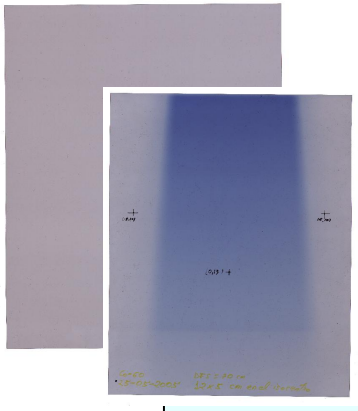
Jornada sobre dosimetría con película radiocrómica

Experiencias I

César Rodríguez Rodríguez
Radiofísico
Hospital Universitario de Fuenlabrada

Elementos del sistema



Radiación

PELÍCULA

Sistema de dosimetría fotográfica

LECTOR

Densitómetro

Digitalizador

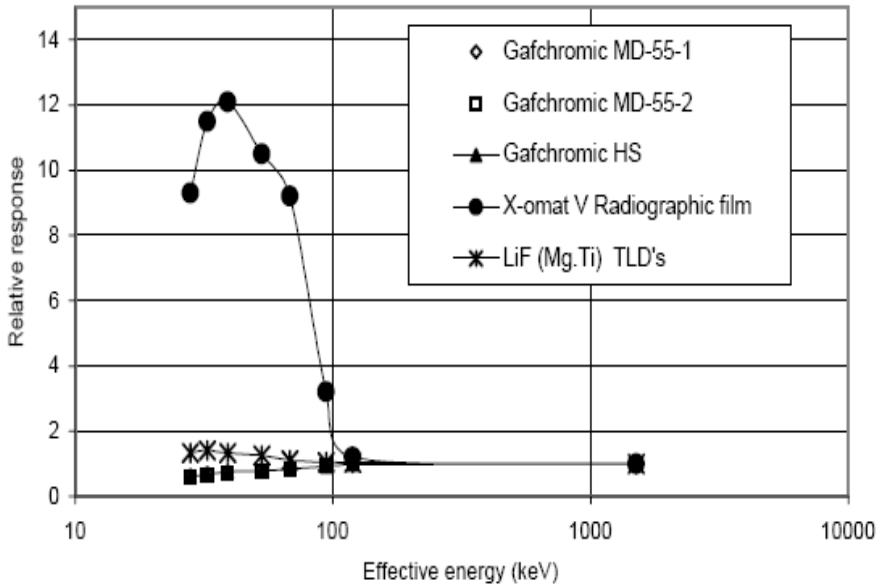
Dosis

Puntos fuertes

- La dosimetría mediante película radiocrómica presenta sobre el papel dos ventajas sobre la realizada con otros dosímetros extensos
  - No contiene elementos pesados
  - No necesita procesado

Dependencia energética

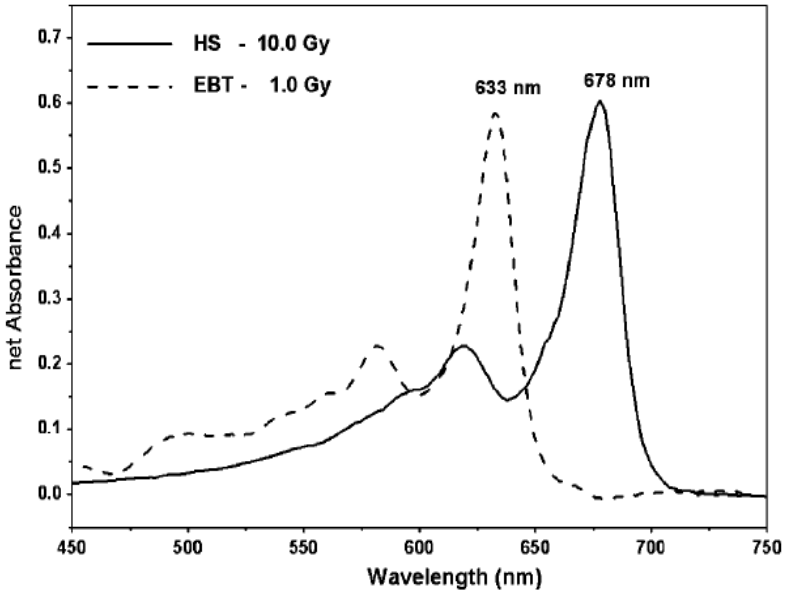
- Las películas basadas en haluros de plata contienen elementos pesados. Su número atómico efectivo es mucho más elevado que el del tejido biológico.
- Presentan una sobrerrespuesta debido a la contribución del efecto fotoeléctrico para energías por debajo de unos 200 keV.



- Esta dependencia complica su empleo como dosímetros extensos en regiones en las que se produzcan variaciones de la calidad espectral.
- Las películas radiocrómicas tienen una dependencia energética mucho menor.

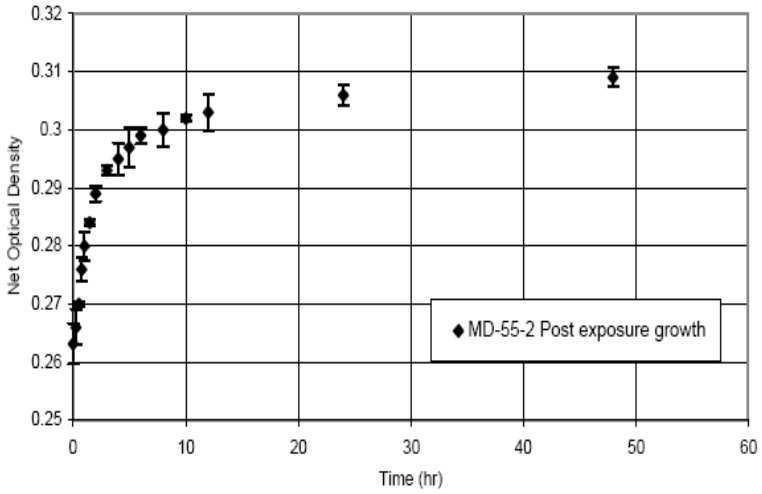
Formación de la imagen en películas radiocrómicas

- El elemento sensible de las películas radiocrómicas es un compuesto orgánico en forma de monómero.
- La radiación desencadena una reacción en la que se forma un polímero.
- La reacción continúa durante varias horas después del cese de la radiación sin necesidad del concurso de ningún agente externo.
- La absorbancia del polímero no es uniforme en el espectro visible.



Respuesta temporal de películas radiocrómicas

- En los procedimientos de calibración y lectura de películas radiocrómicas es importante el control del tiempo transcurrido desde la irradiación debido a su variación de respuesta.
- A las seis horas la señal es razonablemente estable.
- A las veinticuatro horas se considera estable, pero el aumento en la absorbancia no se detiene nunca



