



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

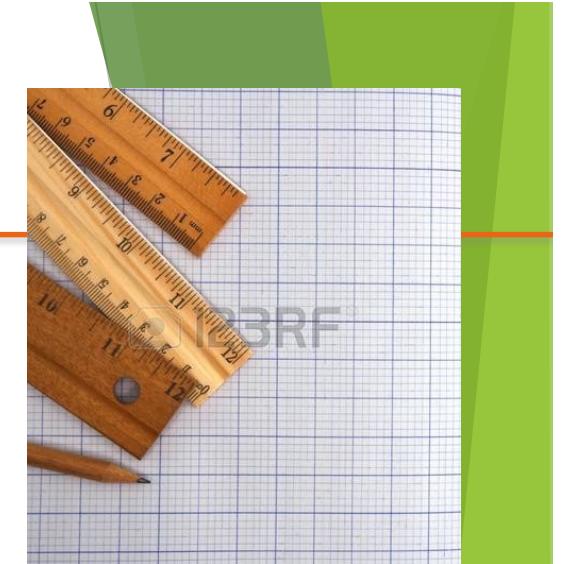


➤ Hacer una revisión de los aspectos de **control de calidad de este equipamiento**. Pruebas tanto de aceptación como de mantenimiento.

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
- Maniquíes sólidos.
- Maniquí sellado de agua.
- Sistemas de medida de diaria de la respuesta de las cámaras monitoras
- Controles de calidad 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

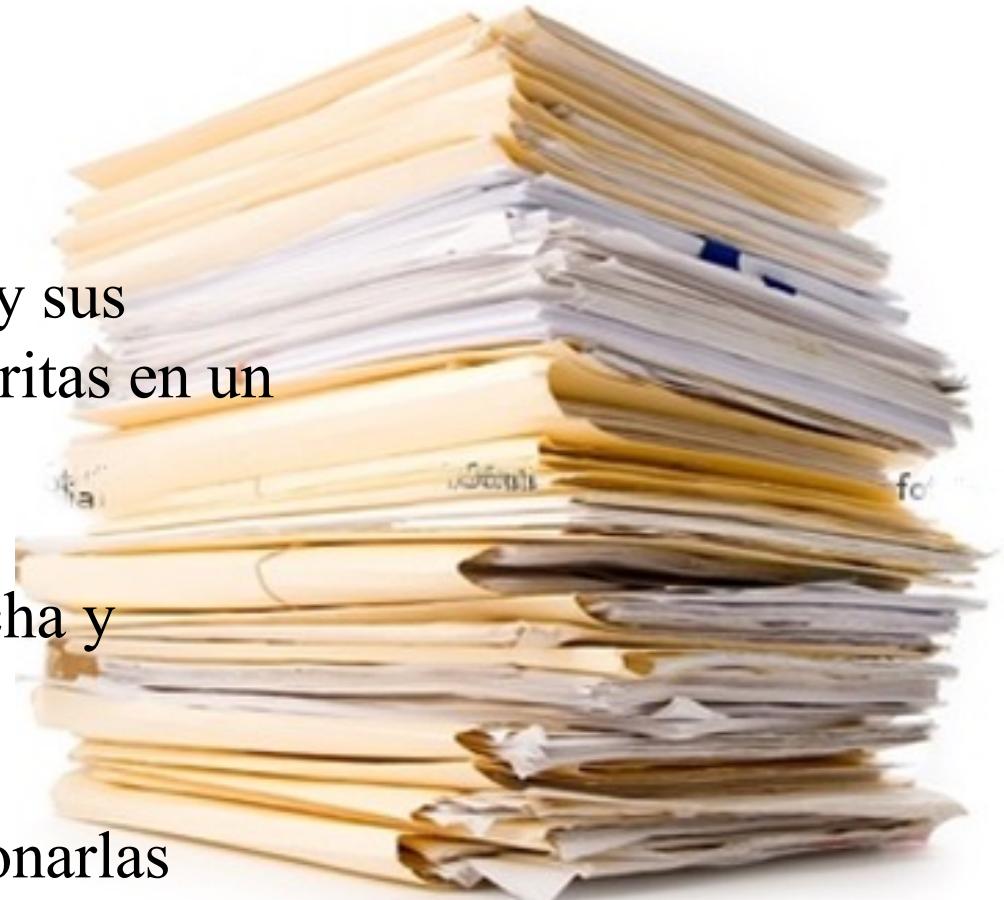
- Se realicen pruebas de aceptación y
- Se establezca su estado de referencia inicial.

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.



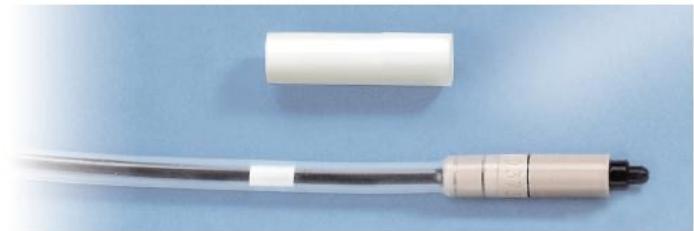


CÁMARAS DE IONIZACIÓN

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 **maniquíes** 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.



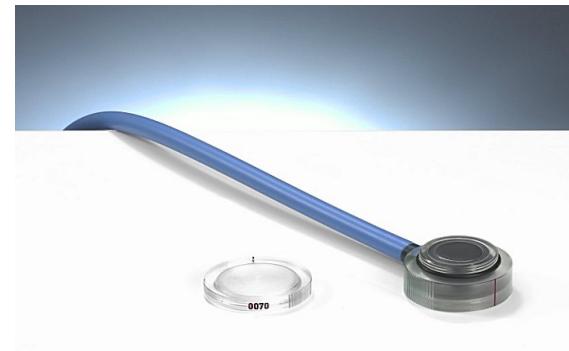
CÁMARAS DE IONIZACIÓN

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
Radiografía	Caracterizar		Dosimetría de referencia: Estándar secundario Estándar de campo	Uso Inicial Tras reparación
Efecto tallo	0.5%	1.0%	Dosimetría de referencia: Estándar secundario Estándar de campo	Uso Inicial Tras Calibración Tras reparación
Eficiencia de colección de iones	Caracterizar		Dosimetría de referencia: Estándar secundario Estándar de campo	Uso Inicial Tras Calibración Tras reparación
Linealidad	0.5%	1.0%	Dosimetría de referencia: Estándar secundario Estándar de campo	Uso Inicial Tras Calibración Tras reparación
Fugas	0.1%	0.2%	Dosimetría de referencia: Estándar secundario Estándar de campo	Uso Inicial Tras Calibración Tras reparación
Reproducibilidad de la tensión de colección	1.0%	2.0%	Dosimetría de referencia: Estándar secundario Estándar de campo	Uso Inicial Tras Calibración Tras reparación
			Estándar de campo	Semestral

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

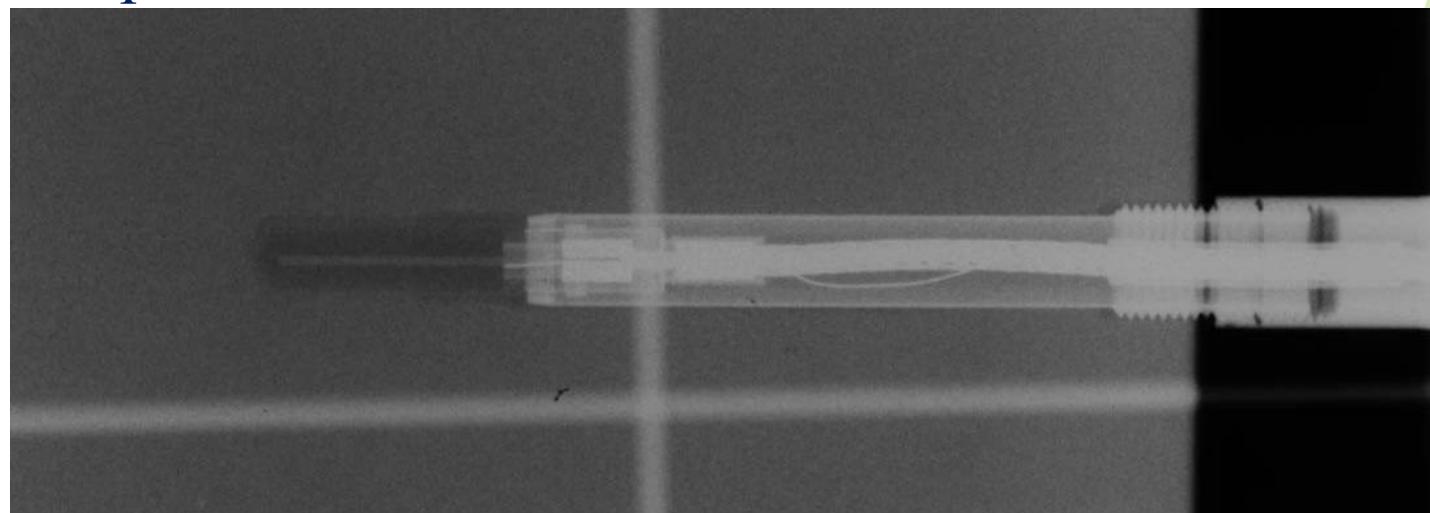
Pruebas de control de calidad. Control Radiográfico.

