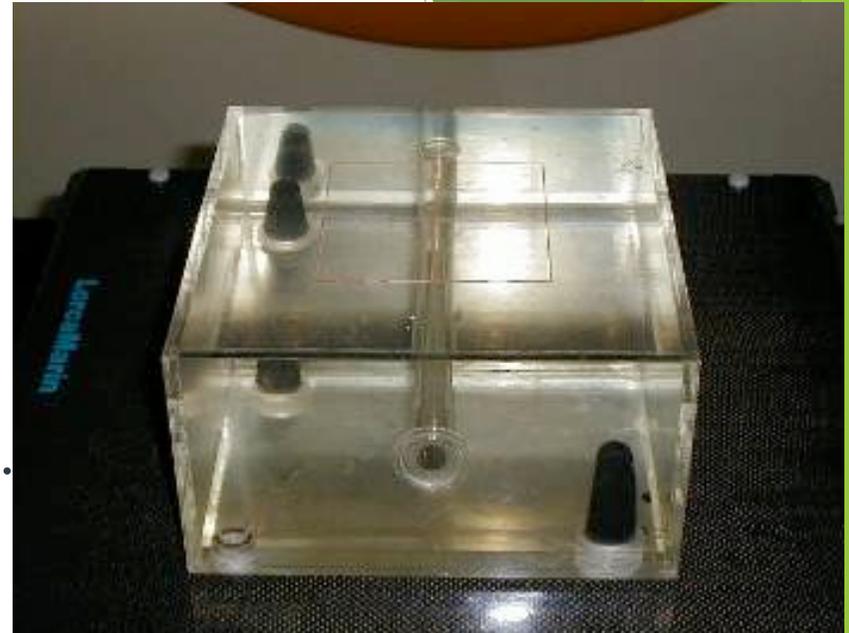
Aspectos a tener en cuenta.

- Láminas de geometría cilíndrica.
- Láminas específicas para alojar TLD (dosímetros de termoluminiscencia)
- Equivalencia de los materiales con los tejidos
- Manejabilidad
- Durabilidad
- Sistemas de sujeción de las láminas
- etc.



## MANIQUÍ DE AGUA SELLADO

- Recipiente de poliestireno o PMMA.
- Cerrado y lleno de agua.
- Con sistema para **inserción de cámara** normalmente de 0,6 cc.
- A una profundidad de 5, 7 ó 10 cm.
- El sistema de inserción de la cámara esta formado por una lámina  **fina de poliestireno** o PMMA



## MANIQUÍ DE AGUA SELLADO

Para facilitar la colocación del maniquí.

Normalmente en su superficie tiene grabado:

- **Un cuadrado correspondiente a campo de 10x10 cm<sup>2</sup>.**
- **Los ejes principales del haz**

**Si la profundidad del sistema de inserción no está a 10 cm, este tipo de maniquíes no son recomendables para dosimetría absoluta.**

Se pueden utilizar para medidas de constancia.



# MINIMANÍQUÍES

Medidas en aire, asegurar el equilibrio electrónico en la cavidad de la cámara.

Se pueden utilizar bien:

