

Física Radiológica II

Prof. Eduardo Brito



Imagenes Dinamicas

Fluoroscopia

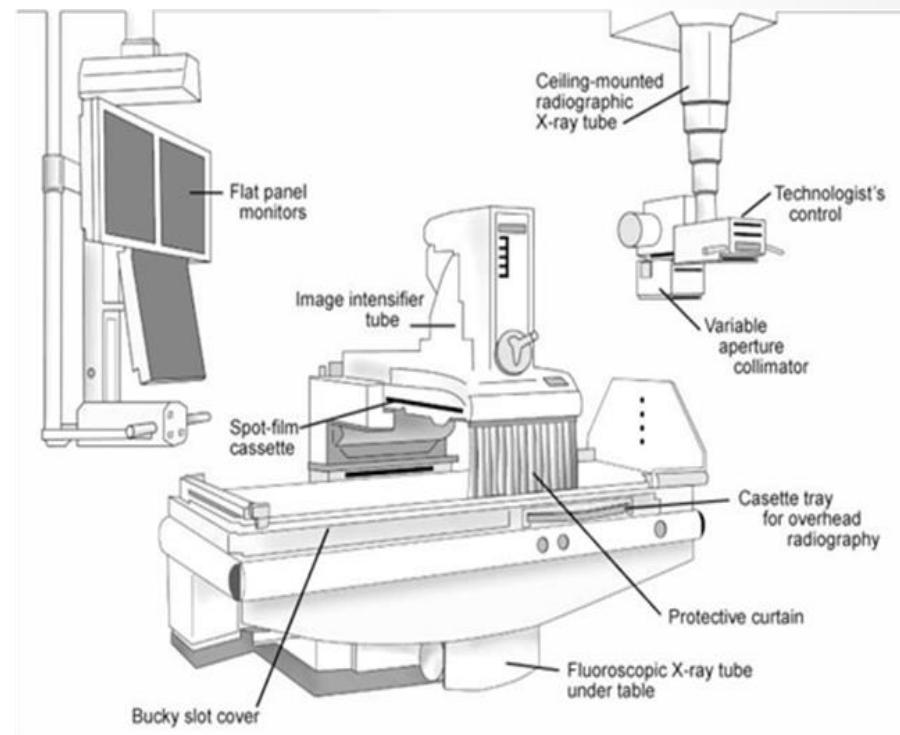
- Permite la obtención de imágenes del movimiento (dinámicas) de las estructuras internas. Se diferencia de la imagen radiográfica por su uso de un haz continuo de rayos X para crear imágenes de estructuras internas en movimiento y ser visibles en un monitor. Las estructuras internas, tales como los sistemas vasculares o gastrointestinales, se pueden visualizar en su estado normal de movimiento con ayuda de sustancias líquidas o de gas especiales (medios de contraste).

Fluoscopia

- Fluoscopia convencional, el miliamperaje (mA) utilizado durante la obtención de imágenes es considerablemente más bajo (0.5 a 5 mA) que el modo radiográfico, que funciona a un mA más alto (100 a 1200 mA). Un mA bajo proporciona el tiempo aumentado que se utiliza el fluoroscopio. Debido a que el tiempo de exposición se alarga, el panel de control incluye un temporizador de forma audible cuando se han utilizado 5 minutos de tiempo fluoroscópico de rayos X.

Equipo de imágenes fluoscópicas

- Mesa móviles
- Tubo de rayos x (debajo de mesa)
- Intensificador de imagen
- Monitores
- Cortina protectora
- Cortina protectora en bucky

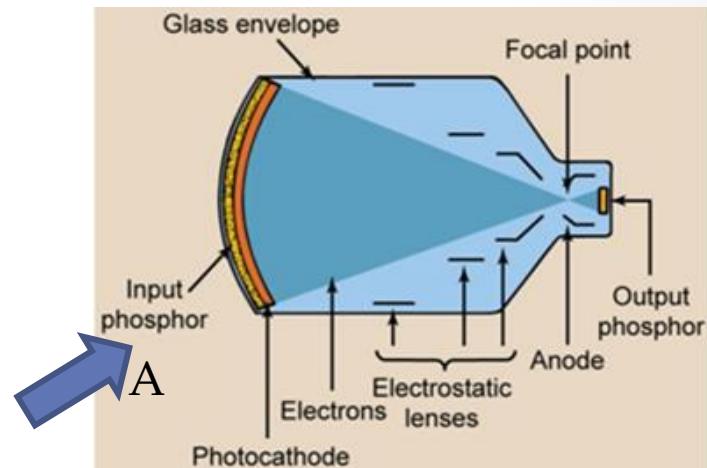
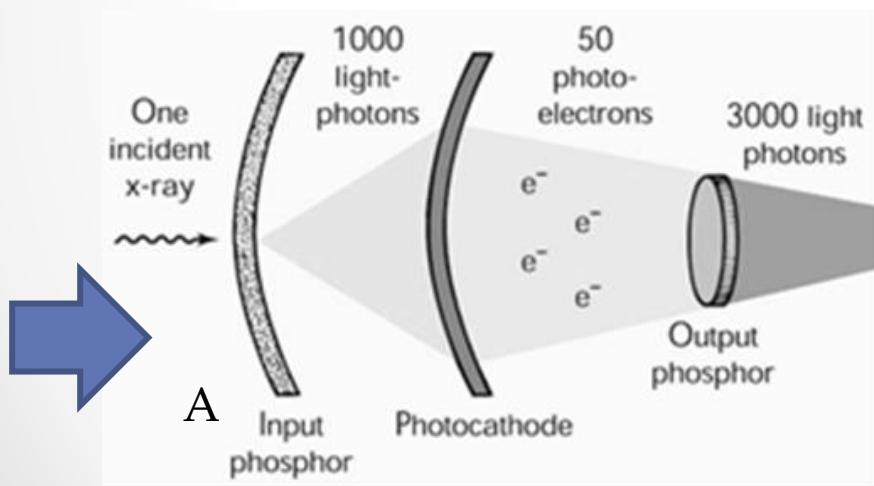


a. Intensificador de Imágenes (localizado arriba del paciente)

- **Es un dispositivo electrónico que recibe el haz de rayos x, luego de atenuar con el paciente, formando la imagen y convirtiéndola en una imagen de luz visible de alta intensidad.**
- **Todos los componentes del tubo del intensificador se localizan dentro de una carcasa metálica o de vidrio el cual proporciona soporte y un vacío.**
- **Esta carcasa de vidrio o metal se instala dentro de un contenedor metálico para protegerlo.**

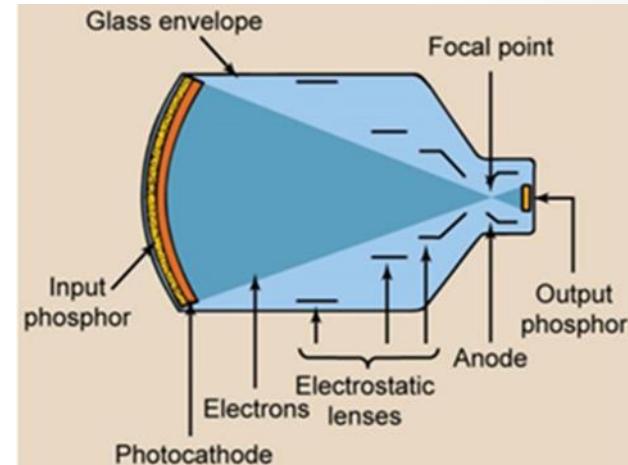
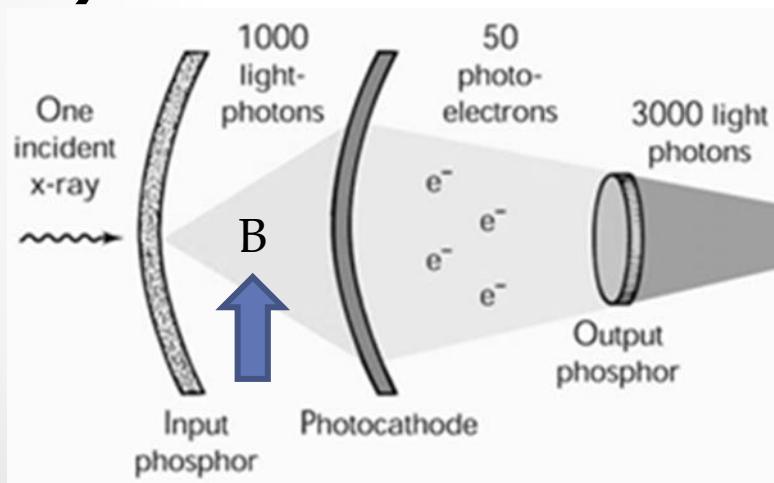
Intensificador de imagen

- Luego que los rayos x salen del paciente inciden en el tubo intensificador de imagen y se transmiten a través de la carcasa de vidrio llegan al fósforo de entrada. (Imagen letra A)



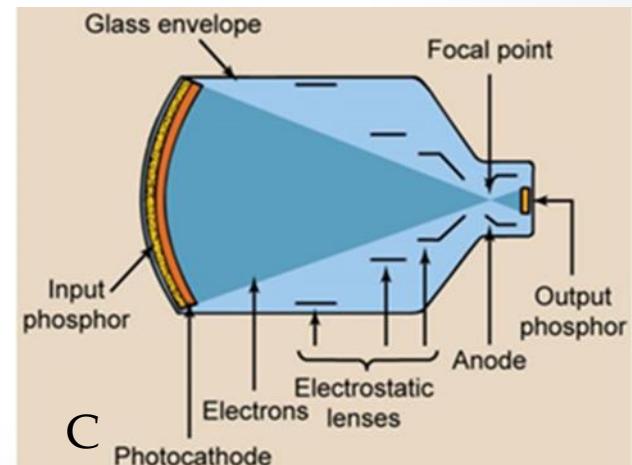
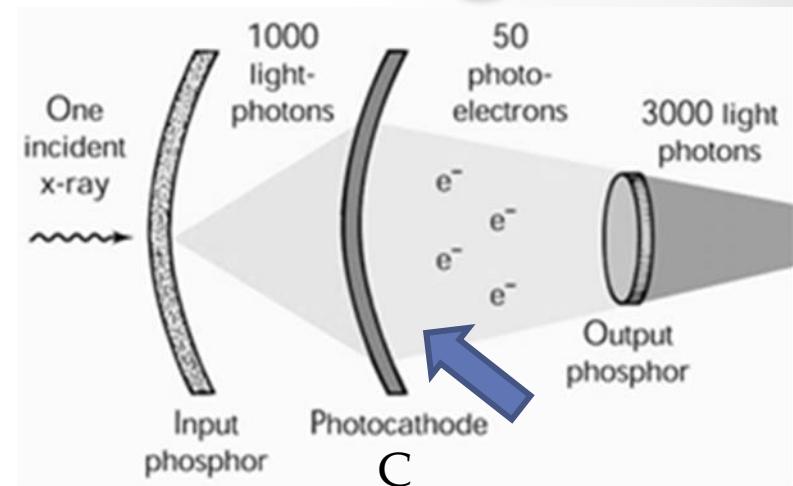
Intensificador de imagen

- 5. Los fósforos de entrada: están constituidos de yoduro de cesio (CsI). Cuando los rayos x interactúan con el fosforo de entrada su energía se convierte en luz visible (efecto similar a las pantallas intensificador en rayos x). (Imagen letra B)



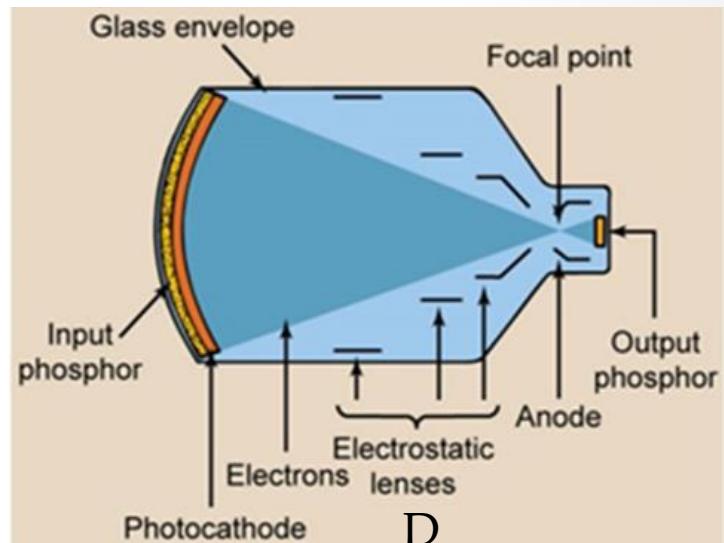
Intensificador de Imagen

- Luego encontramos el photocátodo.
- Este está ligado directamente al fosforo.
- El photocátodo es una capa fina de metal compuesta mayormente por cesio, el cual responde al estímulo del fosforo de entrada con la emisión de electrones. A este proceso se le conoce como fotoemisión = es la emisión de electrones después de una estimulación mediante la luz. El número de electrones emitido por el photocátodo es directamente proporcional a la luz que le llega. (imagen letra C)



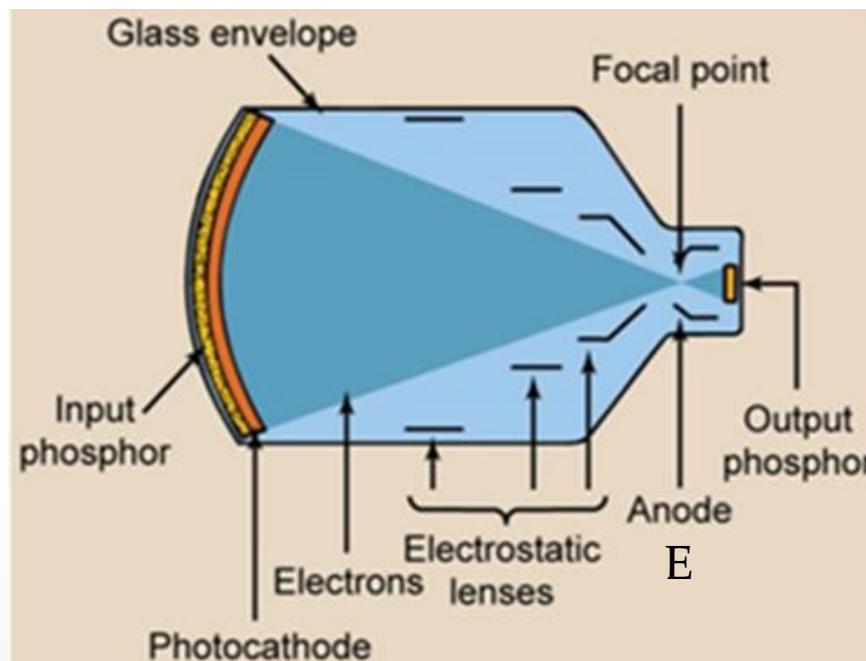
Intensificador de Imagen

- Los Lentes de enfoque electrostático se encarga de dirigir los electrones desde el photocátodo hasta el fosforo de salida con una alta precisión.
- Este se localiza a través de la longitud del tubo intensificador de imagen. Gracias a este dispositivo los electrones llegan al fosforo de salida con una alta energía cinética conteniendo la imagen en miniatura captada en le fosforo de entrada. Imagen letra D)



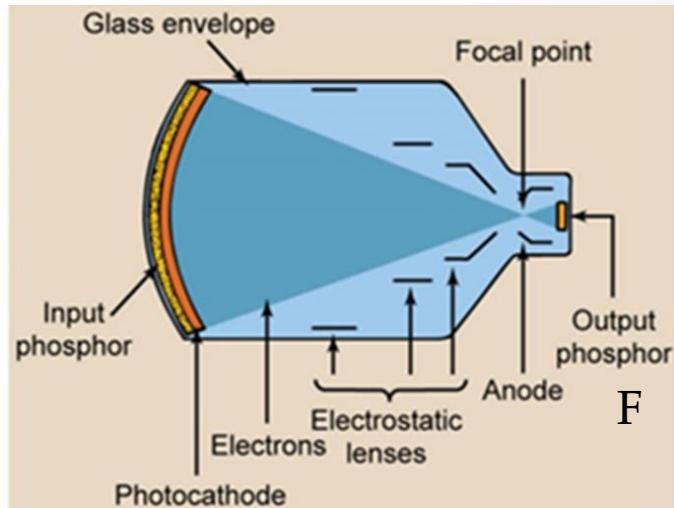
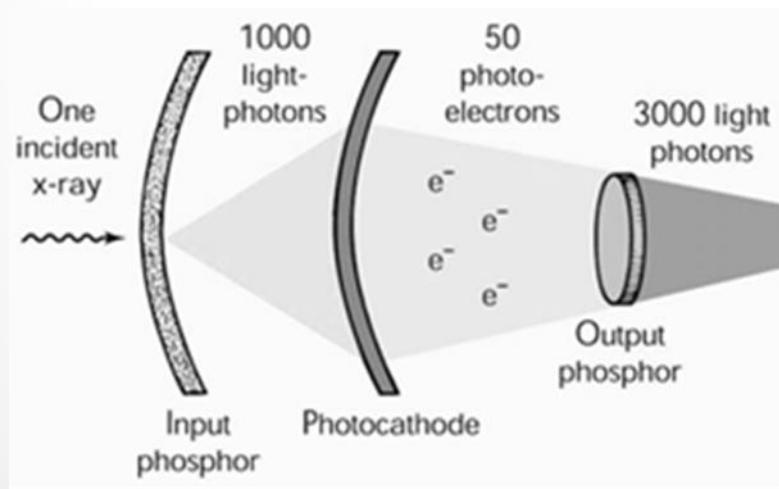
Intensificador de Imagen

- Luego encontramos el ánodo. Este es una placa circular con un orificio en el centro que permite a los electrones circular a través de él para llegar hasta el fosforo de salida. (letra E)



Intensificador de Imagen

- El fosforo de salida se localiza al otro lado del ánodo y usualmente está compuesto de sulfuro de zinc-cadmio. En este los electrones interactúan y producen luz. (Imágenes Letra F)
- La imagen es visible en un televisor



Intensificador de Imagen

- **La mayoría de los intensificadores de imágenes son multicampos . Estos ofrecen mayor flexibilidad para todo tipo de exámenes por fluoroscopio.**
- **Los tubos tricampos se presentan comúnmente en tamaños de 25/17/12 cm.**

b. Control Automatico de Brillo (Automatic Brightness Control - ABC)

- **El ABC tiene como propósito mantener el aspecto general de la imagen fluoroscópica (contraste y densidad) ajustando automáticamente el kilovoltaje pico (kVp), mA o ambos.**
- **ABC generalmente funciona verificando la corriente a través del intensificador de la imagen o la intensidad del fósforo de salida y ajustando el factor de exposición; Si estos valores de corriente verificados caen por debajo de los niveles preestablecidos AUTOMATICAMENTE realiza los ajustes de técnicas. Para ello el TR seleccionara un nivel de brillo (densidad) deseado y este nivel es subsiguentemente es constante por ABC.**

e. Protección radiológica en Fluoroscopia

- La seguridad de la radiación es tan importante durante la imagen fluoroscópica como lo es con la imagen radiográfica. Debido a que la fluoroscopia convencional utiliza un flujo continuo de rayos X, la exposición debe ser pulsada intermitentemente (o sea apagar y prender).
- Esto es más importante durante la fluoroscopia intensificada por imagen porque el tecnólogo radiológico controla la exposición mediante un interruptor de mano o un pedal. La aplicación de presión al interruptor de exposición o al pedal reduce intermitentemente significativamente la exposición del paciente y del personal y reduce la carga de calor en el tubo de rayos X.

Protección radiológica en fluoroscopia

- **El tiempo, la distancia y protección plomada** son las prácticas estándar de seguridad radiológica utilizadas durante la obtención de imágenes fluoroscópicas. La **reducción del tiempo de exposición a los rayos X** reduce la exposición al paciente y al personal que permanece en la habitación.
- **El temporizador del panel de control** produce un ruido audible cuando se han utilizado 5 minutos de tiempo fluoroscópico de rayos X. Es responsabilidad del operador minimizar la fluoroscopia de rayos X y el tecnólogo radiológico y el radiólogo debe documentar la cantidad total de tiempo de fluoroscopia de rayos X utilizada durante el procedimiento.
- Además, la intensidad de la exposición a rayos X en la mesa no debe exceder 10 R por minuto para unidades equipadas con ABC y 5 R por minuto para unidades sin ABC. **Cuando se reduce la exposición del paciente, también se reduce la exposición del personal.**

Protección

- La distancia de la fuente a la piel (SSD) debe ser no menor de 38 cm (15 pulgadas) para unidades fluoroscópicas estacionarias y no menos de 30 cm (12 pulgadas) en una unidad fluroscópica móvil.
- Además, el personal debe aumentar su distancia del paciente para reducir la exposición a la radiación de dispersión del paciente.

Protección

- También todo el personal en la sala debe llevar delantales de plomo y dos tipos adicionales de blindaje son necesarios durante la fluoroscopia como ranura del bucky y cortinas plomadas.
- Debido a que la bandeja Bucky se coloca en el extremo de la mesa para el funcionamiento del tubo de rayos X debajo de la mesa, una cubierta de ranura Bucky con al menos 0.25 mm de equivalente de plomo debe cubrir automáticamente el espacio abierto en el lateral de la mesa.
- Además, se debe colocar una cortina protectora con al menos 0.25 mm de equivalente de plomo entre el paciente y el operador para reducir la exposición al operador.

Imagen digital

Imagen Digital

- En la imagen digital, la imagen latente se almacena como datos digitales y debe ser procesada por el ordenador para su visualización en un monitor de pantalla. La imagen digital se puede lograr utilizando un receptor de imagen especializado que puede producir una imagen radiográfica computarizada.
- Actualmente se utilizan dos tipos de sistemas radiográficos digitales:
 - radiografía computarizada (CR)
 - radiografía digital directa (DR).

Imagen Digital

- Independientemente de si el sistema de imagen es CR o DR, el ordenador puede manipular la imagen radiográfica de varias maneras después de que la imagen se haya creado digitalmente
- Una característica única de los receptores de imágenes digitales es su amplia gama dinámica

Rango dinámico

- Se refiere al rango de intensidades de exposición que un receptor de imagen puede detectar con precisión; Esto significa que las imágenes moderadamente subexpuestas o sobreexpuestas pueden seguir siendo de calidad diagnóstica aceptable.
- Debido a que la imagen se construye de datos digitales y se ve en un monitor de pantalla, puede exhibir una gama más amplia de brillo o densidades. Como resultado, las áreas anatómicas de atenuación de rayos X muy diferentes, tales como tejidos blandos y estructuras óseas, se pueden visualizar más fácilmente en una imagen digital

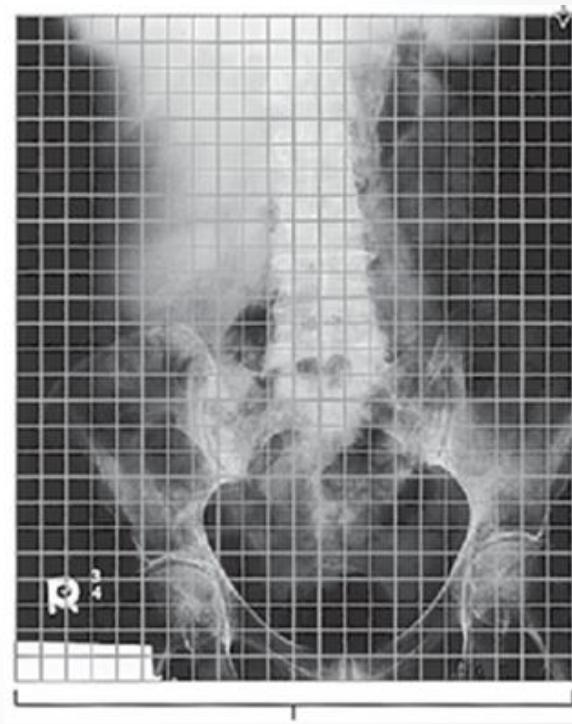
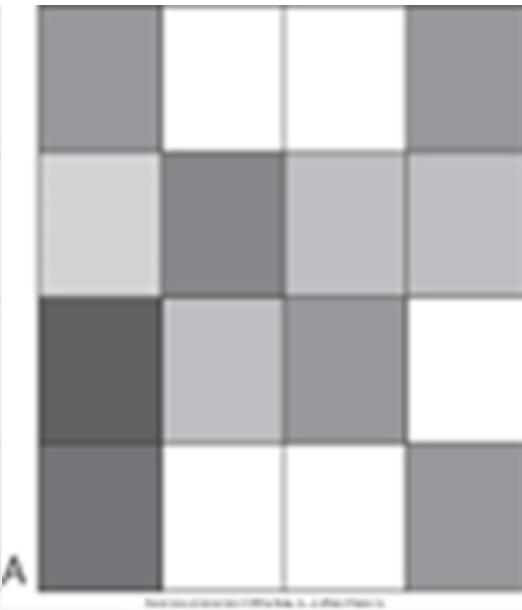
Imagen digital

- Las imágenes digitales se componen de datos numéricos que pueden ser fácilmente manipulados por una computadora (lenguaje de una computadora con un sistema binario de 0,1) .
- Cuando se muestra en un monitor de computadora, hay una tremenda flexibilidad en términos de alterar el brillo y el contraste de una imagen digital. La ventaja práctica de tal capacidad es que, independientemente de los factores originales de la técnica de exposición (dentro de la razón), cualquier estructura anatómica puede ser independiente y bien visualizada.
- Los ordenadores o computadora también pueden realizar diversas manipulaciones de imágenes de postprocesamiento para mejorar aún más la visibilidad de la región anatómica.