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

Es conveniente realizar una radiografía de la cámara.

Técnica:

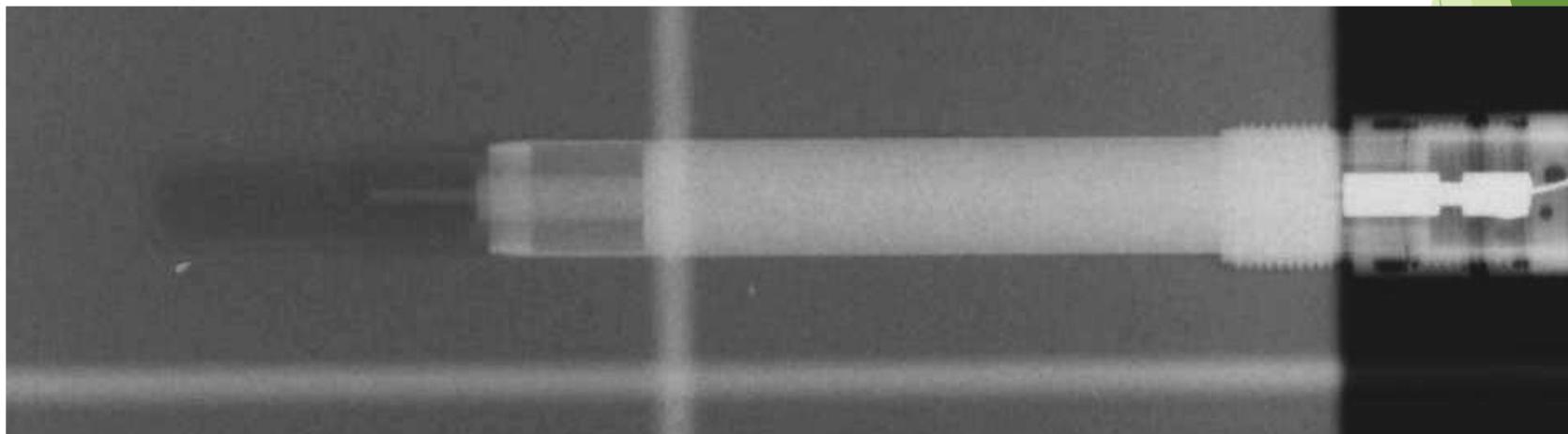
- Filtro de 0.2 mm de Cu a la salida del tubo, y
- Emplear 70-80 kV con 5 mAs.



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

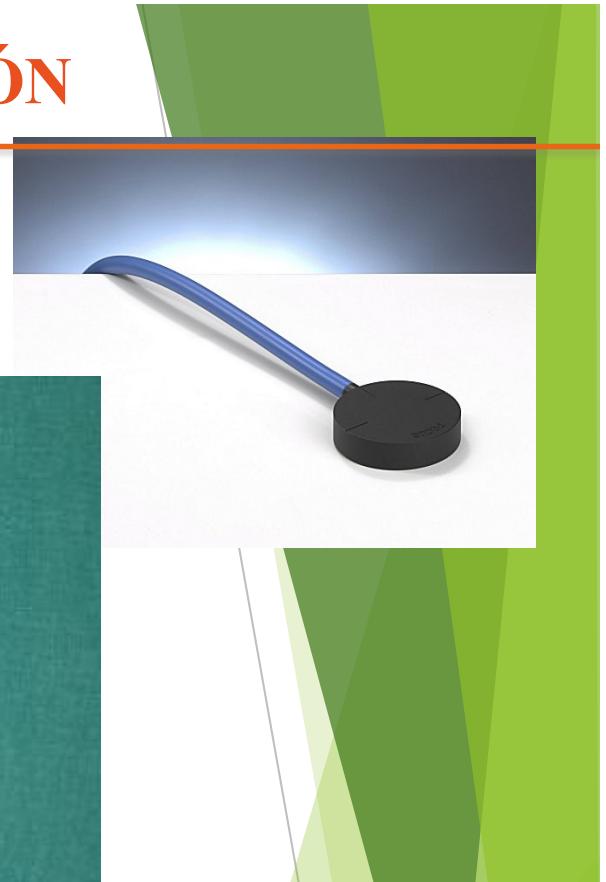
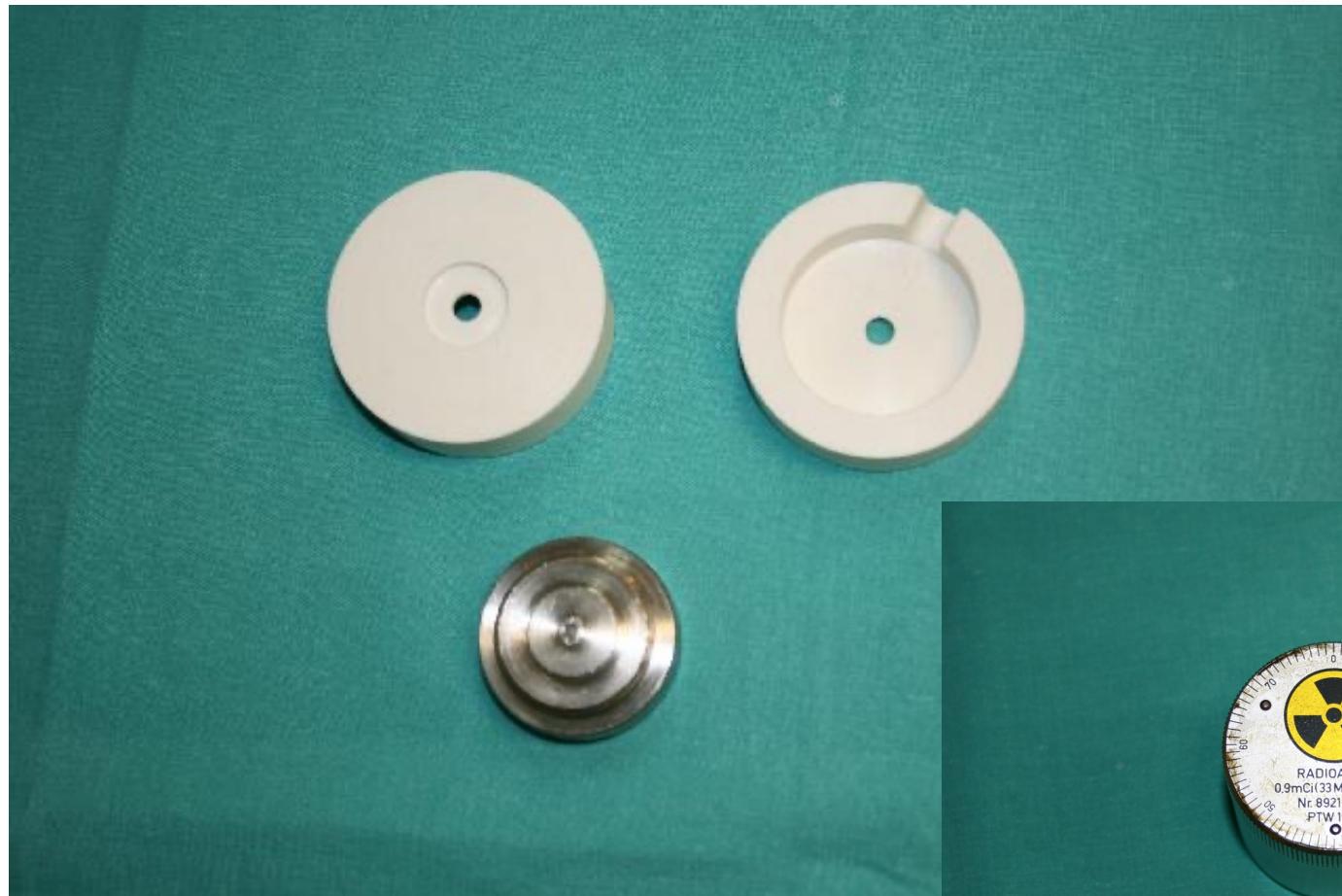
Estabilidad frente a una fuente radiactiva.



- Para esto se recomienda el empleo de fuentes de periodo largo, preferiblemente ^{90}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.