- **Capuchones de equilibrio**
- **Mini maniquí.**



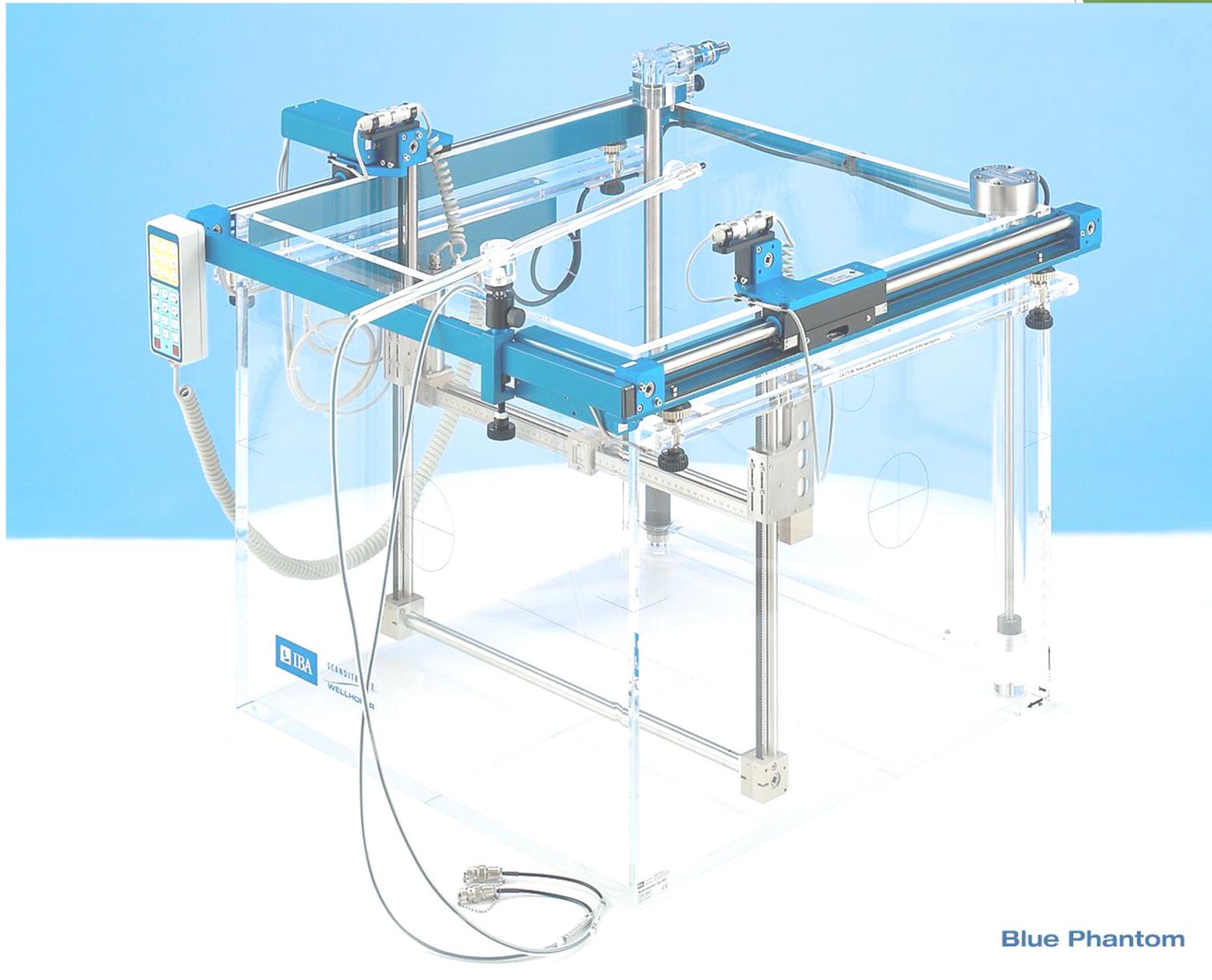


**SISTEMAS  
ANALIZADORES DEL HAZ  
(SAH)**

**Cubas de agua**



# SISTEMAS ANALIZADORES DEL HAZ



Blue Phantom

# SISTEMAS ANALIZADORES DEL HAZ

## Cubas de agua

Tanque de paredes de metacrilato o equivalente

Se rellena de agua, preferiblemente destilada

→ minimiza aparición de algas

Permiten, mediante un dispositivo, desplazar dentro de ella:

- Cámaras de ionización
- Diodos, etc

→ Se pueden realizar diferentes barridos a través de los haces de radiación.

Permiten **insertar matrices** (“arrays”) tanto de diodos como de cámaras → adquisiciones rápidas de datos de perfiles de haces.



# SAH Y CÁMARAS DE IONIZACIÓN

## Fundas de Cámaras: Requisitos de diseño:

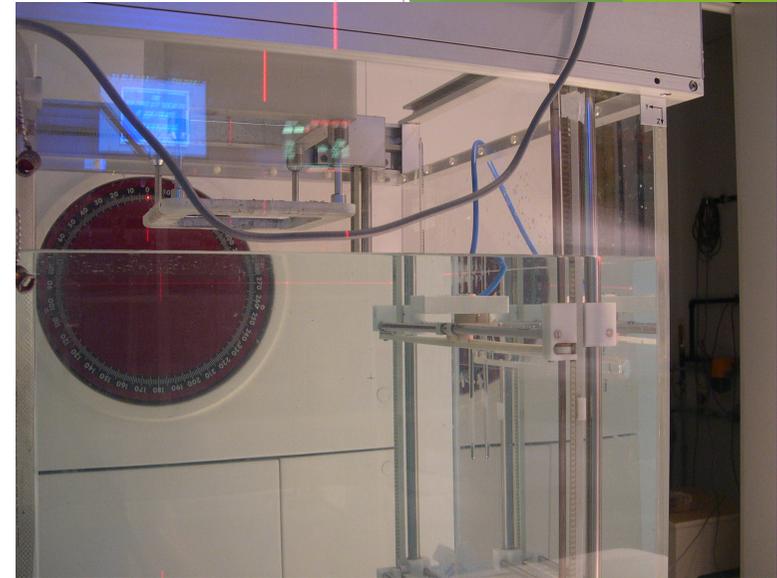
TRS-374 → funda de PMMA



- Con una **pared suficientemente fina**, grosor  $< 1$  mm, → **equilibrio térmico con agua del maniquí en  $t < 10$  minutos.**
- Debe permitir que la presión en el interior de la cámara se **equilibre rápidamente con la presión atmosférica ambiental.**
- Se admite una separación de 0,1 a 0,3 mm, entre el interior de la funda y el exterior de la pared de la cámara.

# SISTEMAS ANALIZADORES DEL HAZ

## CUBAS DE AGUA



Se les suele llamar:

- **Sistemas analizadores de haces de radiación (SAH) o**
- **Trazadores de isodosis.**