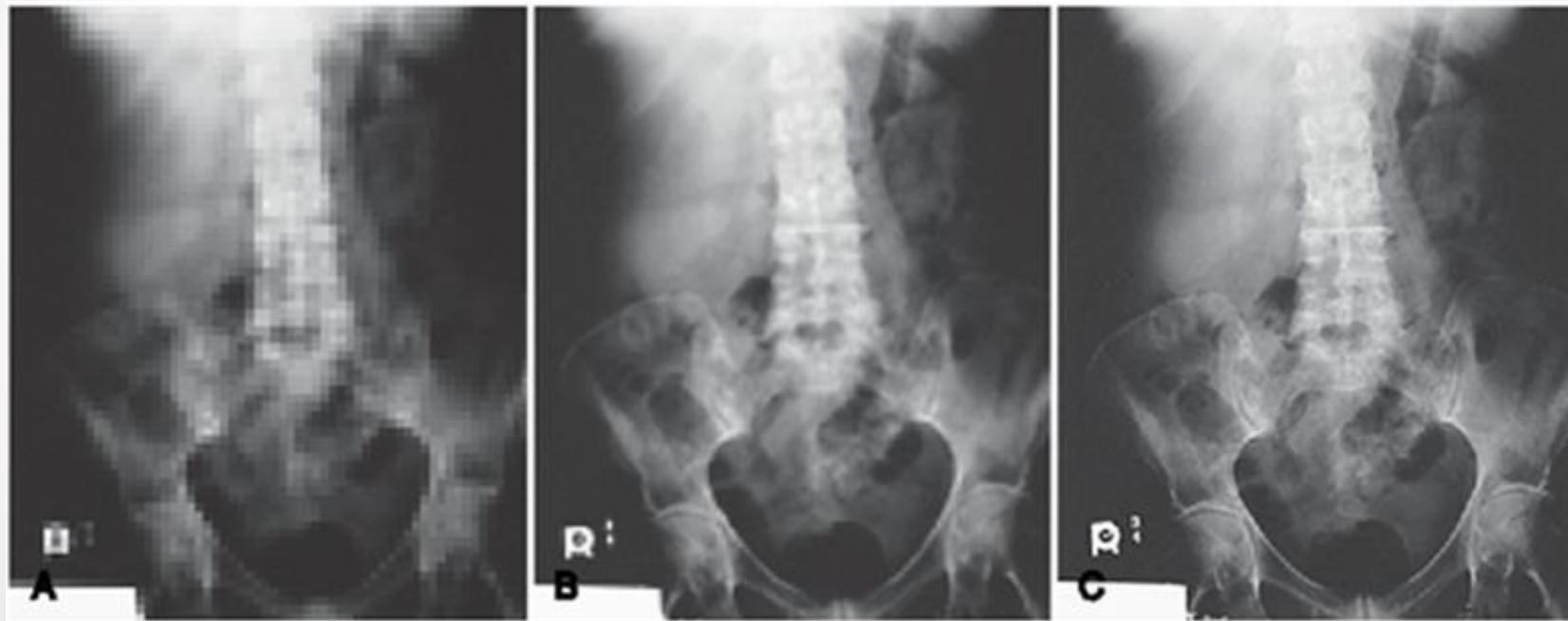
- Una imagen digital se graba como una matriz o combinación de filas y columnas (matriz) de "elementos de imagen", llamados píxeles. El tamaño del píxel se mide en micros (0.001 mm). Cada píxel se registra como un valor numérico único, (Imagen B) que se representa como un solo nivel de brillo en un monitor de pantalla (Imagen A). La ubicación del píxel dentro de la matriz de imagen corresponde a un área dentro del paciente o volumen de tejido (Imagen C)

B

6	0	0	5
2	6	3	3
8	3	5	0
7	0	0	6



- Para un área anatómica determinada, o campo de visión (FOV), un tamaño de matriz de 1024×1024 tiene 1.048.576 píxeles individuales; Un tamaño de matriz de 2048×2048 tiene 4.194.304 píxeles. .
- La calidad de la imagen digital se mejora con un tamaño de matriz mayor que incluye un mayor número de píxeles más pequeños



Matrix size is 64×64 . B, Matrix size is 215×215 . C, Matrix size is 2048×2048

- Aunque se mejora la calidad de imagen para un tamaño de matriz mayor y píxeles más pequeños, el tiempo de procesamiento de la computadora, el tiempo de transmisión de la red y el espacio de almacenamiento digital aumentan a medida que aumenta el tamaño de la matriz.
- El valor numérico asignado a cada píxel está determinado por la atenuación relativa de los rayos X que pasan a través del correspondiente volumen de tejido. Los píxeles que representan tejidos altamente atenuantes, como el hueso, suelen tener un valor bajo para un brillo mayor que los píxeles que representan tejidos de baja atenuación de rayos X

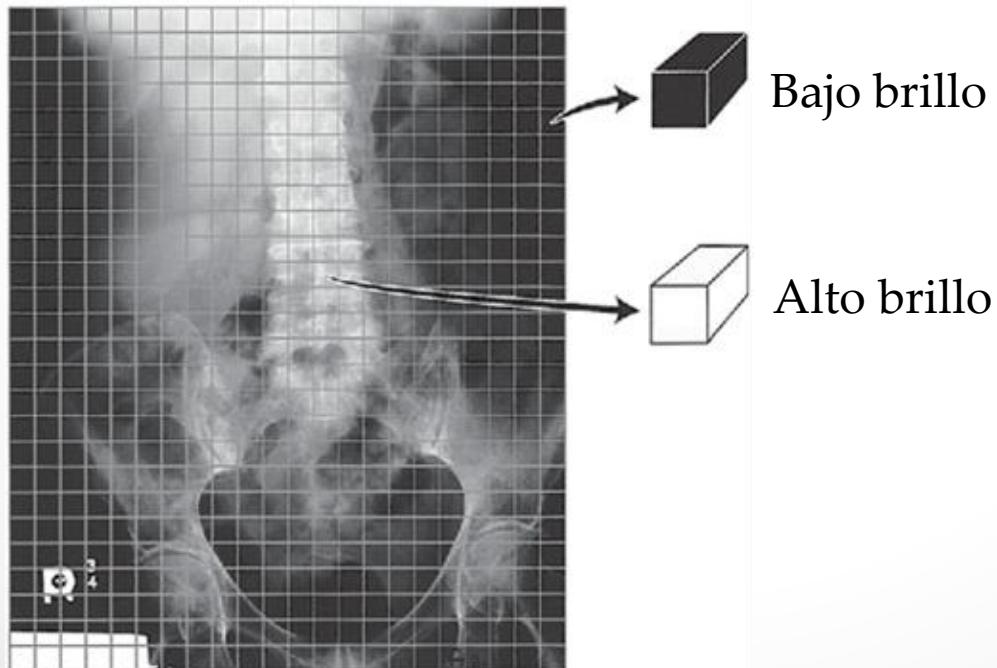


Imagen digital

- Cada píxel también tiene una profundidad de bits, o número de bits que determina la cantidad de precisión en la digitalización de la señal analógica (obtenida al realizar las radiografías) y por lo tanto el número de tonos de gris que se pueden mostrar en la imagen.
- La profundidad de bits se determina por el convertidor analógico-digital que es un componente integral de cada sistema de imagen digital.

- Una mayor profundidad de bits permite que se muestre un mayor número de tonos de gris en un monitor de ordenador. Por ejemplo, una profundidad de 12 bits (2^{12}) puede mostrar 4,096 tonos de gris, una profundidad de 14 bits (2^{14}) puede mostrar 16,384 tonos de gris y una profundidad de 16 bits (2^{16}) puede mostrar 65,536 tonos de gris. Una imagen con una resolución de contraste aumentada aumenta la visibilidad de los detalles grabados y la capacidad de distinguir entre pequeñas áreas anatómicas de interés.
- La obtención de imágenes digitales implica la aplicación de conversión de la imágenes de análogo a digital y la utilización de software y hardware informáticos para ello.
- Las imágenes digitales difieren en la forma de adquisición en las imágenes convencionales. Pero no afecta los factores relativos a la producción de rayos x, atenuación y la geometría del haz.

CR

- Utiliza un tubo de rayos x, una mesa convencional y un receptor de imagen (RI) llamado imagen Plate (IP) que tiene adentro un SPS (storage phosphor screens) en lugar de una película radiográfica.
- Los factores de exposición son similares a la radiografía convencional.
- Para crear a la imagen digital se obtiene de la misma manera que en radiología convencional pero el proceso de procesar la imagen cambia. En CR se realiza de la siguiente manera:
 -

Imagen por CR

- A la **Luminiscencia fotoestimulable (PSL – Phosphor stimulate luminescence)** se conoce al proceso de emisión de luz algún tiempo después de la exposición. Estos pueden emitir luz al igual al centelleador después de una exposición a los rayos x.
- **La lámina en el SPS (storage phosphor screens)** al igual que la película radiográfica registra una imagen latente. El europio (Eu) esta presente en cantidades pequeñas y es el activador y responsable de almacenar la energía; Sin él no hay imagen latente.



CR

- Esta lámina puede utilizarse en repetidas ocasiones luego de haber revelado la imagen en el lector de imagen
- Los átomos de fluorobromuro de bario tienen electrones los cuales fácilmente se convierte en electrones en un estado metaestables excitados. Luego estos electrones vuelven a su estado basal y emiten luz visible. Este proceso de devolver los electrones a su estado basal se le conoce como luminiscencia fotoestimulable
- Mientras tanto la imagen latente se crea en las pantallas exactamente en el almacenamiento de fósforos (SPS – storage phosphor screens). Estas son diseñadas para optimizar la intensidad de la luz estimulada.

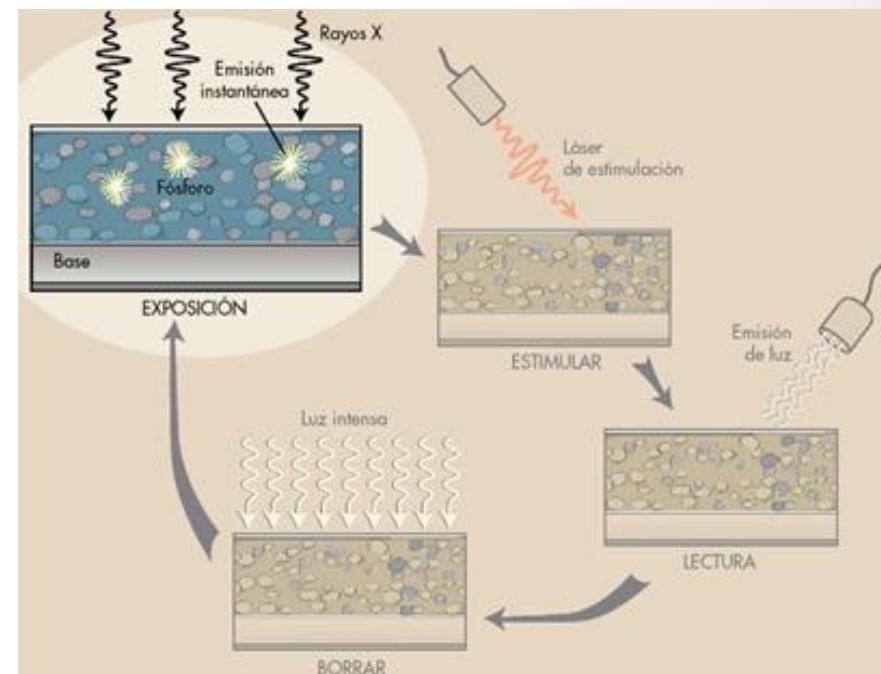
CR

- La información de la lámina SPS se adjunta electrónicamente a la imagen de CR. Estos SPS son una de las ventajas del CR ya que gracias a él se elimina el revelado de película en cuarto oscuro

CR

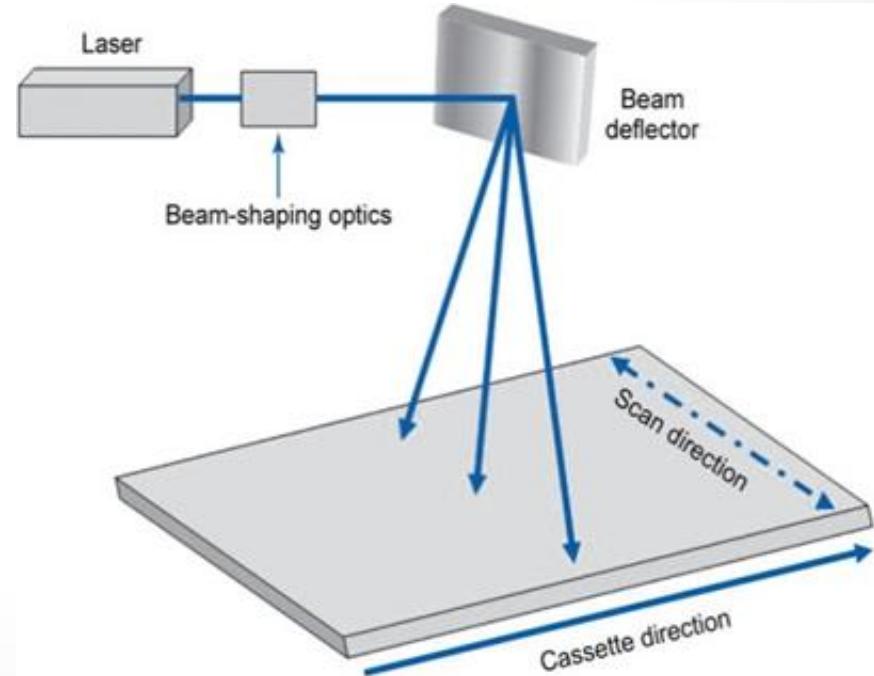
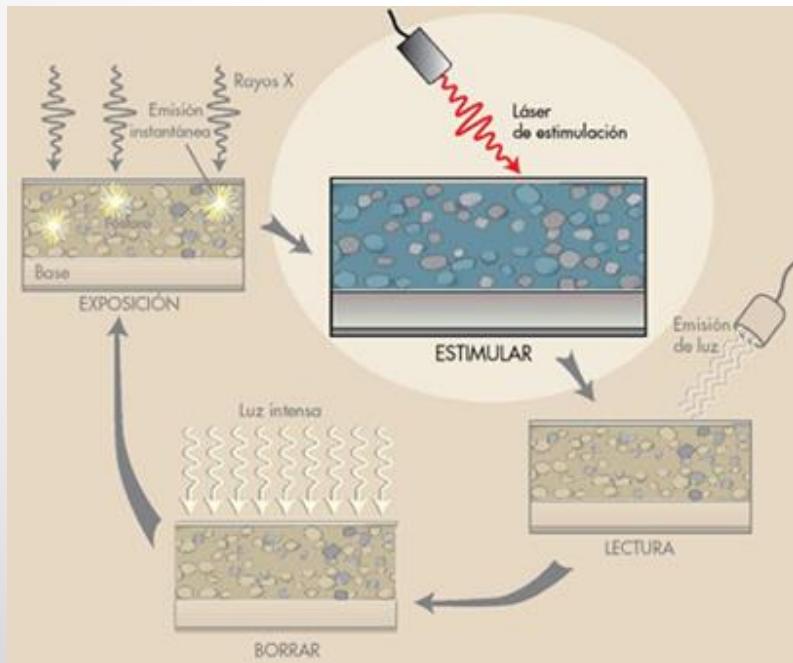
- Secuencia de adquisición de imagen del SPS:

- El SPS (lamina dentro del IP) se expone a los rayos x
- Luego la transferencia de energía da lugar a la excitación de los electrones en su estado metaestable. Donde rápidamente aproximadamente el 50% de estos electrones vuelven a su estado basal produciendo una rápida emisión de luz. El otro 50% vuelve a su estado basal a lo largo del tiempo, lo que hace que la imagen latente se desvanezca y el PI deba ser leído luego de la exposición.

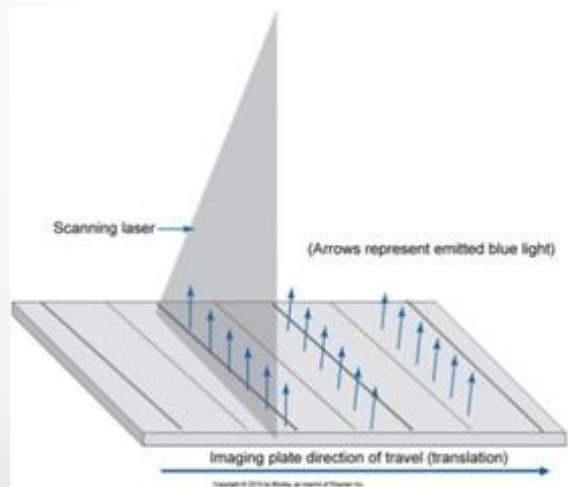
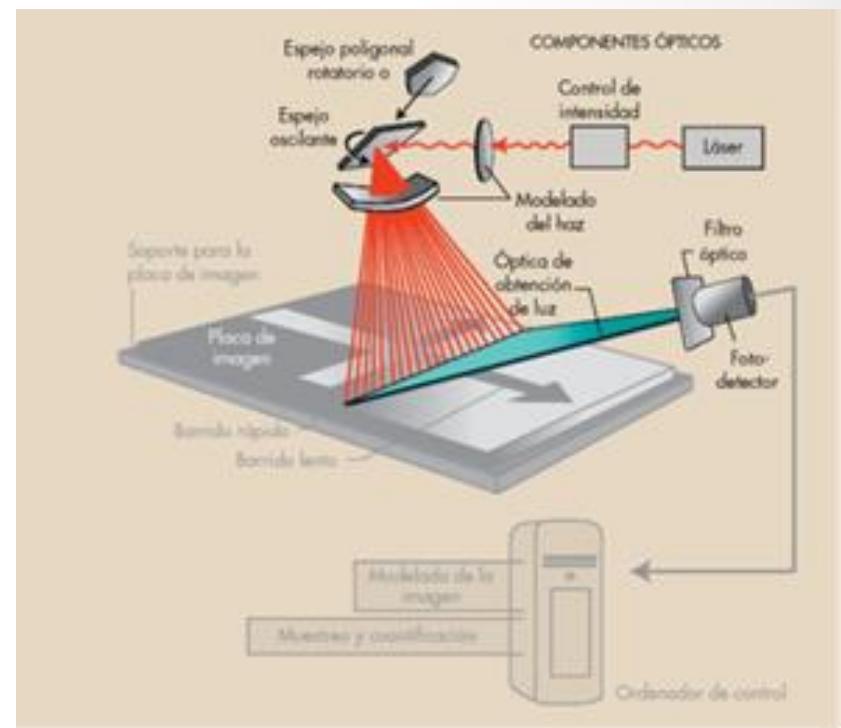
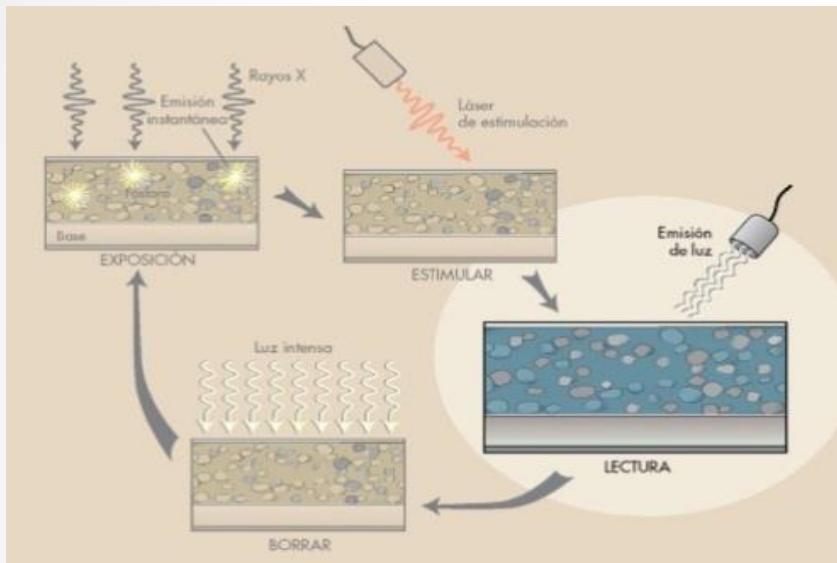


CR

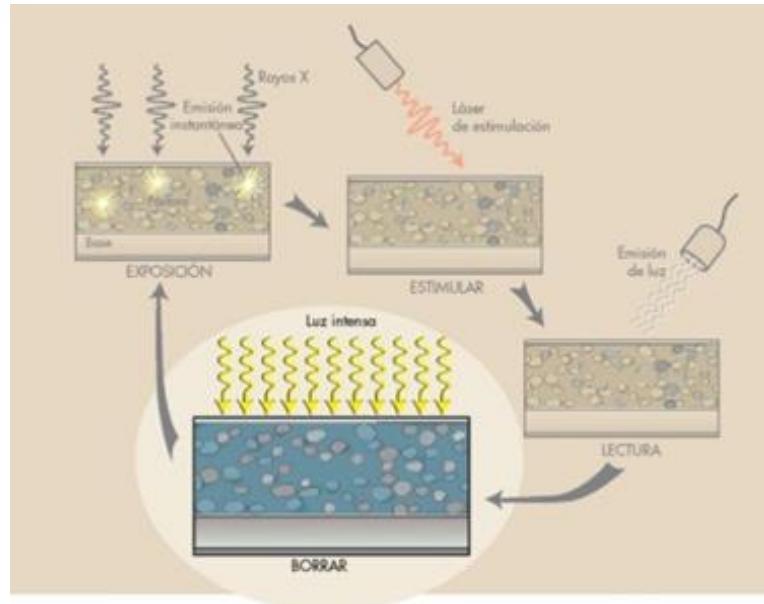
- Tras colocar la información del pt en la computadora se coloca el IP en el lector de lámina.
- En el interior del IP (imaging plate) la lámina SPS es leída línea por línea luego que el láser de luz infrarroja activa todos los fósforos.



- Luego se detecta (hace lectura) de la emisión de luz (del espectro azul) haciendo una señal eléctrica que se convierte en un formato digital para poder visualizar la imagen, manipular, e imprimir.



- Luego el lector de imagen borra la lámina residual con una luz blanca brillante.



- Todo este proceso dura alrededor de 20 segundos.
- Estación de trabajo: área es utilizada por el tecnólogo para verificar la radiografía este óptima para un buen diagnóstico. En esta área debe estar el lector de lámina.

DR

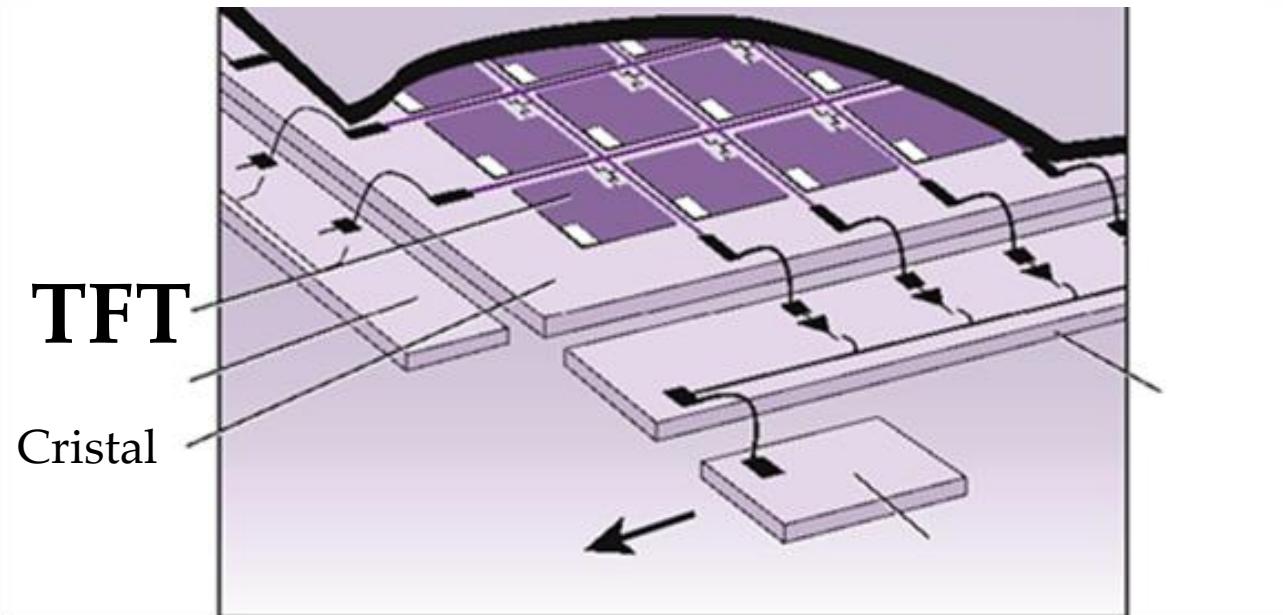
- DR tienen un mecanismo de lectura de auto-exploración que emplea una matriz de detectores de rayos X que reciben la radiación de salida y convierten las intensidades de rayos X variables en señales electrónicas proporcionales para la digitalización.
- A diferencia de CR, que requiere un proceso de adquisición de imágenes en dos etapas, la imagen DR combina la captura de imágenes y la lectura de imágenes. Como resultado, las imágenes DR están disponibles casi instantáneamente después de la exposición. Sin embargo, los receptores DR son más frágiles y mucho más caros que los CR. Existen varios tipos de detectores electrónicos disponibles para DR.

DR

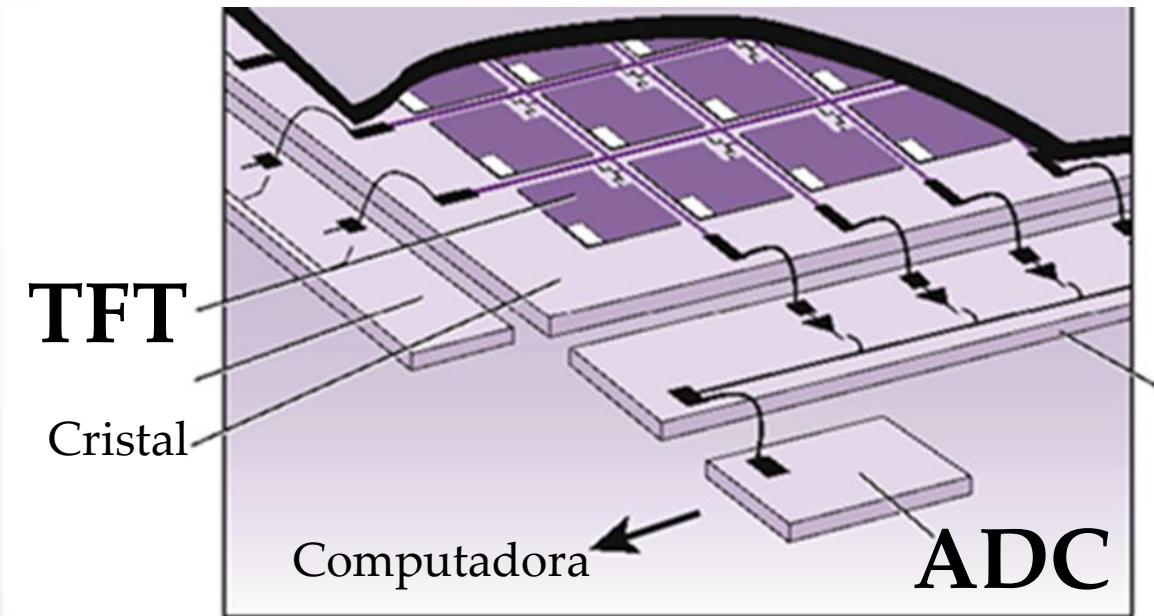
- Detectores de panel plano. Los detectores de panel plano son RI de estado sólido que emplean una matriz activa de gran área de componentes electrónicos que varían en tamaño desde 43×35 cm a 43×43 cm (17 x 14 pulgadas a 17 x 17 pulgadas). Los detectores de panel plano se construyen con capas para recibir los fotones de rayos X y convertirlos a cargas eléctricas para almacenamiento y lectura.
- El Almacenamiento de señal, la lectura de la señal y la electrónica de digitalización están integrados en el dispositivo de panel plano de DR.

