

# EQUIPOS DE RADIOLOGIA ANALOGICA Vs DIGITAL

PARTE...DE LO QUE SIEMPRE QUISO  
SABER...Y NO SE ANIMÓ A  
PREGUNTAR...

O NO LE QUISIERON  
CONTAR...

En 25  
Minutos

CONFERENCIA DEL 28  
DE Octubre del 2016  
dentro de la “Jornada  
de Protección  
Radiológica “  
Sociedad Argentina de  
Radioprotección  
Hospital Fernández  
Buenos Aires



# Calidad de Imagen y Dosis

En el pasado, con los primeros equipos de radiología, cuando se utilizaba aun el método tradicional de imágenes con film existía una regla de oro:



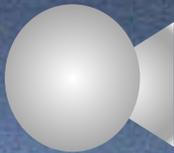
SI Ud. PENSO QUE LOS EQUIPOS DIGITALES  
**MAGICAMENTE** DISMINUIRÍAN DOSIS Y  
AUMENTARÍAN CALIDAD

**TAL VEZ SE SORPRENDA EN LA  
PRÁCTICA LE OCURRE TODO LO  
CONTRARIO**



# EN GENERAL, PARA HACER UN ESTUDIO, UN EQUIPO RADIOLOGICO CUENTA CON...

Tubo emisor de Rayos X



Un paciente



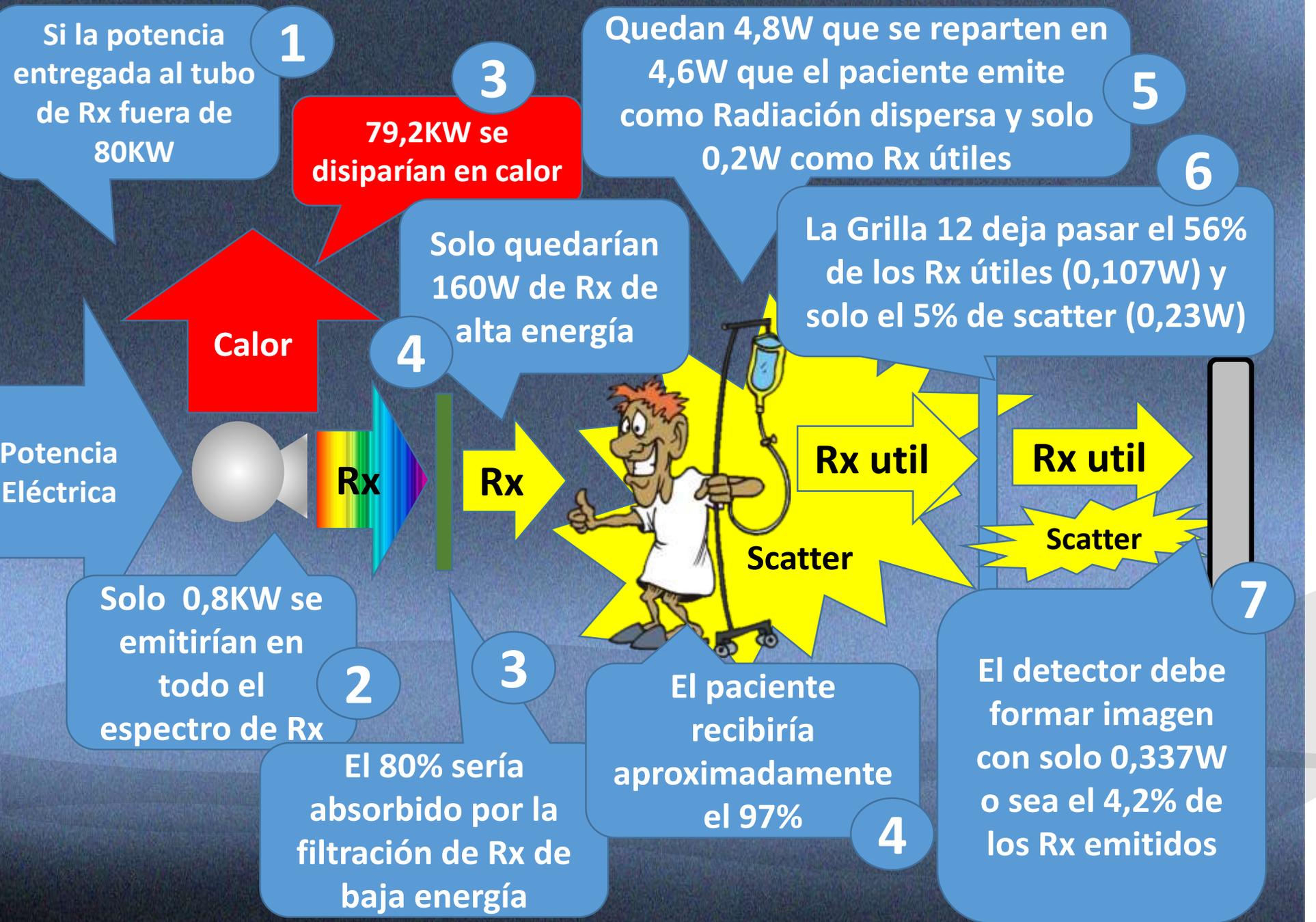
Una grilla que intenta eliminar la radiación no útil