Es preferible un SAH **tridimensional** a un SAH de dos dimensiones

# SAH Y CÁMARAS DE IONIZACIÓN

## Cubas de agua y equipamiento asociado

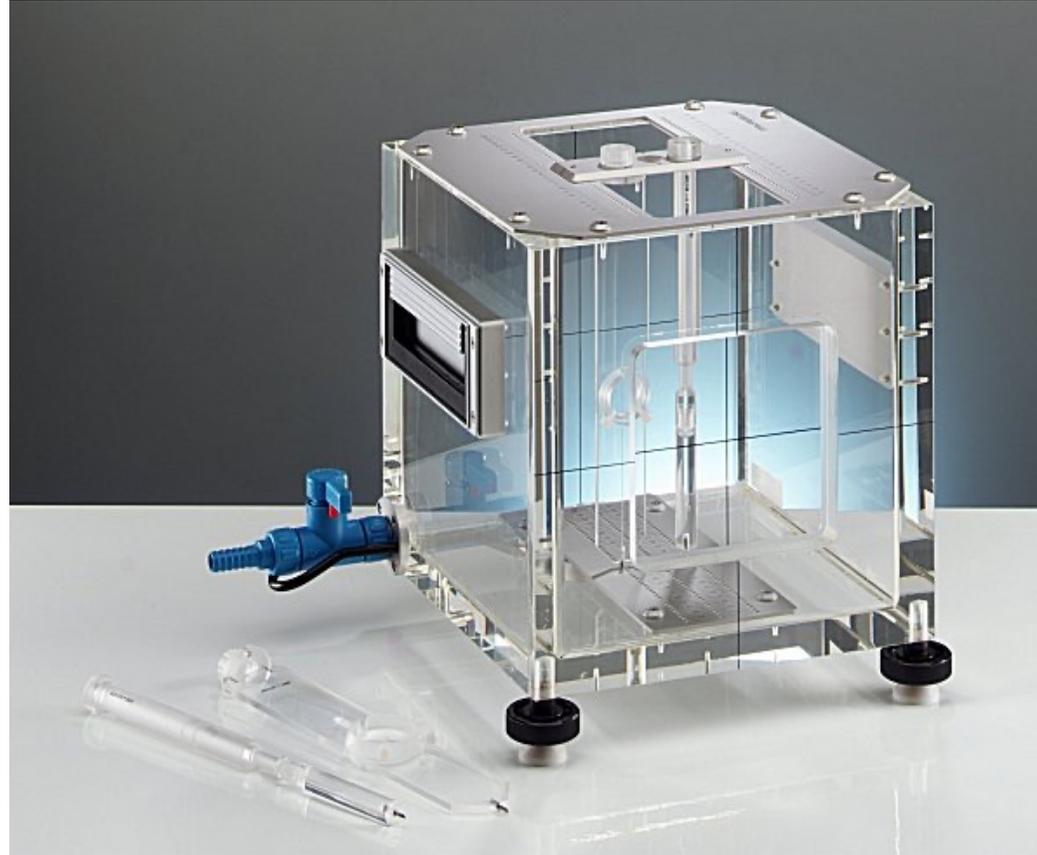


Un SAH es imprescindible para :

- **Calibración** de los haces suministrados por las unidades, en condiciones de referencia, **mediante el uso de cámaras calibradas en agua.**
- **Pruebas de aceptación** de una nueva unidad de tratamiento.
- **Obtención de datos** que caracterizan los haces de radiación como son:
  - **Distribución en el medio.**
  - **Factores campo de haces.**

# SISTEMAS ANALIZADORES DEL HAZ

## Cubas de agua y equipamiento asociado



Tamaño de la cuba:

**Como mínimo cubra con un margen de al menos 5 cm el mayor tamaño del haz a la profundidad de medida**

# SISTEMAS ANALIZADORES DEL HAZ

## Cubas de agua y equipamiento asociado

### Dispositivo de movimiento de detectores:

Es recomendable que

- **Sea tridimensional**
- **Se desplace al menos 50 centímetros en cada dimensión.**

El tanque de agua debe ser por lo menos entre **5 y 10 centímetros más grande que la exploración en cada dimensión** para asegurar el suficiente material dispersor cuando se realizan las medidas.

# SISTEMAS ANALIZADORES DEL HAZ

## Cubas de agua y equipamiento asociado

Antes de medir, la cuba se debe:

- **Llenar de agua**
- **Nivelar** → paralelismo y ortogonalidad entre
  - La superficie del agua y
  - Cualquier movimiento del detector en los planos principales.
- **Enrasar** la superficie del agua a la **distancia fuente superficie adecuada.**

## SISTEMAS ANALIZADORES DEL HAZ

Debe existir **equilibrio térmico** entre la temperatura de la sala de tratamiento y la del agua del SAH

Procurar **ubicarlo con anterioridad en la sala de tratamiento** donde se van a realizar las medidas.

Vigilar durante el tiempo que duran las medidas que el **nivel de agua no varíe**:

- por **evaporación** del agua
- por pérdida de agua por **capilaridad** a través del tubo de llenado.

# SISTEMAS ANALIZADORES DEL HAZ

Cuando se realizan **medidas dinámicas** de haces de aceleradores

- PDD
- TMR, TPR
- Perfiles, cuñas dinámicas
- etc.

Es necesario: **Detector de referencia externo.**

- ubicado de forma fija
- inmerso en el seno del haz de radiación

Se compara la señal de ambos detectores



# SISTEMAS ANALIZADORES DEL HAZ

¿Qué mas suele estar asociado?