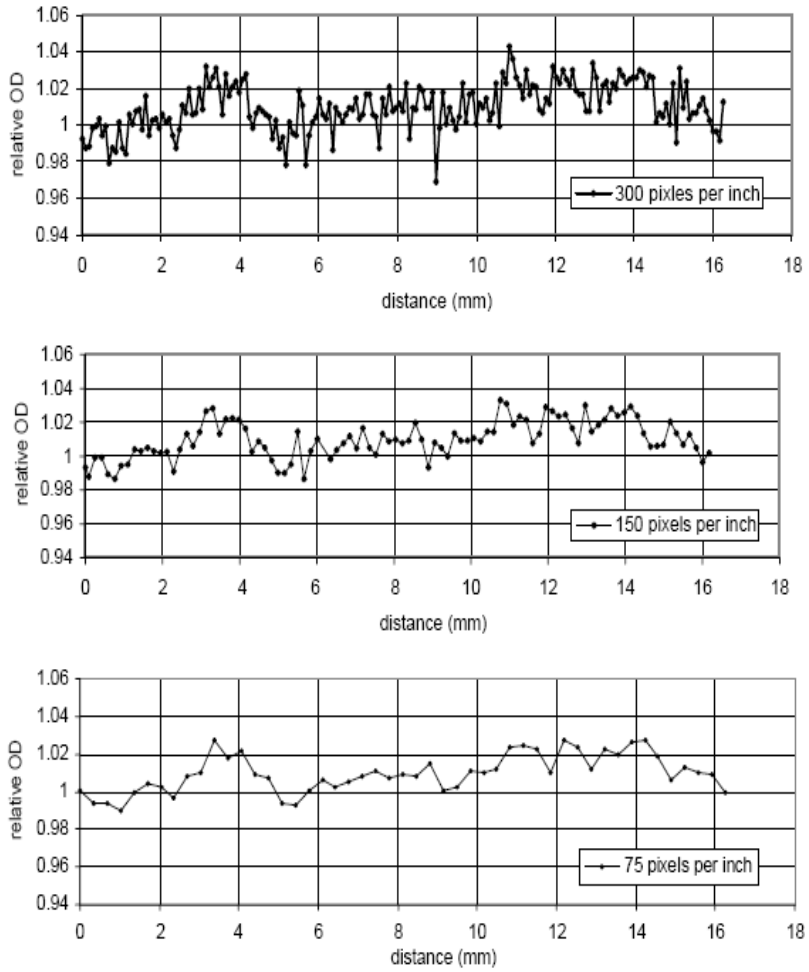
Condiciones de almacenamiento y manipulación

- Humedad
- Temperatura
- Exposición a luz ultravioleta
- Otras factores no establecidos
- Todo esto hace que la independencia de un procesados químico no sea una ventaja fácilmente apreciable

Digitalización

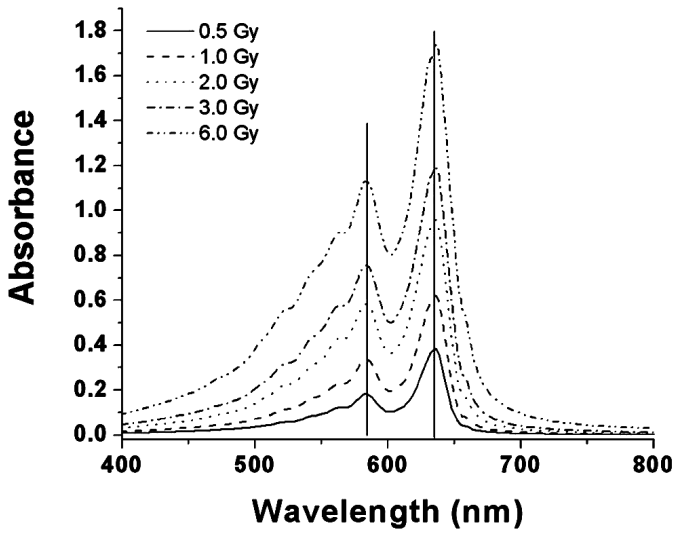
- Diseño del escáner
- Ruido electrónico
- Estabilidad a largo plazo
- Estabilidad a corto plazo
- Uniformidad

Uniformidad de respuesta



- Independientemente de las fluctuaciones por ruido electrónico en el lector, también se presentan desviaciones sistemáticas producidas por defectos del lector o de la emulsión
- Ambos se pueden eliminar mediante matrices de corrección pero esto complica mucho el procedimiento de lectura

Relación absorbancia dosis



- Todo esto hace que la relación biunívoca entre dosis y absorción de intensidad de luz esté sometida a incertidumbres considerables

Funciones sensitométricas

- Transmitancia T $$I(\lambda) = T(\lambda) I_0(\lambda)$$
- Absorbancia A $$A(\lambda) = -log_{10} T(\lambda)$$
- Densidad óptica DO

$$OD = -log_{10} \frac{\int_0^\infty T(\lambda) I_0(\lambda)}{\int_0^\infty I_0(\lambda)}$$

Densidad óptica

$$OD = -log_{10} \frac{\int_0^\infty T(\lambda) I_0(\lambda)}{\int_0^\infty I_0(\lambda)}$$

- En general es dependiente del espectro de la luz.
- El paso por la densidad óptica no tiene por qué aumentar la estabilidad del sistema

Planteamiento del problema

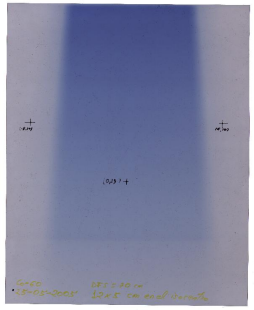
- Establecer un procedimiento que permita a partir de lecturas de absorción de luz en la película determinar la dosis absorbida en la misma en un rango de valores y con una incertidumbre aceptable para el fin al que se destine la medida
- Nuestro objetivo será medir mapas de índice γ en tratamientos de IMRT en un rango de dosis que vaya de 0.5 a 3 Gy

Material

- Película Gafchromic EBT2 (ISP)
- Escáner Microtek ScanMaker 1000XL
  - Fuente de luz: fluorescente lineal
  - Elementos sensibles dispuestos en una matriz lineal
  - Barrido unidimensional
  - Tamaño: A3
  - Autocalibrado
- Programa de digitalización SilverFast
- Programas de tratamiento de imagen: ImageJ y Photoshop
- Programa de verificaciones dosimétricas de PTW: Verisoft

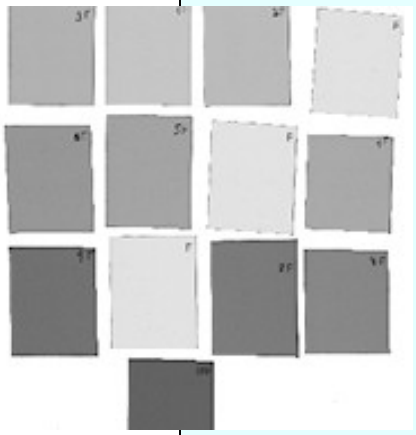
Funcionamiento del sistema

Película irradiada



Digitalizador:
Distribución espacial de la señal

Sistema de dosimetría fotográfica



Conversión de la señal digital en dosis

Dosis

Calibración del sistema

- *Calibrar* el sistema es establecer la *relación biunívoca* entre la *lectura* que produce para cada *dosis*
- En nuestro caso la calibración es el factor más importante para reducir la incertidumbre
- Buscamos optimizar la manera de disponer de la calibración actualizada en cada medida

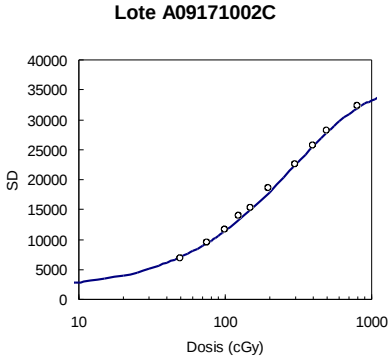
Señal digital

- Asumimos que la señal digital que resulta de la señal digitalizada según nuestro procedimiento de lectura y su procesado posterior es una medida de la absorción de la luz al atravesar la película