DR

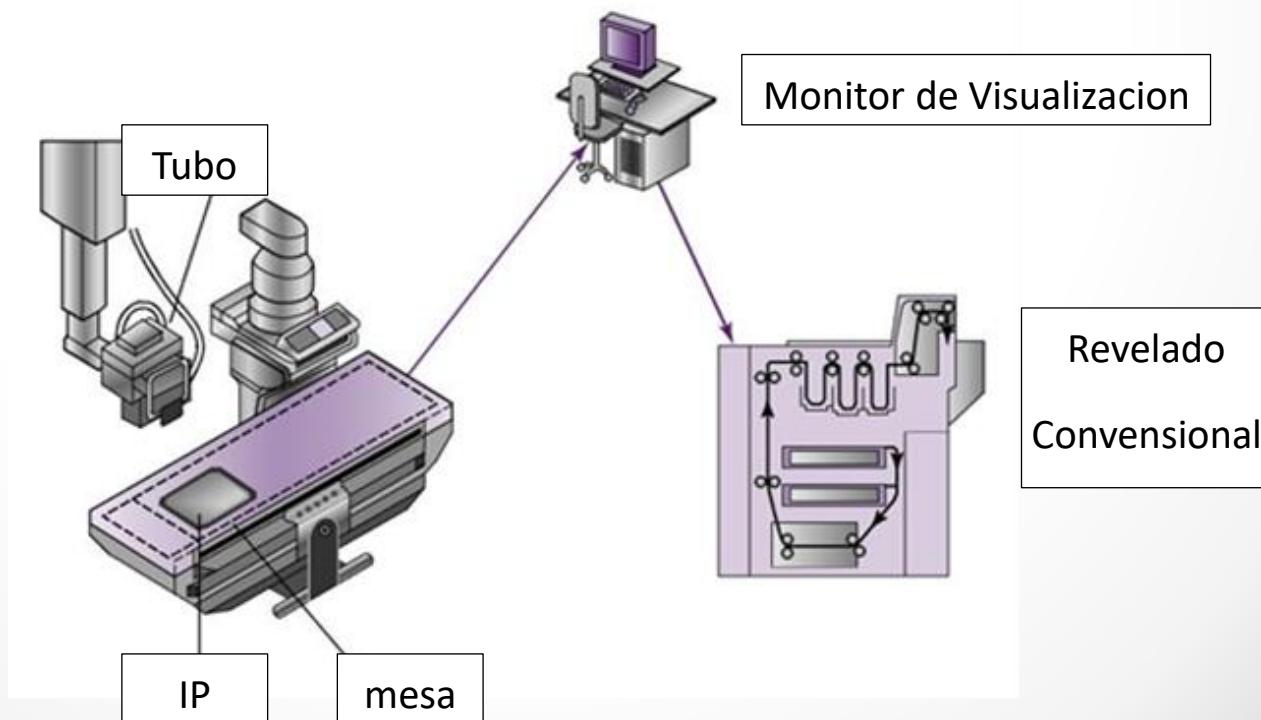
- La primera capa está compuesta por el convertidor de rayos X, la segunda capa alberga el conjunto de transistores de película delgada (TFT – thin-film-transistor), y la tercera capa es un sustrato de vidrio.



- La matriz TFT (thin-film-transistor) está dividida en elementos de detección en cuadrados cada uno de los cuales tiene un condensador para almacenar cargas eléctricas y un transistor de conmutación para la lectura. Las cargas eléctricas se leen por separado de cada elemento detector. La señal electrónica se envía entonces al ADC (analog-digital converter) para digitalización.

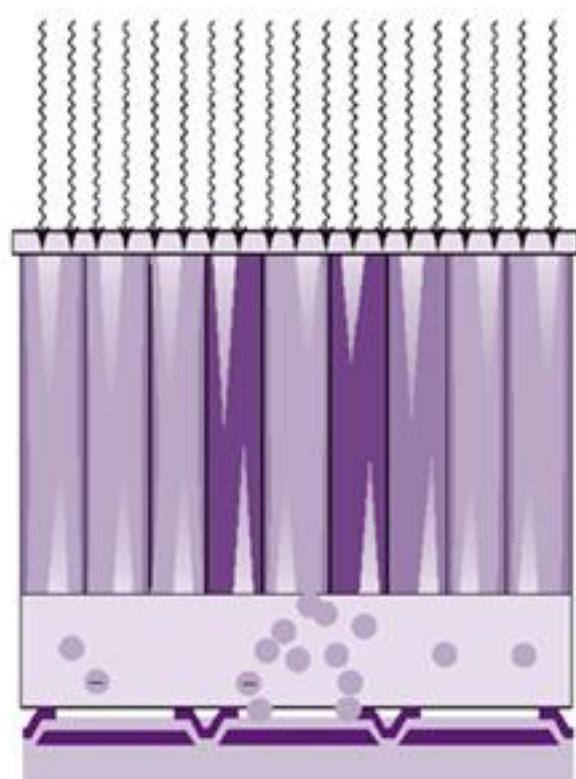


- El sistema del detector se dedica generalmente a una sola habitación y se monta permanentemente en la mesa o el sistema Bucky vertical.
- Los detectores digitales de panel plano también están disponibles como RI móviles y se pueden quitar del Bucky y se utilizan en la mesa o en una camilla.
- Después de la exposición, la imagen digital está disponible en unos segundos en un monitor de visualización y no hay unidad de lector separada



- Detectores de conversión indirecta. Los detectores de conversión indirecta utilizan un centelleador como el yoduro de cesio (CsI) o oxisulfuro de gadolinio para convertir la radiación de salida en luz visible.
- La luz visible, en proporción a la exposición a los rayos X, se convierte entonces en cargas eléctricas por los fotodetectores (capa de silicio amorfo en la matriz TFT (thin-film-transistor). Las cargas eléctricas son almacenadas temporalmente por condensadores en la matriz TFT antes de ser digitalizadas y procesadas en la computadora

- Los detectores de conversión indirecta se denominan así porque implican un proceso de dos etapas de convertir las intensidades de rayos X primero en luz visible y luego en cargas eléctricas durante la adquisición de imágenes. Las señales eléctricas se dirigen entonces a amplificadores y el ADC (analog-digital converter) para producir la imagen digital en bruto



Remnant x-ray beam

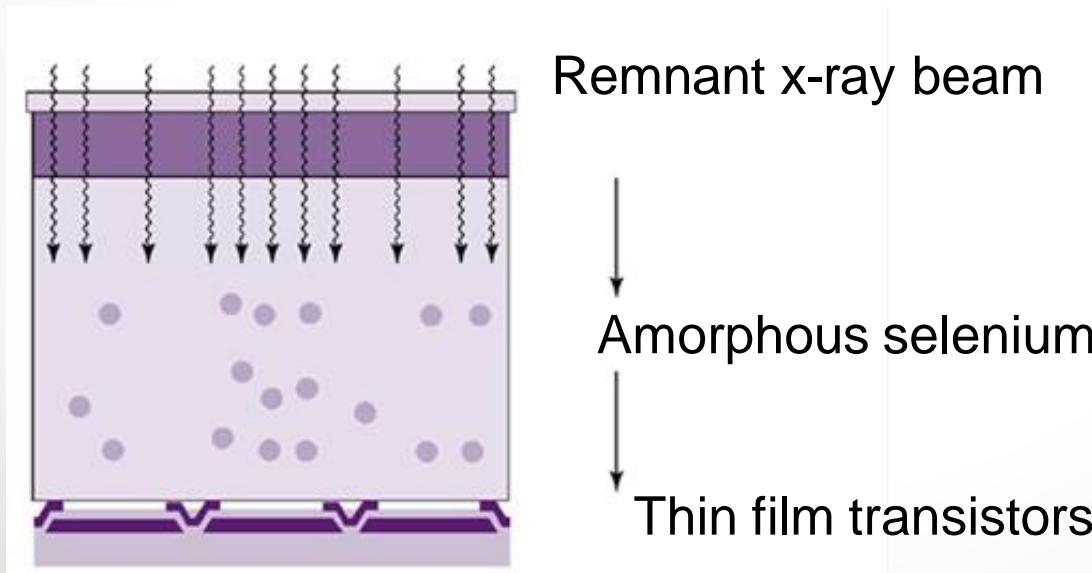
Columna de centillador

Material fotoconductor

Thin film transistors

Conversion directa DR

- Se aplica un campo eléctrico a través de la capa de selenio para limitar la difusión lateral de electrones a medida que migran hacia la matriz de transistores de película fina. Por este medio, se mantiene una excelente resolución espacial. Similar a los detectores de conversión indirecta, la carga electrónica se almacena en una matriz TFT antes de ser amplificada, digitalizada y procesada en la computadora.



DR – Indirecta y directa

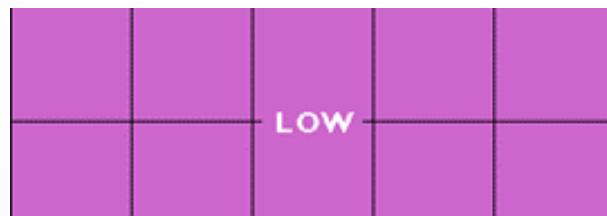
- Independientemente del tipo de sistema de imagen digital, las señales eléctricas variables se envían al ADC (Analog-to-digital converter) para su conversión en datos digitales.

Calidad y visualización imágenes digitales

- Resolución espacial: es la capacidad de un sistema de imágenes para resolver y crear en la imagen un objeto pequeño de gran contraste
- (Ejemplo un punto pequeño en hoja blanca) Los intervalos de tamaño van desde 10 mm hasta 50 μm (el ojo humana puede observar hasta 200 μm .)

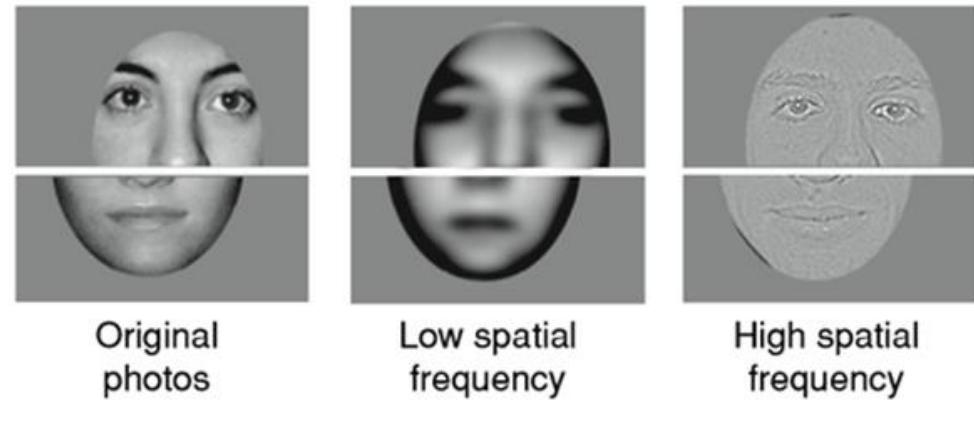
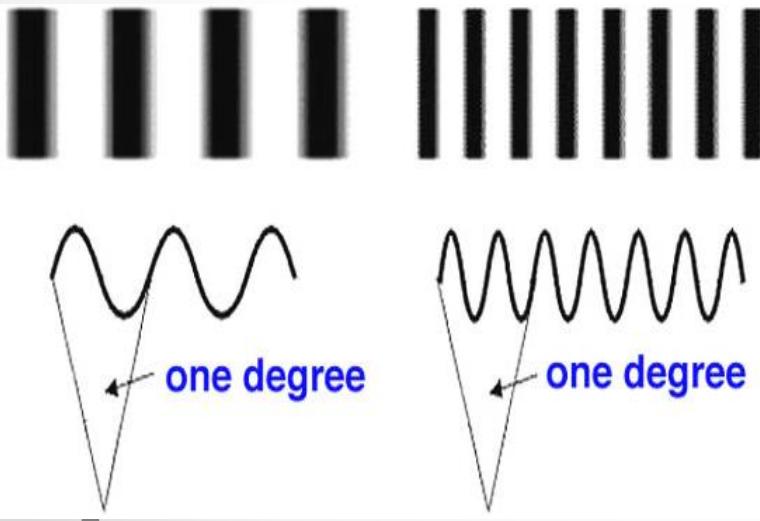
Resolución Espacial

- La resolución espacial en imágenes digitales está limitada al tamaño de cada pixel. (Pixeles pequeños mayor resolución y pixeles grandes menor resolución). La resolución espacial aproximada de radiología digital (pares de líneas x mm) 4lp/mm; CR 6 lp/mm; Radiografía 8 lp/mm; mamografía 15 lp/mm; CT 1.5 pl/mm



Frecuencia espacial

- Este se refiere al par de líneas y no a su tamaño. Este se expresa en pares de líneas por milímetros (lp/mm). A medida que aumenta el tamaño de la frecuencia espacial el objeto se hace más pequeño.



Frecuencia espacial

- Practica: Un sistema de imagen radiográfica digital tiene una frecuencia espacial de (pares de líneas x mm) 3.5 lp/mm. ¿Cuál es el tamaño mínimo que puede resolver? (o sea el mínimo de tamaño del objeto se puede observar) (pares de líneas x mm)
 $3.5 \text{ lp/mm} = 7 \text{ objetos en 1 mm. Por tanto } 1/7 \text{ mm} = 0.143 = 143 \mu\text{m.}$

Función de Transferencia modular (MTF –modular transfer function):

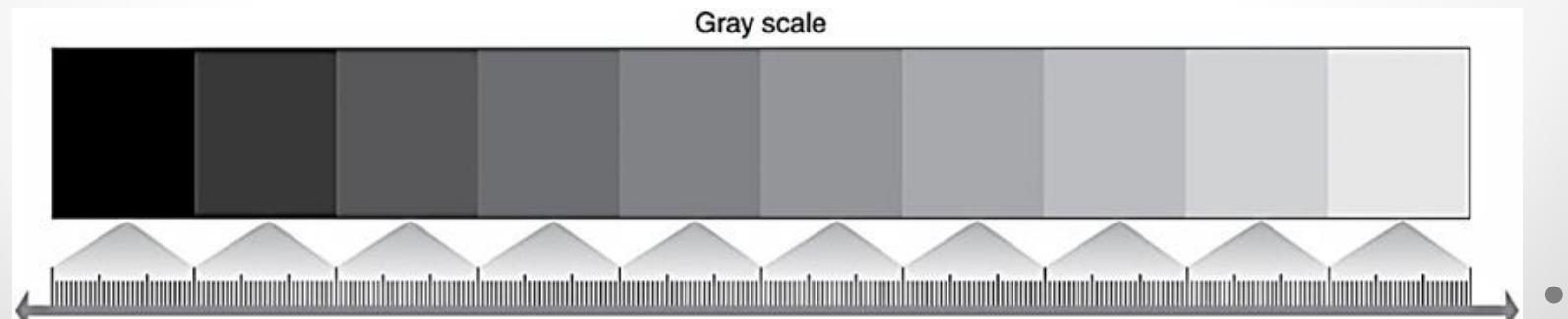
- Término utilizado en radioelectrónica para describir la capacidad de un sistema de imagen para dibujar objetos de tamaños diferentes en la imagen

Resolución de contraste:

- Es la capacidad de distinguir muchas tonalidades de grises desde el negro al blanco. Los sistemas digitales tienen una mejor resolución que los sistemas convencionales.
- La resolución de contraste es la escala de grises llamado también rango dinámico. El rango dinámico es el número de tonalidades de grises que un sistema de imágenes puede reproducir.

Resolución de Contraste

- Los sistemas digitales pueden generar 1,000 o más tonalidades de grises pero el ser humano puede observar 30 tonalidades de grises. El rango dinámico en CT es de 2^{12} bits con 4,092 escala de grises; radiología digital 2^{14} bits con 16,384 escala de contraste y mamografía digital con 2^{16} bits y 65,536.

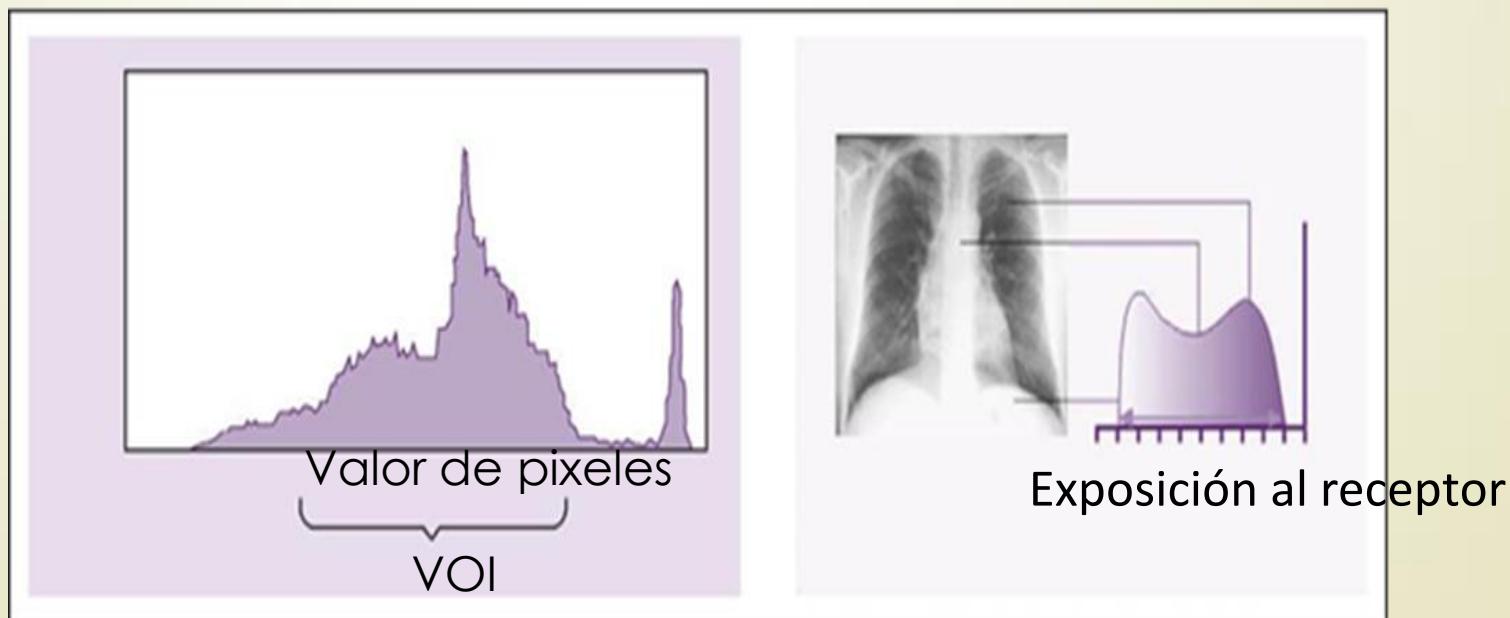


Proporción entre señal y ruido: (SNR – signal noise ratio)

- La señal de la imagen en la imagen radiográfica es la porción de los rayos x que generan la imagen que representan la anatomía. La señal representa la diferencia entre los rayos x transmitidos al receptor de imagen y los absorbidos fotoeléctricamente.
- El ruido de la imagen digital se puede observar como granizos. El ruido puede aumentar por la producción de radiación dispersa. La proporción señal y ruido (SNR – signal noise ratio) busca obtener un SNR lo máximo posible sin aumentar la dosis al paciente ya que se consigue un mejor SNR aumentando los mAs. Se explicara con mayor detenimiento mas adelante.

Histograma

- ▶ El análisis de histograma es una técnica de procesamiento de imágenes comúnmente utilizada para identificar los bordes de la imagen y evaluar los datos adquiridos (raw data) antes de la visualización de la imagen. En este método, la computadora primero crea un histograma de la imagen (grafica de los datos obtenidos)



Histograma

- El ordenador o computadora analiza el histograma utilizando algoritmos (procesos matemáticos) de procesamiento y lo compara con un histograma preestablecido específico de la parte anatómica que se está formando una imagen. Este proceso se llama análisis de histograma.
- El software de ordenador o computadora ha almacenado modelos de histograma, cada uno de los cuales tiene una forma característica de la región anatómica seleccionada y proyección. Estos modelos de histograma almacenados tienen valores de interés (VOI), que determinan el rango del conjunto de datos de histograma que se debe incluir en la imagen visualizada.

Histograma

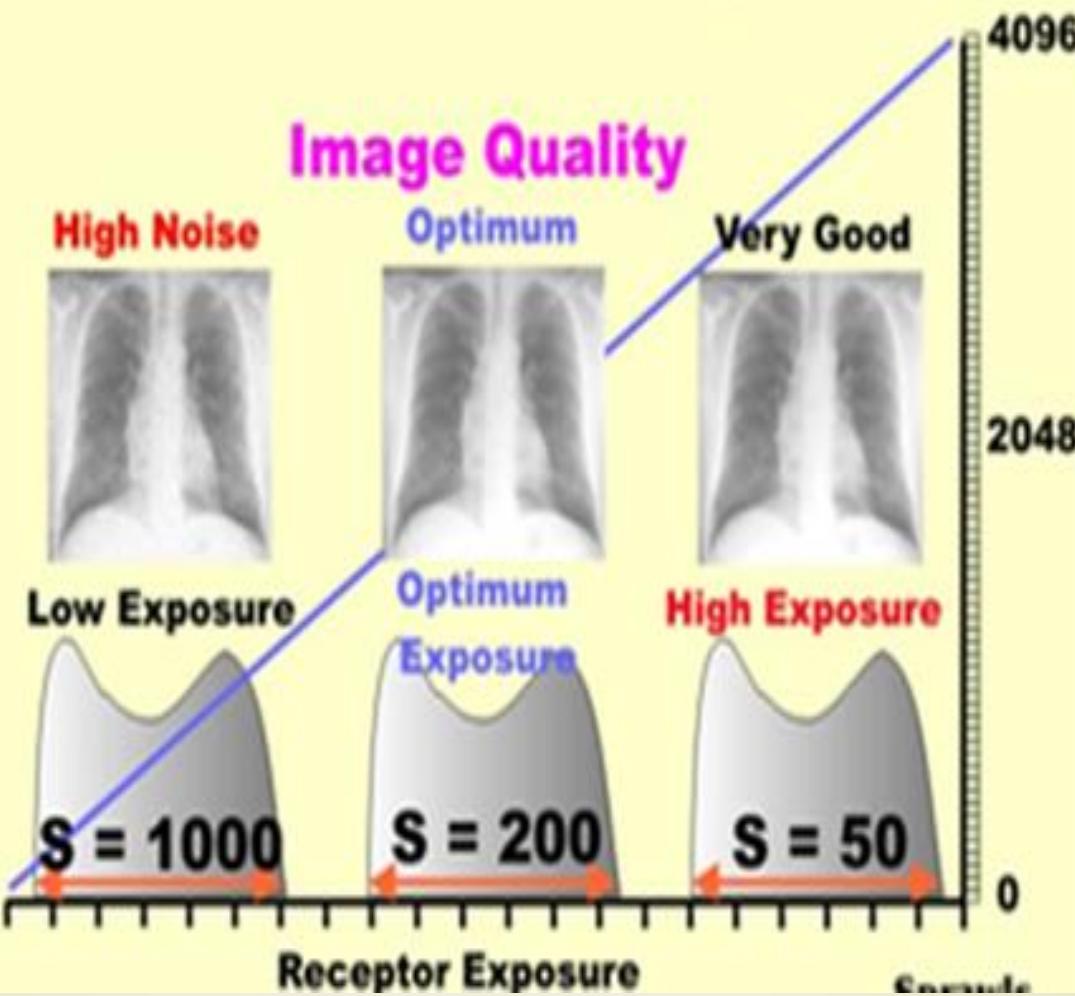
- En la formación de imágenes de CR, la placa de formación de imágenes completa se escanea para extraer la imagen del fósforo fotoestimulable. El ordenador o computadora identifica el campo de exposición y los bordes de la imagen, (los datos de exposición fuera de este campo se excluyen de la Histograma).
- Si no se identifican al menos tres bordes, todos los datos, incluyendo la exposición o la dispersión fuera del campo, se podrían incluir en el histograma, lo que resulta en un error de análisis del histograma POR ELLO SE DEBE COLIMAR. Los errores de análisis de histograma son menos probables de ocurrir con DR en comparación con CR porque los datos de imagen se extraen de los detectores expuestos solamente.

Histograma

- **Indicador de exposición.** Una característica importante del procesamiento digital de imágenes es su capacidad para crear una imagen con la cantidad adecuada de brillo independientemente de la exposición al RI. Como resultado del análisis del histograma, se proporciona información valiosa al radiólogo con respecto a la exposición al RI digital.
- El indicador de exposición proporciona un valor numérico que indica el nivel de exposición a la radiación digital. En la actualidad, los indicadores de exposición no están estandarizados entre varios equipos de imagen digital actualmente en uso; Sin embargo, la industria está trabajando hacia la estandarización del indicador de exposición

Indicador de Exposición

Effect of Exposure on Image Quality



Indicadores de Exposición

- En CR, el valor del indicador de exposición representa el nivel de exposición a la placa de imagen y los valores son específicos del proveedor.
- Fuji y Konica utilizan números de sensibilidad (S), y el valor está inversamente relacionado con la exposición a la placa. Un número de 200 S es igual a 1 mR de exposición al RI. Si el número S aumenta de 200 a 400, esto indicaría una disminución de la exposición al RI a la mitad. Por el contrario, una disminución en el número S de 200 a 100 indicaría un aumento en la exposición al RI por un factor de 2, o duplicación de la exposición.
- (Kodak) utiliza índices de exposición (EI) y Agfa utiliza números medianos de log (lgM – Log-arithm of the medical exposure)

Indicadores de Exposición

Propiedades Indicadores de Exposición y Recomendaciones por sus vendedores

Fuji (S Number)	AGFA (IgM)	Kodak (EI)	Detector Exposure Estimate (mR)	Action
> 1000	<1.45	<1250	<0.20	Underexposed: Repeat
601-1000	1.45-1.74	1250-1549	0.2-0.3	Underexposed: QC exception
301-600	1.75-2.04	1550-1849	0.3-0.7	Underexposed: QC review
150-300	2.05-2.35	1850-2150	0.7-1.3	Acceptable Range
75-149	2.38-2.65	2151-2450	1.3-2.7	Overexposed: QC review
50-74	2.68-2.95	2451-2750	2.7-4.0	Overexposed: QC exception
<50	>2.95	>2750	>4.0	Overexposed: Repeat if necessary

- ▶ Los sistemas de imagen DR también pueden mostrar un indicador de exposición que varía según las especificaciones del fabricante. El tecnólogo radiológico debe controlar los valores del indicador de exposición como guía para las técnicas de exposición adecuadas.
- ▶ Si el valor del indicador de exposición está dentro del rango aceptable, se pueden hacer ajustes para el contraste y el brillo con funciones de postprocesamiento, y esto no degradará la imagen. Sin embargo, si la exposición está fuera del intervalo aceptable, intentar ajustar los datos de la imagen con funciones de postprocesamiento no corregiría la exposición incorrecta del receptor y podría resultar en imágenes ruidosas o subóptimas que no deberían ser presentadas para interpretación.