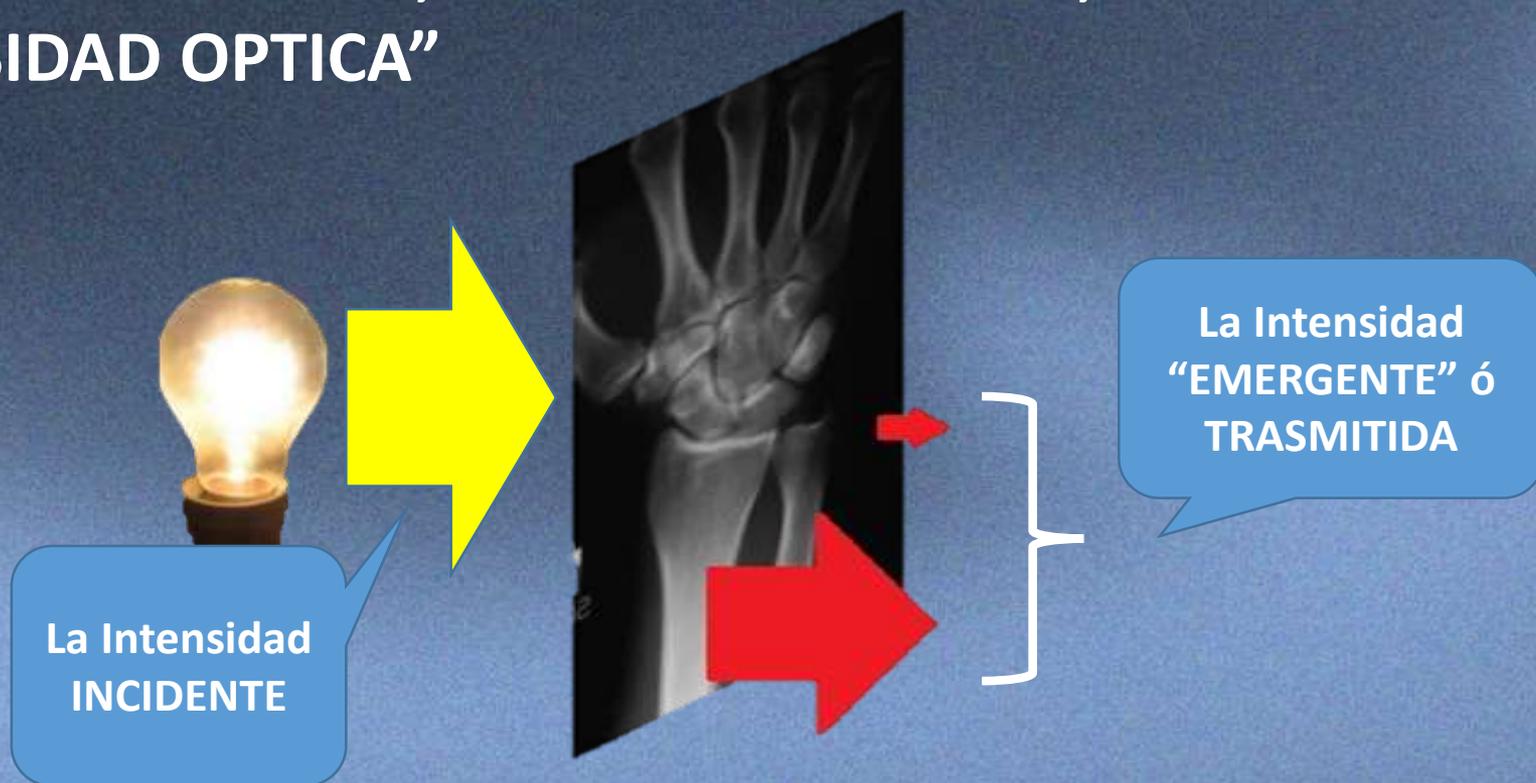
Un filtrado que elimina los fotones de baja energía

Un sistema de detección, ya sea película panel de fósforo o panel digital



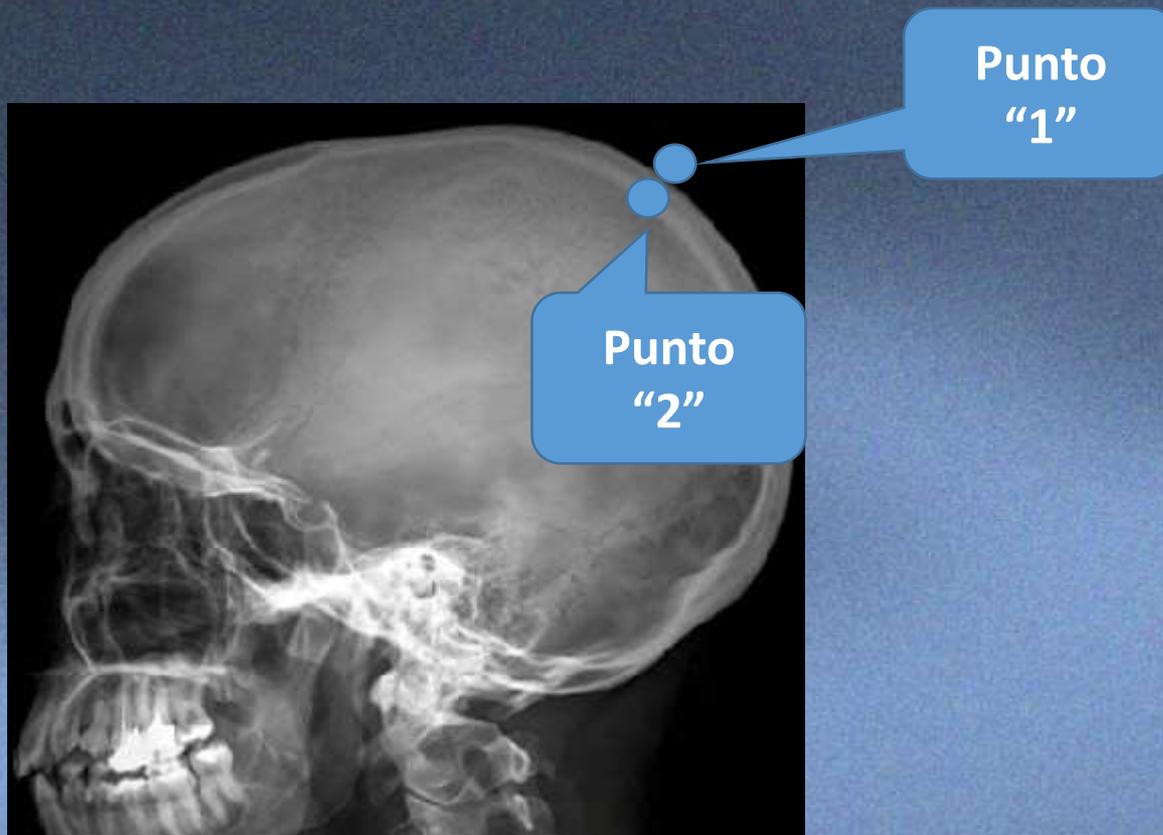


AL VISUALIZAR UNA IMAGEN RADIOLOGICA P/EJ. EN UN NEGATOSCOPIO (O EN UN MONITOR), EL COCIENTE ENTRE LA LUZ EMERGENTE, A LA LUZ INCIDENTE, DEFINE LA “DENSIDAD OPTICA”