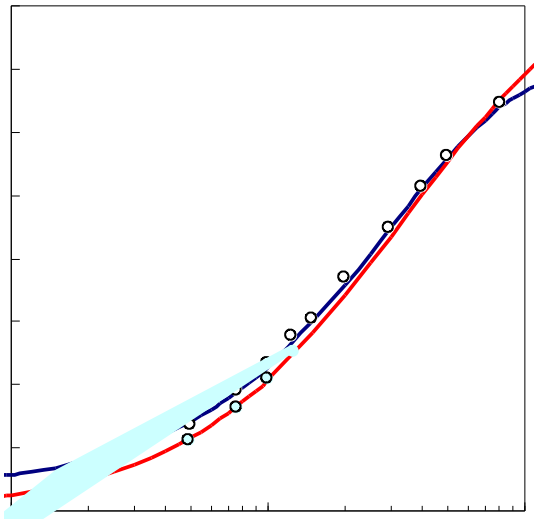
Curva característica equivalente

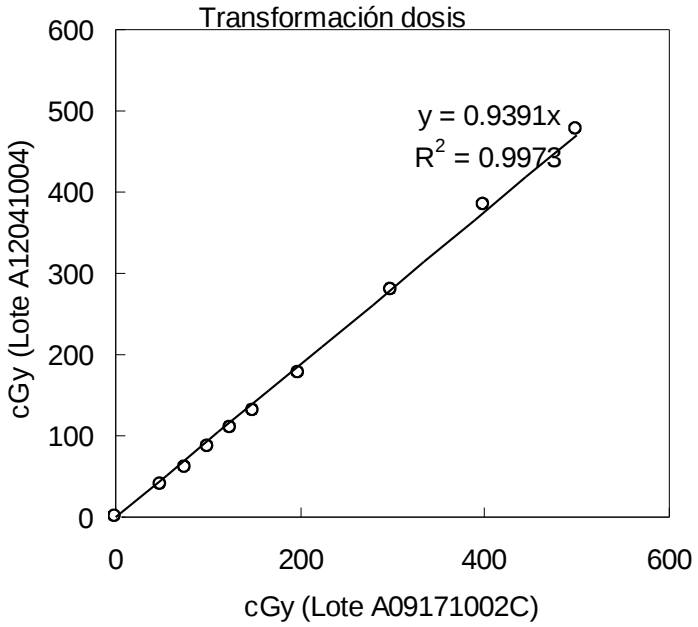
- En unidades relativas la relación entre dosis y señal digital debe ser una característica propia del material sensible de la película
- Sus variaciones dependerán de:
  - Variaciones en la cantidad de material sensible
  - Fondo
  - Historia de manipulación de la película
  - Inestabilidades en el escáner

Transformación curva característica

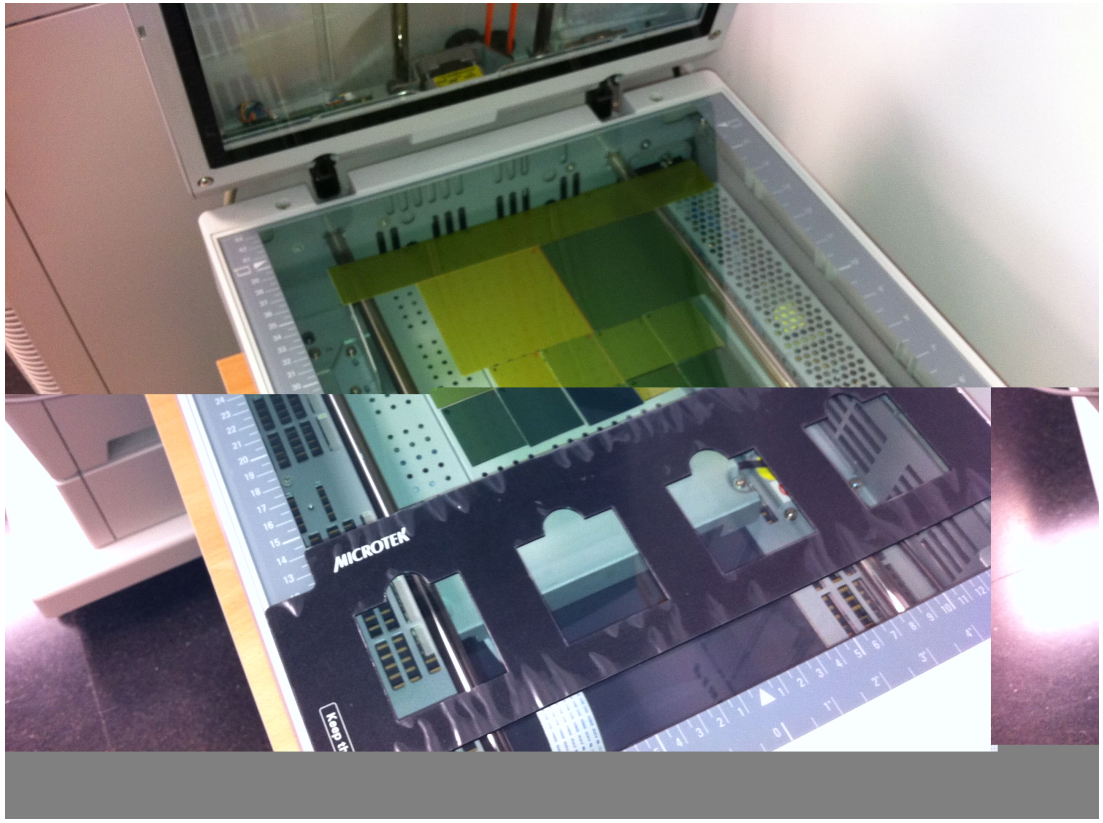


- Usando como parámetro la *señal neta* la dosis correspondiente a diferentes situaciones se transforma con suficiente aproximación mediante un *único factor de proporcionalidad*