## Opción TMR /TPR

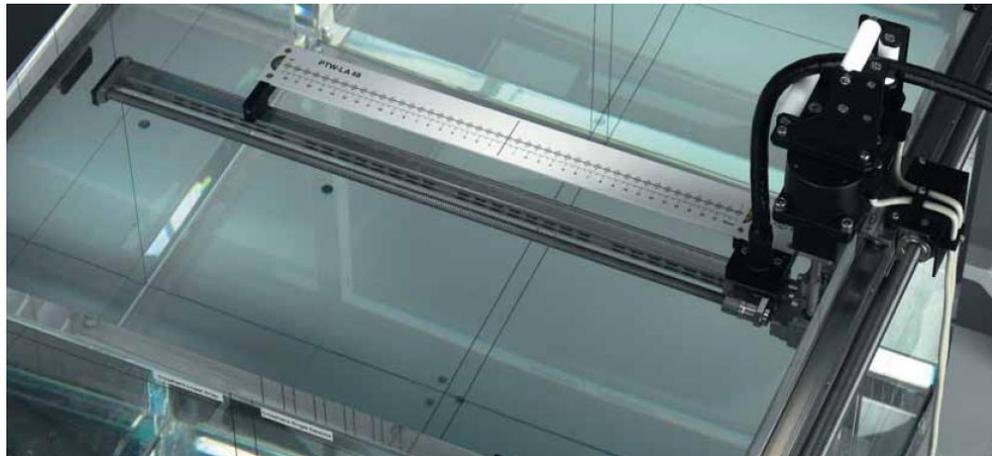
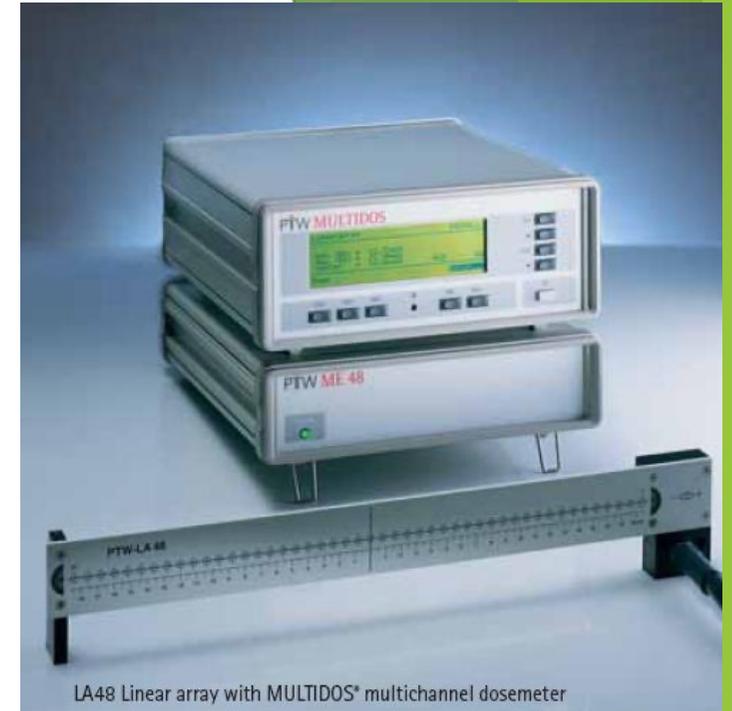
- La **posición del sistema de medida es fija.**
- Mientras se irradia, se puede ir **extrayendo el agua de la cuba** → el espesor del agua que hay por encima del sistema detector varía.
- **Para conocer en todo momento el espesor de agua** que hay encima del sistema de medida, se **introduce en el agua un transductor** que mide convenientemente el nivel del agua.

# SISTEMAS ANALIZADORES DEL HAZ

## Matrices (arrays) de diodos o cámaras

Se pueden fijar:

- **al cabezal de la unidad de tratamiento** → barridos de haces en cualquier angulación del brazo o colimador de la unidad.



## SAH. ASPECTOS A TENER EN CUENTA

Estos sistemas tienen **varios componentes**:

- Cuba o tanque de agua
- Sistemas de movimiento y control del mismo
- Sistemas de detección de nivel de agua
- Sistemas de sujeción de los detectores
- Electrómetro externo
- Unidad controladora del sistema
- Software de uso del sistema.

# PROGRAMA DE GARANTÍA DE CALIDAD

**Chequeos: inicial y periódico** (según programa de garantía de calidad)

Incluya como mínimo:

- **El control de movimientos :**
  - Precisión
  - Reproducibilidad
  - Ortogonalidad
- **La estabilidad del dispositivo que sujeta el detector a mover:** que no se mueva o caiga con tirones de cables, etc.,
- **Precisión como la reproducibilidad en el llenado y vaciado** al utilizar la opción TMR.

# PROGRAMA DE GARANTÍA DE CALIDAD

## Sistemas analizadores de haces.

- Revisiones periódicas visuales del tanque de agua
- Posibles **fugas** de agua
  - En las uniones de las paredes
  - En las ventanas, si las hay, protegidas por láminas finas de plástico.
- **No dejar el agua en el interior del tanque** → deformaciones en las paredes del mismo.

# PROGRAMA DE GARANTÍA DE CALIDAD

## Sistemas analizadores de haces.

Desde el punto de vista eléctrico y mecánico de los sistemas de movimiento de los detectores

### Verificar regularmente:

- **Engrase**
- **Precisión y suavidad de desplazamiento**
- **Ausencia de atascos o tirones sobre los detectores y sus sistemas de sujeción**
- **Revisión visual de la integridad de los detectores de radiación**