La Densidad Óptica es la medida de la radiación que llega a la placa, que no debe ser pobre como para no impresionarla ni excesiva para sobre exponerla

**Mientras que el Contraste es la diferencia de Densidad Óptica de dos puntos contiguos de distinto tono de gris**



**De allí la importancia de poder distinguir entre diferentes tonos de gris....**

**LAS RESPUESTAS  
BIOLOGICAS A LAS  
EXCITACIONES COMO EL  
SONIDO, EL DOLOR O LA  
LUZ NO RESPONDEN A LA  
INTENSIDAD RECIBIDA DE  
ESAS, SINO A SU  
LOGARITMO....**

**Eso nos permite ver simultáneamente  
dos brillos tan disímiles como una luna  
llena y las estrellas**



Intensidad luz incidente	Intensidad luz transmitida	Se transmite el	DO	Tonos Ejemplo
1000	1	0,10%	3,00	
1000	10	1,00%	2,00	
1000	100	10,00%	1,00	
1000	250	25,00%	0,60	
1000	500	50,00%	0,30	
1000	750	75,00%	0,12	
1000	1000	100,00%	0	

**Por esta razón la Densidad  
óptica se define como :**

$$DO = \log_{10} \left[ \frac{I \text{ incidente}}{I \text{ transmitida}} \right]$$

$$DO = \log_{10} \left[ \frac{I \text{ incidente}}{I \text{ transmitida}} \right]$$

Intensidad luz incidente	Intensidad luz transmitida	Se transmite el	DO	Tonos Ejemplo
1000	1	0,10%	3,00	
1000	10	1,00%	2,00	
1000	100	10,00%	1,00	
1000	250	25,00%	0,60	
1000	500	50,00%	0,30	
1000	750	75,00%	0,12	
1000	1000	100,00%	0	

O sea P/Ejemplo:

Incidente: 1000

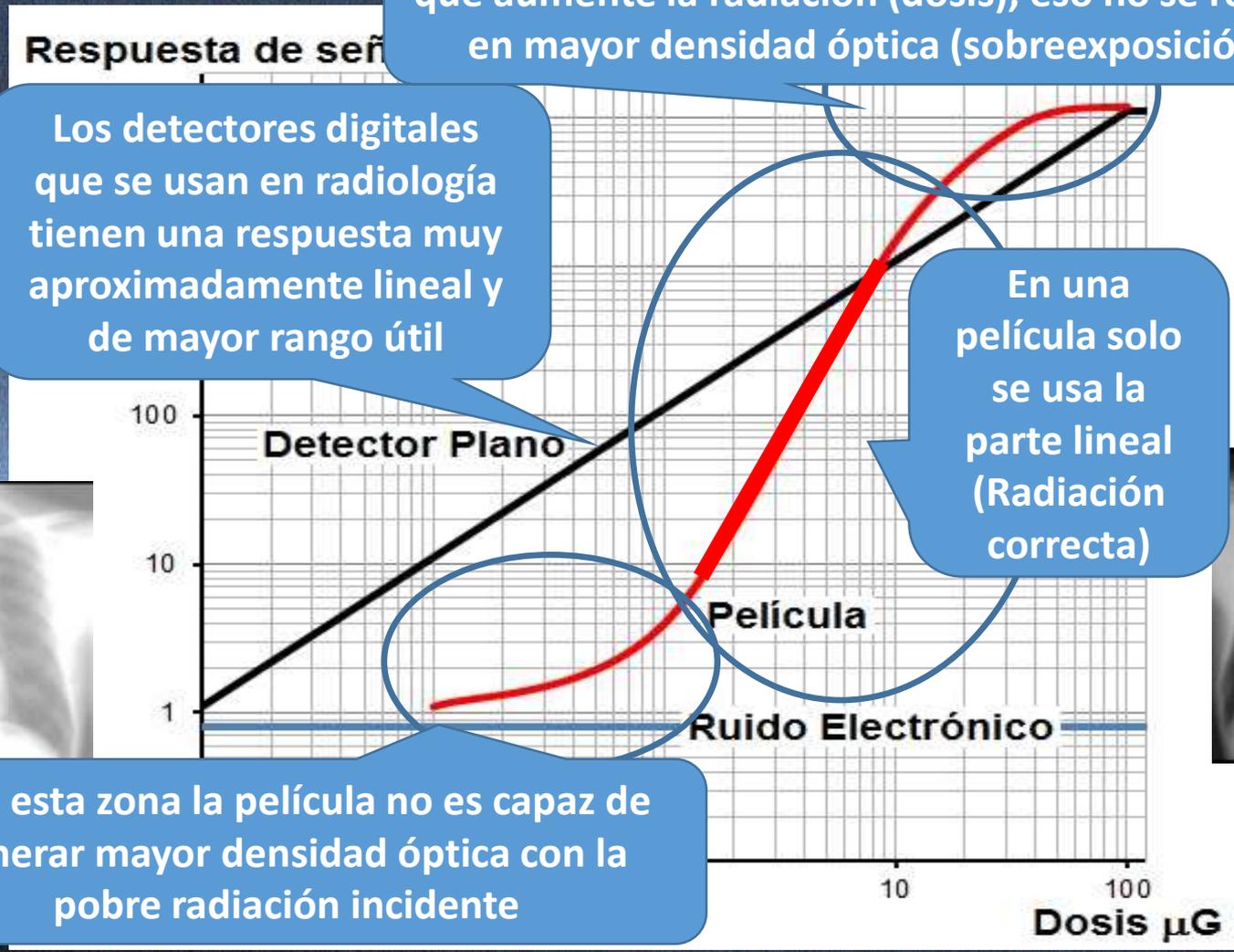
Transmitida: 10

Incidente/ Transmitida=100

DO=Log<sub>10</sub> 100 = 2

Ya que 10<sup>2</sup>=100

ASI COMO EL OJO, LA PELÍCULA O LOS DETECTORES TIENEN DISTINTA CAPACIDAD PARA TRADUCIR UNA INTENSIDAD DE RADIACIÓN A UNA SEÑAL ELÉCTRICA...