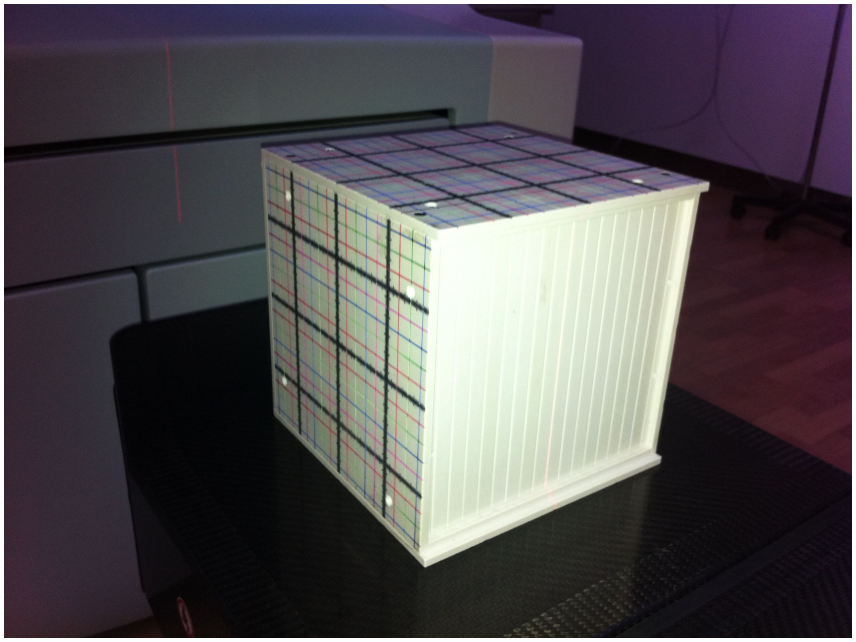


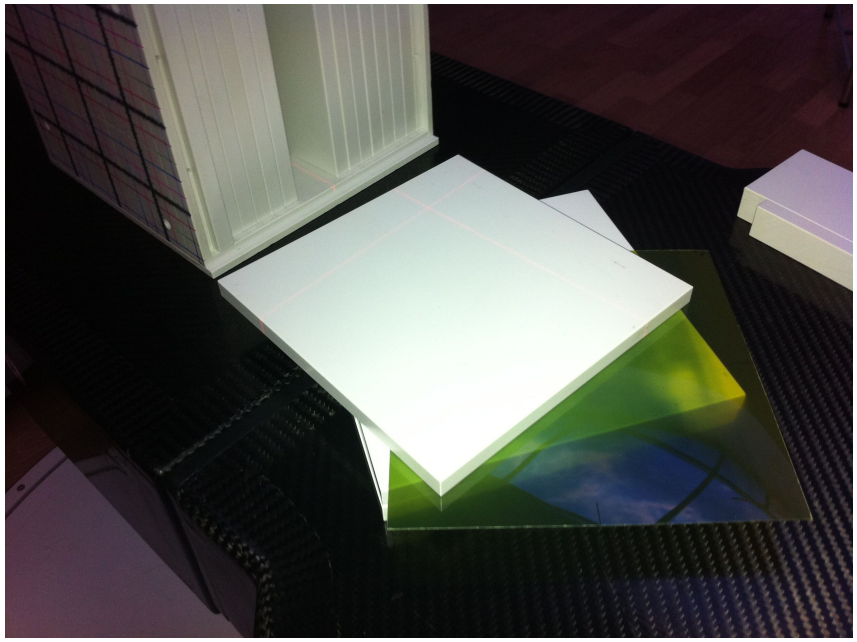


Medida de la curva característica

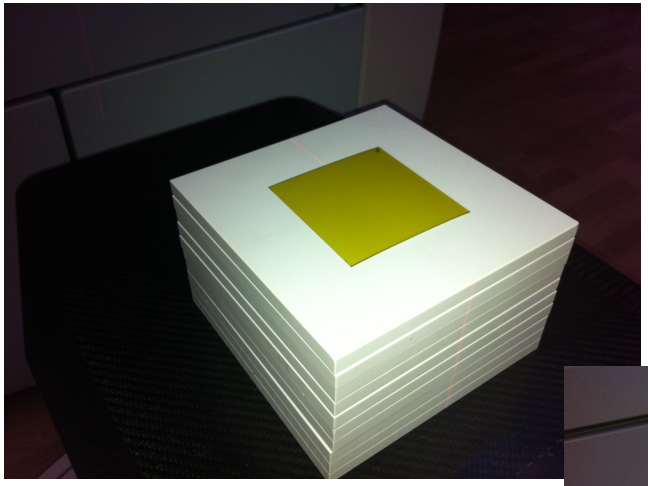


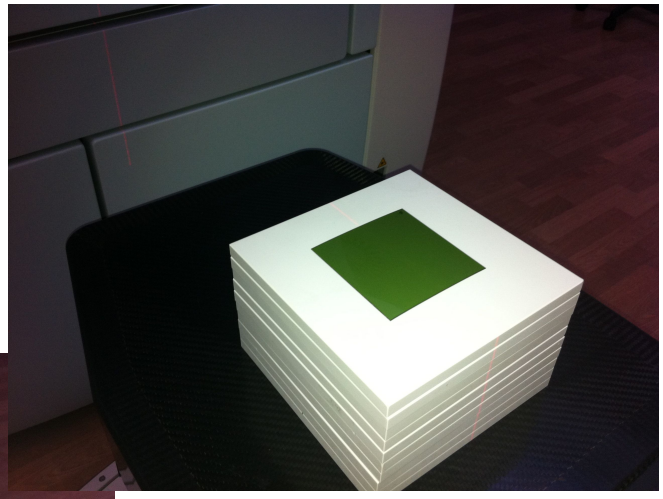
Irradiación de las películas



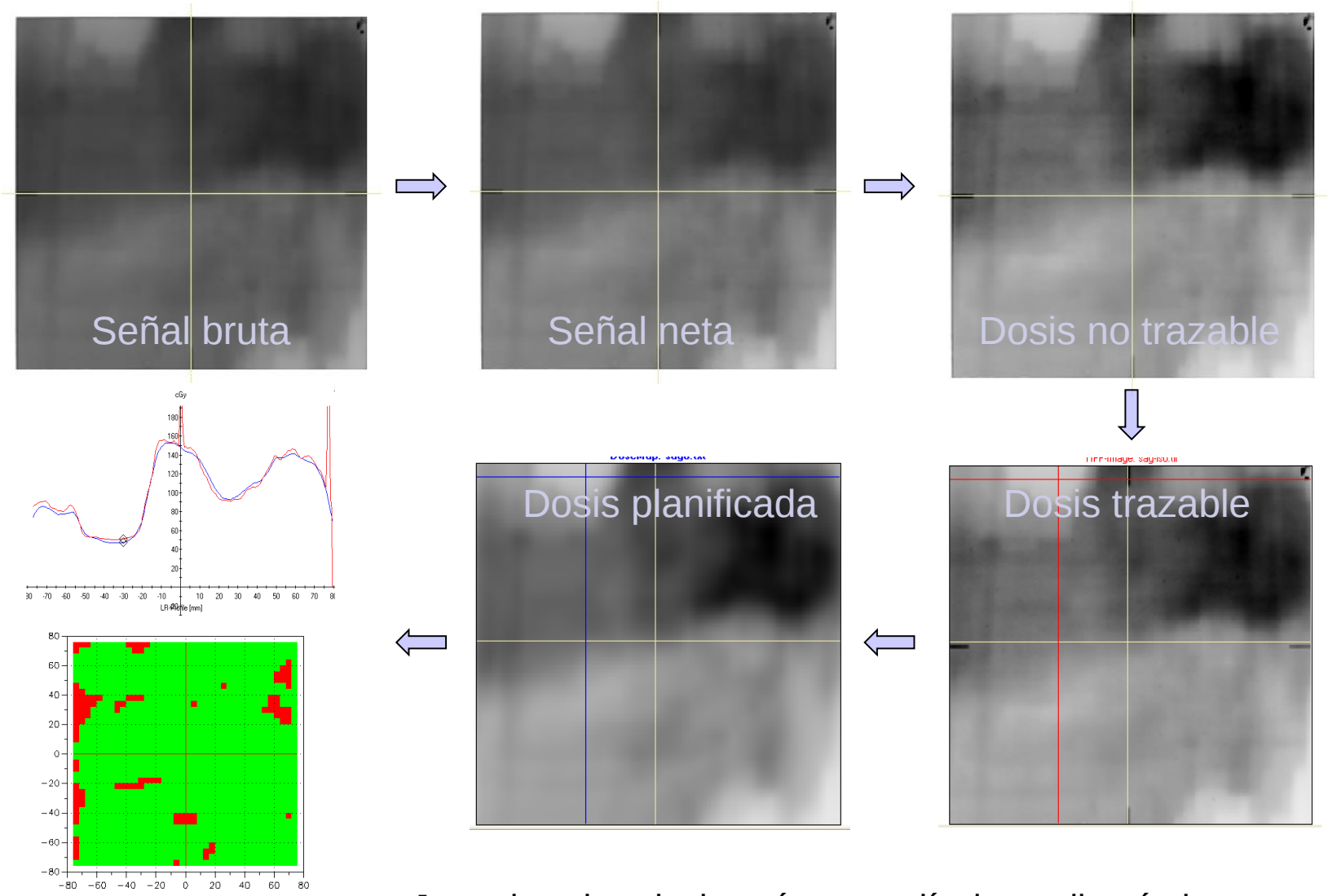


Irradiación de la película de control

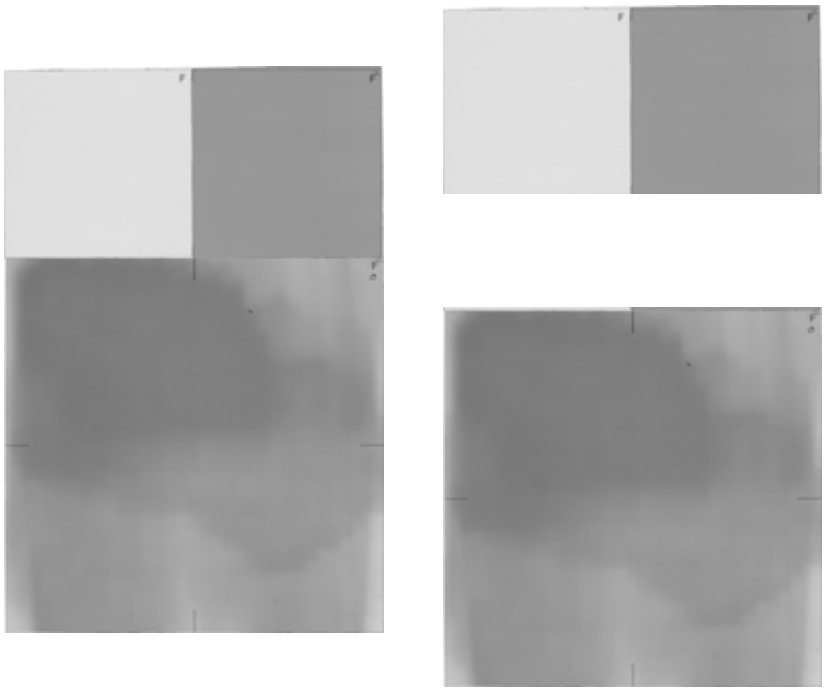




Control de calidad dosimétrico



Conversión de SD a dosis



- Las lecturas de la película a medir y las de corrección se realizan en la misma digitalización
- El análisis se realiza por separado