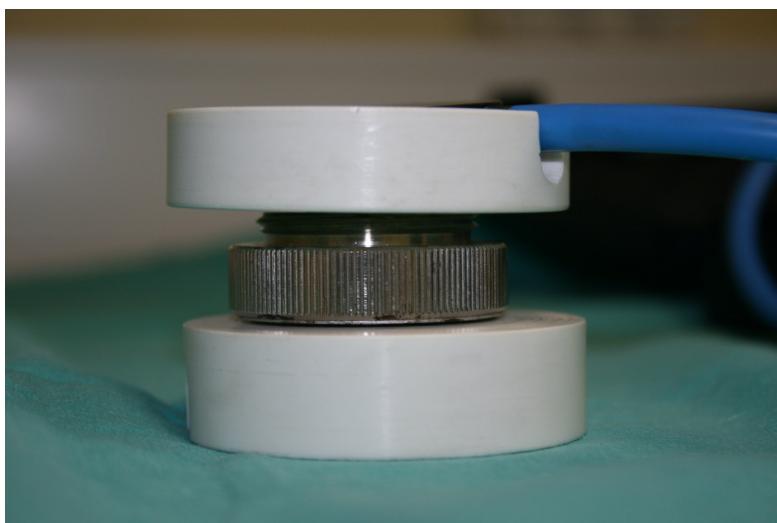
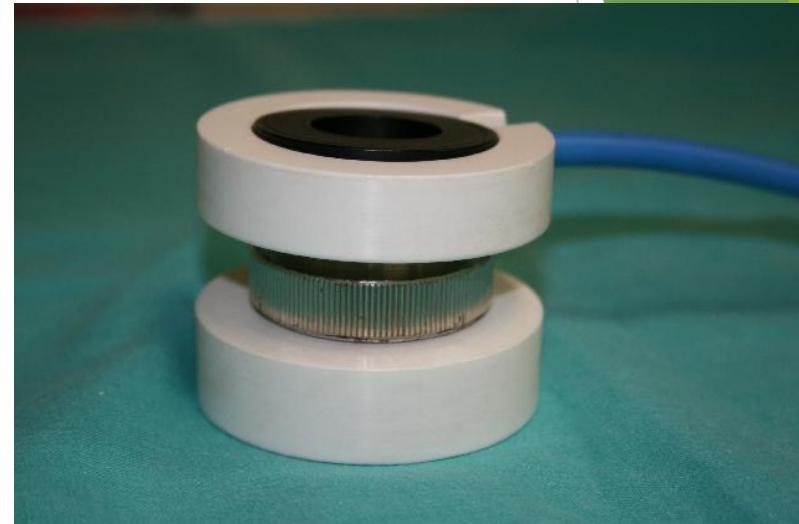
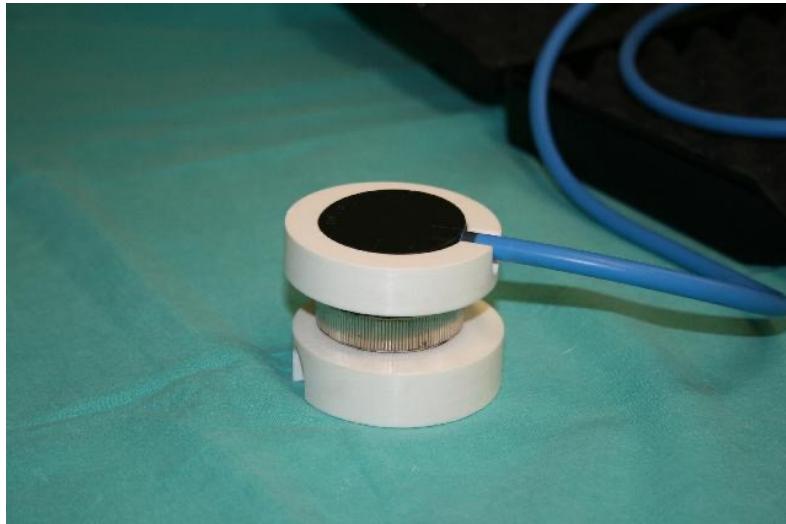
CÁMARAS DE IONIZACIÓN

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

WSecret d'Programa Garantía de calidad en ETP Procedimientos servicio de fisica\Elctrometro Unidos (camaras).doc

$$^1Q/t < 5 \cdot 10^{-3} \text{ nA}$$

² Factor presión y temperatura $F(p,t) = [(273.2+T)/293.2] * (760/P)$

~~3 Decay: var tabla~~

⁴ Tasa de carga (intensidad)

⁵ Variación Δ = 100*(Ref-L_v)/Ref

CÁMARAS DE IONIZACIÓN

CONTROL DEL DOSE-DOSERATE METER TYPE 2020

FECHA:

CONECTAR EL INSTRUMENTO 5 MINUTOS ANTES DE EMPEZAR LAS COMPROBACIONES.

Seleccionar MODE: CHARGE
RANGE: LOW

1. Chequeo del Voltaje:
FUNCTION – HV: Debe indicar: $360 \pm 4\%$ INDICACION.....V

2. Chequeo del cero del voltaje
FUNCTION – W ZERO: Debe indicar: 0 ± 000.1 Debe ajustarse?:

3. Chequeo de la intensidad
Function – I Zero: Debe indicar 0 ± 00.001 Debe ajustarse?:

4. Fugas

FUNCTION – MEASURE

a) Anotar:

	Sin cámara	Con cámara
Carga (nC) inicial a los 5 s	$Q_s =$ <input type="text"/>	<input type="text"/>

Carga (nC) final (procurar a los 500s)	$Q_f =$ <input type="text"/>	<input type="text"/>
--	------------------------------	----------------------

Tiempo (s) transcurrido:	$t =$ <input type="text"/>	<input type="text"/>
--------------------------	----------------------------	----------------------

b) Calcular:

$$I_L = \frac{Q_f - Q_s}{t - 5} \times 10^{-9}$$

$I_L =$ <input type="text"/>	<input type="text"/>
------------------------------	----------------------

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

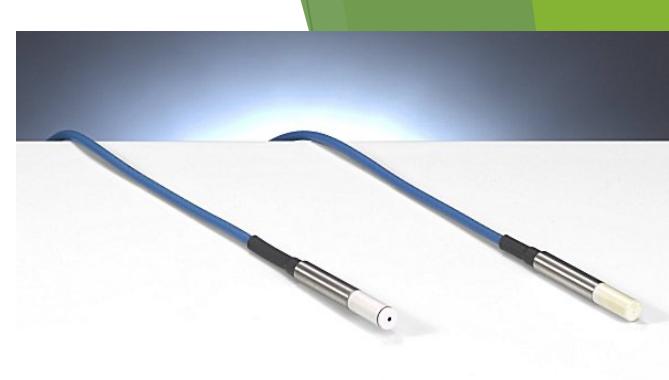
CORRECTO (S, N)?

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).

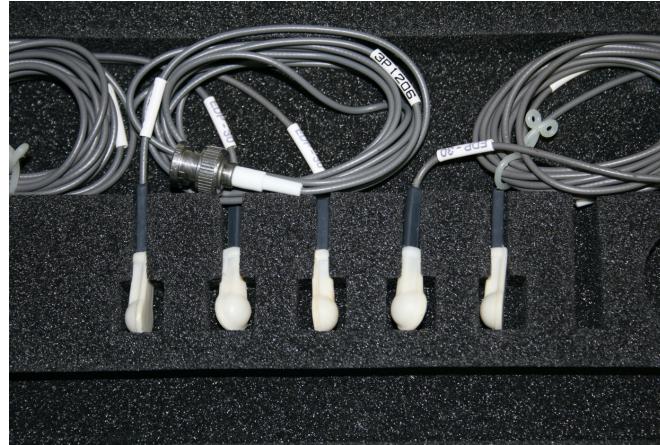
DIODOS

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	Tolerancia	Sistema
Calibración	Caracterizar	Diodos
Linealidad	Caracterizar	Diodos
Dependencia con la tasa de dosis	Caracterizar	Diodos
Dependencia con la radiación y con la energía	Caracterizar	Diodos
Dependencia angular	Caracterizar	Diodos
Dependencia con la temperatura	Caracterizar	Diodos
Estabilidad térmica con la temperatura ambiente		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