- ▶ El tecnólogo radiológico es quien selección de la parte anatómica adecuada y la proyección antes de procesamiento por computadora. Este paso indica al ordenador qué histograma utilizar. Si el radiólogo selecciona una parte distinta de la imagen, puede producirse un error de análisis de histograma.
- ▶ Además, cualquier error que se produzca, como durante la extracción de datos desde el RI o la reescalonamiento durante el procesamiento de la computadora, podría afectar al indicador de exposición y proporcionar un valor falso. Es importante que los TR no sólo tengan en cuenta cuidadosamente el valor del indicador de exposición, sino que también reconozcan sus limitaciones

Display Monitor - Visualización

► La calidad de la imagen digital se ve afectada por sus parámetros de adquisición y posterior procesamiento por el ordenador o computadora. También está calidad de la imagen digital se ve afectada por el rendimiento del monitor de pantalla.

Visualización en el monitor

- ▶ El monitor LCD (uno de los más utilizados en radiología) pasa la luz a través de cristales líquidos para mostrar la imagen en la placa frontal de vidrio. Estos monitores tiene una placa frontal plana y sus dimensiones son más delgadas.
- ▶ Varias funciones importantes de los monitores pueden afectar la calidad de la imagen visualizada. La resolución espacial (determinada por el tamaño de la pantalla y el tamaño de la matriz), la luminancia y la resolución de contraste son sólo algunas de las características importantes de los monitores de pantalla

Condiciones de visualización

- ▶ Condiciones de visualización. La colocación de los monitores de visualización y el nivel de luz en la habitación, denominada iluminación ambiental, pueden afectar a la visualización de las imágenes digitales. Colocar el monitor lejos de fuentes de luz directa reduce la cantidad de reflexión en la placa frontal del monitor.
- ▶ Además, mantener un bajo nivel de iluminación ambiental puede ayudar a mejorar la percepción del espectador sobre el brillo y el contraste de la imagen que se muestran en el monitor.

Postprocesado

- ▶ Las funciones de postprocesamiento son operaciones de software informático disponibles para el radiólogo y el radiólogo que permiten la manipulación manual de la imagen visualizada.
- ▶ Estas funciones permiten al operador ajustar manualmente muchas características de pre-exposición de la imagen para mejorar el valor de diagnóstico.

Post procesando

- ▶ Colimación electrónica. La colimación o restricción del tamaño del campo de radiación al área de interés es una herramienta importante utilizada para reducir la exposición del paciente y mejorar la calidad de la imagen radiográfica. Para procesar y visualizar la imagen correctamente, es importante que sólo el área de interés se incluya dentro del área de exposición a la radiación.
- ▶ Una vez que se procesa la imagen, las regiones vistas en la imagen pueden ser alteradas adicionalmente por colimación electrónica, también conocida como enmascaramiento o encofrado (masking and cropping) .
- ▶ Por ejemplo, cuando el área de interés está correctamente colimada, la imagen puede mostrar un mayor brillo que rodea el campo expuesto a la radiación. Esta región de luminosidad no proporciona ninguna información útil y puede eliminarse de la imagen visualizada. Además, la colimación electrónica puede eliminar las regiones dentro del campo expuesto a la radiación que no proporcionan información útil. La colimación electrónica no afecta a la calidad general de la imagen ni a la exposición del paciente.

Postprocesado

- Brillo. Debido a que la imagen está compuesta por datos numéricos, el nivel de brillo mostrado en el monitor de la computadora puede ser fácilmente alterado para visualizar la gama de estructuras anatómicas registradas. Este ajuste se realiza usando la función windowing.
- El nivel de ventana (Window level (W/L) establece el punto medio del rango de brillo visible en la imagen. Al cambiar el nivel de la ventana en el monitor de pantalla, se puede aumentar o disminuir el brillo de la imagen en toda la gama. Cuando el rango de brillo mostrado es menor que el máximo, la imagen procesada sólo presenta un subconjunto de la información total contenida dentro del ordenador.

Postprocesado

- ▶ Contraste. El número de diferentes tonos de gris que pueden ser almacenados y mostrar por un sistema informático se denomina escala de grises.
- ▶ Como explicamos anteriormente, la resolución de contraste es otro término asociado con la formación de imágenes digitales y se utiliza para describir la capacidad del sistema de imagen para distinguir entre objetos que exhiben densidades similares porque atenúan el haz de rayos X de manera similar.

Postprocesado - contraste

- Una característica distintiva importante de una imagen digital es su resolución de contraste mejorada en comparación con una imagen de pantalla de película. Como se mencionó anteriormente, la resolución de contraste de un píxel está determinada por la profundidad de bits o el número de bits (es decir, 12, 14, o 16), que afecta al número de tonos de gris disponibles para la visualización de imagen.
- Aumentar el número de tonos de gris aumenta la resolución de contraste dentro de la imagen. Una imagen con una mayor resolución de contraste, cuando se visualiza de forma óptima, aumenta la visibilidad de rasgos anatómicos muy sutiles.

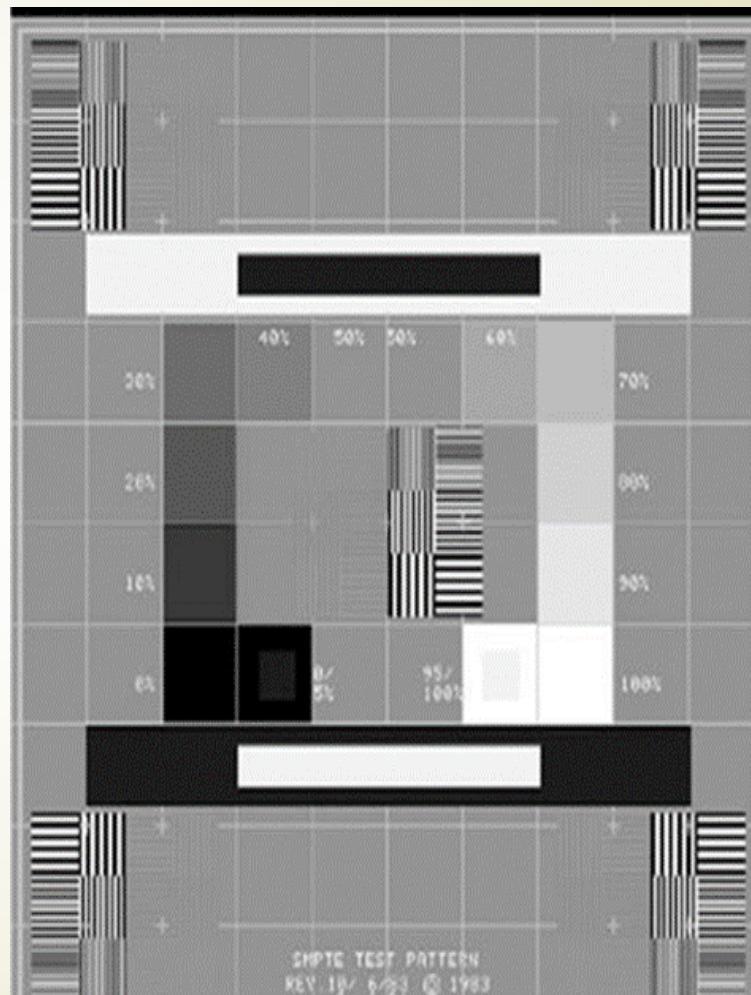
QA y QC de digital

- ▶ La garantía de calidad (Quality Assurance, QA): este consiste en las actividades se realizan para proveer confiabilidad en una alta calidad en servicio e imágenes. Este incluye un control en TODO lo que afectaría al paciente desde la interpretación de imágenes radiográficas, mantenimiento del equipo, realización de procedimientos, manejo de empleados, manejo de citas, manejo de flujo de paciente, suplidos de materiales, entre otros.
- ▶ El control de calidad (Quality Control, QC): Es el monitoreo técnico del equipo para mantener los estándares de calidad.

Pruebas

Las pruebas mencionadas anteriormente del equipo de rayos x son los mismo en radiología digital. En adición se realizan las siguientes pruebas:

- La Society of Motion Picture and Television Engineers (SMPTE) ha descrito el formato, las dimensiones y las características de contraste de un patrón para realizar las mediciones de los monitores (Pantallas). El resultado de estas recomendaciones de rendimiento es lo realiza a través del patrón SMPTE.
- Entre otras características que proporciona el patrón, la más común es la observación de áreas de luminancia del 5 y del 95%. Esto ayuda a señalar cualquier desviación importante de los ajustes de luminancia.



SMPTE

- En su estándar para la telerradiología y la American College of Radiology (ACR) ha recomendado la utilización del patrón SMPTE para el Control de calidad en los monitores. La mayoría de fabricantes de equipos de imagen digital proporcionan un patrón en un formato que permite exponerlo en un monitor con el objetivo de evaluarlo.

2. NEMA-DICOM

- La ACR y la National Electrical Manufacturers Association (NEMA) formaron un comité para crear un estándar para el estándar de DICOM (Digital Imaging and Communication) Presentaron su trabajo en la forma de un documento conocido como el Gray Scale Display Function (GSDF). El objetivo de esta estandarización era permitir que las imágenes médicas pudiesen ser transferidas de acuerdo con la norma DICOM para ser representadas en cualquier pantalla compatible con una escala de grises de apariencia uniforme.
- La apariencia uniforme se consigue de acuerdo con el principio de la linealización perceptiva, según el cual cambios iguales en los valores digitales asociados con una imagen se traducen en cambios idénticos en el brillo percibido en la pantalla. En la actualidad, el GSDF es obligatorio en todos los dispositivos de visualización digital.

AAPM TG 18

- ▶ Con el objetivo de evaluar al completo los dispositivos de visualización digital con el fin de asegurar un rendimiento clínico aceptable, la American Association of Physicists in Medicine (AAPM) desarrolló una serie de patrones de pruebas y de procedimientos llamados Task Group Report 18.
- ▶ Los siguientes apartados explican los diferentes patrones recomendados por la AAPM junto con los métodos descritos para su utilización.

luminación:

- ▶ Las mediciones de la respuesta de luminación de los monitores (pantallas)
- ▶ El patrón de prueba TG 18-CT se utiliza para realizar la evaluación cualitativa de la respuesta de luminación de un sistema de visualización digital. Este patrón tiene una serie de cuadros de bajo contraste que deberán ser visibles en las 16 regiones. Éste debería evaluarse a una distancia aproximada de 30 cm. Es frecuente que no sea posible ver las dianas en una o dos de las regiones oscuras.



Distorsión geométrica

- ▶ se realiza para verificar que la imagen obtenida sea geométricamente original e igual a la visible en el monitor. Ello puede afectar al tamaño relativo y las formas de las características de la imagen.
- ▶ La evaluación de la distorsión geométrica puede realizarse utilizando los patrones TG 18-CC.



Análisis de repetición:

Este se utiliza para verificar técnicas radiográficas, equipo de rayos x, errores por mal manejo del tecnólogo radiológico, entre otros. Se debe realizar semanalmente y debe de estar entre un 3 a 10% del total de procedimientos realizados con un promedio de 8%. Ejemplo

Razón	Tecnólogo MPR con 100 radiografías	Tecnólogo Juan del Pueblo con 200 radiografías
Sobreexposición	3	5
Bajaexposición	5	1
Posicionamiento	25 (dificultad con algún procedimiento)	12
Centralización	2	12
Movimiento	4	35 (utiliza tiempos altos, no inmoviliza pt)
Errores de equipo	65 (revisar equipo)	10

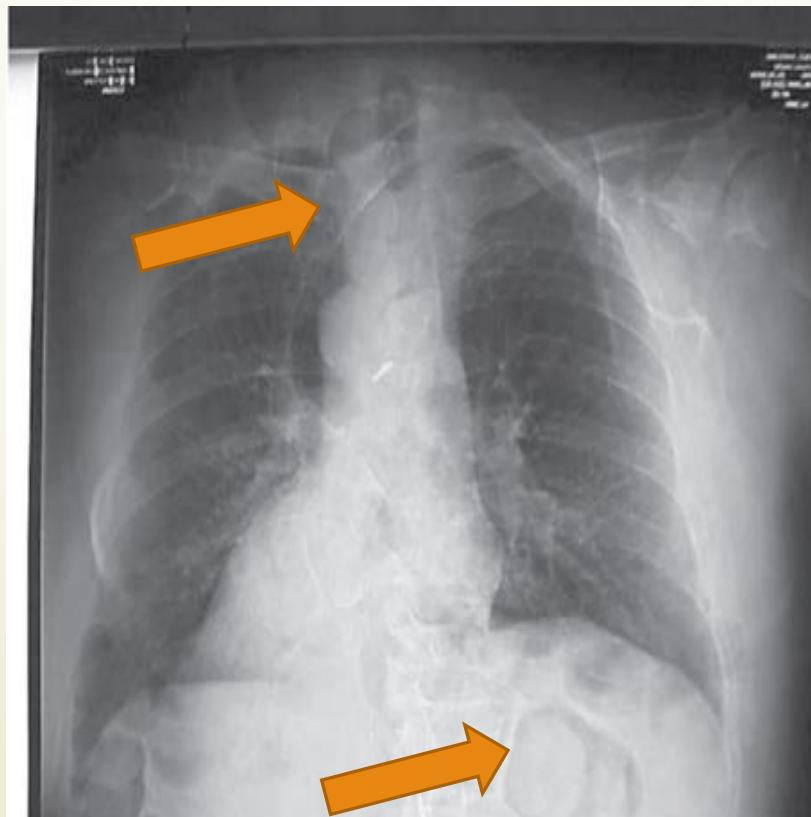
E - Artefactos en Digital

La radiografía digital (DR) y en CR deben tener una larga duración con miles de exposiciones radiográficas. El control de calidad (CC) debe incluir documentación regular de la frecuencia de imágenes, el rendimiento de las imágenes y el estado físico de cada PI con el fin de reducir la aparición de artefactos y contribuir a evitar errores



imágenes fantasma

- La aparición de ellas se debe a un borrado incompleto de una imagen previa en una PI de RC. Habitualmente estos artefactos se pueden corregir mediante técnicas de borrado adicional de la señal.
- Si una PI de RC no se ha usado durante 24 horas, se debe borrar otra vez antes de utilizarla. Cuando se procesa una PI completamente borrada, la imagen resultante debe ser uniforme y carente de artefacto.



Artefactos de imágenes:

- ▶ Los artefactos por polvo y rasguños. Los causados por el polvo se pueden corregir con facilidad mediante una limpieza adecuada, a menos que el polvo se haya introducido en el lector de un sistema de imagen de radiografía computarizada CR y necesitará servicio técnico. En cambio los rasguños o un mal funcionamiento sustancial de los píxeles requieren la sustitución del receptor de imagen.



Moire Effect:

- es un error del grid y equipo CR. Este ocurre cuando las líneas del grid son capturadas en el CR y el lector de imagen corre en la misma dirección de las líneas del grid



1. Comunicación digital

- La radiología digital requiere la adquisición, el almacenamiento, la recuperación, la transmisión y la visualización eficientes y fáciles de datos de imágenes digitales a partir de múltiples modalidades de obtención de las imágenes. Las necesidades de comunicación digital en radiología también incluyen el procesamiento y entrega de datos de pacientes y la posterior interpretación de procedimientos radiológicos..
- El sistema de archivado y comunicación de imágenes (PACS) es un sistema informático diseñado para imágenes digitales que pueden recibir, almacenar, distribuir y mostrar imágenes digitales; Los sistemas de información radiológica (RIS) y los sistemas de información hospitalaria (HIS) son sistemas informáticos que proporcionan información médica.

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine):

- Es un estándar Universal para el intercambio de las imágenes médicas y la red de comunicación utilizada para el manejo de imágenes médicas. También el intercambio entre las modalidad (comunicación entre la modalidad y el PACS), las estaciones de visualización y de archivo.

PACS (Picture Archiving Communication Systems)

- es la versión electrónica del cuarto de lectura y archivo de imágenes también es el sistema para almacenar y transferir imágenes RADIOLOGICAS.
- Podemos encontrar: Adquisición digital de (imagen), Estaciones de visualización luego de ser realizados los procedimientos y los dispositivos de almacenamiento (Archivo). El PACS se puede comunicar con el HIS y RIS.

- RIS (Radiology Information System): tiene todos los datos del paciente- específica de radiología. Este se puede comunicar con el HIS y el DICOM.
- HIS (hospital Information System): Contiene la información del paciente médica completa, desde la facturación de servicios en el hospital en los pacientes utilizan los servicios del Hospital. Este se comunica con el RIS en instituciones hospitalarias

EMR o EHR : (Electronic Medical register)

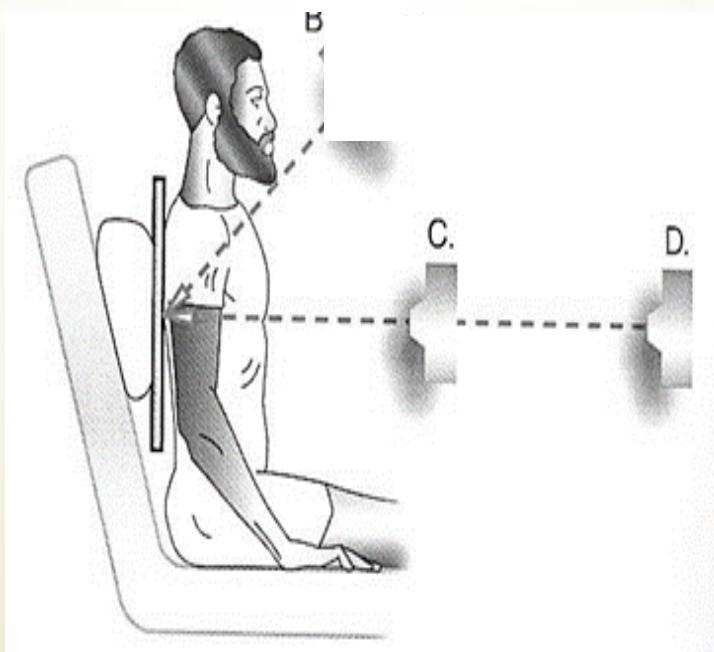
- registro médico electrónico: es una parte de los HIS o corre a lo largo con ella y contiene todo el expediente del paciente incluyendo los resultados de laboratorio, informes de radiología, patología, los resultados y lista de las enfermeras y los médicos que lo atienden

Portatil

- Las radiografías portátiles, al igual que las radiografías en el cuarto radiográfico, deben seguir unos estándares de adquisición, posicionamiento, técnicas radiográficas, manejo de equipo y protección radiológica.
- kVp y mAs: En la mayoría de las portátiles tienen limitaciones de mAs y kVp ya que la mayoría de los sistemas de portátiles utilizan batería o conexión directa a la pared de 110 V. También NO utiliza grid y por ello sus técnicas radiográficas son más bajas.

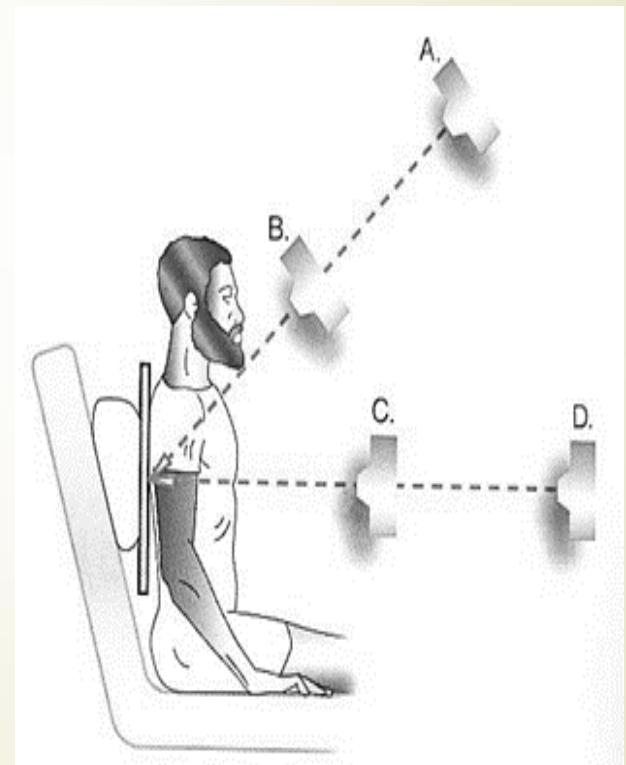
Distancia:

- La mayor repetición de portátiles se debe a utilizar SID incorrectos. Radiografías donde se realizan a 72" puede bajar a 61" con una diferencia no menor del 15%. (Imagen abajo letra D.) Realizar portátiles con disminución de SID crearan magnificación de la imagen radiográfica.



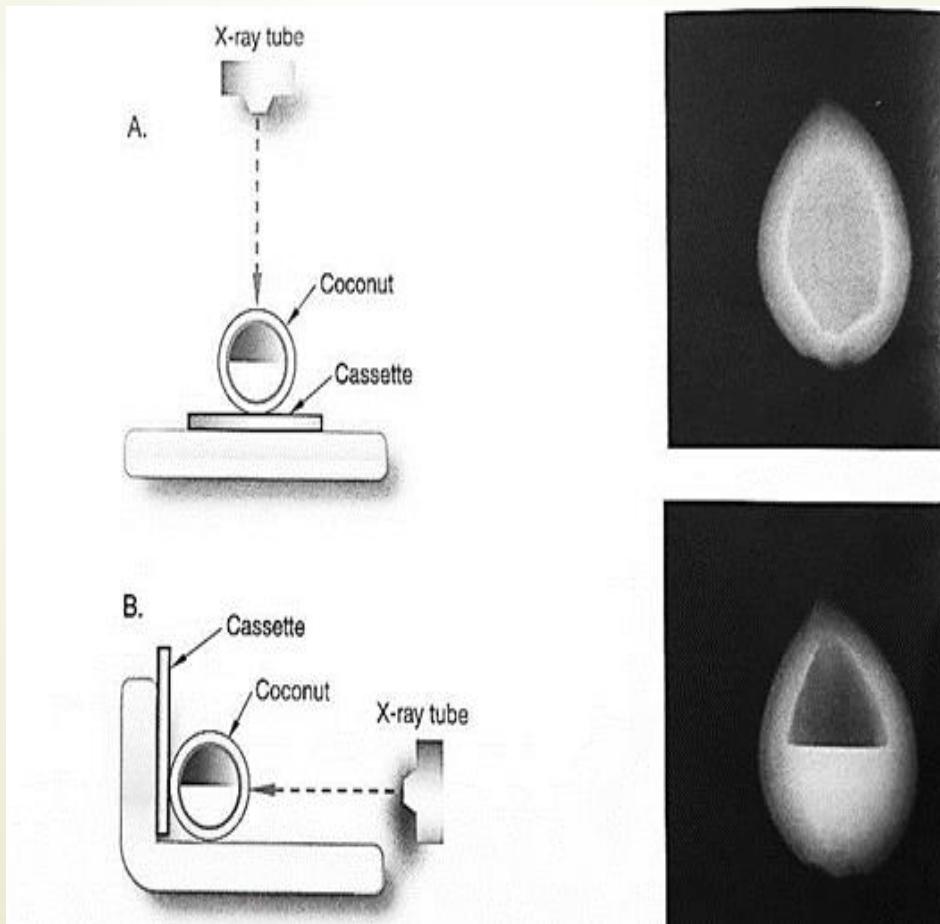
Centralización y linealidad entre el RI y el Rayo Central (RC)

- El RI y el Rayo central deben estar alineados. El no centralizar adecuadamente creara una imagen con distorsión. Imagen abajo Letras A y B. muestras una mala centralización entre el RI y el RC.
- Las letras C y D muestras una adecuada centralización.



Portátiles para niveles de líquidos y aire:

- Se requiere una radiografía tomada de la forma rutinaria AP supine con RC perpendicular (imagen A) y una donde el paciente este AP y el RC perpendicular al RC (imagen B)



Reglas de protección radiológica durante procedimientos de portátiles

- ▶ Proteger al paciente, profesionales de la salud, acompañantes y el Tecnólogo radiológico.
- ▶ Requerir al personal profesional de la salud y acompañantes salgan de la habitación (siempre que sea posible)
- ▶ Anunciar en VOZ ALTA realizara una exposición y dar el tiempo necesario para que cualquiera pueda salir.
- ▶ Debe cargar con dos (2) chalecos protectores.
- ▶ NUNCA el TR debe dejar sus manos o cualquier parte de su cuerpo bajo el haz primario.
- ▶ Proveer protección gonadal SIEMPRE.
- ▶ Debe el TR tener la máximo distancia posible al paciente antes de la exposición y no debe ser menor a 6 pies del tubo y 12 pies el paciente .