- Se determina el valor del fondo
- Se aplica la curva característica a las películas de corrección y se obtiene el factor de paso a dosis
- Se aplica la curva característica a la película de medida y se corrige mediante el factor de paso a dosis

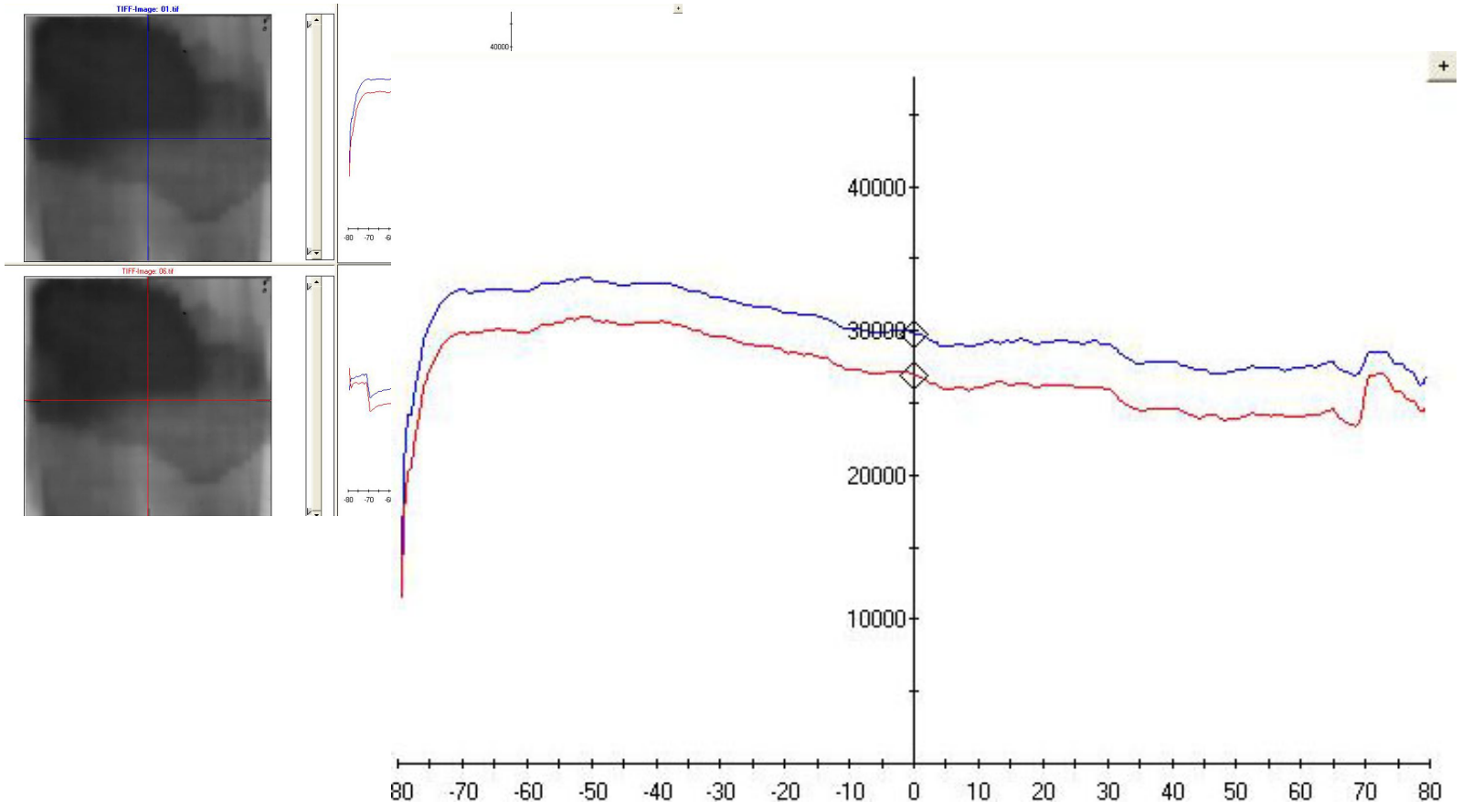
Análisis de incertidumbres

Fuentes de incertidumbre

- Reproducibilidad del sistema sobre una misma película irradiada
- Reproducibilidad del sistema sobre películas diferentes irradiadas de la misma manera
- Desviaciones sistemáticas no corregidas: v.g. uniformidad del escáner