# PROGRAMA DE GARANTÍA DE CALIDAD

<b>Prueba</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Acción</b>	<b>Sistema</b>	<b>Cuándo</b>
<b>Inspección inicial general y visual</b>	Funcional		Analizadores de haces Componentes mecánicos	Uso Inicial Tras reparación En cada uso
<b>Sistema externo de movimiento de la cuba o tanque</b>	Funcional		Analizadores de haces Componentes mecánicos	Uso Inicial Tras reparación En cada uso
<b>Alineación</b>	Caracterizar		Analizadores de haces Componentes mecánicos	Uso Inicial Tras reparación
<b>Ortogonalidad</b>	Caracterizar		Analizadores de haces Componentes mecánicos	Uso Inicial Tras reparación
<b>Exactitud posicional</b> <b>Repetitibilidad</b>	1 mm	2 mm	Analizadores de haces Componentes mecánicos	Uso Inicial Tras reparación Anual

# PROGRAMA DE GARANTÍA DE CALIDAD

<b>Prueba</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Acción</b>	<b>Sistema</b>	<b>Cuándo</b>
<b>Verificación del software</b>			Analizadores de haces Adquisición/Análisis de resultados	Uso Inicial Tras reparación Tras cambio de versión
<b>Cálculos de la simetría/Planura</b>	1 %	2 %	Analizadores de haces Adquisición/Análisis de resultados	Uso Inicial Tras reparación
<b>Transformación de ionización a dosis</b>	1 %	2 %	Analizadores de haces Adquisición/Análisis de resultados	Uso Inicial Tras reparación
<b>Exactitud de salida de datos</b>	1 mm	2 mm	Analizadores de haces Adquisición/Análisis de resultados	Uso Inicial Tras reparación
<b>Concordancia con medidas discretas externas</b>	1.0 %	2 %	Analizadores de haces Adquisición/Análisis de resultados	Uso Inicial Tras reparación En cada caso

# OTROS SISTEMAS ANALIZADORES DE HACES

## Medidas de índice de calidad mediante matrices de diodos/cámaras

### Índice de calidad de un haz de radiación:

- $R_{50}$  en caso de electrones,
- $TPR_{20,10}$  en el caso de fotones.

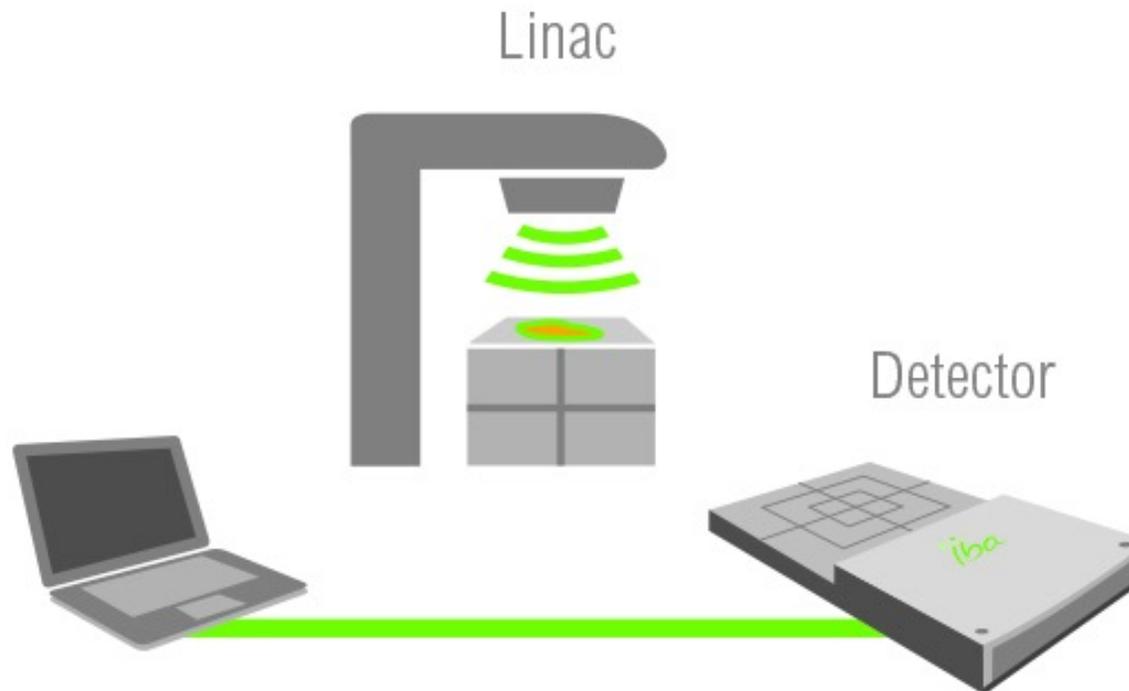
A partir de medidas ionométricas:

- necesaria en el momento de la aceptación de la unidad,
- costosa en tiempo y con sus correspondientes correcciones
- obtenidas con maniqués de agua.

## OTROS SISTEMAS ANALIZADORES DE HACES

- **Medidas de índice de calidad mediante matrices de diodos/cámaras**

Forma sencilla de verificar la constancia del índice de calidad de un haz.



# SISTEMAS DE MEDIDA DE CONSTANCIA DIARIA

## Diferentes sistemas

- Insertados en las ranuras del colimador
- Sobre la mesa de la unidad de tratamiento

Para realizar un **chequeo rápido y fiable** de

- La constancia de la energía
- Tasa de dosis
- Homogeneidad
- Simetría de haces.