En esta Zona se produce Saturación, y por mas que aumente la radiación (dosis), eso no se refleja en mayor densidad óptica (sobreexposición)

Los detectores digitales que se usan en radiología tienen una respuesta muy aproximadamente lineal y de mayor rango útil

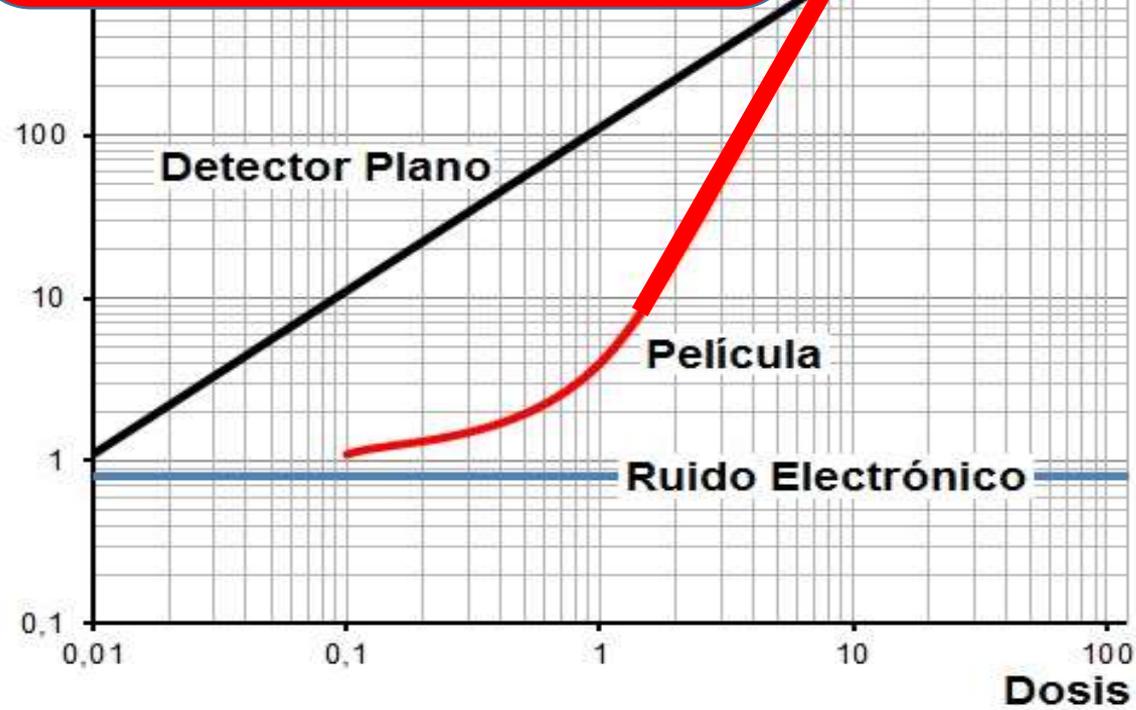
En una película solo se usa la parte lineal (Radiación correcta)

Y en esta zona la película no es capaz de generar mayor densidad óptica con la pobre radiación incidente

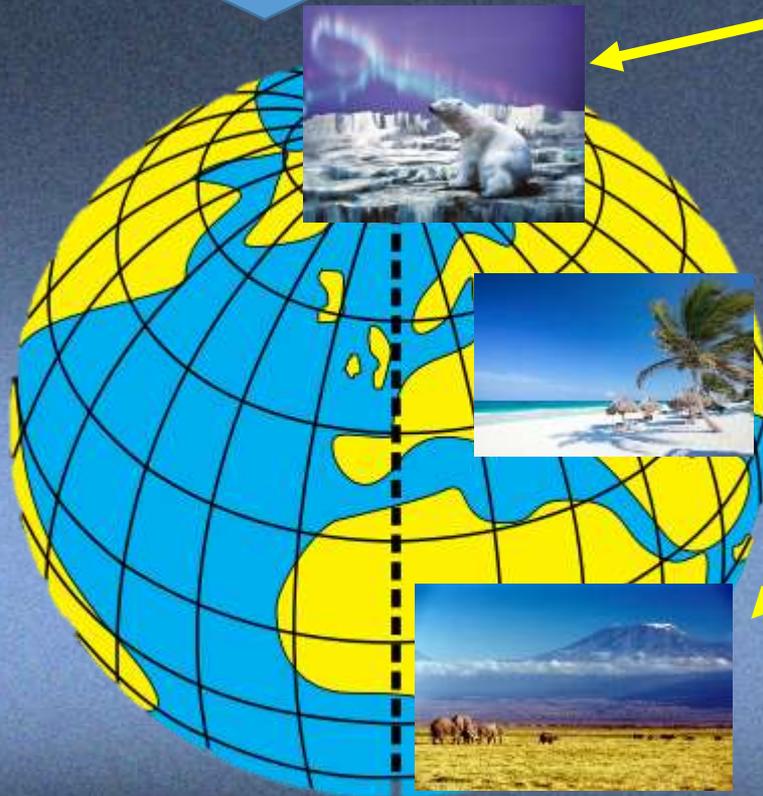


Si la Radiografía sale negra, seguramente es porque la dosis es alta, y tal vez mucho mas alta ya que al saturarse la película se pierde información...pero al menos es una alerta...

Eso no pasa en un detector digital, a causa de su linealidad, por lo tanto SI EXCEDE LA DOSIS NO HAY UNA INDICACION DIRECTA QUE ESO ESTA OCURRIENDO