III - Radiobiología y Protección Radiológica

Prof. Eduardo Brito

- ▶ Como ya sabemos la radiación ionizante causa efectos y alteraciones biológicos. Para poder conocer estos efectos y alteraciones deben existir medidas utilizando el Sistema Internacional de unidades (SI) para definir la cantidad de radiación recibida. Estas son:
- ▶ **Roentgen (R): Para medir EXPOSICION.** Este s\representa la unidad de exposición en el aire y es definido como la cantidad de rayos x o rayos gamma requeridos para producir ionización en una unidad de masa de aire. Cabe recalcar que esta unidad solamente mide exposición en el aire y no aplica a energía de fotones.
- ▶ **Radiation Absorbed Dose (rad):** Es la unidad de energía absorbida o la dosis absorbida en cualquier material. En el SI se utiliza como gray (Gy). 1 Gy = 100 rads ; 1 rad = 10mGy

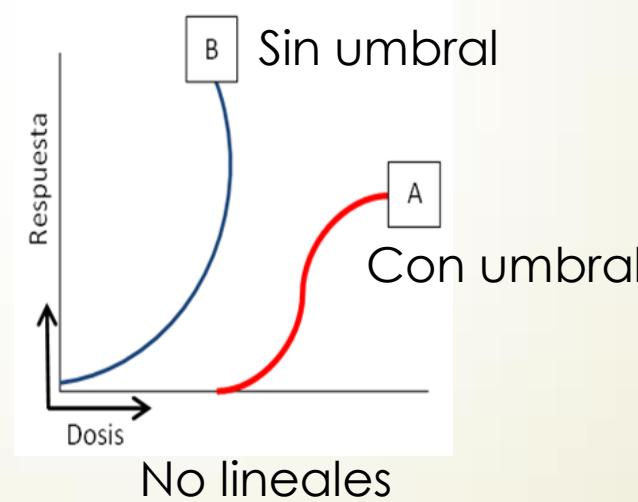
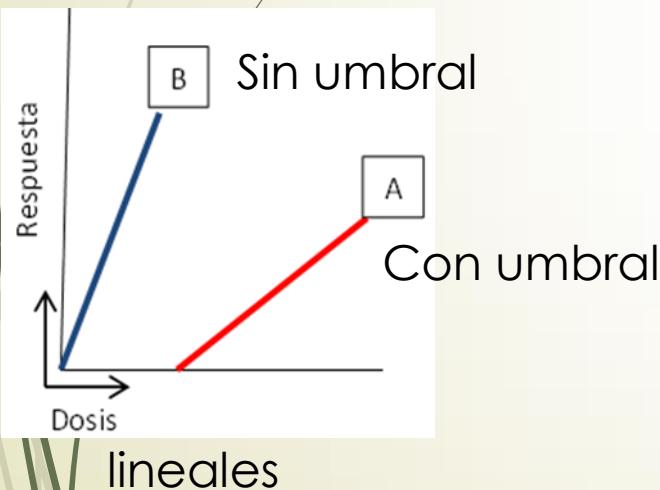
- **Dosis equivalente (rem – radiation equivalent man):** como ya sabemos los diferentes tipos de radiación (partículas y neutrones de alfa y beta) producen diferentes daños biológicos en comparación a los rayos gamma en rayos x. la dosis absorbida (H_t) es igual al rem. El rem en el SI es Sievert (Sv) 1 Sv = 100rem. Se utiliza para exposición ocupacional
- **Kerma/ Air Kerma es la energía cinética** (de movimiento) relacionado con la materia. Como ya sabemos cuándo la radiación pasa a través de la materia interacciona por efecto fotoeléctrico o Compton. Los rayos x que salen del tubo y llegan al RI se describe como Air Kerma (rads)

- Existen varias agencias que se encargan de realizar estipulaciones, investigación y reglamentaciones para la protección radiológica tanto en el personal que opera el equipo y la protección al paciente. Estas entidades son:
 - National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP): es una organización que se encarga de colectar, analizar, desarrollar y diseminar al público información, y recomendaciones sobre la protección radiológica, medidas, cantidades y unidades de medición. La más importante ya que bajos sus estipulaciones y recomendaciones se realizan todas las medidas para la protección radiológica junto a la NAS-BEIR

- National Academy of Sciences Advisory Committee on the biological effects of Ionizing Radiation (NAS-BEIR) estudia y reporta los riesgos de la exposición a la radiación ionizante.
- Food drugs administration (FDA): regula los radiofármacos y los requerimientos de seguridad a la radiación en equipos comerciales de rayos x.
- International Commission on Radiological Protection (ICRP) este ofrece las perspectivas de salud radiológica

II – Relación dosis respuestas

- ▶ Esta se utiliza para ilustrar la relación entre la exposición a la radiación y el posible resultado de respuesta biológica. Estas dosis de respuestas pueden ser lineales con o sin umbral y respuesta NO lineal con o sin umbral.



Terminología

Lineal: (/) respuesta proporcional a la dosis

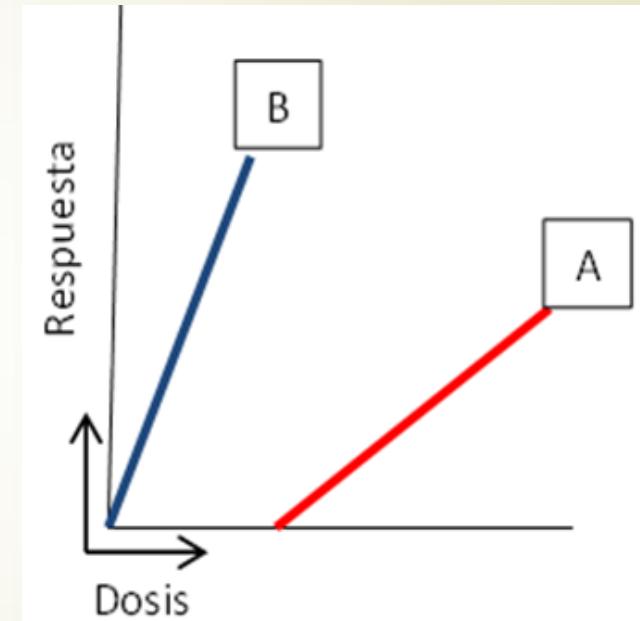
No lineal: (S) Respuesta NO es proporcional a la dosis.

Con umbral: Se debe recibir una dosis antes de producir una respuesta.

SIN umbral: dosis de radiación NO seguras

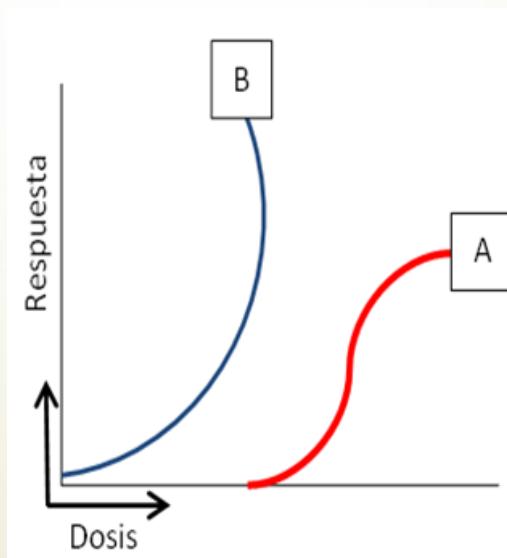
Repuestas lineales

- ▶ Esta gráfica nos demuestra una respuesta directamente proporcional a la dosis recibida. Donde a medida aumenta también aumenta la respuesta biológica.
- ▶ A. **CON UMBRAL:** Demuestra la respuesta proporcional a la dosis de radiación ionizante luego de ser recibida. Debajo de la dosis umbral NO es probable se produzca ningún efecto en respuesta (Línea A)
- ▶ B. **SIN UMBRAL:** Se utiliza para ilustrar respuestas como inducción a leucemia, cáncer (hueso, pulmón, tiroides y senos), efectos genéticos y efectos Línea B.
 - ▶ DOSIS NO SEGURA y cualquier dosis podría causar una respuesta biológica. **Se utiliza para predecir efectos a bajas dosis de explosión a radiación ionizante como en medicina y ocupacional.**



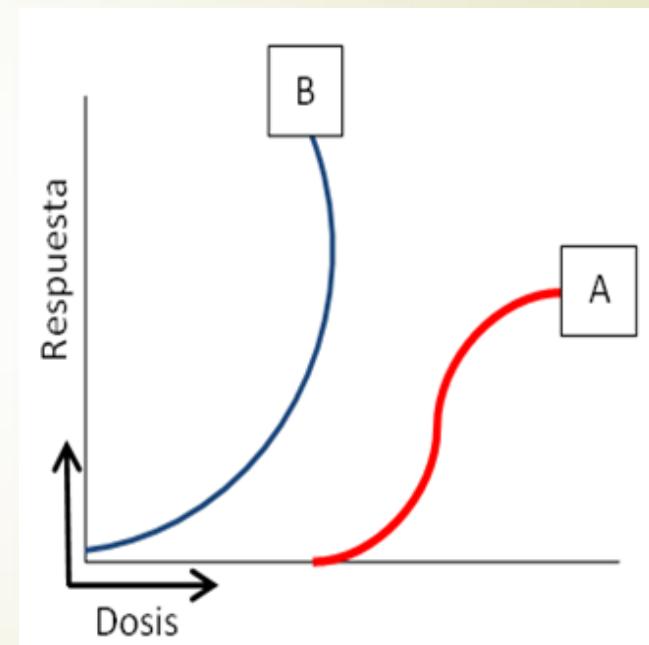
Respuestas NO Lineal

- ▶ Es en forma de S. Esta ilustra los efectos de la radiación ionizante cuando NO son proporcional a la dosis recibida.
- ▶ En esta respuesta se necesitan dosis considerables antes que los efectos se produzcan; luego los efectos podrían aumentar significativamente con un poco de aumento de la dosis.



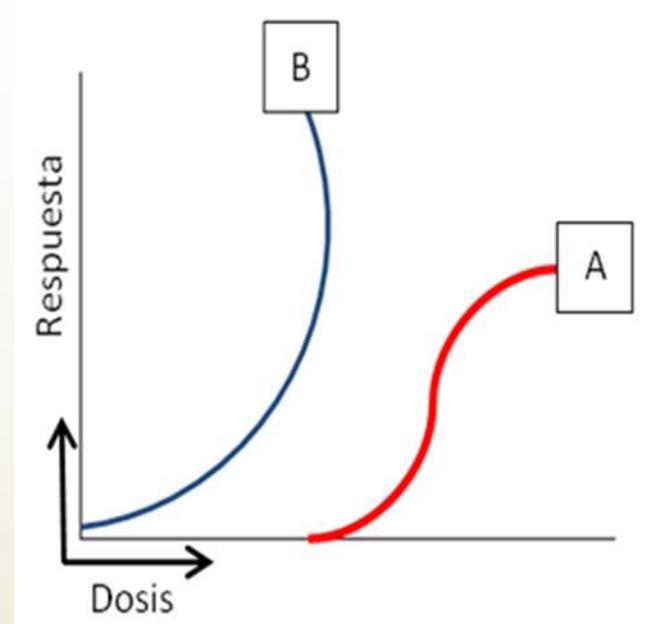
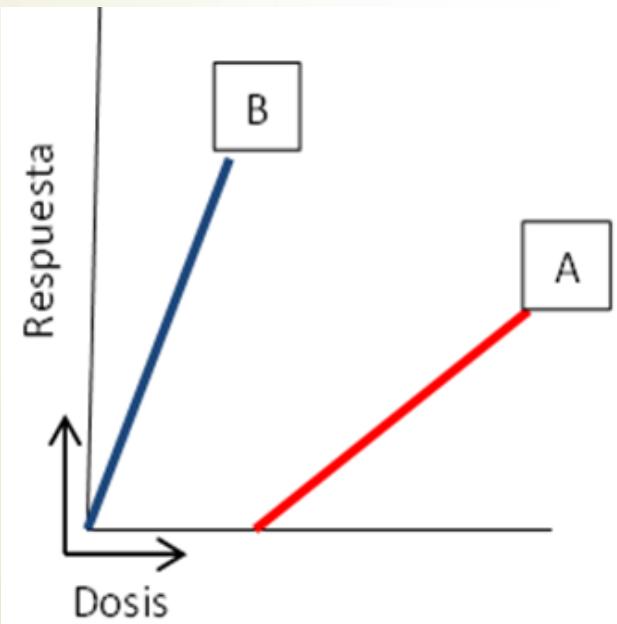
Respuestas NO Lineal

- A. **CON Umbral:** se demuestra que al aumentar dosis se mantiene la respuesta constante hasta llegar a un punto de inflexión (curva) donde la respuesta empieza a decaer indicando que en ese punto el aumento de dosis se vuelve menos efectivo. (Línea A en forma de S). Se utiliza para describir efectos somáticos como eritema en la piel. Estos efectos se conocen como NO estocásticos.
- b. **SIN Umbral:** ilustra un aumento de respuesta en altas dosis. (Línea B)



Importante

- Las dosis respuestas más utilizadas en protección radiológica son:
 - 1. Lineal **sin umbral** (B)
 - 2. No lineal **sin umbral** (B)



Efectos tardíos

- ▶ La exposición ocupacional se considera efecto tardío o de largo plazo a la radiación ionizante el cual puede inducir efectos genéticos, leucemia, cáncer (hueso, pulmón, tiroides y seno). Efectos locales como eritema en la piel, infertilidad y cataratas; estos efectos pueden ocurrir muchas años después de la exposición inicial a bajas dosis de radiación.
- ▶ Estos efectos son usualmente crónicos (empeoran con el tiempo) y representados en la gráfica LINEAL SIN UMBRAL.

Efectos tardíos

- Existen varios ejemplos de efectos tardíos. Algunos de ellos son:

Recibieron dosis de radiación	Ocasional
Bombas en Hiroshima y Nagasaki	Cáncer, efectos genéticos, leucemia
Pacientes con espondilosis anquilosante	Exposición a radiación. Desarrollaron leucemia y acortamiento de vida
Agrandamiento de timo en niños	Desarrollaron cáncer de tiroides 20 años después.
Pintores de esferas de reloj	La pintura tenía radio y en 20 a 30 años desarrollaron cáncer de hueso.

Se representa en gráfica lineal sin umbral.

Efectos tempranos o Corto plazo

- ▶ Estos efectos ocurren inmediata o un corto periodo luego de la exposición. Este tiene efectos agudos y ocurre luego de altas dosis en una sola exposición. Este no ocurre en radiología diagnostica. (se explica más adelante en (somáticos))

Tipos de riesgos Asociados

- ▶ Este se divide en dos: (determinante y estocástico)
 1. Efecto determinista:
 - ✓ Se representa en una gráfica NO lineal con umbral.
 - ✓ Puede ocasionar muerte a un gran grupo de tejido celular.
 - ✓ Este efecto aumenta según aumenta la dosis de radiación.
 - ✓ Ej. **Lesiones en piel, hipertiroidismo, formación de cataratas, pérdida de cabello, infertilidad temporera y esterilidad**
 - ✓ Generalmente se manifiesta a los días o semanas luego de la exposición.
 - ✓ Lesiones en piel, cataratas e hipertiroidismo pueden también presentarse un periodo de latencia más largo.

Tipos de riesgos Asociados

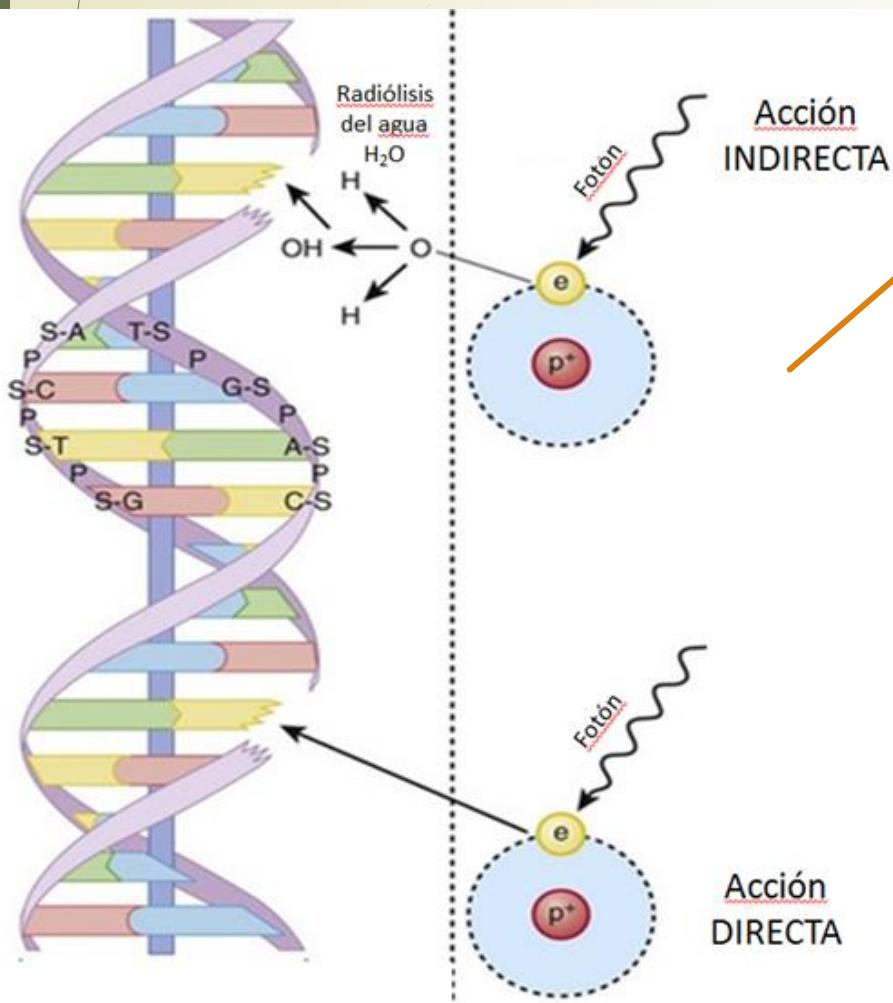
2. Efecto estocástico:

- ✓ Ocurren en población expuesta a radiación ionizante.
- ✓ Es el principal efecto tardío se espera ocurra en población expuesta a radiación ionizante.
- ✓ Incluye efectos **genéticos hereditarios y varios efectos somáticos (cáncer)**
- ✓ El cáncer inducido por radiación y los efectos genéticos no se han podido determinar ya que pueden aparecer espontáneamente.

Efecto molecular por radiación ionizante:

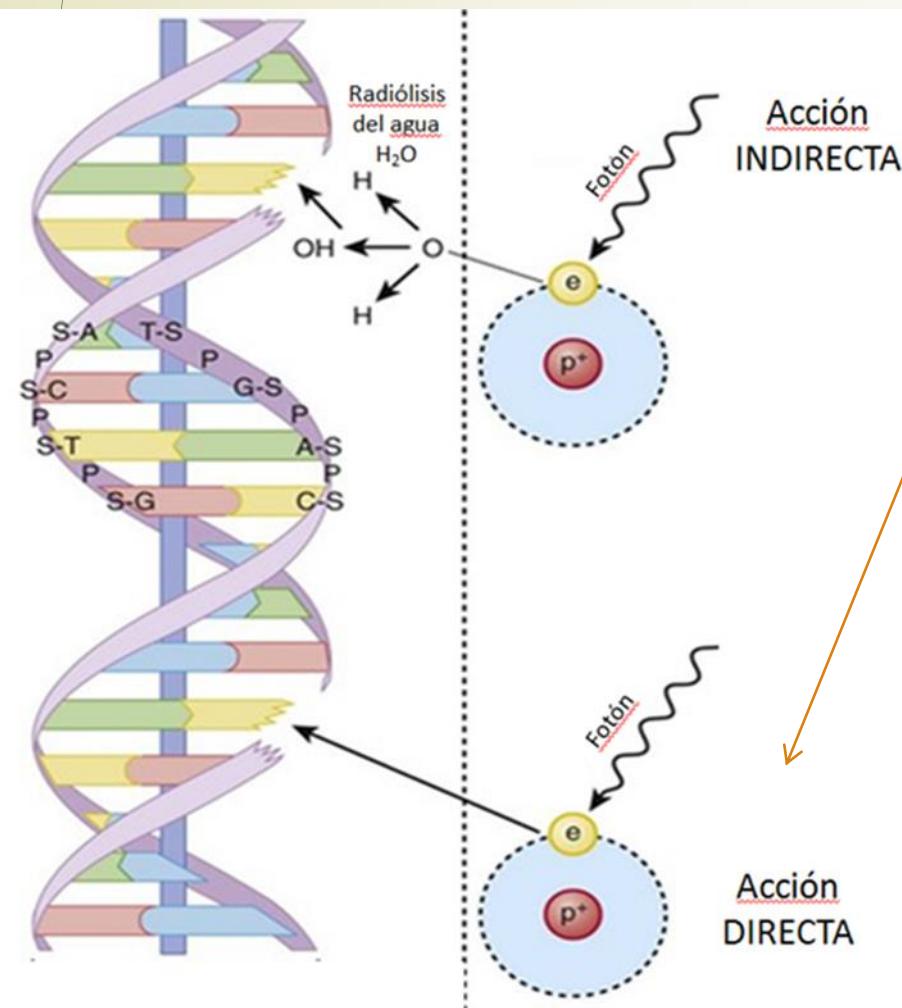
- ▶ Como ya sabemos la interacción principal de los rayos x en el cuerpo lo hace a través del efecto fotoeléctrico o Compton. Consecuentemente esa producción de fotoelectrones atraviesa el tejido e ionizan moléculas.
- ▶ Esto ocurre al azar y puede ocasionar daños moleculares formando mal funcionamiento o muerte celular. La teoría del blanco específicamente al DNA (ADN) implica es el blanco más importante y sensible de todas las moléculas

Efecto molecular por radiación ionizante:



- ▶ Esta interacción con el ADN puede ocurrir de dos maneras:
- ▶ **1. Efecto Indirecto:** Este efecto es el más probable ocurrir con un 70% de probabilidad. Ocurre cuando la ionización es lejos del ADN al ionizar las moléculas de agua (H_2O). A este proceso se le llama radiolisis del agua. Luego estas moléculas de agua ionizada se convierten en moléculas más pequeñas creando radicales libres. Estos radicales libres tienen corta duración de vida pero son altamente reactivos y crean cambios químicos que pueden viajar hasta llegar a la molécula de ADN creando daños a la misma. (ver imagen abajo)

Efecto molecular por radiación ionizante:



2. **Efecto directo:** Este efecto es el menos probable con un 30%. Ocurre cuando la partícula ionizada interacciona directamente con el ADN, con las proteínas o encimas de la cadena de ADN. Esto puede crear daños a la cadena del ADN. En la mayoría de los casos se repara y en el menor de los casos causa daños permanentes los cuales pasan de generación en generación. Esta interacción ocurre mayormente con altos LET de radiación como partículas alfas o neutrones. (ver imagen abajo)

Es importante saber que el 90% de los daños celulares logran recuperarse; pero si recibe múltiples impactos puede crear daños permanentes.

Células y la radiosensibilidad tisular

- ▶ Los daños a la molécula de ADN pueden ocurrir en cualquier célula somática (cualquier célula del cuerpo excepto espermatozoides y ovarios) o células genéticas (espermatozoides y ovarios).
- ▶ La radiosensibilidad de los tejidos está estrechamente relacionada a la vida y división celular (ciclo celular). Esta se divide con el propósito de reproducirse, repararse, y crecer.

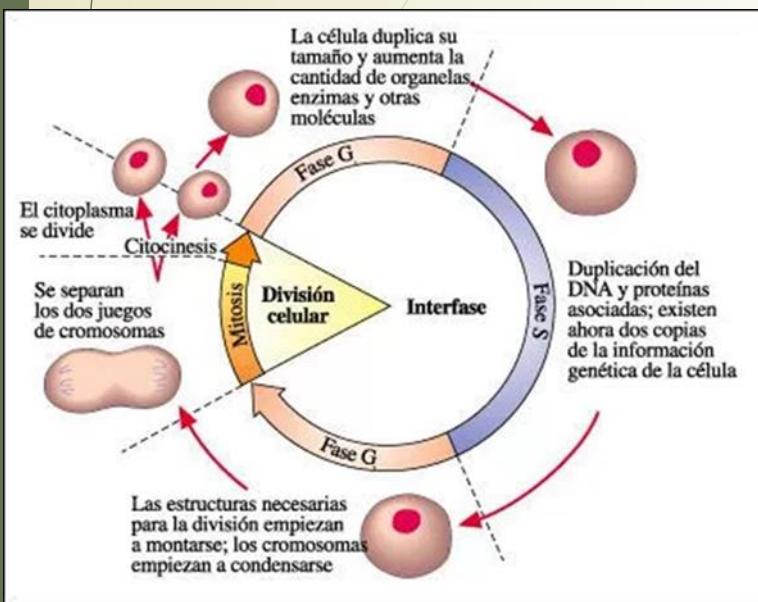
Células y la radiosensibilidad tisular

► El ciclo celular se divide en dos partes:

1. Interfase:

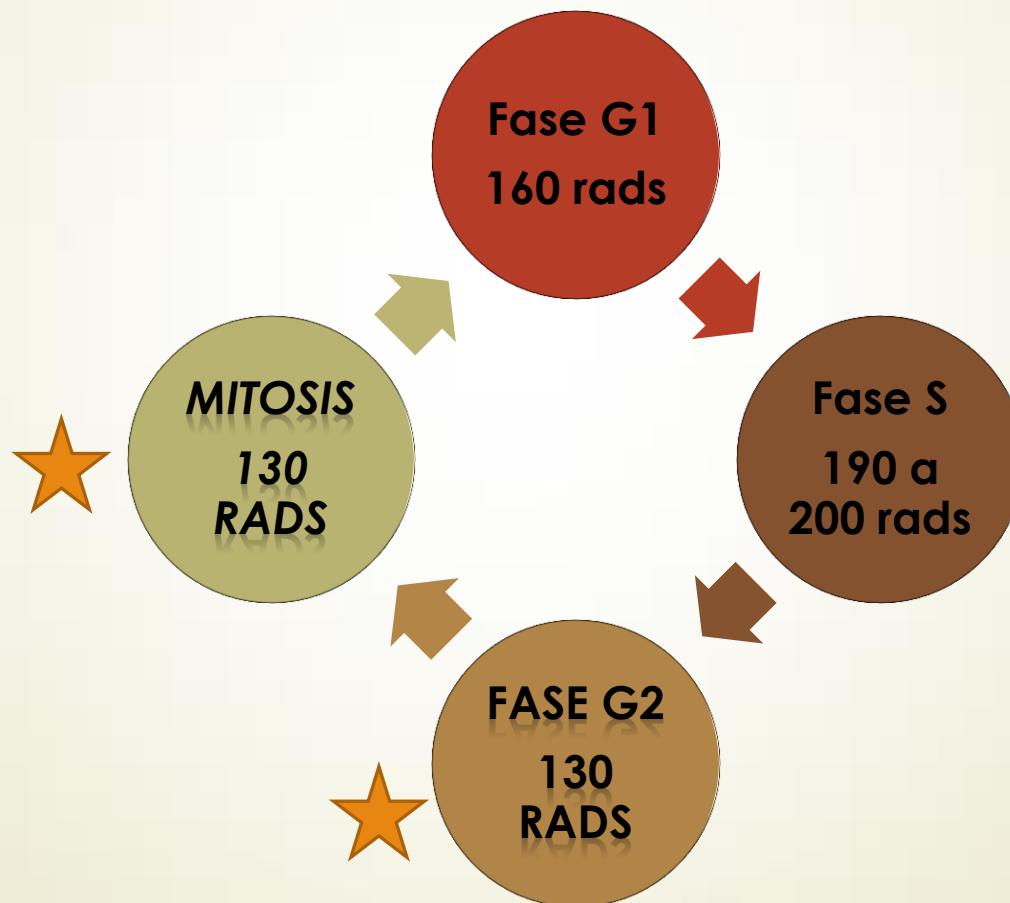
- G1 (GAP1):** Es la primera fase del ciclo celular, comienza el crecimiento celular con síntesis de proteínas y de ARN. Tiene una duración de entre 6 y 12 horas, y durante este tiempo la célula duplica su tamaño y masa debido a la continua síntesis de todos sus componentes.
- S (síntesis):** Es la segunda fase del ciclo, que se produce la **replicación o síntesis del ADN**, Con la duplicación del ADN, el núcleo contiene el doble de proteínas nucleares y de ADN que al principio. Tiene una duración de unas 10-12 horas y ocupa alrededor de la mitad del tiempo que dura el ciclo celular
- G2 (Gap 2):** Es la tercera fase de crecimiento del ciclo celular en la que continúa la síntesis de proteínas y ARN. Al final de este período se observa al microscopio cambios en la estructura celular, que indican el principio de la división celular. Tiene una duración entre 3 y 4 horas.