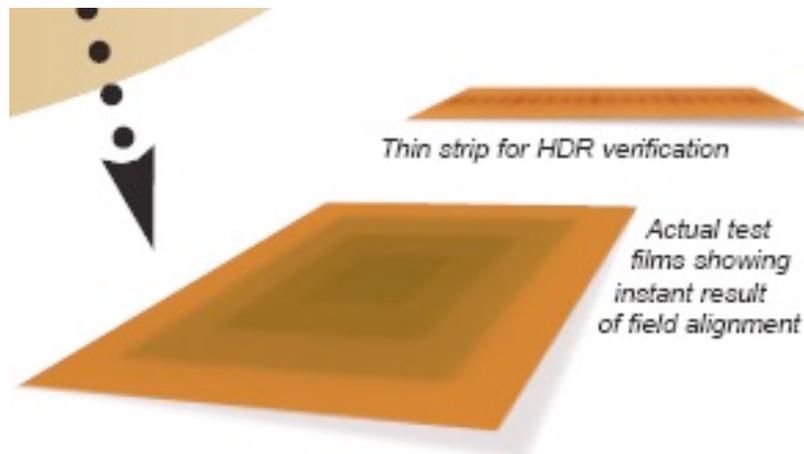
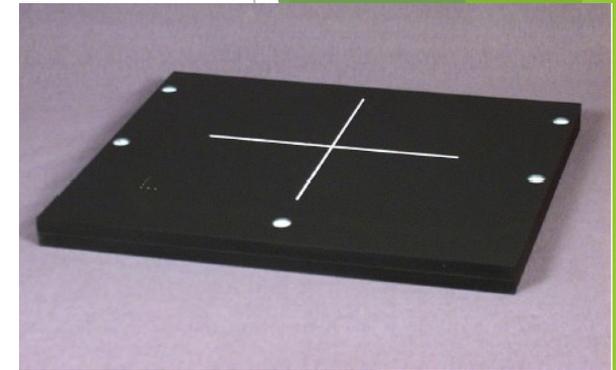


# DOSIMETRÍA FOTOGRAFICA

## Maniqués sólidos y dosimetría fotográfica:

Una de las láminas o secciones del maniquí →

- **Sándwich** para alojar en su interior la placa radiográfica.  
Ó
- Uso de placas tipo “**ready pack**”: sobre opaco a la luz con un placa en su interior

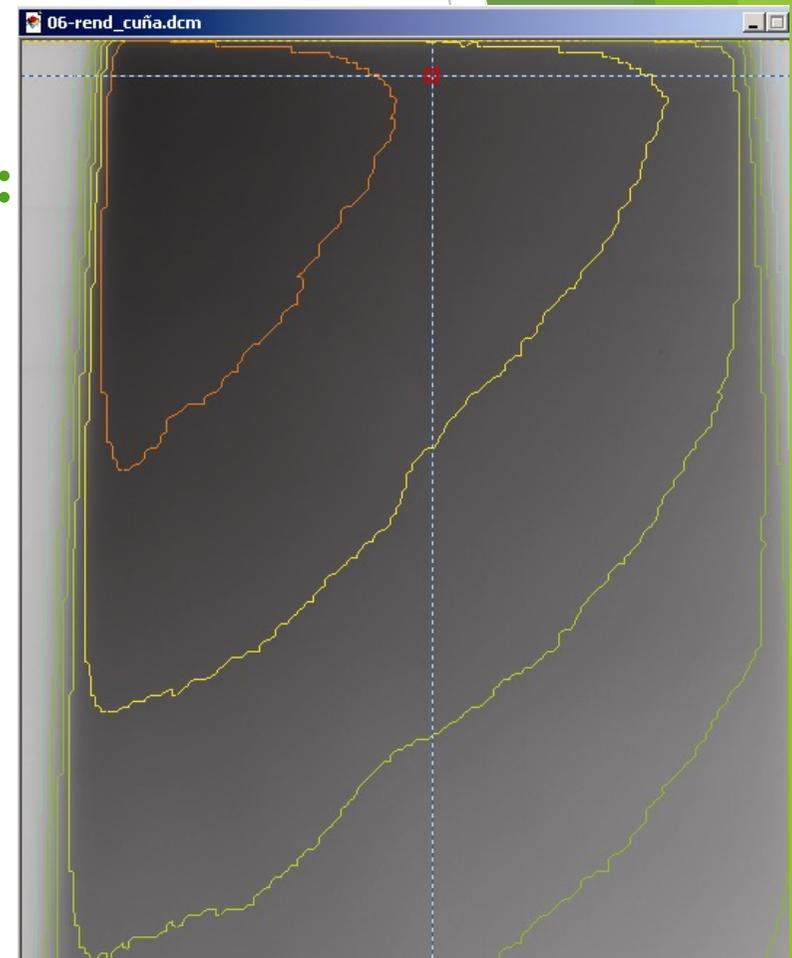


# DOSIMETRÍA FOTOGRAFICA

Se pueden realizar muchos controles de equipamiento tanto de forma lineal como planar.