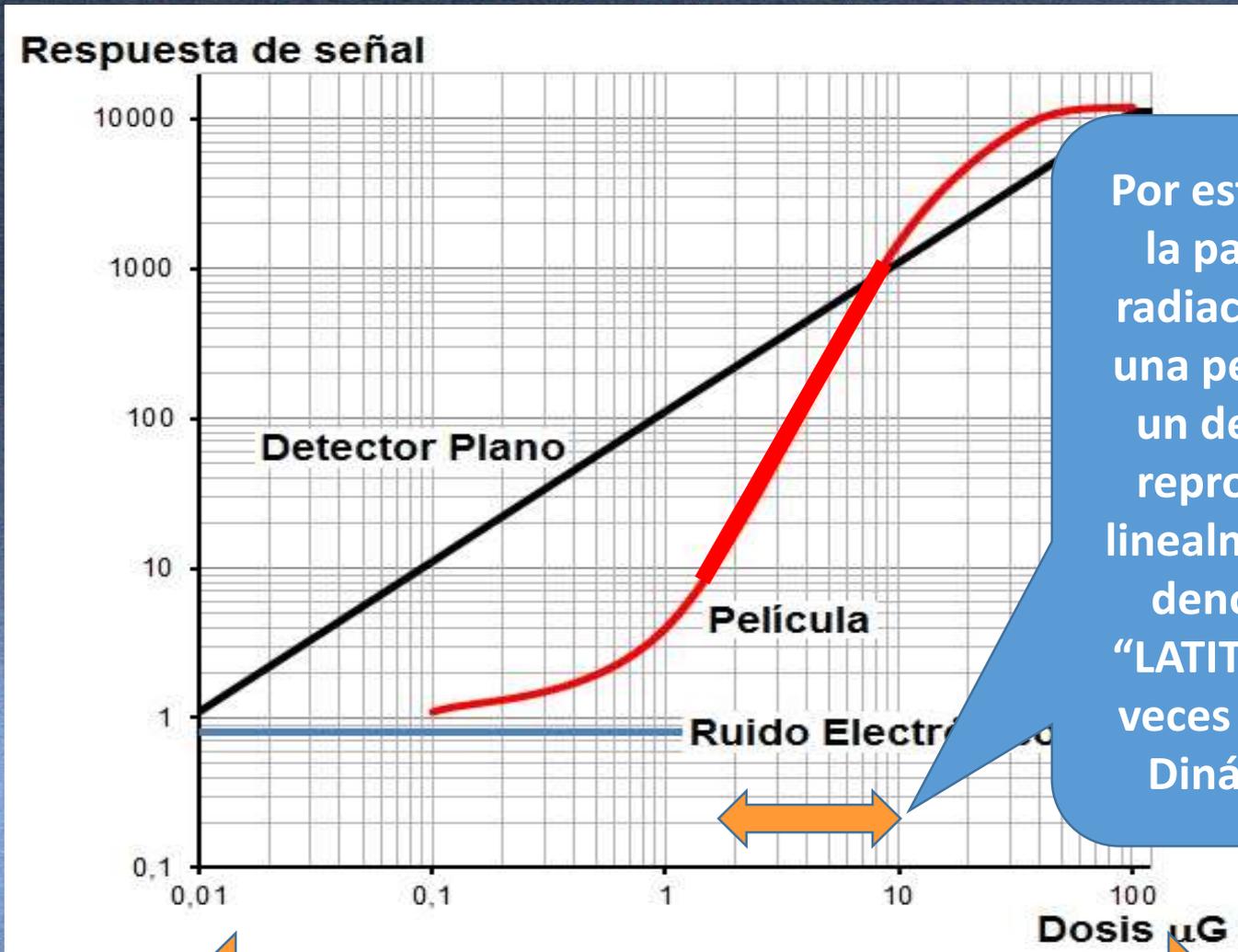


Dependiendo de la latitud  
la radiación que reciben  
las zonas de la tierra es  
distinta



Para vender en distintos  
Países con diferente  
iluminación, los  
fabricantes de película  
para fotografías,  
diseñaron películas  
diferente química para  
reproducir mas  
fielmente los colores en  
distintas latitudes





Por esta razón la parte de radiación que una película o un detector reproducen linealmente se denomina "LATITUD" y a veces "Rango Dinámico"

Y la "LATITUD" de un detector plano radiológico es enormemente mayor que la de una película

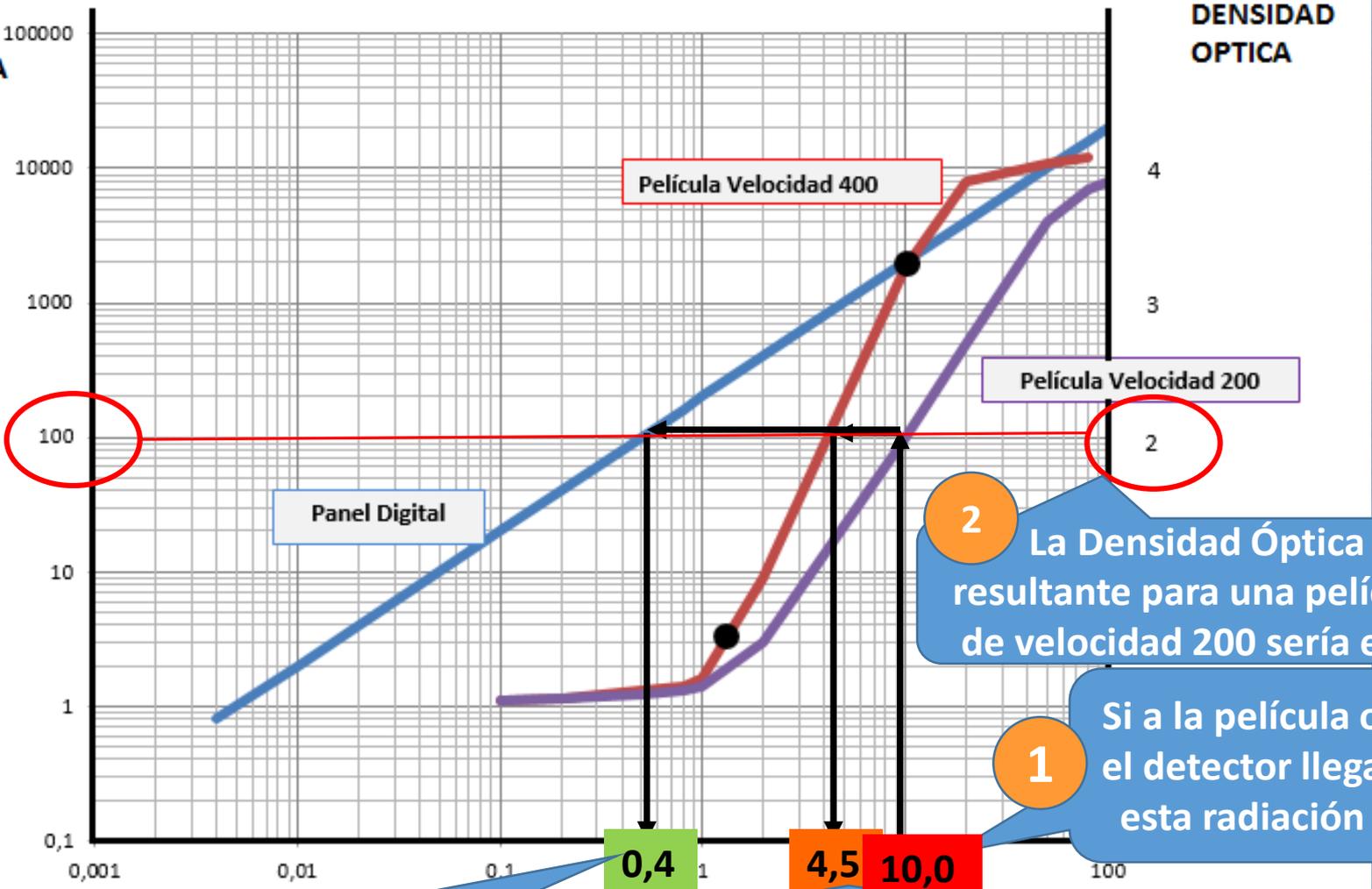
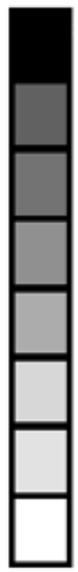
LA CAPACIDAD DE LOGRAR UNA IMAGEN DE DETERMINADA DENSIDAD ÓPTICA CON MENOR RADIACIÓN INCIDENTE, SE DENOMINA , EN GENERAL, “SENSIBILIDAD” ...