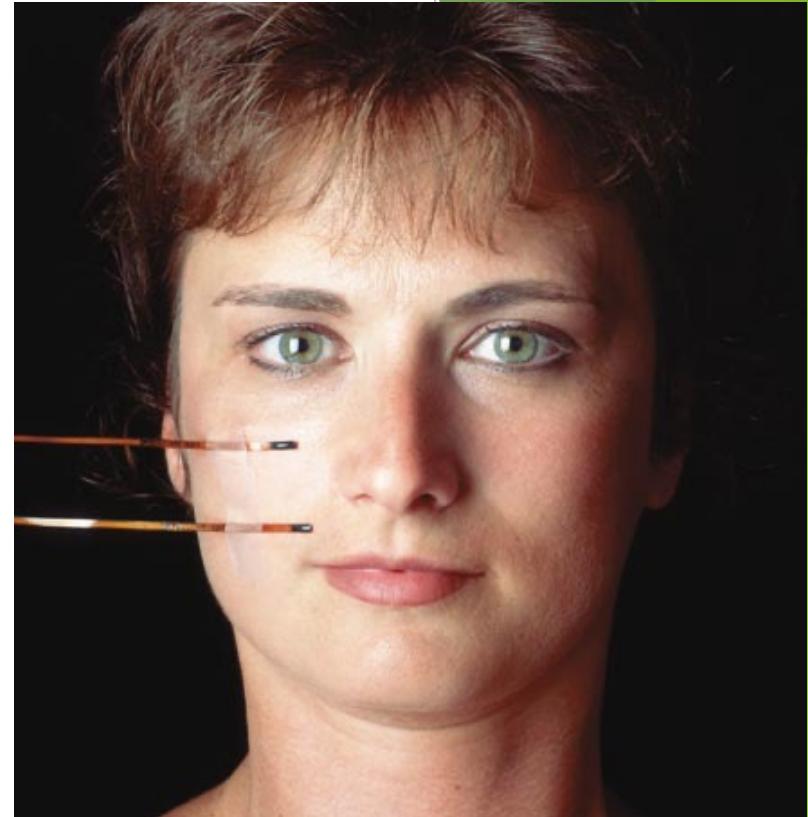
MOSFET



- **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

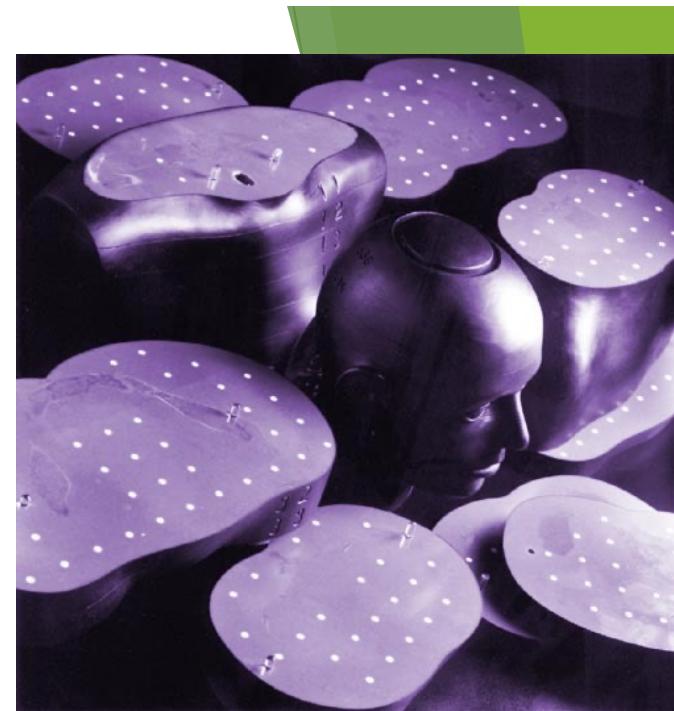
- Dependencia con la **temperatura**
- La linealidad en la respuesta depende de la dosis total absorbida por el detector → controles periódicos de su respuesta.



TLD

Usos en radioterapia externa:

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



TLD

Prueba	Tolerancia	Sistema	Cuándo
Calibración	Caracterizar	Termoluminiscencia	Uso Inicial
Linealidad o Supralinealidad	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?

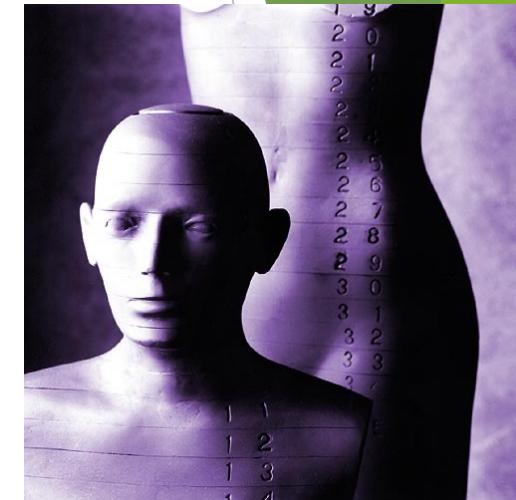


Aquel material y estructura que tiene las **mismas propiedades**, o lo mas equivalente posible, a un paciente desde el punto de vista de la **absorción y dispersión de la radiación**.

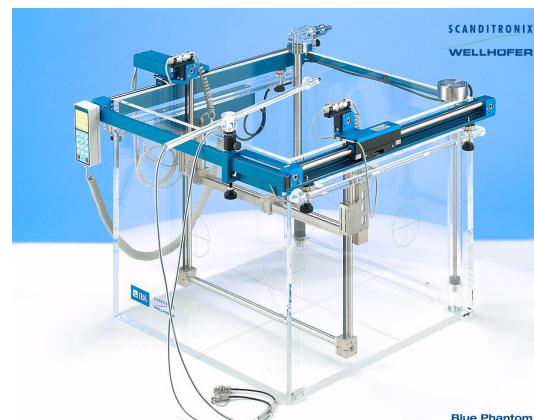
MANIQUIES: MATERIAL Y GEOMETRÍA

Tipos de maniquíes:

Maniquíes Sólidos



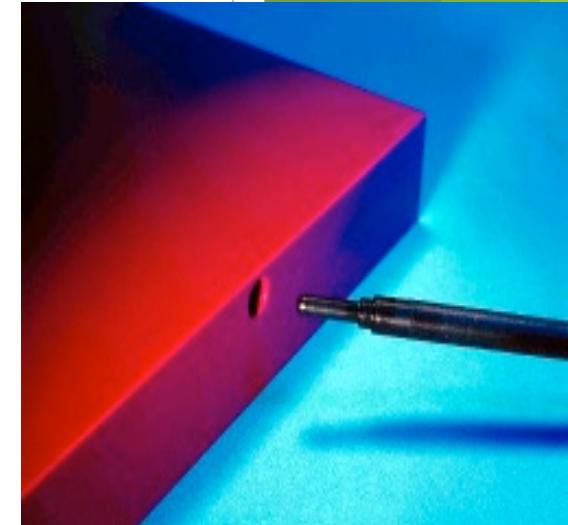
Maniquíes Líquidos



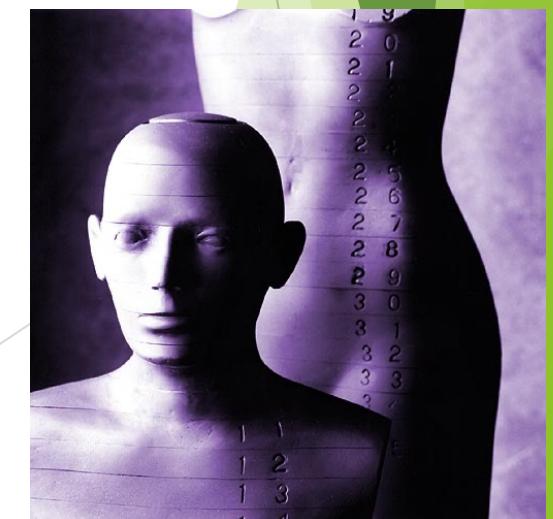
MANIQUIES: MATERIAL Y GEOMETRÍA

Tipos de maniquíes:

Maniquíes geométricos

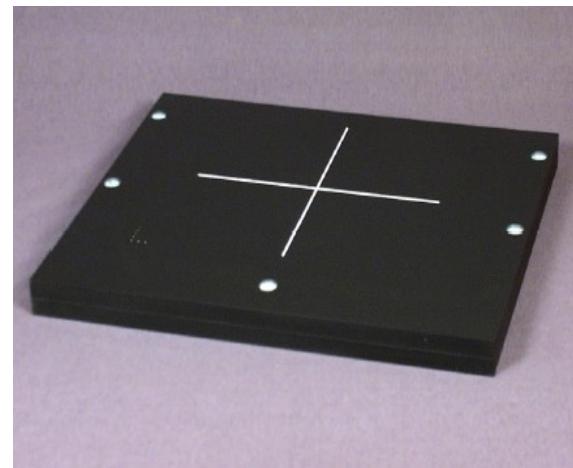
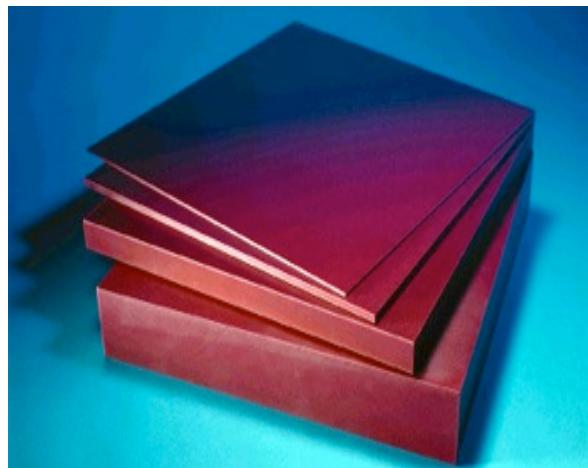


Maniquíes antropomórficos



Maniquíes geométricos

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



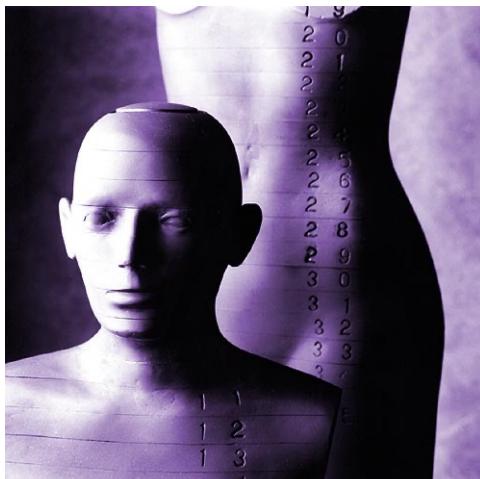
MANIQUIES: MATERIAL Y GEOMETRÍA

Maniquíes antropomórficos.