**En planos que contienen al eje del haz:**

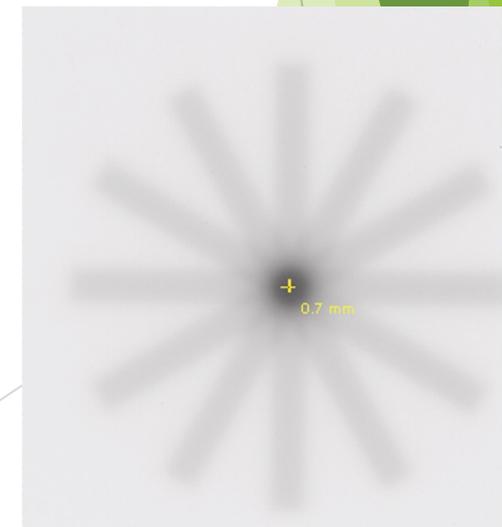
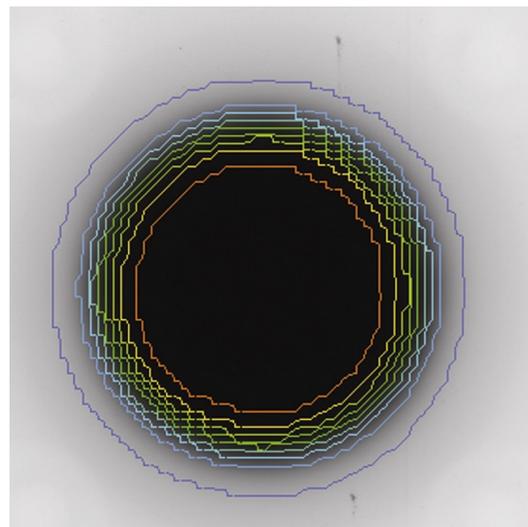
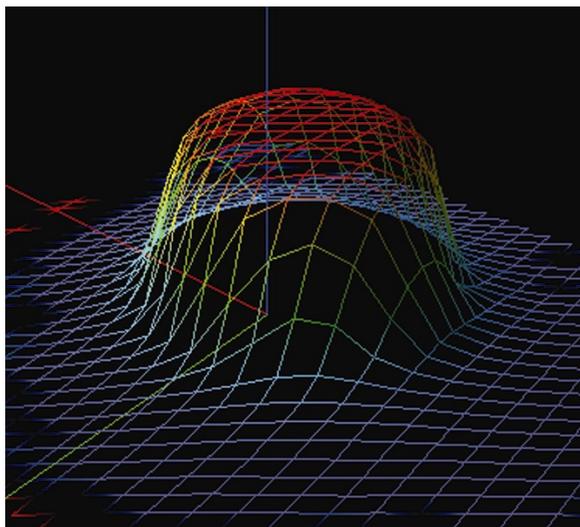
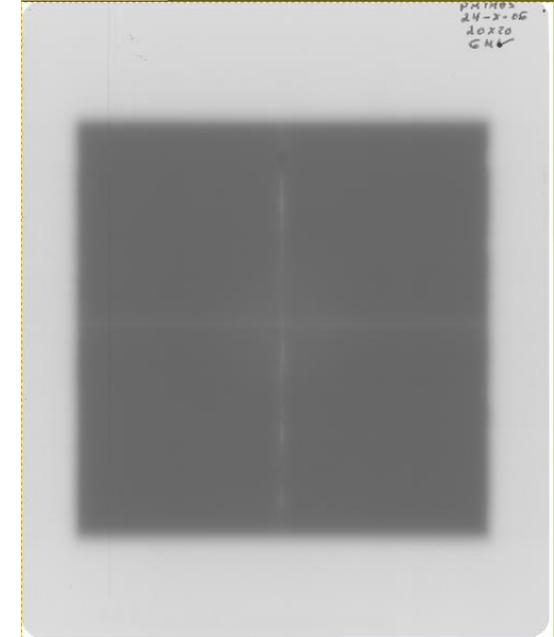
- Rendimientos en profundidad
- Mapas de isodosis
- Distribución de filtros en cuñas
- etc.



# DOSIMETRÍA FOTOGRÁFICA

## Planos perpendiculares:

- medidas de **homogeneidad**
- **uniones de campo**
- **transmisión** a través de multiláminas, etc.
- chequeos rutinarios del **isocentro radiante**
- **controles de calidad** en tratamientos de IMRT.



# DOSIMETRÍA FOTOGRÁFICA

Desde el punto de vista del equipamiento en sí.

Valorar lo requisitos necesarios para

- La calibración en grises y dosis de los densitómetros usados
- La resolución espacial
- Resolución en latitud
- Resolución en niveles de grises por intervalo de dosis
- Velocidad de barrido



# OTRO MATERIAL

Que se utilizan con frecuencia para la correcta colocación del equipamiento descrito hasta este punto

Metros  
Reglas  
Balanzas  
Niveles  
Plomadas  
etc.