- Fase M (Mitosis):** Es la división celular en la que una célula progenitora (células eucariotas, células somáticas -células comunes del cuerpo-) se divide en dos células hijas idénticas. Esta fase incluye la mitosis, a su vez dividida en: profase, metafase, anafase, telofase; y la citocinesis (se divide citoplasma). Tiene una duración de 30 minutos.



Células y la radiosensibilidad tisular

- La célula es más radiosensible en las fases de G2 y Mitosis



Células y la radiosensibilidad tisular

<u>Nivel de radiosensibilidad (rad)</u>	<u>Tejidos u órganos</u>	<u>Efecto</u>
Alta radiosensibilidad	Tejido linfático	Atrofia
200 a 1000	Médula ósea	Hipoplasia
	Gónadas	Atrofia
Intermedio	Piel	Eritema
1,000 a 1,500	Tracto Gastrointestinal (GI)	Úlceras
	Córnea	Cataratas
	Huesos en crecimiento	Crecimiento detenido
	Riñón	Nefrosclerosis
	Hígado	Ascites
	Tiroides	Atrofia
Baja Radiosensibilidad	Músculos	Fibrosis
> 5,000	Cerebro	Necrosis
	Médula espinal	Transección

- Células de Alta radiosensibles (más sensibles a la radiación; radiosencibles) tenemos las células sanguíneas en especial los linfocitos (células blancas – protegen de las infecciones) y a las células genéticas o gónadas.
- Células de Baja radiosensibilidad (más resistentes a la radiación; radioresistentes) tenemos a los músculos y el sistema nervioso



Existen factores físicos que afectan la radiosensibilidad.

Estos son:

- ▶ LET
- ▶ RBE
- ▶ ESCALAMIENTO Y FRACCIONAMIENTO
- ▶ OER (Efecto de oxigeno)
- ▶ EDAD

Factores afectan la radiosensibilidad

- ▶ **LET – Lineal energy transfer:** es una medida de velocidad a la que se transfiere la energía desde la radiación ionizante al tejido blando. Una baja LET de radiación deposita menor energía en las células y tejidos. Una Alta LET deposita mayor energía en las células y tejidos aumentando la producción de efectos biológicos.

Factores afectan la radiosensibilidad

- ▶ RBE (Relative Biologic Effectiveness): es la habilidad de producir daños biológicos; El RBE y el LET están directamente relacionados.
- ▶ Cuando el LET aumenta, la capacidad de producir daño RBE también aumentara. El RBE en rayos x es de 1.

Factores afectan la radiosensibilidad

- ▶ Escalamiento y fraccionamiento: cantidades de pequeñas dosis de radiación por un largo periodo de tiempo producirá menos efectos. Utilizar grandes cantidades de radiación en corto tiempo aumenta los efectos a la radiación.

Factores afectan la radiosensibilidad

- ▶ OER (Efecto oxígeno) El tejido es más sensible a la radiación cuando se irradia en condiciones de oxigenación o aeróbicas que cuando se hace en condiciones anóxicas (sin oxígeno) o hipóxicas. Se describe numéricamente por la tasa de intensificación del oxígeno (OER Oxygen enhancement ratio).

Factores afectan la radiosensibilidad

- ▶ La edad está relacionada a la radiosensibilidad. Los seres humanos somos más sensibles antes del nacimiento, luego del nacimiento la sensibilidad disminuye.
- ▶ Durante la madurez es el periodo de más resistencia y en la vejez somos radiosensible nuevamente.

La ley de Bergonié and Tribondeau

- ▶ Establece son más radiosensibles aquellas células que presentan:
 - ▶ a. mayor actividad mitótica.
 - ▶ b. Células menos diferenciadas o indiferenciadas (células madres)
 - ▶ c. Células que tienen por delante un ciclo vital con mayor número de divisiones.
- ▶ Ejemplo de ello son las células epiteliales intestinales y las células de desarrollo embrionario y fetal.

- Las células humanas pueden recuperarse del daño de la radiación si la dosis de esta no es suficiente para destruirla. Si la radiación es antes de su próxima división celular tiene suficiente tiempo para que la célula se recupere.
- * La muerte interfasea sucede cuando la célula muere antes de replicarse.
- * Esta recuperación se debe al mecanismo de reparación bioquímico de la célula. Esta recuperación de daño se lleva a cabo a través de la repoblación de la célula superviviente.

► D/L 50

- Es la dosis de radiación total corporal que causa la muerte al 50% de los sujetos irradiados en un plazo de 60 días. Usualmente la muerte de la mayoría de las especies (incluyendo seres humanos) es de 60 días. Por ello se mide D/L 50/60 que significa la muerte del 50% de la población en 60 días.
- Para el ser humano el D/L 50/60 es de 350 rad (3.5 Gy) sin soporte clínico

Efectos genéticos

► Embarazo:

- Irradiar durante el embarazo , especialmente en el primer trimestre, No debe realizarse a menos sea una emergencia (entiéndase vida o muerte).
- El mayor problema es que las mujeres en muchas ocasiones no saben están embarazadas en esos primer periodo. Los procedimientos se debe eliminar durante el embarazo son procedimientos de: pelvis, cadera, fémur, lumbares, estudios de fluroscopía, procedimientos de CT.

Embarazo

- Durante ese primer trimestre, en especial entre la 2 a 10 semana ocurre mas organogénesis e irradiar con una dosis considerable al feto produciría anomalías.
- Anomalías esqueletales o de órganos podrían ocurrir al irradiar en la parte temprana del primer trimestre, anomalías neurológicas podrían formarse durante la parte final del primer trimestre, anomalías neurológica, retardación mental, enfermedades malignas al igual cáncer y leucemia que se desarrollan en el crecimiento del niño luego de nacer.

Mujeres

- ▶ Las mujeres durante el desarrollo como feto, las células germinales llamadas agonía producirán entre 400 a 500 óvulos el cual utilizara durante los años de fertilidad.
- ▶ En mujeres maduras tan solo 10 rad pueden retrasar o suprimir la menstruación. Aproximadamente de 150 a 200 rad de irradiación en ovarios causan infertilidad temporera. Aproximadamente de 500 a 600 rad de irradiación a ovarios causa infertilidad permanente.



► Mujeres: regla de los 10 días:

- El conocer el inicio del periodo menstrual (LMP – last menstrual period) nos puede ayudar a determinar si esta posiblemente embarazada, días de mayor o menor fertilidad y así poder evitar una exposición a una mujer embarazada. Los 10 días siguientes al inicio del periodo menstrual son seguros para una exposición radiográfica en especial de abdomen, pelvis y estudios de altas dosis de radiación con CT y fluoroscopia.

3. Hombres

- Las gónadas en los hombres están fuera del área pélvica y pueden ser protegidas todo el tiempo a diferencia de las mujeres que los ovarios se localizan en el área pélvica y en algunos procedimientos no se puede colocar protección gonadal. Es importante saber que las células germinales de los hombres son los espermatogónia y se producen continuamente durante toda su edad fértil. (las mujeres nacen con los óvulos contados).
- A 200 rad producen infertilidad temporera que comienza a los dos meses luego de ser irradiado; puede extenderse hasta 12 meses. A dosis de 500 rad sobre los testículos se produce esterilidad permanente. Conserva la capacidad de actividad sexual.
- Los hombres luego de ser irradiados con más de 100 rad es testículos deben esperar entre 2 a 4 semanas para procrear para reducir el riesgo de mutaciones de mayor riesgo.

F- Efectos somáticos por radiación: (carcinogénesis, cataratas, acortamiento de vida, riesgos reproductivos, embrión/fetal, ARS

- Este puede ocurrir en periodo: (temprano o tardíos)
 - a. Temprano: Puede ocurrir a los minutos, horas, días o semanas luego de la irradiación y ocurre solamente al recibir altas dosis de radiación. No ocurre en procedimientos de imágenes diagnóstico. Una alta dosis de radiación a cuerpo entero en un corto periodo pueden ocurrir efectos somáticos tempranos.
 - b. Tardío: (carcinogénesis): puede ocurrir luego de años a la exposición inicial a bajas dosis en exposiciones crónicas. Las exposiciones ocupacionales se catalogan. (ejemplos de ellos mencionados anteriormente: pintores de esferas de relojes, exposición a radiación timo agrandado, entre otros.)

F- Efectos somáticos por radiación: (carcinogénesis, cataratas, acortamiento de vida, riesgos reproductivos, embrión/fetal, ARS

► **Cataratas:**

- La formación de cataratas en el lente del ojo. (ej. Experimentos en ciclotrones)

► **Acortamiento de vida:**

- Los trabajadores de radiación (en especial radiólogos) presentaban un acortamiento en los años de vida en comparación a la población en general. Actualmente no se experimenta ya que se han creado medidas de protección (SE DEBEN SEGUIR SIEMPRE)

F- Efectos somáticos por radiación: (carcinogénesis, cataratas, acortamiento de vida, riesgos reproductivos, embrión/fetal, ARS

► **Riesgos reproductivos:**

► Mencionado anteriormente; donde los órganos reproductivos son **RADIOSENSIBLES**. La Fertilidad y herencia son afectados por las células germinales: mujeres ogonía y hombres espermatogónia. Exposición excesiva a radiación puede ocasionar esterilidad temporera o permanente y/o mutaciones genéticas.

Embrionología/Feto:

► Se pueden presentar efectos en el embrión/feto. Pueden ocurrir abortos espontáneos, anomalías esqueléticas y neurológicas (retardación mental y microcefalia) y la leucemia son ejemplos de efectos somáticos en el embrión o feto.

F- Efectos somáticos por radiación: (carcinogénesis, cataratas, acortamiento de vida, riesgos reproductivos, embrión/fetal, ARS

- ▶ Síndrome de radiación aguda (ARS – Acute Radiation Syndrome)
- ▶ Efectos inmediatos a la radiación Son los efectos que ocurren por altas dosis de radiación.
- ▶ Síndrome de radiación agudo = Es la consecuencia de acontecimientos por exposiciones de alto nivel de radiación la cual conduce a la muerte en días o semanas.

F- Efectos somáticos por radiación: (carcinogénesis, cataratas, acortamiento de vida, riesgos reproductivos, embrión/fetal, ARS)

- Síndrome de radiación aguda (ARS – Acute Radiation Syndrome)
- ***Los efectos a la radiación pueden presentar varios estadios hasta ser manifiesta. Estos son:***



Periodo prodrómico = consiste en los síntomas agudos los cuales ocurren en los primeros minutos u horas después de la exposición. Estos pueden durar horas o 1 o 2 días. Con dosis de 100 rad o más para todo el cuerpo pueden aparecer signos y síntomas de enfermedades por radiación. Los síntomas y signos son:

- Nauseas
- Vómitos
- Diarreas
- Reducción de células sanguíneas (leucopenia)

*** A mayor la dosis de radiación menor será el tiempo de periodo prodrómico.***

Periodo latente = le sigue al periodo prodrómico, en este no se observan efectos clínico. Para dosis de radiación de 5,000 rad puede durar unas horas o menos y para dosis de 100 a 500 rad unas semanas.

EFECTOS INMEDIATOS DE LA RADIACION (Síndrome de radiación aguda)

- Existen tres(3) tipos de síndrome de radiación agudo:
 - Síndrome de muerte hematológica
 - Síndrome de muerte gastrointestinal (GI)
 - Síndrome de muerte del Sistema Nervioso central (SNC) o Neurovascular.

Síndrome hematológico

- ▶ Son los mas radiosensibles
- ▶ Rango de radiación: 200 a 1,000 rad (pacientes en mal estado de salud desde 50 rad)(LB)
- ▶ Periodo prodrómico: Nauseas, Vómitos y diarreas. La persona experimenta los síntomas en forma moderada. Estos aparecen a horas después de la exposición y pueden persistir por varios días.
- ▶ Latencia: La persona siente bienestar hasta por 4 semanas, pero sus células sanguíneas (blancas, rojas y plaquetas) siguen reduciéndose durante este periodo.
- ▶ Enfermedad manifiesta: Nauseas, Vómitos, diarreas, letargia y fiebre.
Signo: Leucopenia

Síndrome hematológico

- Recuperación: La persona comienza a recuperarse de 2 a 4 semanas, pero puede necesitar hasta 6 meses para una recuperación completa.
- Si la dosis es grave, las células sanguíneas siguen reduciéndose desenfrenadamente hasta que las defensas del organismo contra las infecciones es nula.
- Si el conteo de leucocitos es menor a 1000 en las primeras 48 horas la exposición fue severa.
- Antes de la muerte ocurren hemorragias y deshidratación.
- La muerte sucede por: infecciones generalizadas, trastorno electrolítico, hemorragias y anemia por hemorragias.

Síndrome gastrointestinal

- **Dosis de radiación: 1,000 a 5,000 rad**
- **Periodo prodrómico: Aparecen síntomas en cuestión de horas después de la exposición, Vómitos y diarreas. Pueden persistir durante horas o un día.**
- **Periodo de latencia: de 3 a 5 días (de 5 a 7 días (LB)).**
- **Enfermedad manifiesta: Nauseas vómitos, diarreas, perdida de apetito (anorexia) y puede entrar en letargia. Las diarreas persisten y son más intensas.**

Síndrome gastrointestinal

- ▶ Muerte: Inminente dentro de 4 a 10 días luego de la exposición. Con tratamiento médico intensivo se puede alargar la vida del pt por 2 semanas luego de la exposición.
- ▶ Las células intestinales se proliferan rápidamente y se remplazan continuamente por células nueva. Diariamente el 50% de las células son remplazadas por células nuevas. En este síndrome la exposición a la radiación destruye a las células madres que recubren el Intestino (estas son las encargadas de producir células nuevas). Cuando estas células madres mueren no se pueden regenerar; esto ocasiona el intestino pierda las células que recubren al intestino y a su vez la capacidad de absorción de nutrientes y electrolitos. La mala absorción lleva la paciente a una anemia, distensión abdominal (íleo paralítico) y a un aumento en la flora intestinal provocando ulceras y hemorragias.

Síndrome del Sistema Nervioso Central (SNC) o Neurovascular:

- **Dosis de radiación: > 5,000 rad**
- **Periodo prodrómico:** Comienzan síntomas a minutos luego de la exposición. Los síntomas son: Nauseas, vómitos, sensación de quemazón en la piel. También pueden presentarse otros síntomas como: confusión, nerviosismo, perdida de visión, perdida del conocimiento en las primeras horas.
- **Periodo latencia:** 4 horas en ocasiones 12 hrs. El tiempo de duración de este periodo puede variar dependiendo de la dosis de radiación; si la dosis fue grave este periodo puede reducirse a un más o no aparecer.

SNC

- ▶ Enfermedad manifiesta: reaparecen síntomas prodrómicos pero a una más graves. También el individuo se desorienta, pierde coordinación muscular, dificultad respiratoria, convulsiones, perdida de equilibrio, edema intracranegal, alta presión intracranegal, vasculitis, meningitis, ataxia, letargia y coma.
- ▶ Muerte: Inminente.
- ▶ No existen muchos detalles de este síndrome ya que son muy pocos los casos que se han visto en seres humanos.

Protección del paciente:

Como ya explicamos anteriormente la restricción del haz primarios es una de las primera y más importante medidas para reducir dosis al paciente. Para ello debemos:

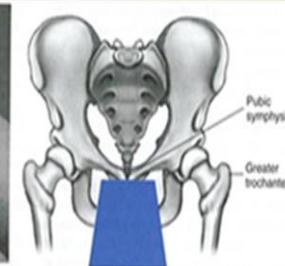
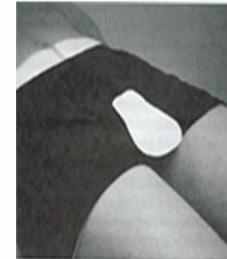
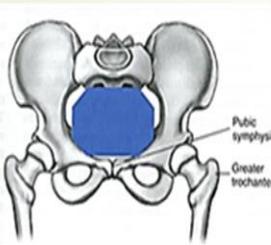
- 1. Colimar:** Es la primera medida de restricción de haz primario el cual ayuda a minimizar la radiación del haz primario a otros tejidos adyacentes que no necesitan ser parte de la exploración radiográfica y minimiza la radiación secundaria. Otras restricciones son conos y cilindros.

Protección paciente

- ▶ **Factores de exposición:** se recomiendan altos kVp y bajos mAs (que estén dentro de los parámetros de exposición segura)
- ▶ **Generadores:** Los generadores de tres fases o alta frecuencia y reducen dosis al paciente.
- ▶ **Filtraciones:** los filtros ayudan a evitar que los fotones de baja energía lleguen al paciente. Estos fotones de baja energía NO llegaran Al RI y aumentaran la dosis al paciente por ello el uso de filtros . Los filtros añadidos requieren 2.5mm de aluminio al utilizar 70 kVp

► **Protección gonadal:** debe ser en pacientes edad reproductivas mujeres hasta los 55 años y hombres hasta los 65 años. La protección gonadal es más efectiva en hombres ya que las gónadas quedan fuera del cuerpo. Existen varios tipos de protección gonadal:

► 1. los de contacto o planos los cuales son colocados directamente encima del área gonadal



► 2. los de sombra el cual se coloca en el tubo de rayos x y consta de pedazo plomo atado a un brazo que se extiende desde el tubo y no se puede utilizar en fluoroscopía



► 3. protección de mamas el cual se utiliza en procedimientos de escoliosis

- Chaleco protector plomado y de tiroides: este debe ser como mínimo 0.5mm de plomo o equivalente
- Otros protectores como gafas emplomadas y guantes.
- Comunicación con el paciente: tener una buena comunicación con el paciente es muy importante.
- El poder explicarle al paciente el procedimiento que se le realizara y sus indicaciones de no moverse y de tomar aire, entre otras serán de mucha ayuda si son explicados de una forma que este pueda entender. Paciente informado y que sienta empatía con el personal siempre cooperá.

- Fluroscopia: temporalizador de sonido a los 5 min de tiempo en fluro.
- Air gap: permite realizar lateral de cervicales sin Grid disminuyendo dosis de radiación al paciente.
- SID adecuado de 72 o 40 pulgadas según procedimiento a realizar.
- Grid ratio: grid ratio bajos (5:1, 6:1) producen menos radiación ya que se utilizan técnicas menores; se usa con 70 kVp o menos. Grid ratio altos (10:1; 12:1) utilizan mayor técnicas de radiación por ende mayor dosis de radiación. Se usa con 100 kVp o mas

- 13. Buen control de calidad y calibración del equipo adecuada para minimizar dosis al paciente
- 14. Minimizar repeticiones por: movimiento de pacientes, técnicas de exposición, por falta de comunicación con el paciente; por errores del tecnólogo radiológico.
- 15. ALARA (As Low reasonably Achievable) tan bajo como razonablemente posible: estipula utilizar técnicas de radiación lo más bajo posible (protección al pt y exposición ocupacional)

Protección ocupacional

- El tecnólogo radiológico debe evitar cualquier tipo de exposición innecesaria y no debe exponerse nunca al haz primario.
- La NCRP (National Council Radiation Protection) recomienda un monitoreo y no exceder 5 rem/ano (50mSv/y); Cristalino del ojo anual: 150 mSv (15 rem); Tiroides, piel, manos y pies anual: 500 mSv (50,000 mrem) (50 rem)
- Estudiantes menores de 18 años no deben recibir mas de 0.1 rem (100 mrem); menos de 1mSv/año.

Protección ocupacional

- El tiempo, la distancia y la protección son los principales puntos cardinales de la protección radiológica tanto para proteger a los pacientes como al tecnólogo radiológico. El dosímetro evalúa su efectividad.
- Minimizar el tiempo de exposición es la primera medida para minimizar dosis de radiación
- Distancia : aumentar la distancia disminuye la dosis de radiación
- Blindaje: utilizar el blindaje adecuado chaleco protector, gafas plomadas, guantes y barreras disminuyen la radiación ocupacional.

La Guía de NCRP:

- 1. El control del panel debe mostrar cuando este energizado signos visibles y/o audibles.
- 2. El temporizador de fluoscopía audible debe ser controlado únicamente desde el control.
- 3. El personal de radiología nunca debe ser utilizado para sostener a los pacientes.
- 4. La barrera primaria debe proteger del rayo primario y debe tener entre 1.5 a 2.0mm Pb (1/16 pulgadas) o su equivalente. Barreras secundarias Como la barrera de control 1/32 pulgadas de plomo. El cristal del control tiene aprox. 1.5mm de plomo.

► En fluroscopía el bucky y cortinas deben tener 0.25mm de plomo.

► Los protectores (delantales, guantes, tiroides y gafas) deben ser 0.25 mm de plomo como mínimo . *LA NCRP recomienda 0.50 mm.*

Grosor del plomo	Utilizando 75 kV	100kv
0.25mm	66%	51%
0.50mm	88%	75%
1.00mm	99%	94%

Tecnologías radiológicas y embarazo:

- Tan pronto sabe está embarazada debe notificar por escrito sobre ello. Deberá tener un segundo monitor (dosímetro) para el feto que va en la cintura.
- Se debe reasignar para evitar fluoroscopía y portátiles. El dosímetro del cuello no debe exceder 100mrem (1mSv). El dosímetro fetal 10mrem. Durante TODO el embarazo la dosis de radiación no debe exceder 500mrem (5 mSv).

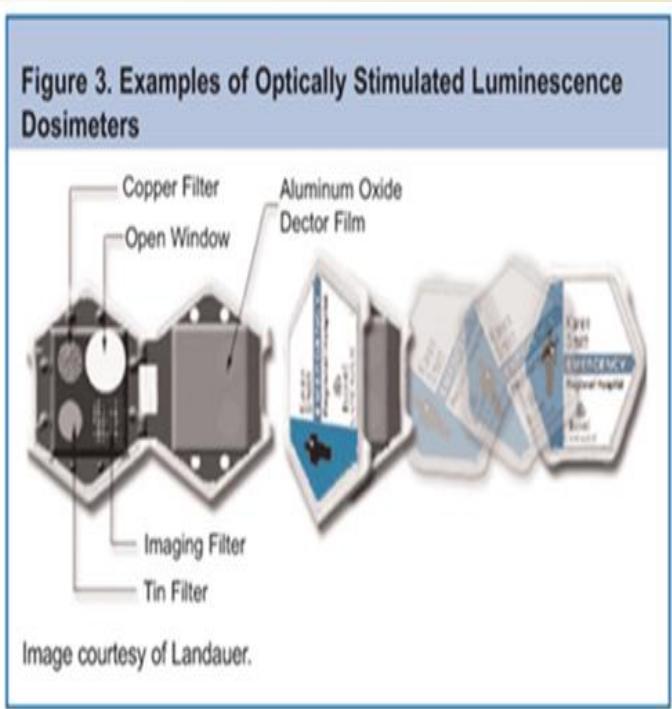
- ▶ Siempre utilizar dosímetro. Debe ser colocado en el área del cuello y cuando se utiliza chaleco protector se debe colocar por encima de el.
- ▶ En fluroscopía la distancia entre la fuente de radiación y el paciente de ser 12 pulgadas (30cm) a 15 pulgadas (38 cm) preferiblemente
- ▶ La intensidad table top en fluroscopía no debe exceder 10R/min
- ▶ Exposición Publio en general: 1 mSv (100 mrem)

Los Diez Mandamientos de Protección Radiológica

- Comprenda y aplique los puntos cardinales de protección: tiempo, distancia y protección
- No permita que la familiaridad le produzca una falsa seguridad.
- Nunca permanezca ante el haz primario.
- Lleve siempre un aparato de protección si no está detrás de una barrera de protección.
- Lleve siempre un dosímetro y colóquelo fuera del delantal en el área del cuello.
- Nunca sostenga un paciente durante una exploración radiológica
- La persona que sostenga al pt debe llevar protección (delantal plomado, gafas)
- Utilice escudos de protección gonadal en personas en edad fértil.
- La exploración de pelvis y abdomen deben evitarse, siempre que sea posible, en pt embarazadas.
- Siempre colime en forma adecuada, al mínimo del campo a explorar.

Dosimetros

- Existen diferentes tipos de dosímetros. Estos son:
- Optically Stimulated Luminescence (OSL)
 - Estos dosímetros remplazaron los film badges.
 - Estos contienen una fina capa de Oxido de Aluminio (Al_2O_3)
 - El Óxido de Aluminio absorbe y guarda la energía asociada con exposición a la radiación ionizante.

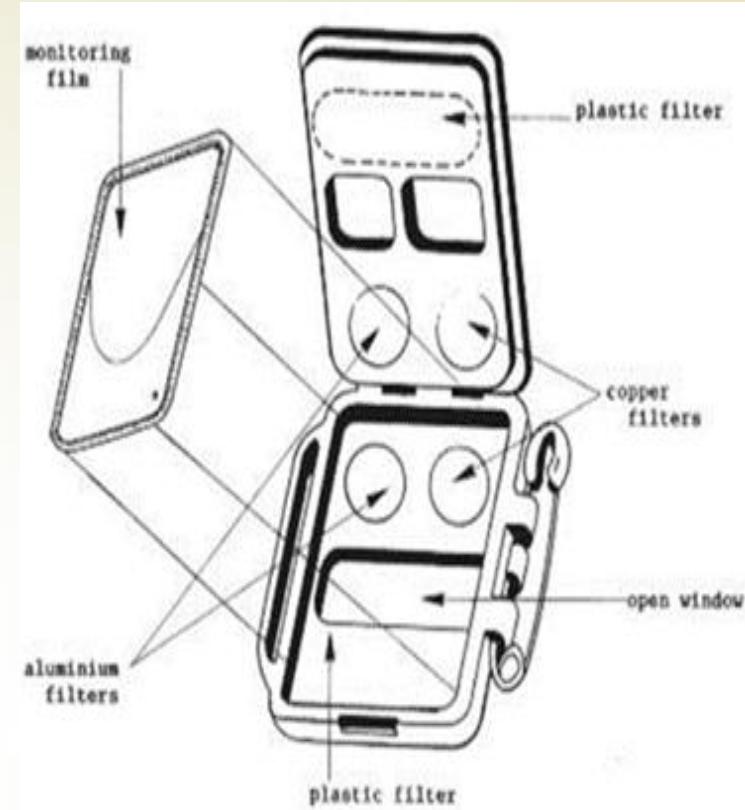


Continuacion OSL

- Cuando el dosímetro es enviado al laboratorio procesan el chip de óxido de Aluminio estimulándolo con una luz verde proveniente de un lasser. El óxido de aluminio emite una luz azul la cual es proporcional a la cantidad de radiación expuesta.
- La cantidad de radiación se expresa en mrem
- Este puede medir dosis tan bajas como 1 mrem.