AUNQUE EN RADIOLOGÍA SE LA DENOMINA “VELOCIDAD” , A CAUSA QUE CON IGUAL RADIACIÓN, HACE FALTA MENOS TIEMPO DE EXPOSICIÓN ...Y POR LO TANTO TIENE MAYOR “VELOCIDAD”



NIVEL DE RESPUESTA

DENSIDAD OPTICA



4

Y para un detector digital...mucho menos aún

2

La Densidad Óptica resultante para una película de velocidad 200 sería esta

1

Si a la película o el detector llega esta radiación

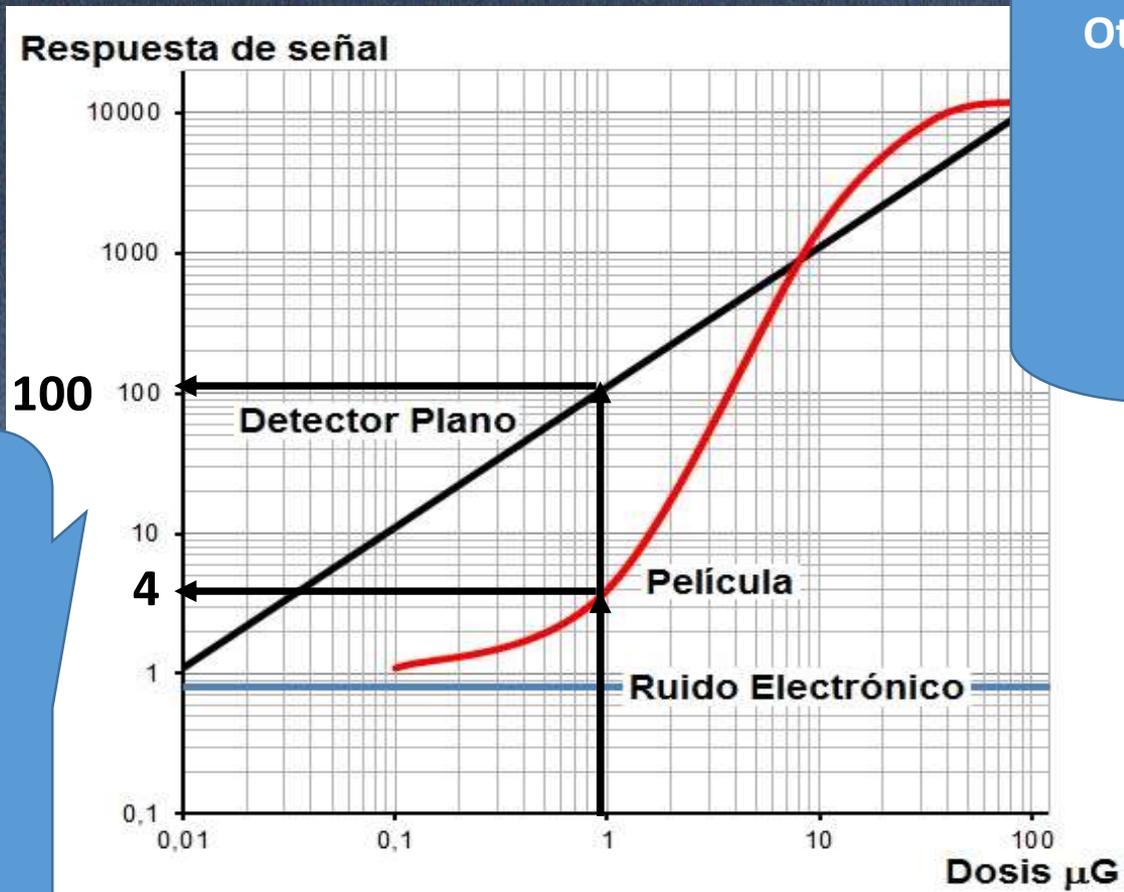
3

Pero para una película de velocidad 400 se requeriría menos radiación para igual DO