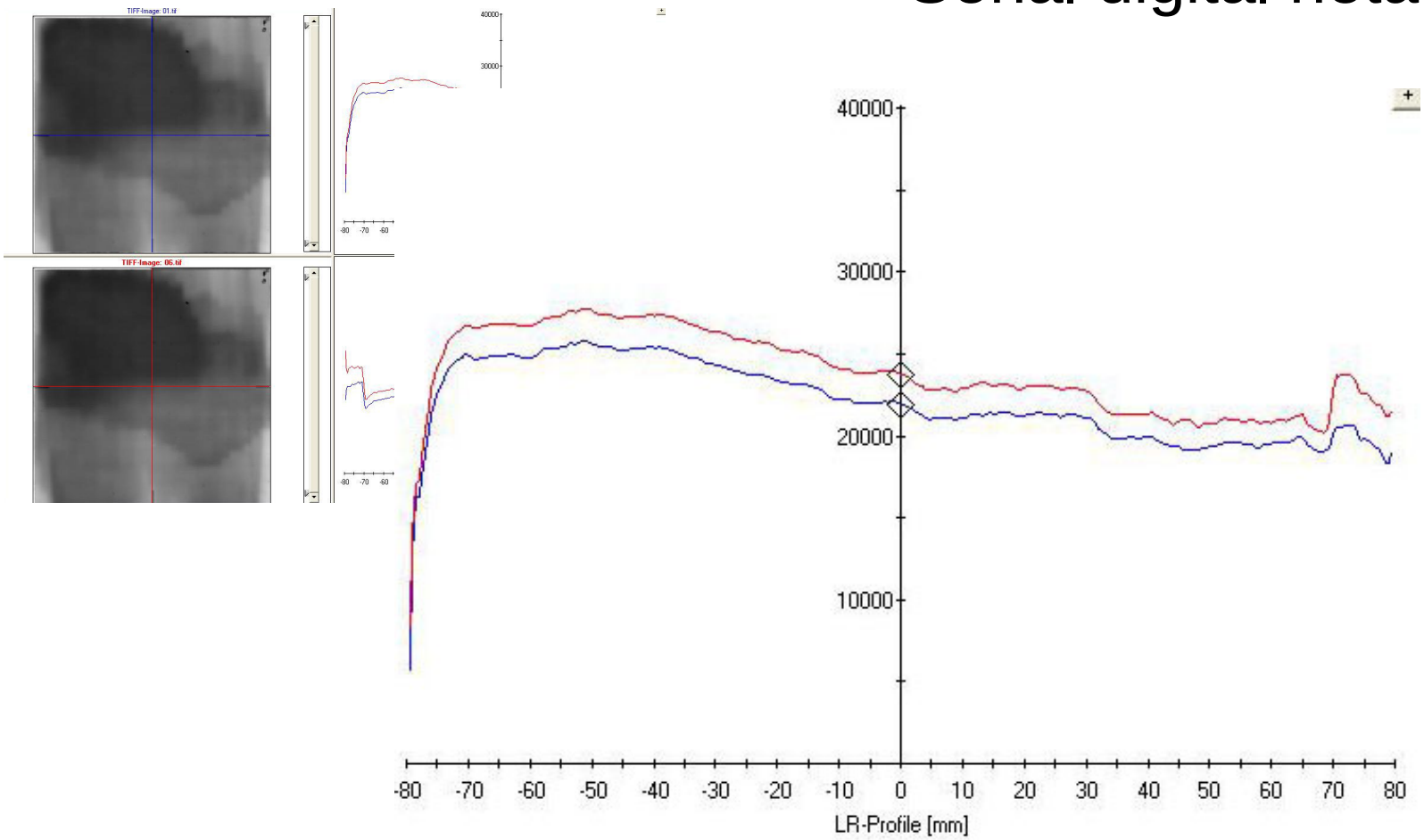
Misma película

- Señal digital bruta



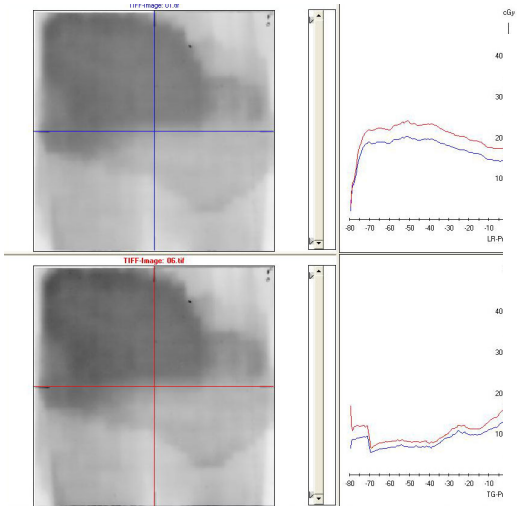
Misma película

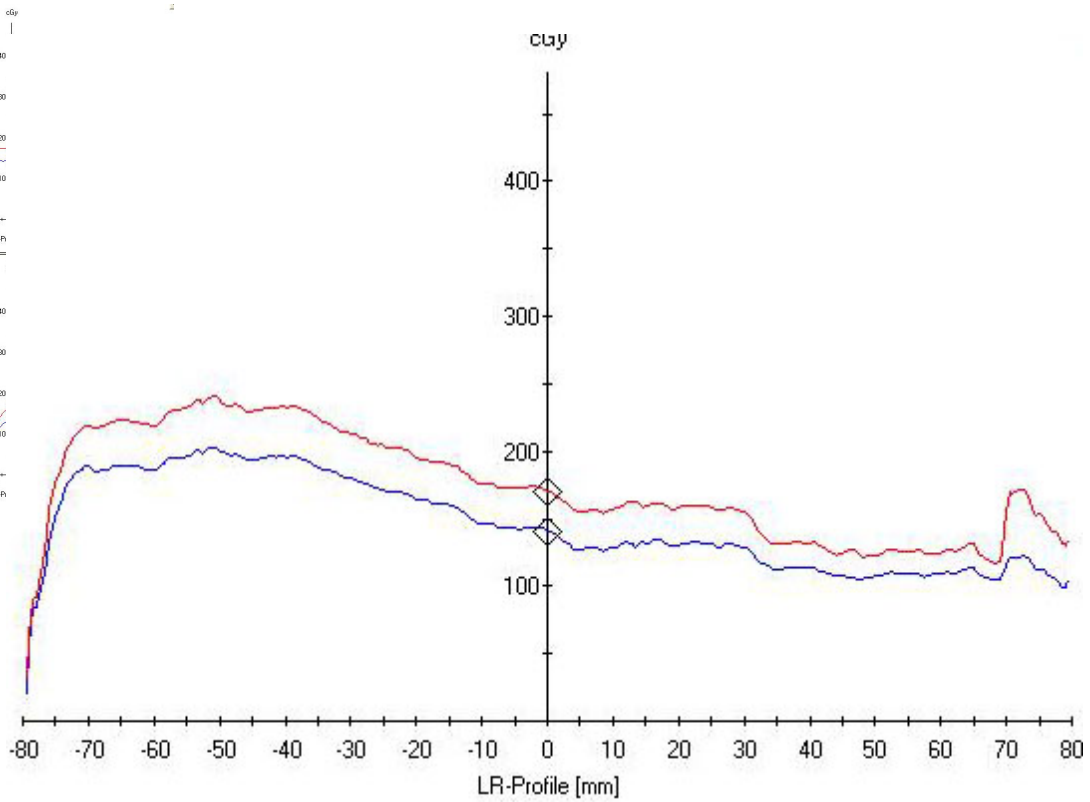
- Señal digital neta



Misma película

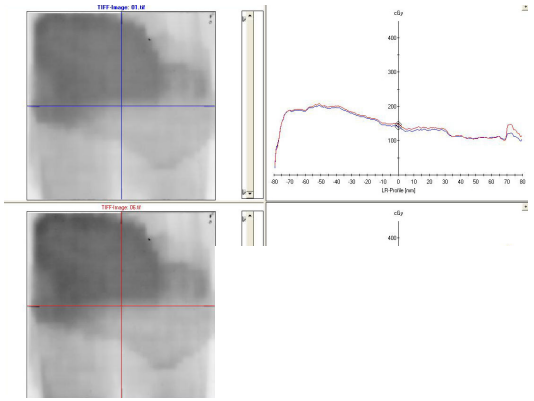
- Dosis absorbida sin la corrección de 2 Gy