Film Badge

- ▶ Se utilizo por varios años
- ▶ Este consiste en colocar una película de dosímetro dentro de un plástico parecida a una película dental. Este plástico tiene una ventana con varios filtros: Un filtro de aluminio colocado delante de la película y luego una un filtro de cobre.
- ▶ Solo se puede utilizar por un mes. Puede medir dosis NO menores a 10 mrem



Termoluminescent Dosimeter (TLD)

- ▶ Contiene chip de cristales de lithium fluoride (LiF)
- ▶ El LiF absorbe y guarda la energía asociada con la exposición a radiación ionizante
- ▶ Cuando el TLD es procesado el chip se calienta. Este proceso crea una luz visible la cual es proporcional a la cantidad de radiación ionizante absorbida
- ▶ Puede medir dosis de 5 mrem o mas



Informe de los controles de la radiación profesional

- Las regulaciones estatales y federales requieren que los resultados del programa de control de la radiación profesional sean registrados de una manera exacta y mantenida para revisión. Los períodos de control anuales, trimestrales, mensuales o semanales son aceptables.
- Los informes de los controles de la radiación profesional deberían tener un número específico de conceptos de información. Estos conceptos están identificados en la cabecera de las columnas.

SAMPLE ORGANIZATION
RADIATION SAFETY OFFICER
2 SCIENCE ROAD
GLENWOOD, IL 60425

LANDAUER®

Landsauer, Inc. 2 Service Road Glenwood, Florida 32445-5126
Telephone (708) 755-7000 Facsimile (708) 755-7016
www.landsauer.com



RADIATION DOSIMETRY REPORT

ACCOUNT NO.	STATUS CODE	ANALYTICAL WORK ORDER	REPORT DATE	DOCUMENT RECEIVED	REPORT TIME BY NORTH DATE	PERC (%)
100702	RD	RD010007	07/16/06	07/12/06	4	1

MR. MINIMAL REPORTING SERVICE OF 1 WIRELESS
ELECTRONIC MEDIA TO FOLLOW THIS REPORT

QUALITY EDUCATIONAL RESOURCES (QER)

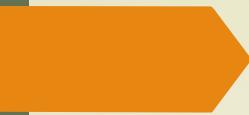
卷之四

200

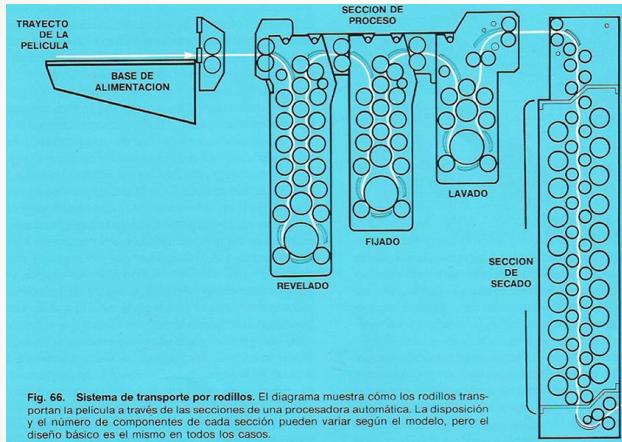
Accredited by the National Institute of Standards and Technology through

- ▶ Los datos de exposición que deben ser incluidos en el informe son la exposición actual y la exposición anual acumulativa. Otros dosímetros, como los de extremidades o los de control fetal, serán identificados por separado de los de cuerpo entero.
- ▶ Ocasionalmente, si la exposición profesional implica una energía de radiación baja, la dosis sobre la piel podría ser mayor que la dosis penetrante. En estos casos, la dosis de la piel será identificada por separado

- Cuando un tecnólogo en radiología cambia de empleo, el historial de radiación total debe ser transferido a los registros del nuevo trabajo.
- Por tanto, cuando uno abandona un trabajo, automáticamente debería recibir un informe de la historia de la radiación total en aquella instalación. Este informe se debería entregar automáticamente y hay que solicitarlo si no se proporciona.

- 
- ▶ El monitor de control nunca debería mantenerse o estar adyacente a un área de radiación. Debería mantenerse en un lugar distante o en la oficina.
 - ▶ Despues del procesado, la respuesta del monitor de control se resta de cada monitor individual. De esta forma, el informe para cada monitor individual representa sólo la exposición a la radiación profesional

Cuarto Oscuro, películas, portapelículas, Química y revelado radiográfico



162

Prof. Eduardo Brito

Prof. Eduardo Brito



HEALTH EDUCATIONAL &
MEDICAL IMAGING SERVICES INC

CORREO ELECTRÓNICO:
SERVICIOS@HEMISALUD.COM
WHATSAPP: +(1787)983-7323

Criterios del Cuarto de Revelado

- ▶ Se recomienda comunicación entre las salas radiográficas y el cuarto de revelado y viceversa para facilitar el trabajo.
- ▶ Sus paredes deben ser forradas con azulejos cerámico o con pintura color blanca o lo más claro posible (mejor reflejo de luces de seguridad), que sea pintura plástica (para facilitar la limpieza) y resistente a los productos químicos a utilizar.

- ▶ Se deben blindar con láminas de plomo de 2 mm todas las paredes, el techo, el suelo y las áreas de discontinuidad de la pared como el marco de la puerta, pasachasis, hueco de procesadora automática, etc. Esto evita exposición de radiación externa; a su vez el velo en la película y sobre exposición del tecnólogo en esa área
- ▶ Buena circulación de aire, capaz de reponer varias veces en una hora el volumen total de aire del cuarto.
- ▶ Control de la presencia del polvo

Illuminación

- La iluminación del cuarto de revelado consiste de una luz blanca y luces de seguridad.
- La luz blanca se utiliza para mantenimiento y reparación de equipo, limpieza del cuarto y cualquier otro trabajo que necesite mayor visibilidad. Esta debe accionarse con un interruptor que este fuera del alcance para evitar encenderla por accidente mientras se está revelando.
- Durante el proceso de revelado la luz blanca debe estar apagada; solo la luz de seguridad podrá estar encendida.

Illuminación

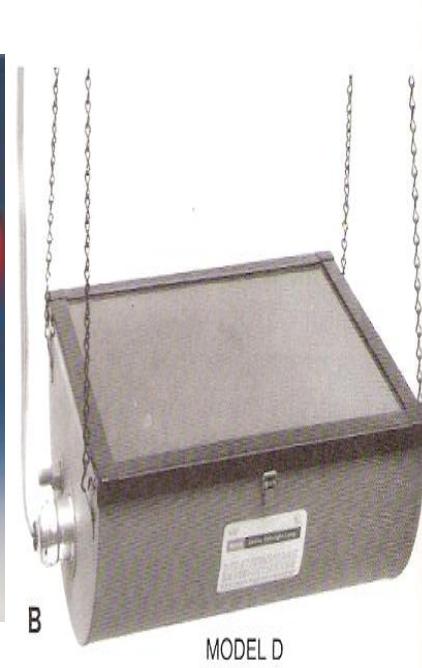
- La iluminación por luz de seguridad puede ser directa e indirecta.
- La luz indirecta es de mayor intensidad, se coloca en el techo a 10 pies de altura. Para mejorar el reflejo de la luz se debe pintar el techo de color blanco.
- La luz directa se coloca en dirección a la mesa de trabajo a 4 pies de distancia. En la mayoría de los casos se coloca encima de la procesadora porque esta a la distancia necesaria de la mesa de trabajo.

Iluminación

- Debe utilizar una bombilla de 15 a 25 W. También esta emite un color dependiendo de la sensibilidad de las películas que se utilizan en el departamento.
- Las luces de seguridad pueden crear velo si se expone la película a tiempos prolongados.

Luz Directa (A) e Indirecta (B)

168



Otros materiales necesarios en el cuarto de revelado

- ▶ Tanque de almacenamiento de químicos (automixer) : es donde se encuentra los químicos (Fixer and developer) para suplir a la procesadora.



Otros materiales necesarios en el cuarto de revelado

- ▶ Recuperación de plata: localizado al lado del tanque de químicos. Se instala para recuperar las sales de plata que provienen del fijado ya que contaminan las aguas y los residuos.



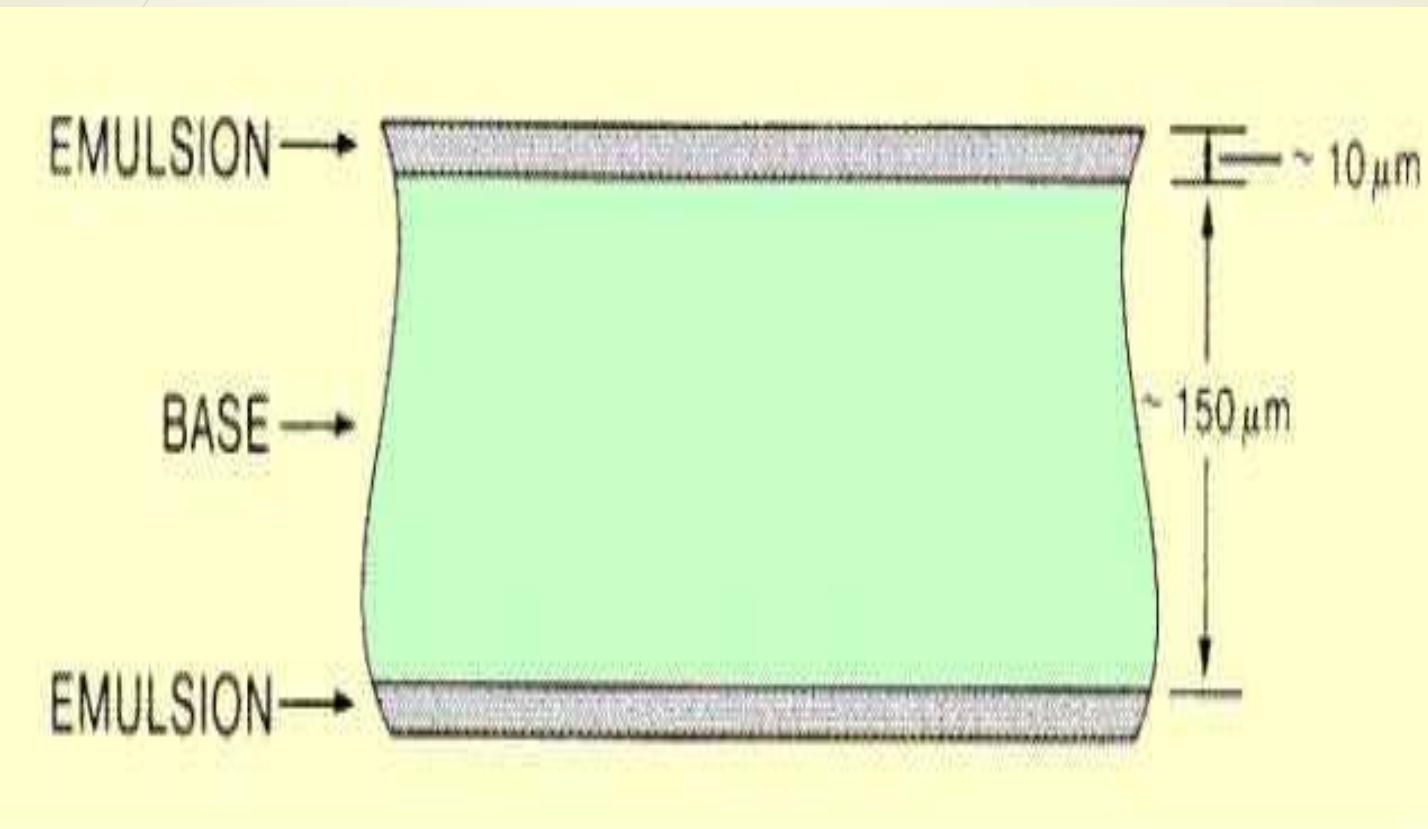
Películas Radiográficas



Películas Radiográficas

- Una película radiográfica es un registro definitivo y durable de la imagen de rayos x.
- Para obtener una imagen duradera se debe utilizar películas radiográficas.
- Las películas radiográficas consisten de dos partes: la base y la emulsión.

Pelicula de doble emulsión



Composición de la Película - Base

- ▶ Es sintético claro y transparente.
- ▶ Se le coloca un tinte azul claro que debe ser uniforme y permanente. Este sirve para reducir fatiga de la vista para facilitar la visualización y el diagnóstico de la imagen.

Composición de la Emulsión

- ▶ Esta se compone de una mezcla homogénea de dos elementos básicos:
 - ▶ Cristales de haluro de plata
 - ▶ Gelatina

Composición de la Emulsión Haluros de plata

- Es el material con el cual los rayos x interaccionan y transfieren la información.
- Son diminutos cristales de un diámetro de 1μ en cada cm 3 de emulsión
- Son compuestos químicos en forma de sal.
- Son una combinación de químicos con elementos de halógeno (cloro, bromo y yodo) con la plata.

Emulsión – Haluro de plata

- Las tres sales de haluro de plata que se forman son:
(# Z altos)
 - Cloruro de plata AgCl ($Z_{\text{Ag}} = 47$)
 - Bromuro de plata AgBr ($Z_{\text{Br}} = 35$)
 - Yoduro de plata AgI ($Z_{\text{I}} = 53$)
- Estos haluros son fijados en forma de iones.

Composición de la mezcla de haluro de plata

- Se mezclan los siguientes químicos en la gelatina
 - Una solución de nitrato de plata – se obtiene disolviendo plata metálica (Ag) en ácido nítrico.
 - Otra solución de algún haluro de potasio – se obtiene al mezclar nitrato de plata con bromuro de potasio.

Composición de la mezcla de haluro de plata

- Con esta reacción se obtienen pequeños cristales de haluro de plata dispersos en la gelatina en forma cúbica.
- El tamaño de los cristales determina la velocidad y sensibilidad de la película.
- Cuan mayor sea el tamaño de los cristales mayor será la sensibilidad de la emulsión, por tanto menor definición de detalle en la imagen.
- Cuan menor el tamaño de los cristales menor será la sensibilidad de la emulsión, por tanto mejor definición de detalle en la imagen.

Composición de la Emulsión Gelatina

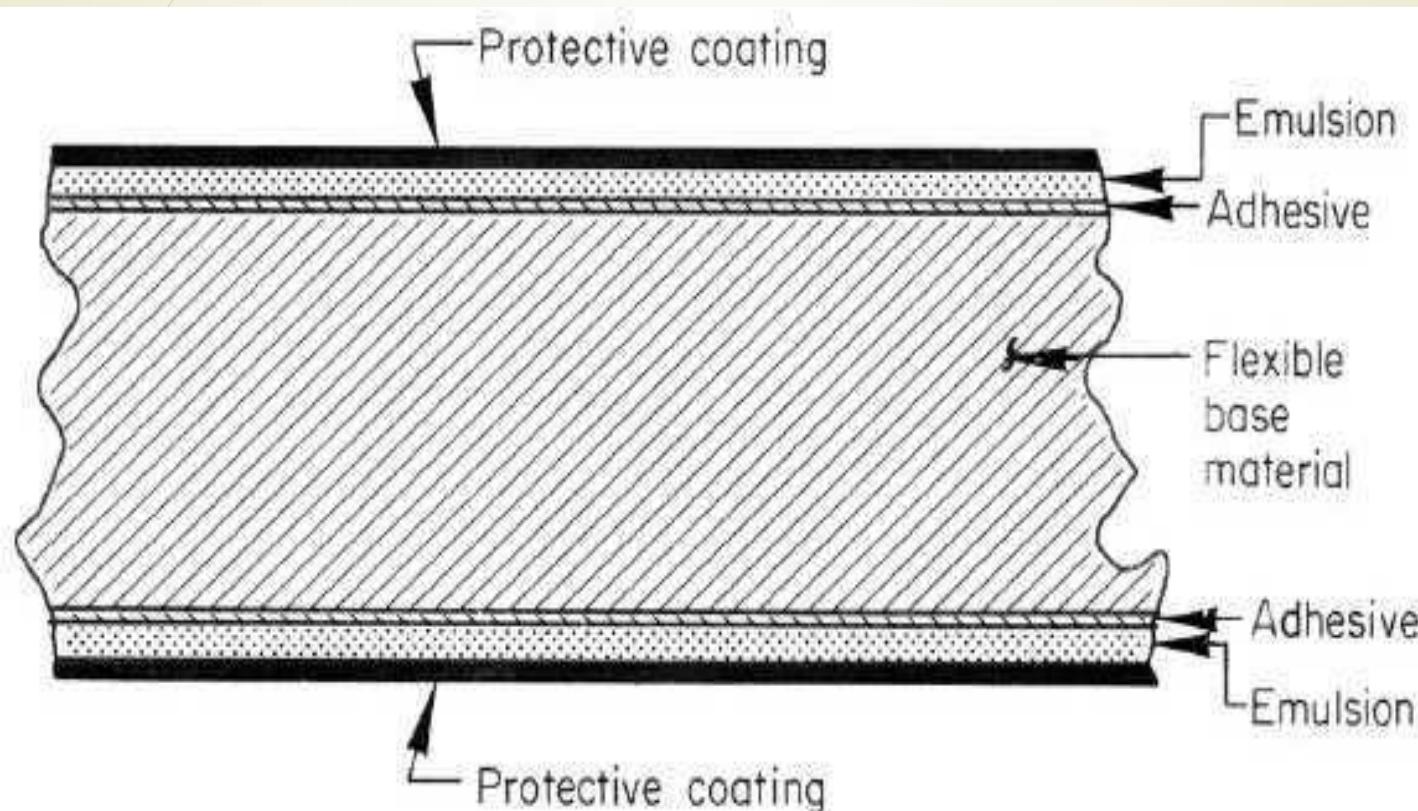
- Es el lugar donde se dispersan los cristales de haluro de plata.
- Esta gelatina se fabrica de pieles y huesos de ganado vacuno que al ser cocinado resulta en un fluido gelatinoso.
- Los siguientes son los criterios de la gelatina:
 - **Transparencia** – debe ser transparente a la luz para que esta pueda llegar a todos los cristales de haluro de plata. Evita la aglutinación de los cristales.

Composición de la Emulsión Gelatina

- **Permeabilidad** – la gelatina al permanecer en contacto con el revelado y fijado, permite estos químicos pasen con facilidad a través de ella y actuen sobre los cristales haciendo visible la imagen de radiación.
- **Estabilidad** – los materiales que la componen deben ser estables durante y después del revelado, que sean estables con el paso del tiempo. Que no pierda color ni se desintegre.

Composición de la Emulsión Gelatina

- **Calidad uniforme** – Los fabricantes de películas deben tener las mismas características de la emulsión. Por ello debe ser fabricada bajo estrictos controles de calidad que asegure su calidad sea la misma.
- **Fotograficamente inactivas** – Debe ser construida con materiales que no actúen sobre los componentes fotosensibles de la emulsión para no aumentar el velo en la base.



Tipos de películas

- ▶ Las películas tienen cierto grado de sensibilidad tanto a la luz como a los Rayos x. Existen diferentes tipos de películas para diferentes aplicaciones:
 1. Películas de pantallas
 2. Películas de exposición directa
 3. Películas de una emulsión
 4. Películas de doble emulsión

1. Películas de pantalla

- Son las películas mayormente utilizadas en radiología. Se deben considerar ciertas características al seleccionar películas de pantallas: Contraste, velocidad, emparejamiento espectral, tintes anticruces, antihalo y luz de seguridad requerida.

a. Contraste – la mayoría son de múltiples niveles de contraste (muchos blancos y muchos grises). Las películas de alto contraste producen una imagen con mucho blanco y negro. Mientras las de bajo contraste son grises.

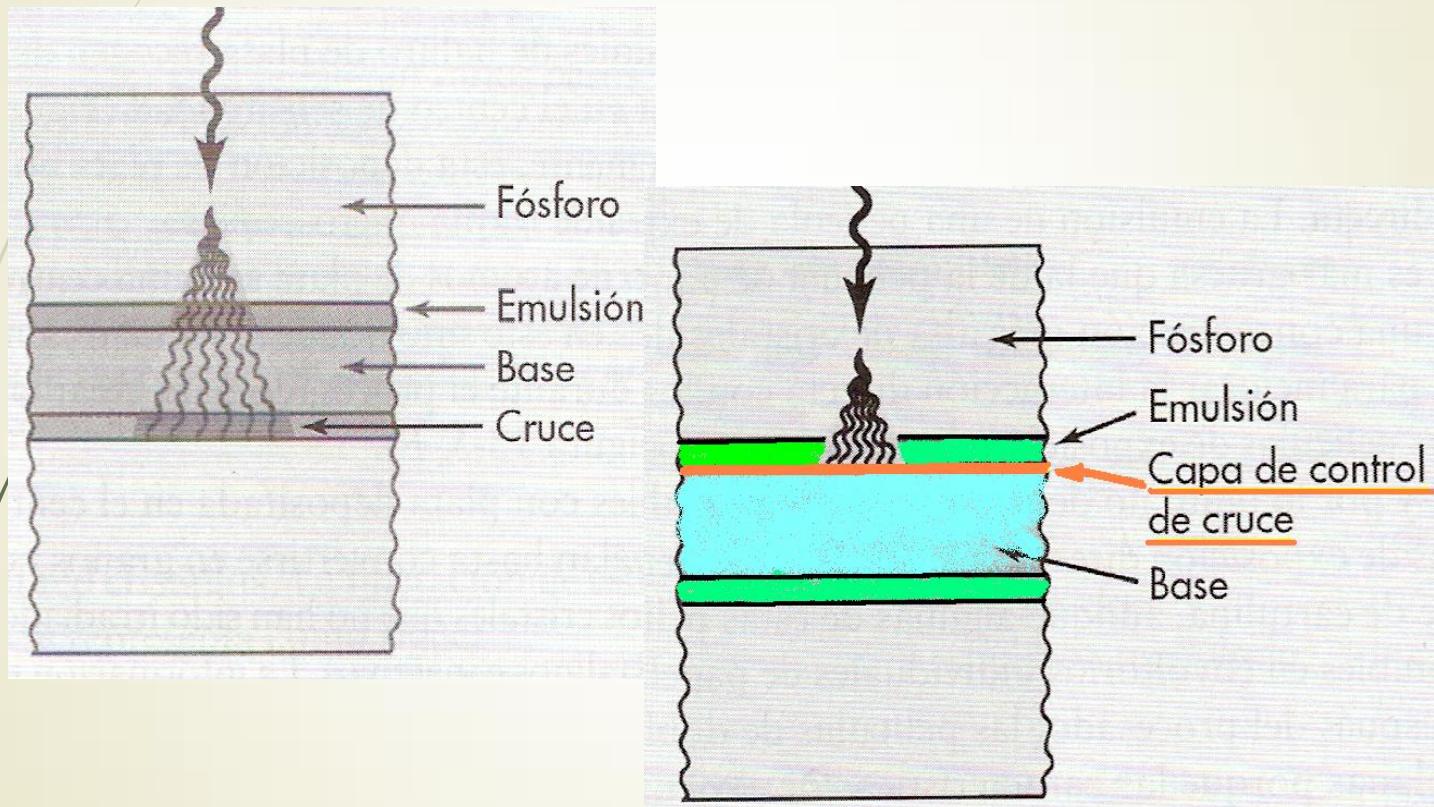
1. Películas de pantalla

- ▶ Los fabricantes identifican los contraste como medio alto o más alto. La diferencia entre ellos el tamaño y distribución de los cristales. Emulsiones de alto contraste – contienen cristales pequeños distribuidos uniformemente. Los de bajo contraste – contienen grandes cristales distribuidos en amplios espacios.
- ▶ **Velocidad** – Es la sensibilidad de la película a la combinación de la luz o rayos x. Son varios tipos de velocidades.
- ▶ Para las películas de pantalla depende del tamaño de los cristales y para las películas de exposición directa depende de la concentración y cantidad de cristales,

Películas de pantalla

- ▶ **Cruce** – Esta ocurre cuando la luz cruza la base y expone la emulsión al otro lado. Esto causa una disminución en la definición de la imagen. Para evitar el cruce se debe tener una película con cristales en forma de tableta ya que aumentan la absorción y transmisión de la luz a través de la emulsión evitando el cruce y un tinte absorbente de luz (capa que controla el cruce a prácticamente 0). Debe tener 3 características:
 - ▶ Absorber la mayor parte de luz
 - ▶ No se difumine en la emulsión (permanezca como una capa separada).
 - ▶ Se elimine completamente en el procesado

Cruce VS no cruce al tener capa de control de cruce



Emparejamiento espectral

- ▶ Es la selección adecuada de espectro entre películas y pantallas.
- ▶ En 1970 se introducen las películas a distintos colores (respuesta espectral)
- ▶ Pantallas de tungsteno de calcio – emiten luz azul y azul violeta
- ▶ Películas de haluro de plata emiten luz azul y azul violeta

Emparejamiento espectral

- ▶ Pantallas ortocromáticas sensibles a la luz verde y azul también
- ▶ Si se utilizan películas y portapeliculas que no son compatibles la velocidad del receptor de imagen se reduce y la dosis de radiación del pt aumenta

Películas exposición directa

- ▶ No utilizan pantallas intensificadoras
- ▶ Son más sensibles a la luz.
- ▶ Utiliza una cartulina o envoltura de papel a su alrededor.
- ▶ Requiere de 10 a 100 veces más radiación que las películas con pantallas intensificadoras
- ▶ Tiene mayor detalle.
- ▶ Se utilizaban en mamografía en el 1970 se eliminó por altas cantidades de radiación.

Películas de una emulsión

- ▶ Tiene emulsión en una sola parte
- ▶ Diseñadas para exponer con pantallas intensificadoras.
- ▶ La base opuesta de la pantalla tiene un tinte especial que absorbe la luz para reducir la reflexión de la pantalla .
- ▶ Ejemplos de estas pantallas son las de mamografía

Películas Láser

- ▶ Están hechas de haluro de plata sensibles a la luz roja emitida por un láser.
- ▶ Estas deben manipularse en la oscuridad ya que son sensibles a la luz.
- ▶ Estas se utilizan en una impresora láser.
- ▶ Las impresoras láser usan una señal electrónica digital de un dispositivo de toma de imagen (cassette o CR).
- ▶ La intensidad del haz láser varía proporcionalmente con la intensidad de la imagen , a esto se le llama modulación.
- ▶ Estas impresoras láser proporcionan imágenes consistentes para diferentes tamaños de películas y múltiples formatos de películas.
- ▶ Puede ser conectado electrónicamente a varias modalidades: CT, MRI y CR.