- MENOS ENERGIA / RADIACION / FRECUENCIA

+ MAS ENERGIA / RADIACION / FRECUENCIA

# CARACTERÍSTICAS COMPARATIVAS DEL DETECTOR PLANO (FD) Y LA PELICULA



Otra forma de verlo es recurriendo a la comparación de sensibilidad

A igual Radiación Recibida el Detector Plano tiene mucha mayor sensibilidad

# Existen dos tipos de equipos digitales

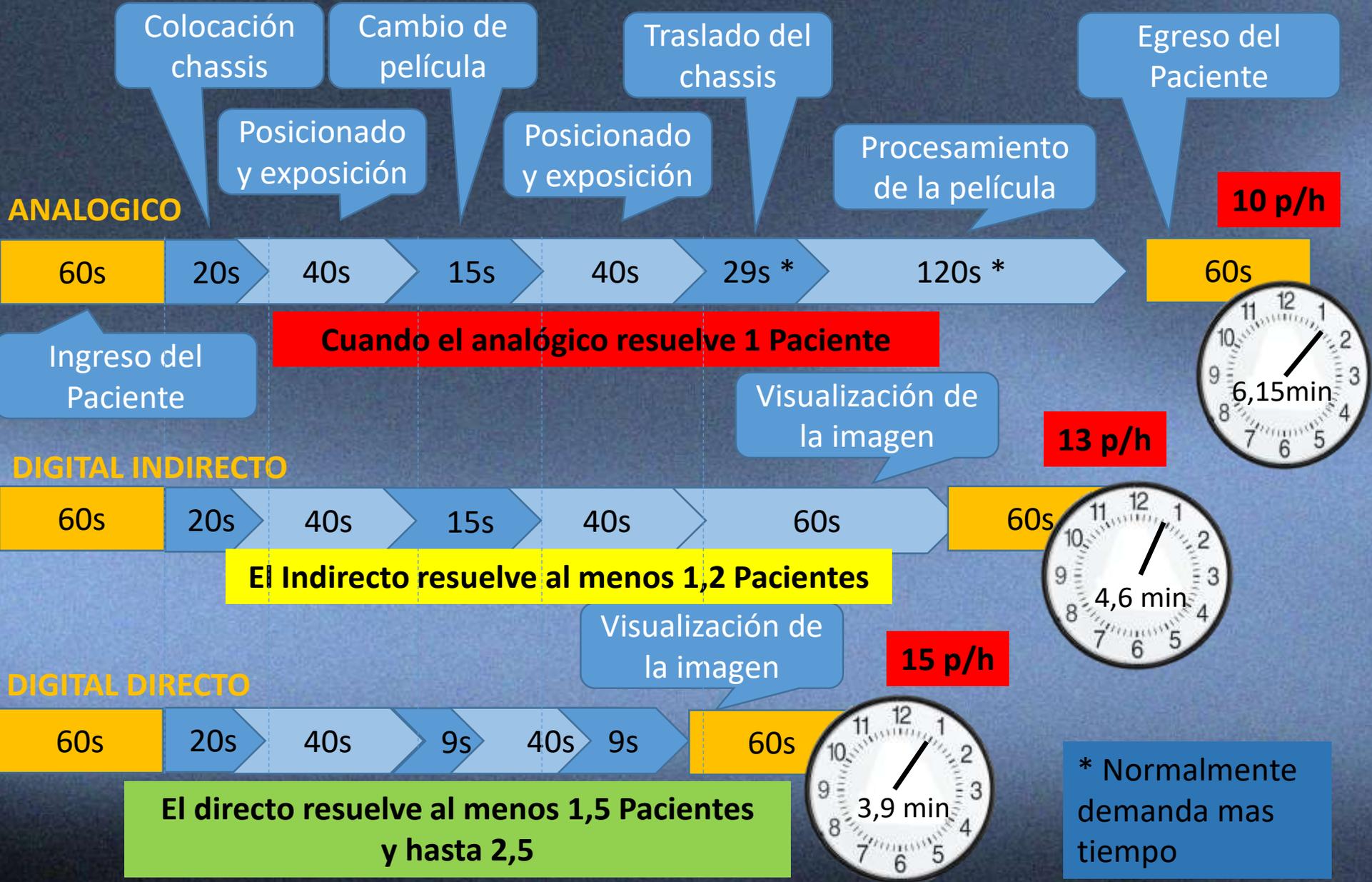
## a) Los digitales Indirectos (CR) (por Computed Radiology)



## b) Los digitales Directos (DR) (por Direct Radiology)



# La Eficiencia Comparativa medida en Flujo de pacientes entonces es:



Las Imágenes Digitales están formadas por números digitales de dos estados “0” y “1” ,Por Ejemplo, con dos estados elevados al cubo se pueden reproducir ocho tonos de gris.

$$2^3 = 8$$

En este caso se define la “Profundidad de Bit” como el número **3** exponente del 2

$$2^{\text{profundidad de bit}} = \text{Tonos de gris diferentes}$$

Hoy los mejores equipos digitales ofrecen una profundidad de bit de **16**

O sea que permiten ofrecer **65.536** tonos de Gris

Sin embargo el ojo humano permite apreciar solamente **32** tonos diferentes



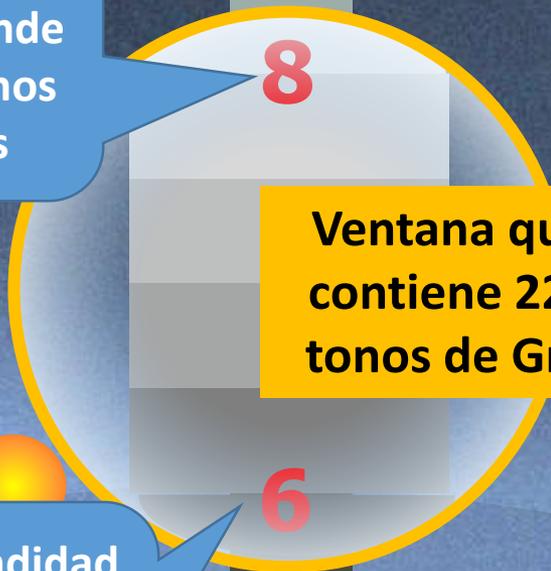
**16** =65.536 grises

Para solucionarlo se toma solo una parte del espectro de grises que se llama "Ventana"

Profundidad "8" corresponde a 256 Tonos de Gris

Tono 256

Tono 32



Ventana que contiene 220 tonos de Gris

Ventana que contiene solo 32 tonos de Gris

=32 grises



Profundidad "6" corresponde a 36 Tonos de Gris

Tono 36

Tono 1

**1**

De esta forma  
variando el Nivel de  
la Ventana de  
visualización el Ojo  
puede “ver” los  
65.500 tonos  
diferentes