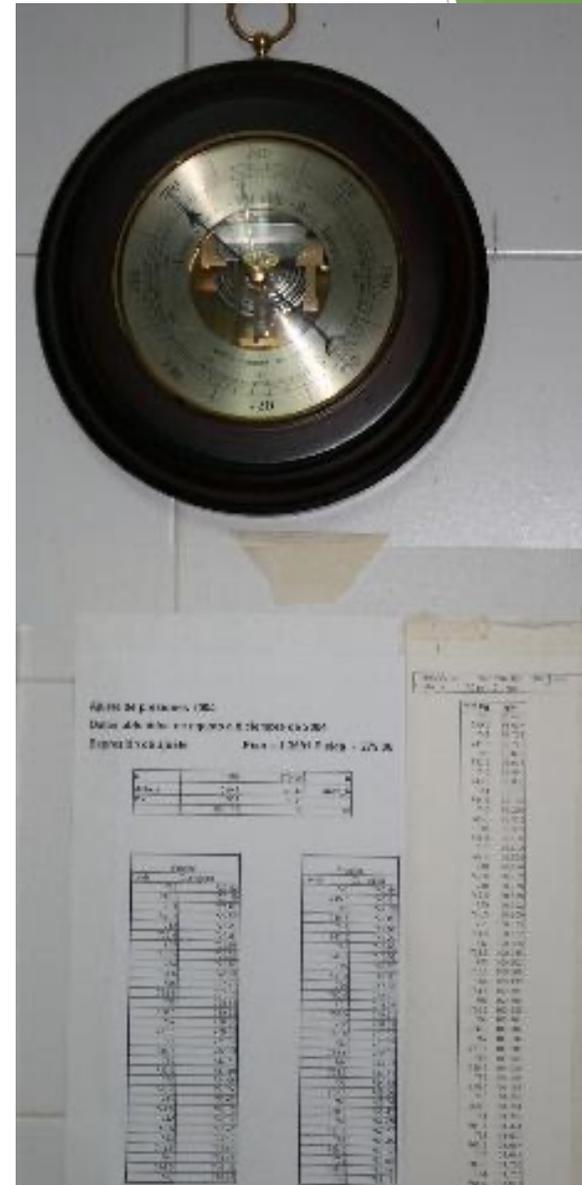


Siendo de especial mención

**Termómetro y  
Barómetros**

# OTRO MATERIAL

## Barómetros



# OTRO MATERIAL

## Barómetros

De mercurio → **es necesario corregir la lectura**

- La **temperatura**, el mercurio tiene un coeficiente de dilatación que incrementa la altura de la columna de mercurio y en consecuencia el valor de la lectura
- La gravedad local .

Corrección por temperatura  $P_t = P \times (1 - 163 \times 10^{-6} \times t)$

Corrección por gravedad  $P_n = P_t \times (g_{local} / g_{normal})$

gravedad local (Baeza = 9,7905)

gravedad normal 9,8065 ms<sup>-2</sup>

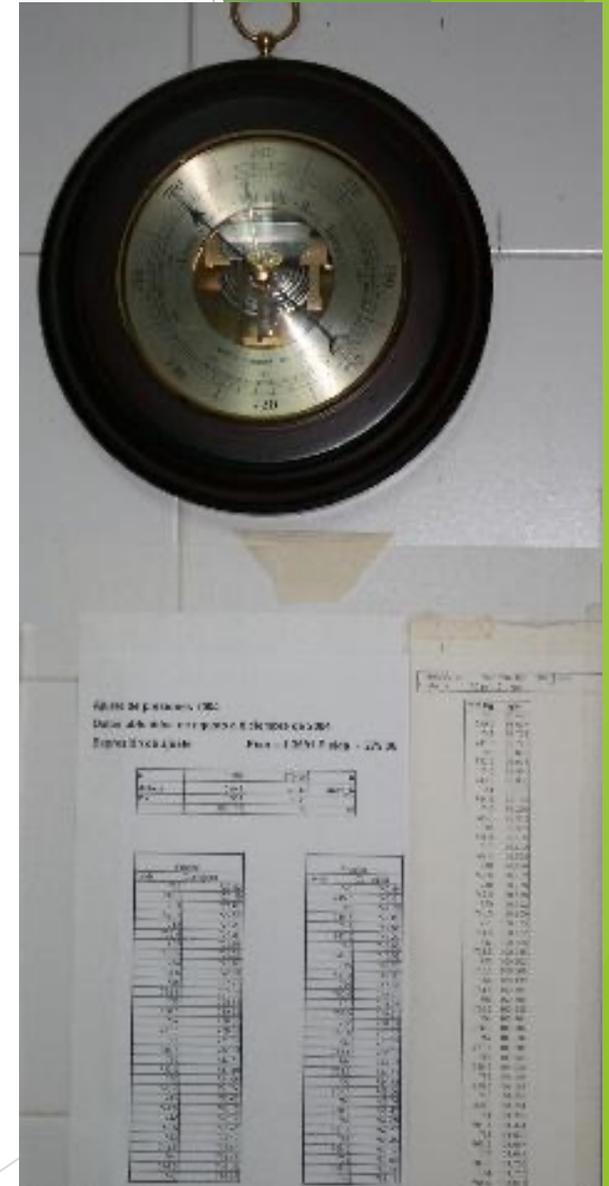


# OTRO MATERIAL

## Barómetros

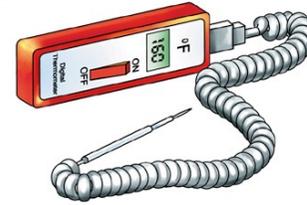
Es recomendable, **intercomparar** con cierta regularidad la lectura del barómetro con la de una estación meteorológica cercana como puede ser un aeropuerto, o centro de meteorología.

Este tipo de instrumentos deberían tener una precisión de  $\pm 1$  mbar o mm de Hg.



# OTRO MATERIAL

## Termómetros.



Los mas comunes son:

- De columna de mercurio en el interior de un capilar cristal
- De lectura analógica
- De tipo termopar con lectura digital.



Este tipo de instrumentos deberían tener una precisión entre  $\pm 0.5^\circ$  y  $\pm 1^\circ$ .

# OTRO MATERIAL

## Otro equipamiento

Hay otro conjunto de equipamiento como son

- Reglas
- Escuadras y cartabones
- Transportadores de ángulos
- Papel milimetrado
- Metros
- Niveles
- etc.

que es necesario **intercomparar** los valores indicados por ellos.