Manipulación y almacenamiento de películas radiográficas

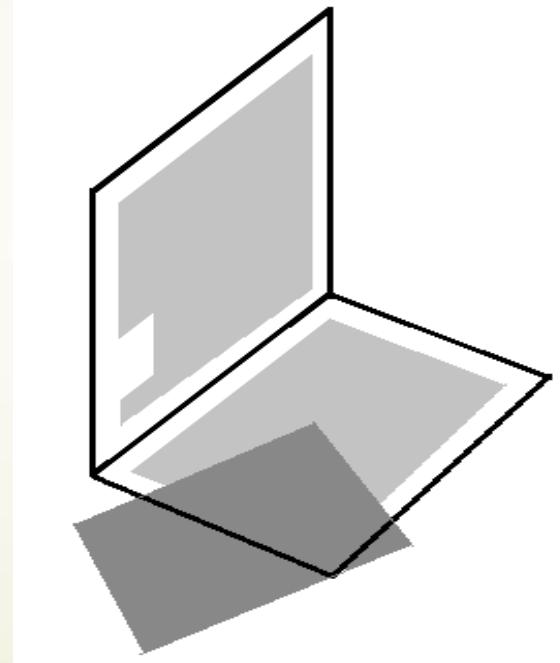
- ▶ Las radiografías deben ser almacenadas adecuadamente, ya que son detectores de radiación y muy delicadas a temperatura y humedad.
- ▶ El mal almacenamiento de las películas ocasionaría una perdida en la calidad de la imagen y crear artefactos que interferirán en el diagnóstico.
- ▶ Algunos artefactos por mal almacenamiento son:
 - ▶ Dobleces
 - ▶ Marcas de suciedad
 - ▶ Marcas de presión
 - ▶ Estática por almacenarse en áreas secas
 - ▶ Manchas de agua

Calor y humedad

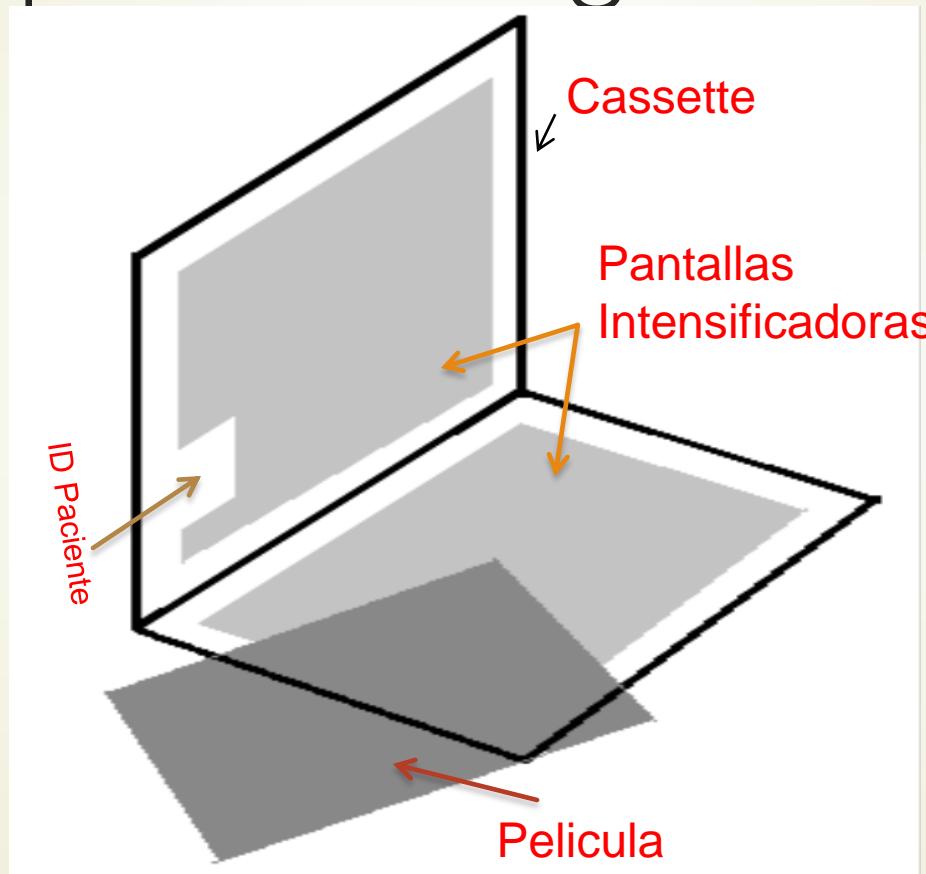
- ▶ Las películas son sensibles a las
 - ▶ Temperaturas altas
 - ▶ Humedad
- ▶ Temperatura y humedad incorrecta ocasiona una baja en el contraste y la definición radiográfica.
- ▶ Las películas radiográficas no deben almacenarse a temperaturas más bajas o más altas de 20°C.
- ▶ El mejor almacenamiento es en refrigeración no más de un año a una temperatura de 10°C.
- ▶ No deben almacenarse a cerca de tubería de vapor u otras fuentes de calor. (Cerca de reveladora)
- ▶ La humedad en el cuarto no debe ser mayor o menor de 60%. Humedad de 40% crea artefactos en las películas.

Receptores de imágenes IR (imaging receptor)

Prof: Eduardo Brito



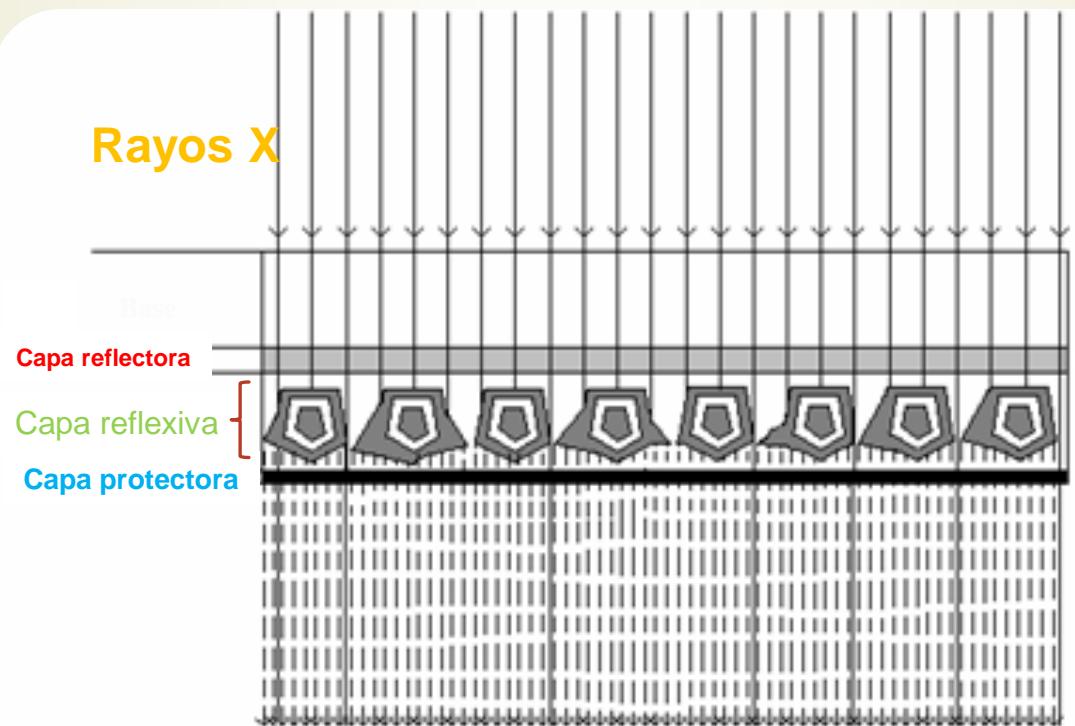
Receptor de imagen



Receptores de imagen

- ▶ Los receptores de imágenes son utilizados en la mayoría de las maquinas de rayos x. El solo utilizar películas sin pantallas intensificadoras (parte interna del receptor de imagen) incrementaría la dosis al paciente ya que menos del 1% de los rayos x inciden en la película radiográfica si no se utiliza RI (receptor de imagen).
- ▶ Las pantallas intensificadoras de los receptores de imagen son un dispositivo que convierte la energía de los rayos x en luz visible. Esta luz visible interactúa con la película formando una imagen latente.
- ▶ Aproximadamente el 30% de los rayos x que pasan por las pantallas intensificadoras e interactúan con la película.
- ▶ Las pantallas intensificadoras reducen considerablemente la dosis al paciente pero la imagen pierde levemente nitidez.

Las pantallas intensificadoras se componen de: capa protectora, fósforos, capa reflexiva y base.



sol nos intensifican cada (c) jardines tener cada (d) 'seas (e) 'otras de se las tienen
ellos de cada (a) (b) y otros de se las tienen

Pantallas Intensificadoras

Capa protectora y fosforo

1) Capa protectora:

- ▶ Es la parte mas próxima a la película radiográfica.
- ▶ Se aplica en la cara de la pantalla para protegerla de raspaduras, hacerla mas resistente, disminuye electricidad estática y proporciona una superficie fácil de limpiar sin afectar los fósforos activos. Tiene un espesor de 10 a 20 um. También esta capa es transparente a la luz.

2) Fosforo:

- ▶ es la capa activa.
- ▶ Estos emiten luz durante la estimulación de los rayos x. Las capas de fosforo en las pantallas intensificadoras depende del tipo de receptor de imagen.
- ▶ El fosforo utilizado antes de 1980 era tungsteno de calcio. En la actualidad se utilizan elementos de tierras raras como gadolinio, lantano y el itrio (son mas rápidas, dosis a pt mas bajas, menor blindaje para el cuarto radiográfico y mas costosos que las anteriores). También se pueden utilizar sulfuro de cinc (se debían utilizar Kvp bajos) y sulfato de plomo bario (se debían utilizar Kvp altos).
- ▶ Se puede observar la acción de los fósforos si se oscurece el cuarto radiográfico se abre un receptor de imagen y se expone desde la cabina; se podrá observar la fluorescencia de los fósforos.

Pantallas Intensificadoras Fosforos

Los fósforos utilizados deben cumplir con ciertas características estas son:

- ▶ Alto numero atómico (Z) – para una absorción mayor de rayos x. esto se llama eficiencia de detección (DQE, detective quantum efficiency)
- ▶ Debe emitir una alta cantidad de luz por cada absorción de los rayos x. se conoce como eficiencia de conversión (CE, conversion efficiency)
- ▶ Luz emitida debe ser de una longitud de onda que sea equivalente a la sensibilidad de la película. Se conoce como espectro combinado.
- ▶ La emisión de luz luego de las exposición debe ser mínima.
- ▶ No deben ser afectados por el entorno como el calor, la humedad u otras condiciones

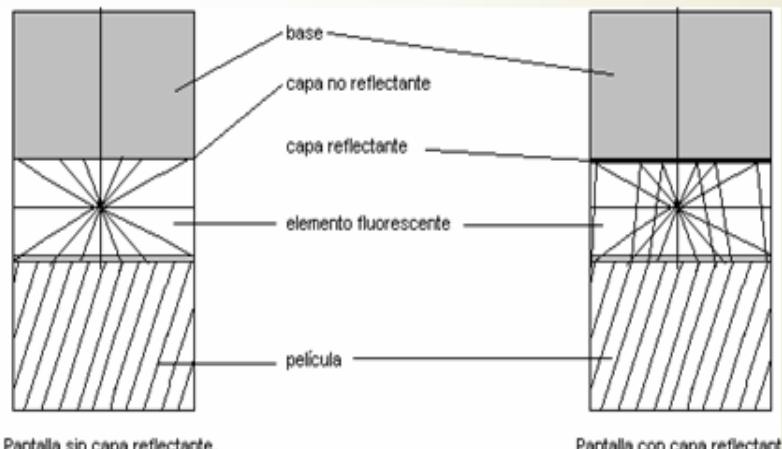
El espesor de la capa de fósforos y la concentración y tamaño de los cristales influyen en la acción de las pantallas intensificadoras. El espesor de la capa de fósforos es de 50 a 250 um

Pantallas Intensificadoras

Capa reflexiva

3. Capa reflexiva

- Se localiza entre la capa de fósforos y la base. Y mide 25 um aproximadamente.
- Esta hecha de un material brillante el cual puede ser: óxido de magnesio o dióxido de titanio.
- Los rayos x interactúan con los fósforos y la luz que emite tiene la misma intensidad en todas las direcciones (en forma isótropa).
- La luz emitida por los fósforos muchas veces no está dirigida a la película y la capa reflexiva la redirige hacia la película. La capa reflectora aumenta la eficiencia de las pantallas intensificadoras incrementa al doble el numero de fotones de luz que alcanzan la película.



Las pantallas sin capa reflectante no son tan eficaces como las que si tienen capa reflectante, ya que alcanzan la película menos fotones de luz

CAPA FLUORESCENTE

- ▶ Está constituida por una emulsión que contiene un compuesto capaz de interaccionar con fotones de rayos X, producir luz visible y transmitirla a la película.
- ▶ En función del compuesto fluorescente, podemos encontrar varios tipos de pantallas:
 - ▶ Pantallas de cristales de "tungstenato de calcio". Fueron las únicas que se utilizaron hasta hace pocos años.
 - ▶ Las pantallas de "tierras raras", sobre todo de gadolino, lantano e itrio. Estos tipos de pantallas han sustituido totalmente a las anteriores, dada su mayor rapidez y utilidad en las aplicaciones radiológicas; eso sí, son más caras.

Pantallas Intensificadoras

Base

4. Base

- Es la parte mas alejada de la pelicula.
- Tiene un 1 mm de espesor
- Su funcion principal es brindar soporte mecanico a la capa de fosforos activa.
- El material de la base al igual que la pelicula es de poliester
- La base debe tener las siguientes propiedades:
 - ✓ Dura y resistente a la humedad
 - ✓ Resistente a los danos de la radiacion y a la decoloracion co el uso
 - ✓ Flexible
 - ✓ Sin impurezas para que no se reflejen en la imagen de rayos x.

- La pantalla intensificadora es una lámina flexible, compuesta por un material capaz de interaccionar con los rayos X en mayor proporción que la película y convertir estos en luz visible (luminiscente). Es decir, la pantalla actúa como un amplificador de la radiación remanente; lo que permite obtener una buena calidad radiográfica utilizando menos dosis de radiación que cuando se utiliza la película sin pantallas.

- Llamamos “material luminiscente” al que emite luz como respuesta a un estímulo exterior. La luz emitida se denomina *luminiscencia*.

► Las principales propiedades de las pantallas intensificadoras son:

- La velocidad.
- El poder de resolución.

► **4-1. Velocidad de la pantalla.**

► La velocidad de una pantalla "depende de su mayor o menor eficacia en la conversión de radiación X en luz visible", es decir, del porcentaje de energía de los fotones de rayos X que la pantalla transforma en luz. Como ejemplo, las pantallas de tierras raras tienen una eficiencia de conversión entorno al 20%.

- Cuanto mayor es la velocidad de las pantallas, menor es su resolución o nitidez. Así, las más lentas se denominan también de alta resolución y las de alta velocidad son de baja resolución.

- ▶ Corresponden a este tipo, todas las pantallas de tungstenato de calcio y algunas pantallas de tierras raras, como el fluorocloro de bario activado con europio y el oxifluoruro de ltrio.
- ▶ Se identifican por llevar una línea azul en el chasis y que se caracterizan por:
 - ▶ Emiten luz en la región del violeta al azul. Región espectral a la que es muy sensible la película radiográfica convencional o "normal" y es la que debe utilizarse para este tipo de pantallas. Esta película necesitaría una dosis mayor de radiación (mayor número de rayos X) si la combinásemos con una pantalla que emitiera luz verde al la que es mucho menos sensible.
 - ▶ No necesitan luz roja en el cuarto oscuro, bastando con una luz amarilla o ámbar.



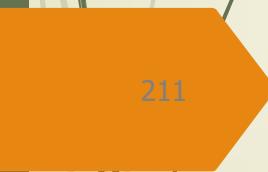
► **Línea verde.**

- Corresponden a este tipo las pantallas de tierras raras fabricadas con gadolinio y lantano que se identifican por llevar una línea verde en el chasis y que se caracterizan por:
 - emite luz en la región verde del espectro por lo que deben utilizarse junto a películas sensibles al verde (ortocromáticas). Las películas radiográficas convencionales o normales son poco sensibles al verde por lo que no deben utilizarse con este tipo de pantallas ya que su velocidad disminuiría drásticamente. Estas películas necesitan luz de seguridad roja.
 - Son muchos más rápidas (el doble o más) pero con igual poder de resolución que las de la "línea azul" por lo que su utilización implica una reducción mayor de los factores de exposición y por tanto de la dosis que recibe el paciente siendo esta su principal ventaja.



Revelado Radiografico

211



Principios de procesado

- ▶ Despues de tener las imágenes en la película estas permanecen como una imagine **Latente**.
- ▶ Luego de someter a las películas a un procesado químico y físico pasa ha ser una imagen visible o radiografía.
- ▶ El procesado utiliza diferentes químicos que son mezclados en agua.

Principios de procesado

► El revelado consta de 4 pasos:

1. Revelado:

- Solventes – Agua
- Agentes reveladores - Hidroquinona
- Activadores - Carbonato sódico cristalino o carbonato sódico anhídrico
- Conservadores - Sulfito de sodio cristalino o sulfito de sodio anhídrido
- Restringentes - Bromuro de Potásio
- Endurecedores - opcional

2. Fijado

3. Lavado

4. Secado

El Revelador – químicos DEVELOPER

- ▶ Esta compuesto de los siguientes químicos:.
 - ▶ **Solvente – Agua**. Este disuelve e ioniza los compuestos químicos del revelado. Hace se hinche la película para que los agentes disueltos puedan penetrar la película y llegar a los cristales de haluro de plata.
 - ▶ ***Methol (CH₃ NH₂ H₄ OH)₂ x SO₄H₂***: es un agente de acción rápida superficial. Produce marcados matices en la imagen, pero no gran contraste. Produce tonos suaves.

Revelado

► **Hidroquinona ($C_6 H_4 (OH)_2$):**

Agente de acción lenta profunda.
Produce el contraste. Es débil e
inestable y produce negros brillantes.
Es el agente revelador capaz de
convertir los haluros de plata
expuestos en plata metálica.

Revelador

- **Carbonato sódico cristalino o carbonato sódico anhídrico (CO_3Na_2)** : agente que produce un pH de alrededor 11. Acelera la reacciones de los agentes del revelado. Fija el bromuro que se libera de la película y suaviza la capa de emulsión. Es el agente alcalino que funciona como activador. Este produce oxidación y se necesita un agente conservador para evitarlo.

Revelador

- **Sulfito de sodio cristalino o sulfito de sodio anhídrido ($SO_3 Na_2$):** es un agente que contrarresta la oxidación de otros agentes químicos. Cantidades incorrectas de este agente alteran el resultado de la película radiográfica poca cantidad produce un velado gris y altas cantidades produce un velado dicróico (superficie de agua con aceite). Es el conservador

Revelado

- **Bromuro de Potasio (BrK)** Actúa como frenado para la acción de revelado. Si no se usa en exceso mejora los contrastes. Es un restringente ayuda a minimizar el velo.
- **Endurecedores** – Este endurece la película y evita se hinche excesivamente evitando se dañe al pasar por los rodillos.

El Fijado

FIXER

► El fijado

- Solventes - Agua
- Agentes fijadores – Tiosulfato de sodio
- Conservadores – Sulfito de sodio
- Endurecedores – sulfato alumínico - pótasico
- Acidificadores – Ácido acético
- Amortiguadores – se añade en algunas circunstancias

Fijado

- Cuando la película radiográfica esta adecuadamente revelada, los cristales de haluros de plata se convierten en plata metálica. En porciones muy pequeñas los cristales no expuestos no son afectados por el revelado. Estos hay que eliminarlos antes de llegar al lavado y el secado. Por ello se lleva a cabo el fijado.

Fijado - químicos

- **Agua** – Solvente que se difunde en la emulsión llevando el fijado. También disuelve los cristales para una mejor remoción.
- **Tiosulfato de sodio ($S_2O_3Na_2 \times 5H_2O$)**: Disuelve el exceso de bromuro de plata (cristales) y es el compuesto más importante del fijado. Es el **agente fijador**

Fijado

- ▶ **Sulfito de Sodio (SO_3Na_2)**: evita la descomposición del fijador. Es el agente conservador.
- ▶ **Sulfato Alumínico- Potásico ($(SO_4)_2 K x Al x 12 H_2O$)**: Endurecedor que evita la gelatina de la emulsión se hinche excesivamente o se ablande en el agua. Acorta el tiempo de secado.

Fijado

- **Ácido acético (CH_3COOH)**: Actúa acidificador de la solución fijadora y neutralizando la alcalinidad de la película húmeda .
- **Amortiguadores**: Se pueden añadir a una solución para mantener la acidez o alcalinidad requerida, contribuye a que las acciones den mejor resultado.

Lavado

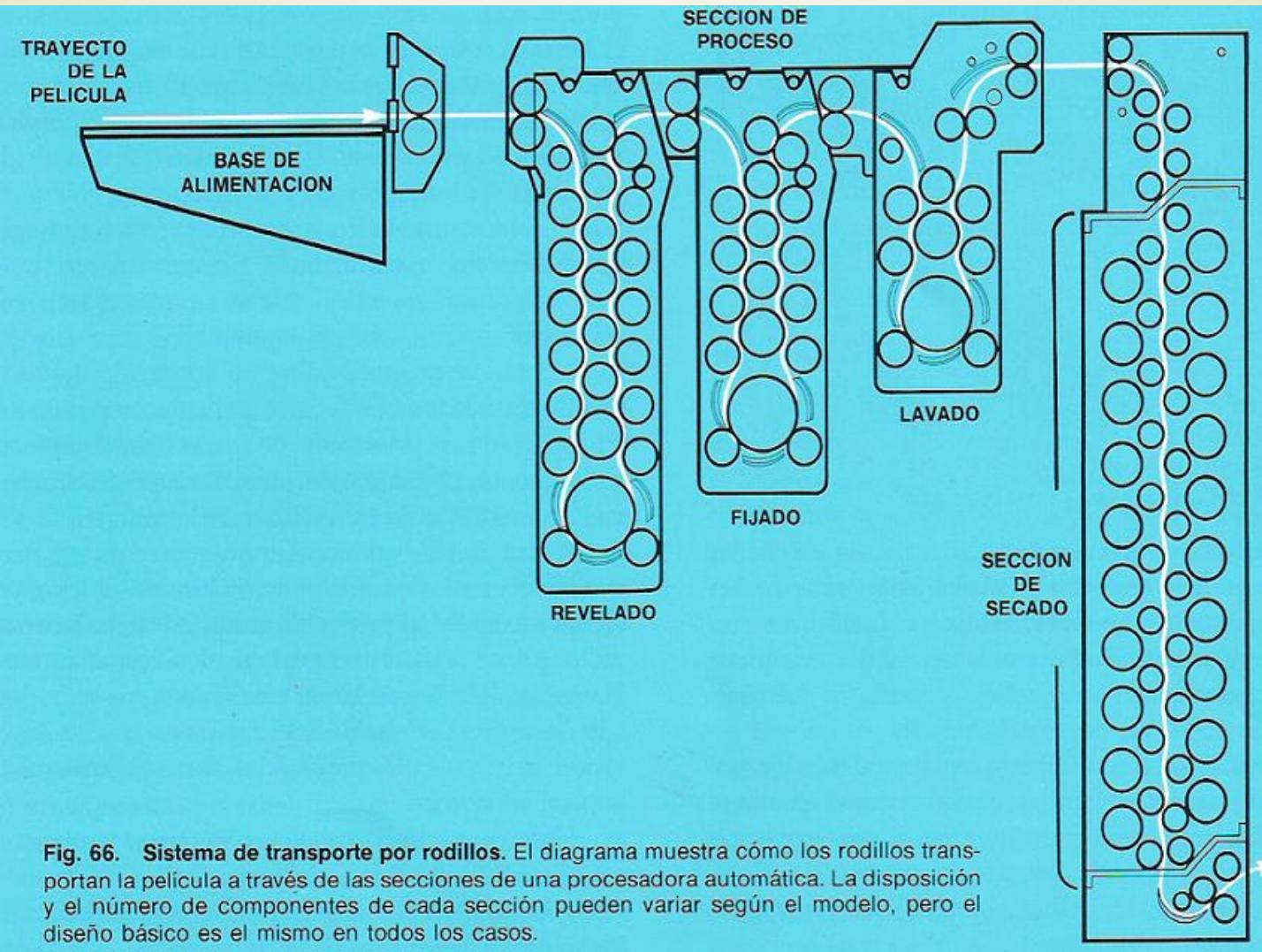
- ▶ Para que una radiografía permanezca inerte a la luz o a la actividad química, debe ser debidamente lavada para eliminar las sustancias remanentes del proceso. Si dicho lavado no fuera prolongado y no se realizará con la agitación requerida y en un volumen de agua adecuado, la imagen podría desvanecerse con el tiempo.

Lavado

- Las películas deben lavarse con agua limpia que circule de forma tal que ambas superficies de cada película reciban continuamente agua fresca.
- Un lavado eficaz es el que:
 - Elimina los productos químicos por difusión.
 - Elimina los productos químicos de la proximidad de la película por el agua circulante.
 - Reemplaza el agua continuamente por agua fresca.
- Para ello existe el sistema de circulación de agua. Se explica más adelante

Secado

- ▶ Este proceso en las procesadoras automáticas se consigue por medio de resistencias de infrarrojos cercanos a los rodillos del tanque de secado. Además tienen un ventilador que hace circular corrientes de aire en el mismo.
- ▶ Uno de los componentes del fijado, sulfato aluminico – potásico ayuda a que la película seque rápidamente.



Velado fotográfico

- **Velado por envejecimiento** – se debe a no cumplir con la caducidad de las cajas de película. También el calor y el vapor acelera el envejecimiento.
- **Velado por luz** – Se debe a alumbrado de luz inadecuado. Luz demasiado intensa por grietas en el revestimiento de las lámparas de seguridad o filtros debilitados. Películas expuestas demasiado tiempo a la luz de seguridad. Películas expuestas a la luz.

Velado fotográfico

- **Velado por radiación** – Películas expuestas a la radiación en momentos inadecuados. Sobre exposición de la misma
- **Velado por oxidación** – La emulsión se ve afectada por largas exposiciones al aire.
- **Velado químico** – La película ha permanecido demaciado tiempo en el revelado , tiene una temperatura demaciado alta o una composición erronea.

Velado fotográfico

- ▶ **Velado por radiación dispersa** – Defectuosa calibración del sistema de colimación o repetidos contactos con la radiación dispersa antes o después de la exposición.
- ▶ **Velado dicróico** – Interacción entre el revelado y el fijado por extravacaciones de líquidos en las cubetas de las procesadoras automáticas.

- ▶ **Rayas** – mayormente se debe a la mala manipulación de la película.
- ▶ **Manchas amarillas** – Revelado o fijado viejo o en mal estado. Películas mal enjuagadas.
- ▶ **Marcas de destellos** – Descargas electricas en la película debido a la fricción.

- **Manchas blancas** – Abolladuras, manchas u otros fallos en las pantallas reforzadoras. Suciedad, polvo, pelo, trozos de papel, etc entre la pelicula y las pantallas.