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

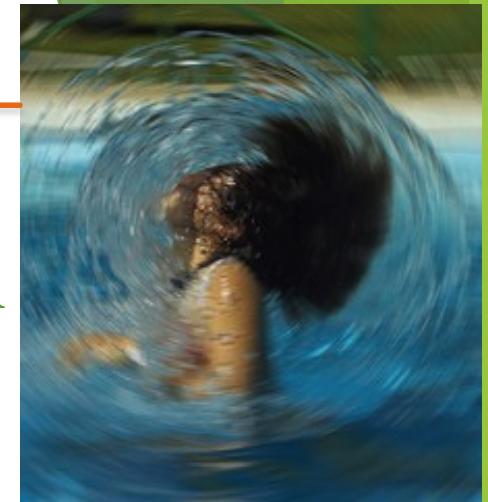
Ventajas:

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



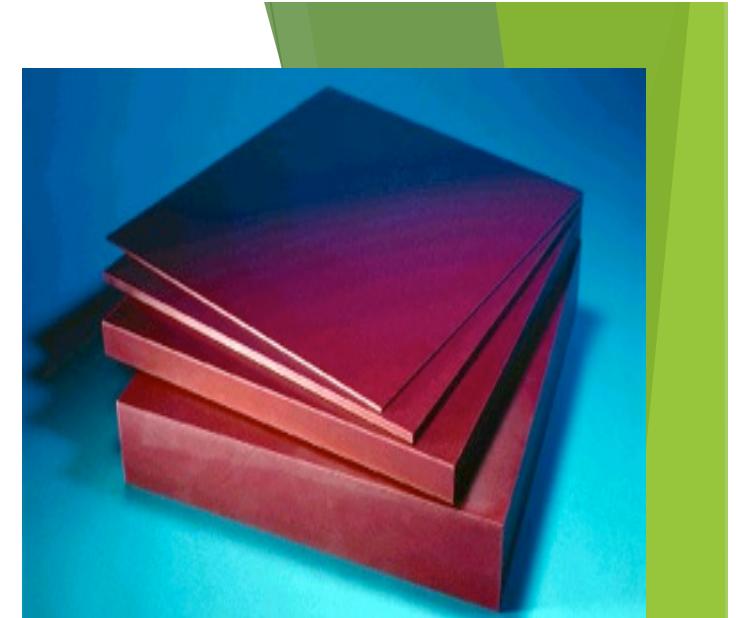
MANIQUÍ UNIVERSAL → AGUA

- 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, liquida, 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

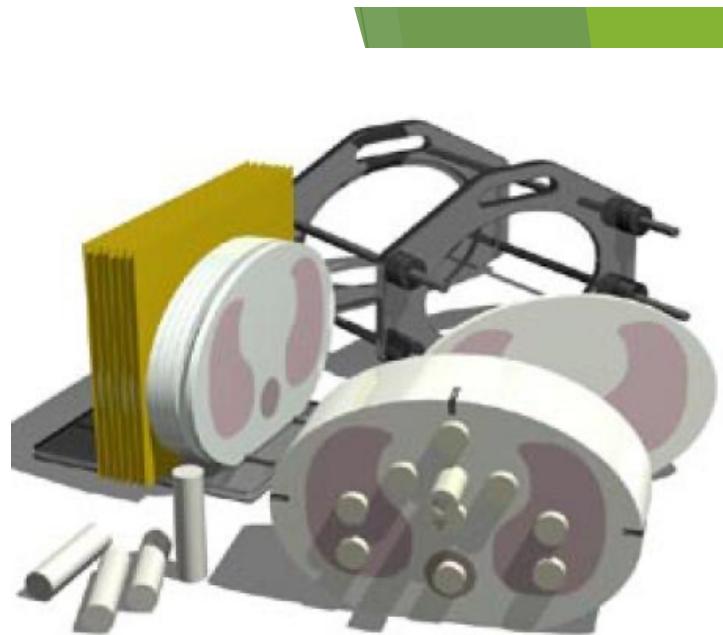
- agua sólida
- agua plástica
- agua virtual
- etc.

O materiales basados en resinas tipo epoxy.

MANIQUÍES SÓLIDOS

Los parámetros físicos como

- Composición
- Densidad mísica
- Densidad electrónica



De algunos materiales utilizados como maniquíes sólidos equivalentes a:

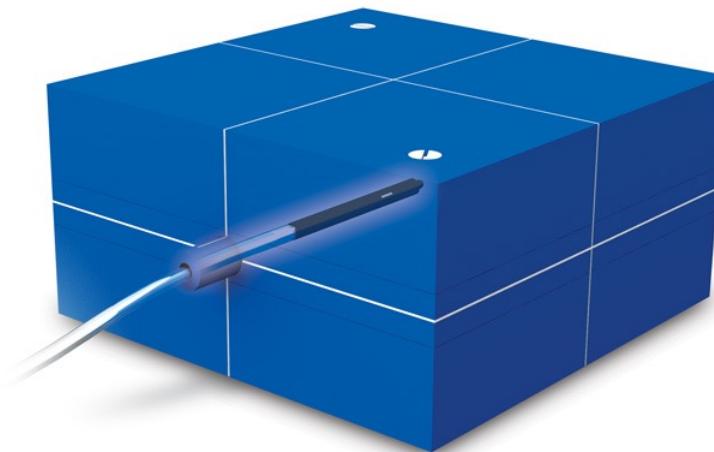
- Agua
- Hueso
- Músculo
- Pulmón, etc.

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 cm²
- 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

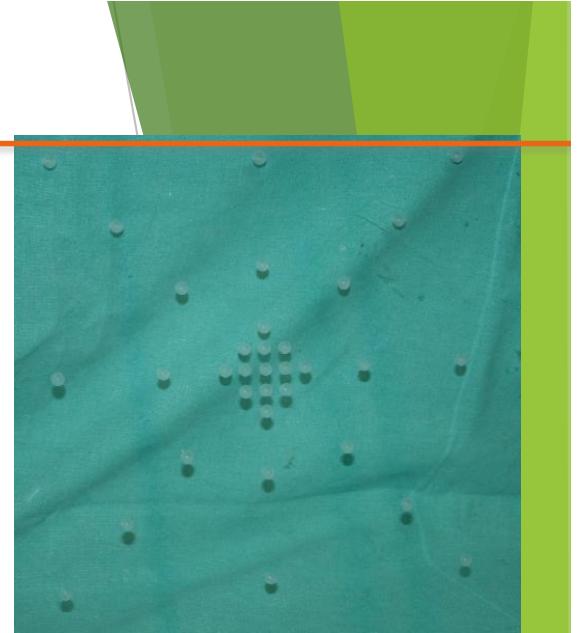
- Este tipo de materiales deben ser lo **suficientemente conductores para evitar la acumulación de carga eléctrica** cuando se realizan medidas de haces de electrones, pues afecta a la distribución de la fluencia de electrones y en definitiva al valor de la medida.
- Para reducir este efecto de acumulación 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 cm².**
- **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.

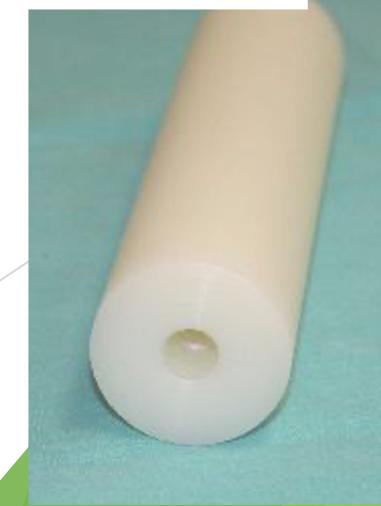
Se pueden utilizar para medidas de constancia.