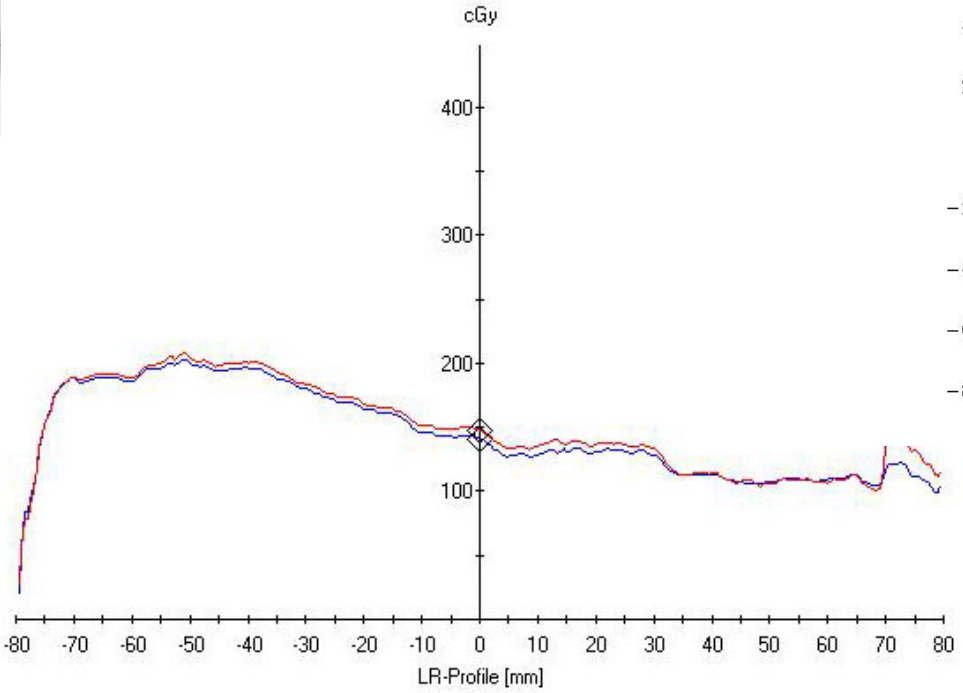


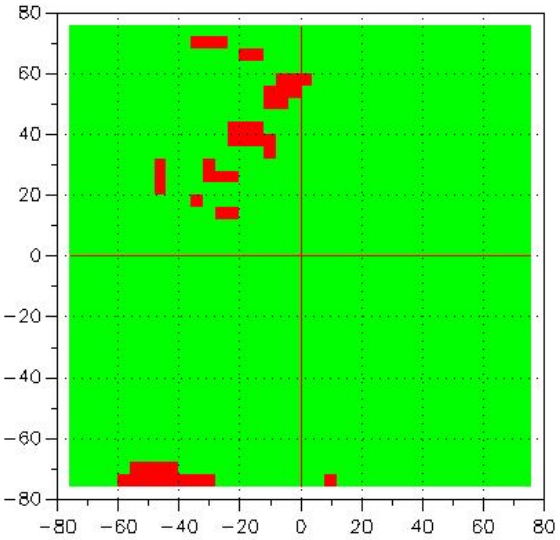


Misma película

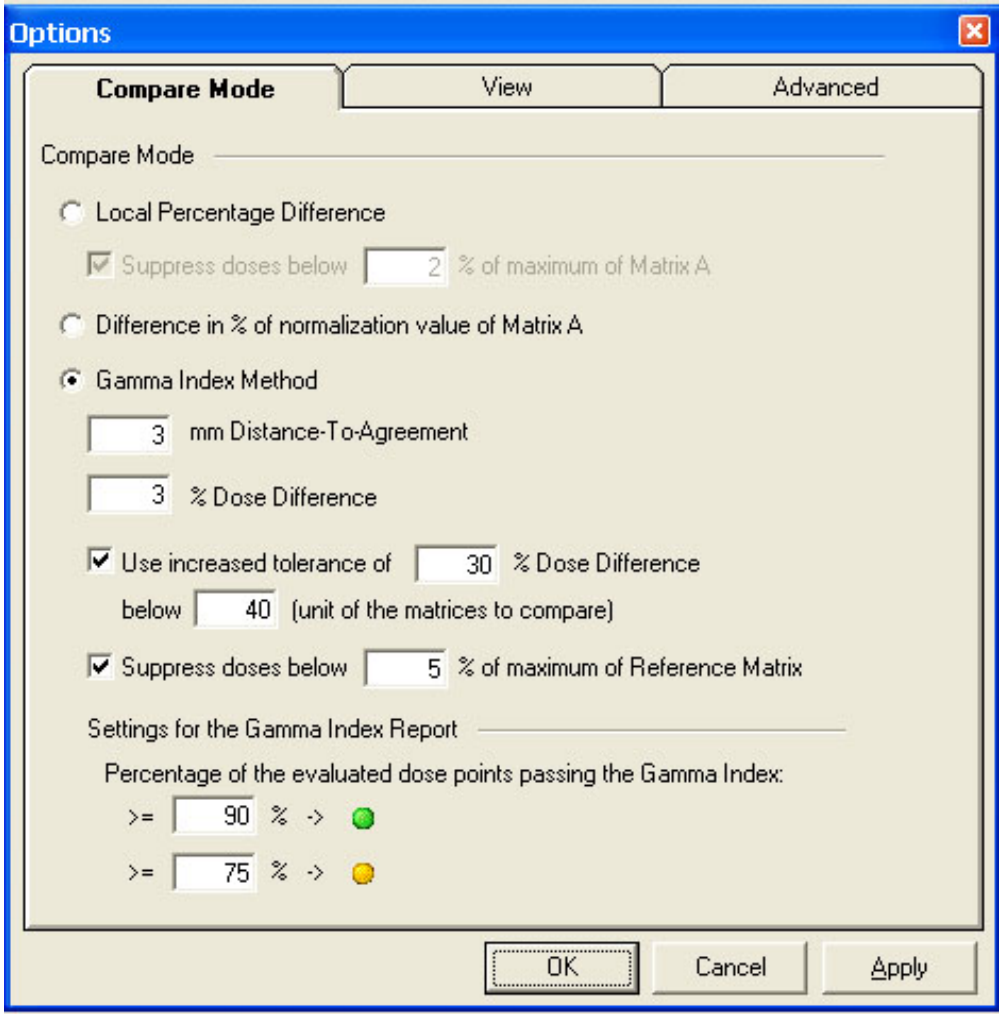
- Dosis absorbida
- 6 % de puntos no cumplen γ





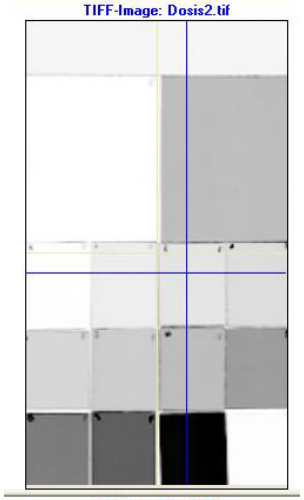


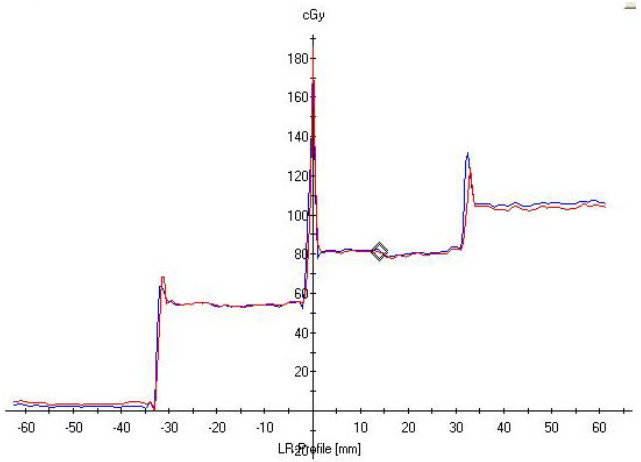
Parámetros de γ

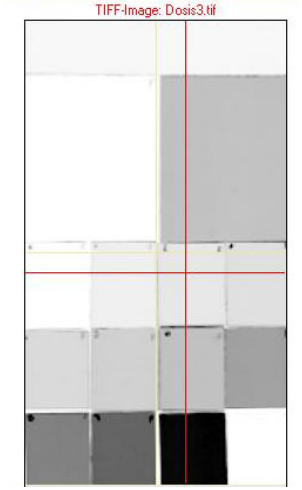


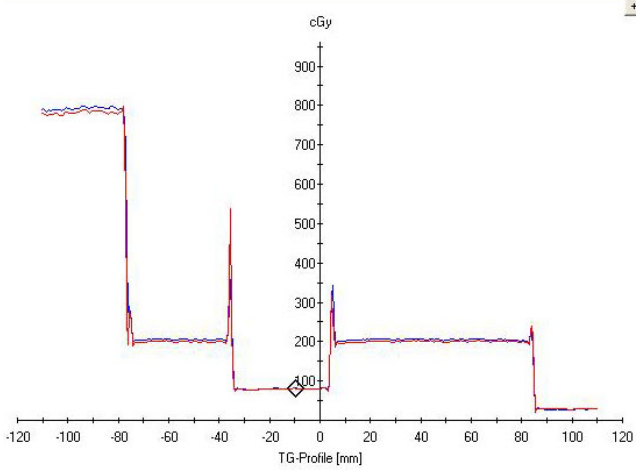
Diferentes películas

- Repetimos el procedimiento de medida de la curva característica y le aplicamos nuestro procedimiento de lectura