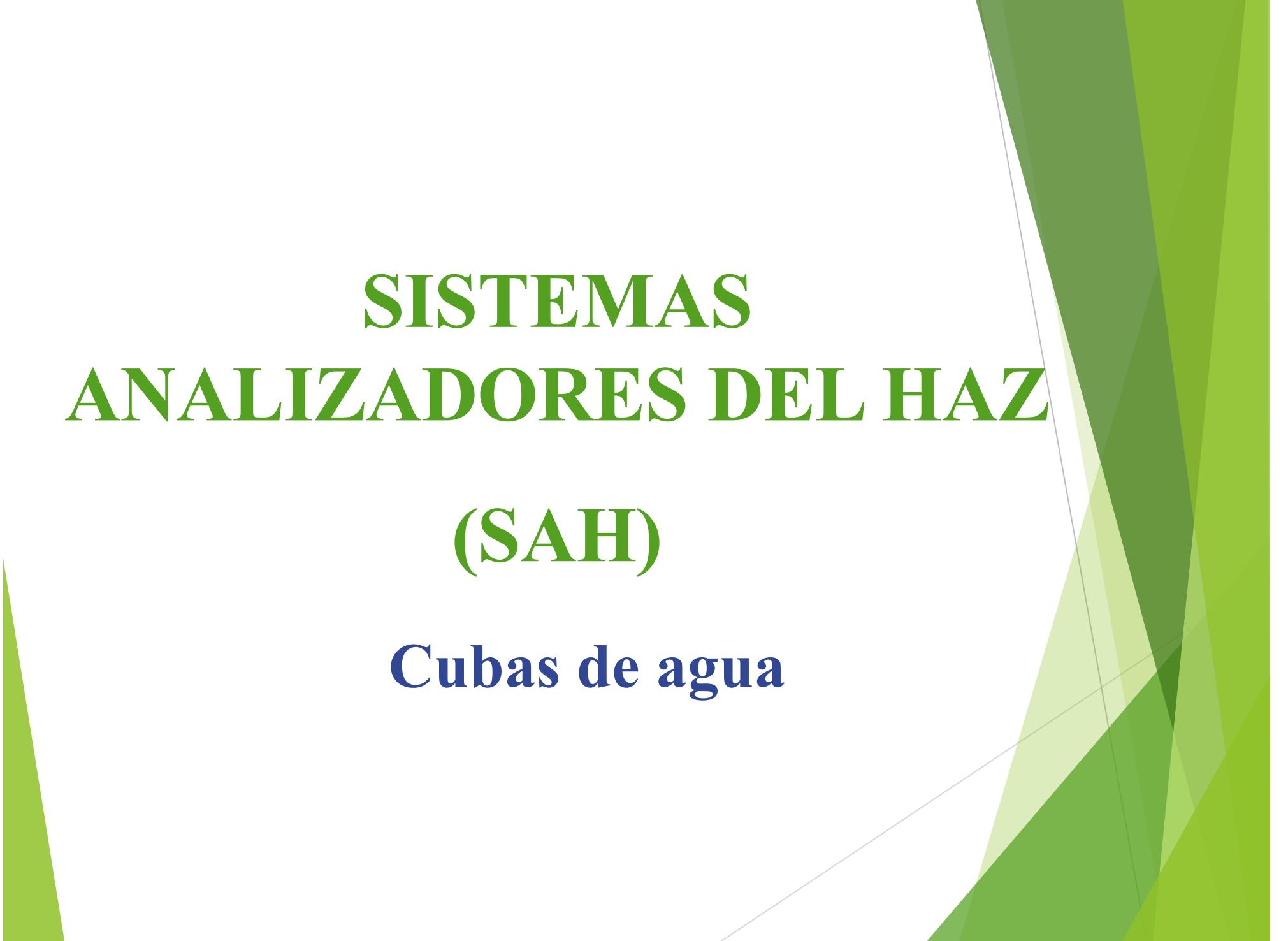
MINIMANIQUÍES

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

Se pueden utilizar bien:

- Capuchones de equilibrio
- Mini maniquí.

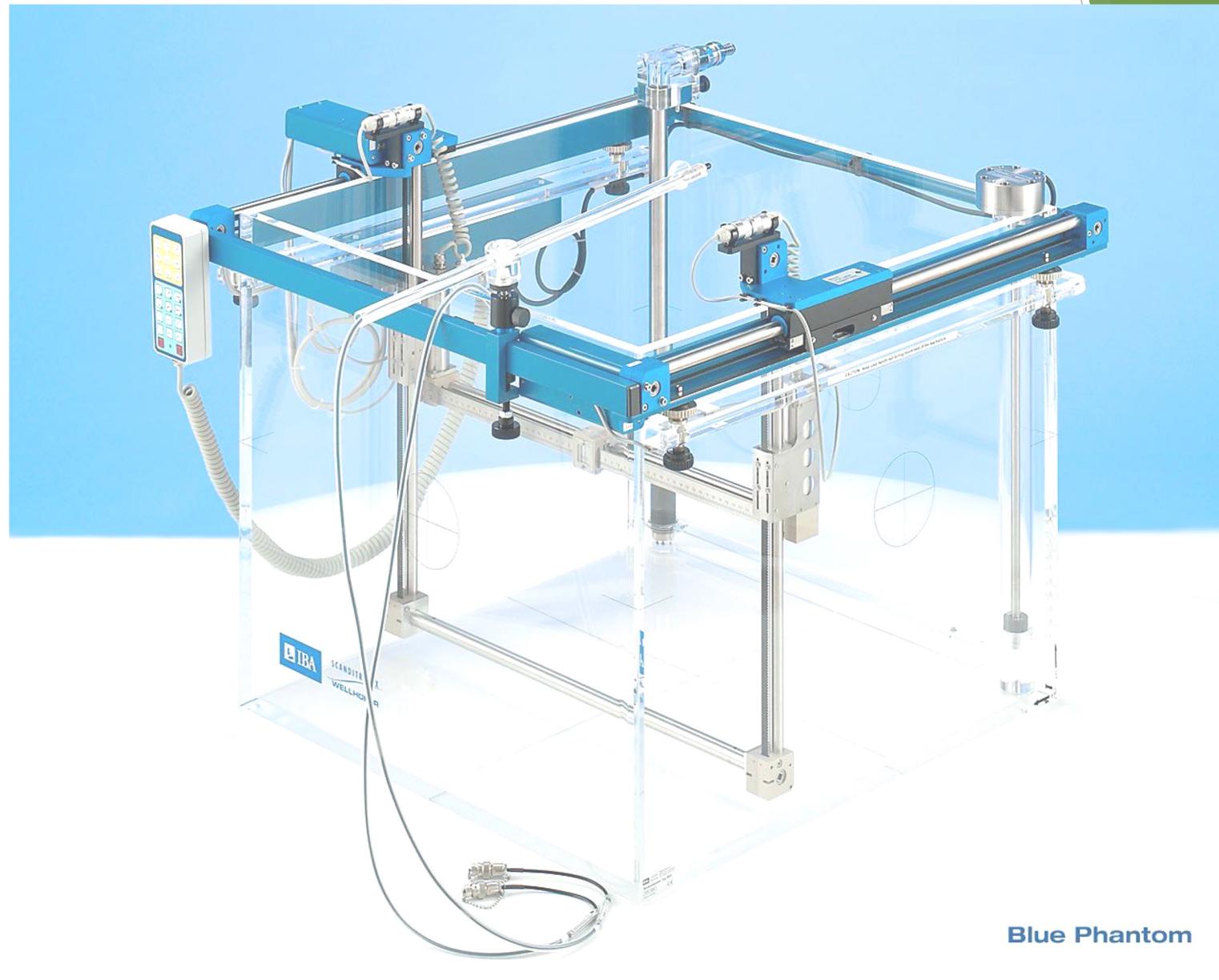




SISTEMAS ANALIZADORES DEL HAZ (SAH)

Cubas de agua

SISTEMAS ANALIZADORES DEL HAZ



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.