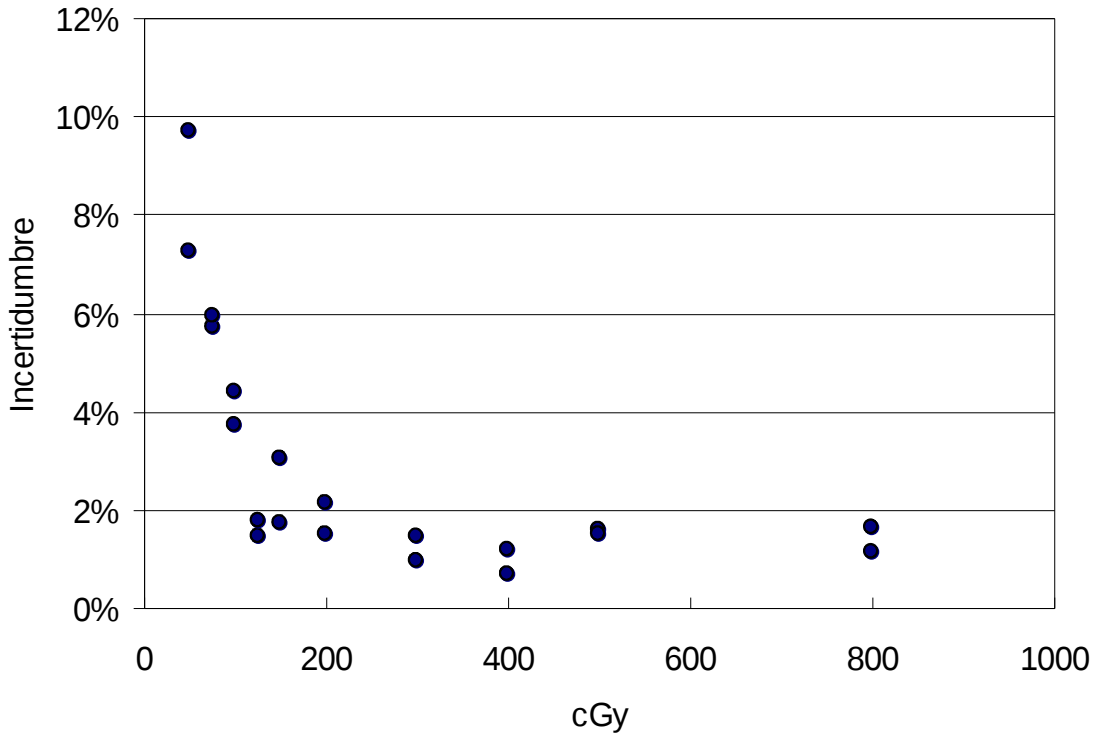




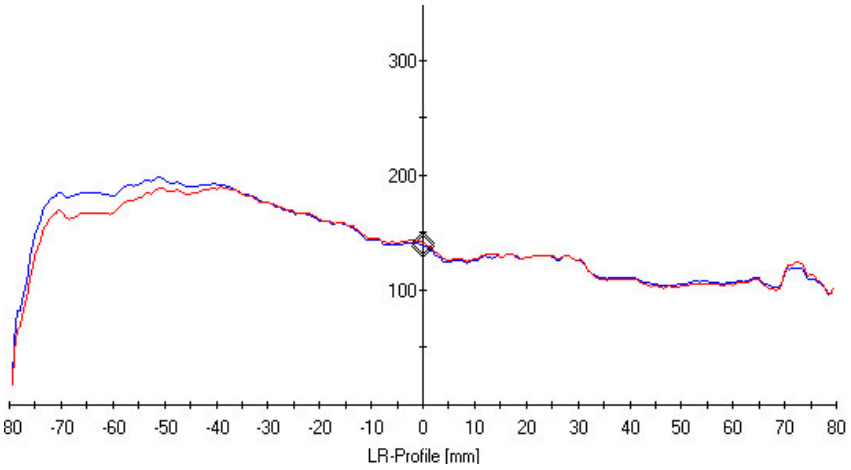


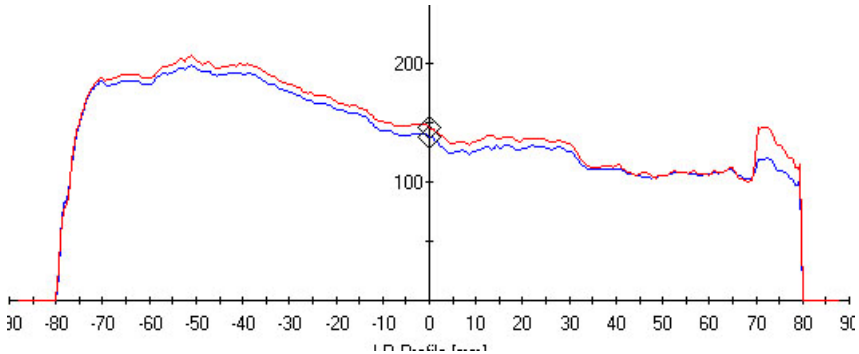


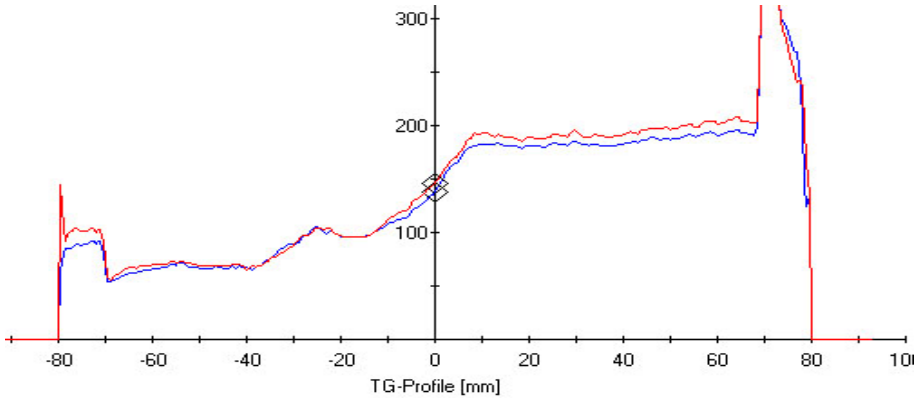
Incertidumbre



Inestabilidades no predecibles







Conclusiones

- Como dosímetro trazable independiente nuestro sistema no es del todo satifactorio. De forma impredecible presenta comportamientos no corregibles
- Separar las contribuciones de la incertidumbre debidas a la película y al escáner es complicado
- En nuestro caso parece que el elemento más débil es el escáner
- En combinación con una medida independiente realizada mediante una cámara de ionización el sistema es adecuado para realizar controles de calidad dosimétricos de IMRT