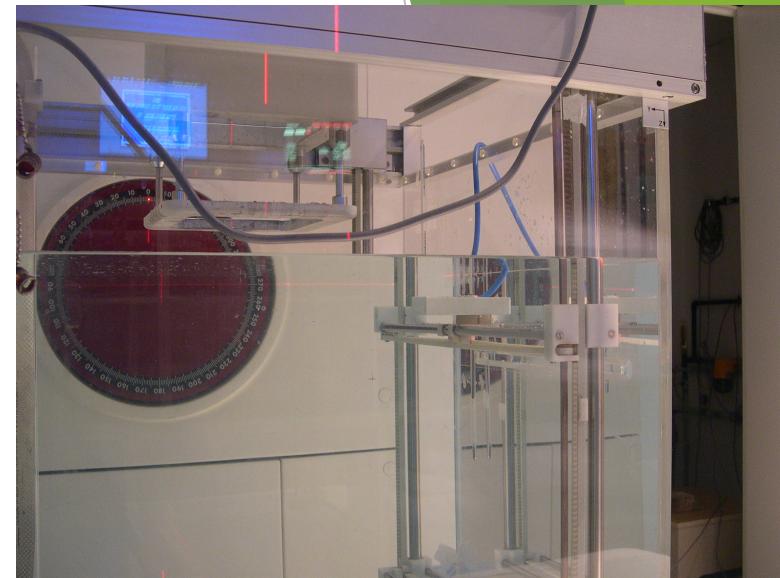
SISTEMAS ANALIZADORES DEL HAZ

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

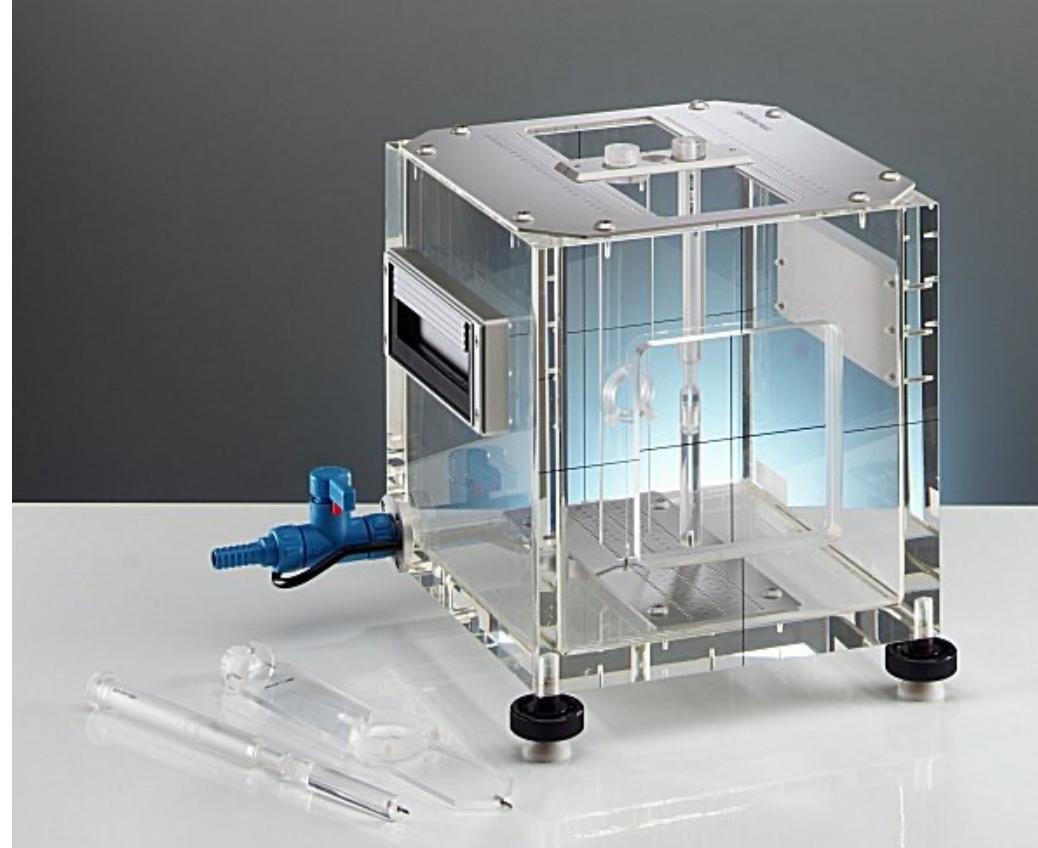
Un SAH es imprescindible para :

- **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 más suele estar asociado?

Opción TMR /TPR

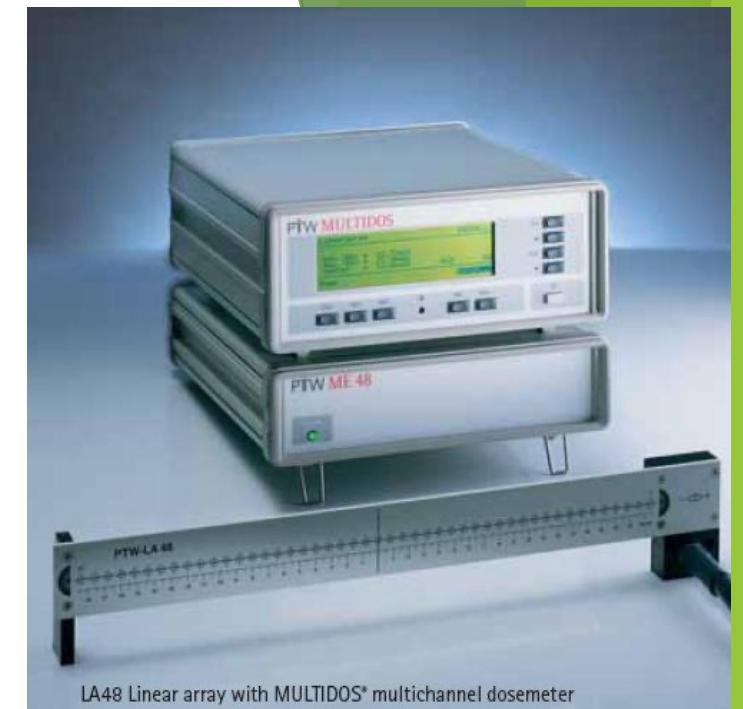
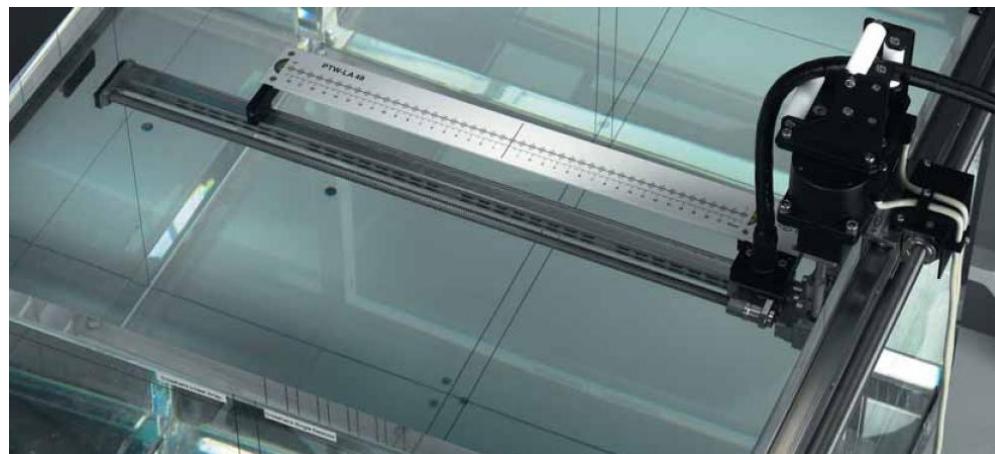
- La posición del sistema de medida es fija.
- Mientras se irradia, se puede ir **extrayendo el agua de la cuba** → el espesor del agua que hay por encima del sistema detector varía.
- **Para conocer en todo momento el espesor de agua** que hay encima del sistema de medida, se **introduce en el agua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

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

PROGRAMA DE GARANTÍA DE CALIDAD

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

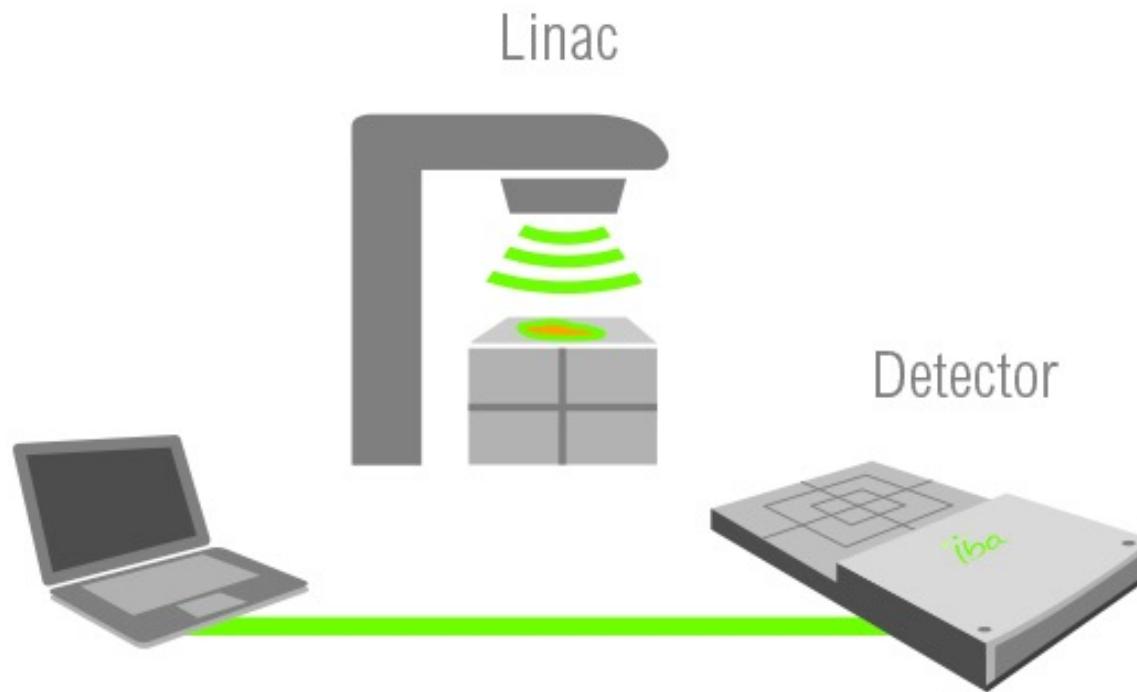
A partir de medidas ionométricas:

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

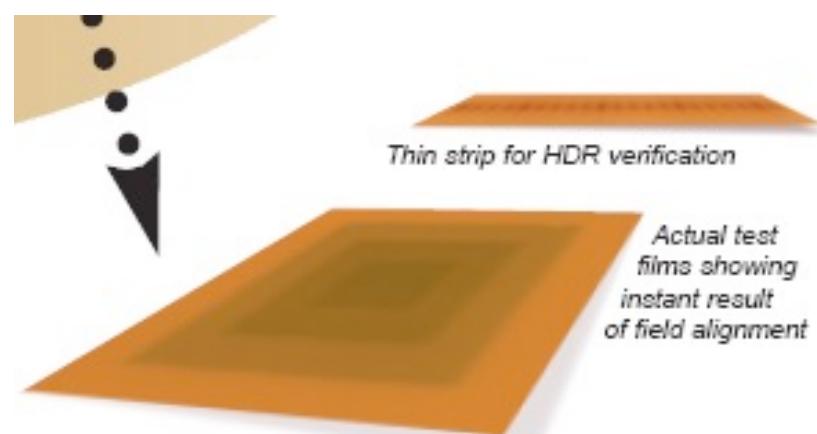


DOSIMETRÍA FOTOGRÁFICA

Maniquíes 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

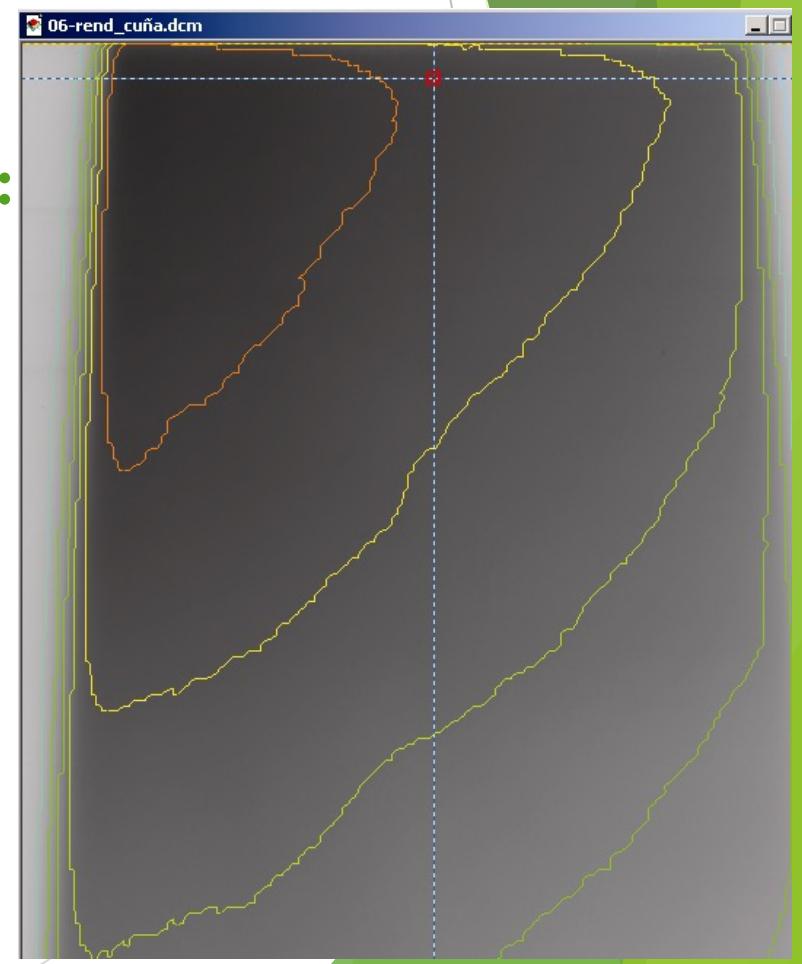


DOSIMETRÍA FOTOGRÁFICA

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

En planos que contienen al eje del haz:

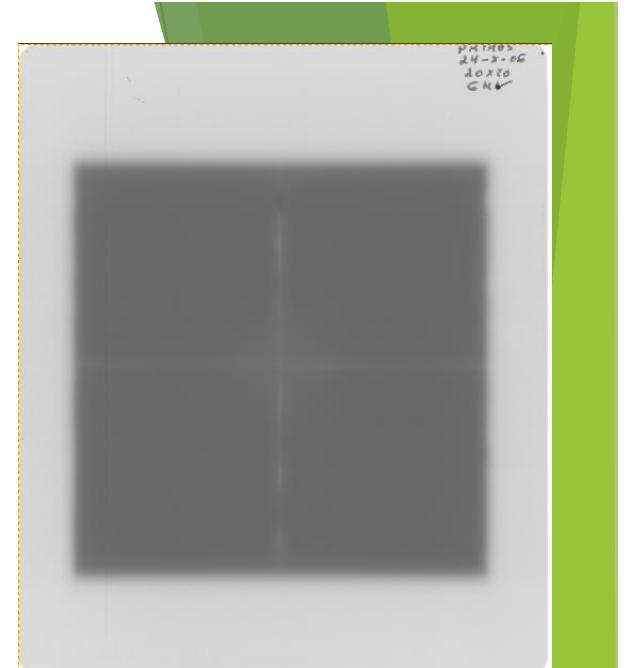
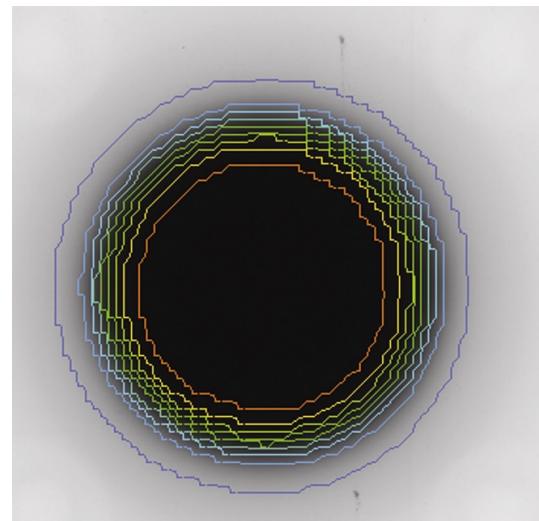
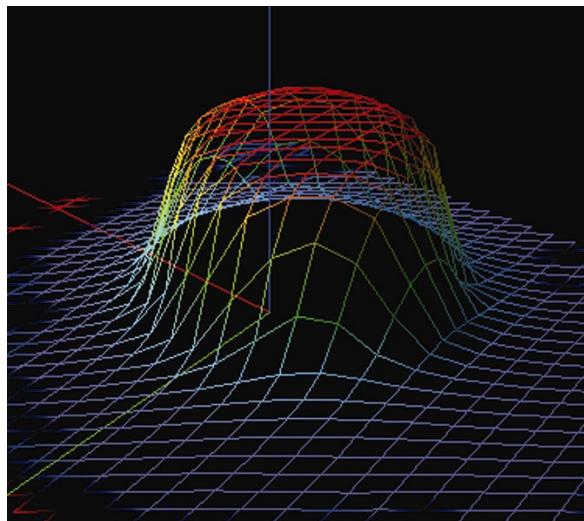
- Rendimientos en profundidad
- Mapas de isodosis
- Distribución de filtros en cuñas
- etc.



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 $9,8065 \text{ ms}^{-2}$



OTRO MATERIAL

Barómetros

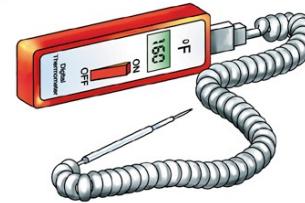
Es recomendable, **intercomparar** con cierta regularidad la lectura del barómetro con la de una estación meteorológica cercana como puede ser un aeropuerto, o centro de meteorología.

Este tipo de instrumentos deberían tener una precisión de ± 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.