16

5

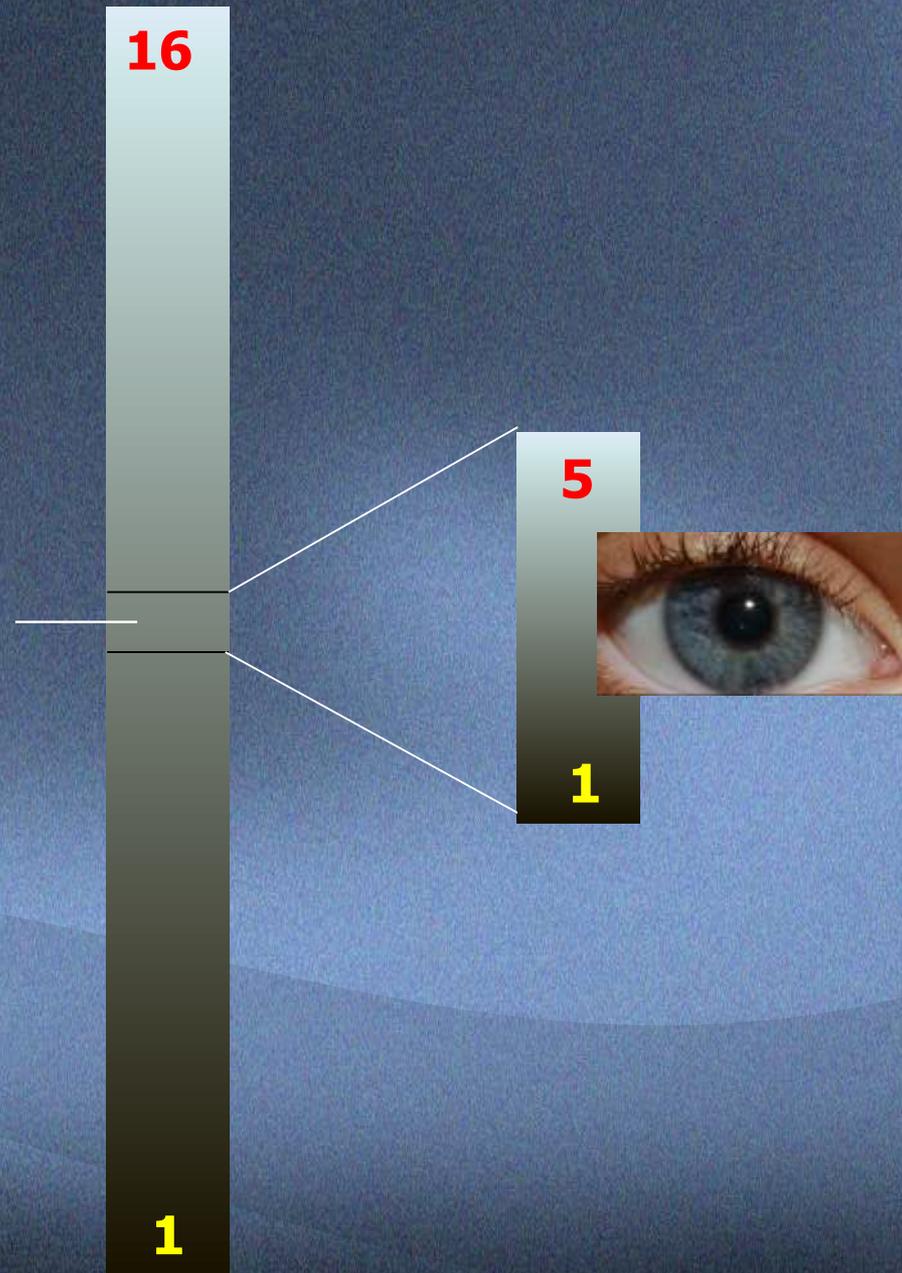


1

1



También puede, a costa de perder contraste, variar el ancho de la ventana de exploración y comprimir tonos de gris detectados a un ancho de 32 tonos que el Ojo pueda procesar



16

5



1

1

**Cada Región de tonos de gris  
permite visualizar mas  
detalles SIN AUMENTAR DOSIS**

En la actualidad hay dos fases para procesar una imagen:

- a) Adquisición
- b) Post proceso

Es importante saber que la calidad los datos de la adquisición dependen de la calidad del detector y el hardware; mientras que el post proceso esta basado en algoritmos de software que embellecen la imagen adquirida.

IMAGEN ADQUIRIDA

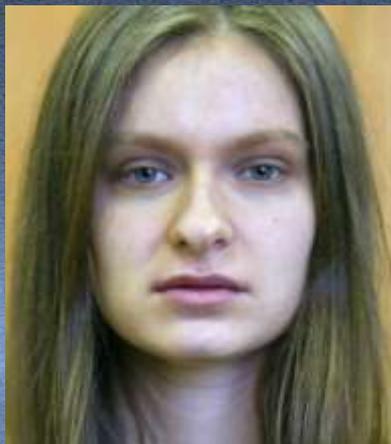


IMAGEN POST PROCESADA



No es malo post procesar, salvo que no se tengan los datos y el sw los agregue o distorsione, o peor aún, elimine datos importantes. Hoy todas las imágenes se comprimen y existen varios métodos...con pérdida de datos y sin perdida de datos.

**En Síntesis: Pobres datos de Adquisición no se arreglan aumentando la Dosis**

# Transporte de la Información Digital:

Las imágenes digitales angiográficas son muy “pesadas” y además son muchas.

Por esta razón se utilizan métodos de “Compresión “ para disminuir su peso.

Existen dos tipos de archivos:

- a) Con Pérdida de datos a la hora de la reconstrucción.
- b) Sin pérdida de datos.



**Un Archivo que  
implica pérdida  
de datos al  
comprimir...**

**Es imposible de  
reconstruir en  
forma completa**



**Una pobre reconstrucción implica pérdida de datos y podría pensarse que se soluciona con mayor dosis, cosa que no es real.**

**¿Pero como puede comprimirse sin perdida de datos?**

Esta secuencia de 5MB y 4  
fotogramas "pesa" 20MB

5MB

~~5MB~~

~~5MB~~

~~5MB~~

~~20MB~~



1MB

1MB

8MB

1MB

Pero todas tienen el mismo  
fondo que pesa 4MB y solo la  
imagen de la canoa es diferente  
en cada cuadro y pesa 1MB

4MB

Tasa de  
Compresión:  
 $8/20=40\%$

Basta guardar la información del  
fondo y usarla una sola vez

Esta secuencia de 5MB y 4 fotogramas "pesa" 20MB

5MB

~~5MB~~

~~5MB~~

~~20MB~~

~~5MB~~

1MB

8MB

1MB

Pero todas tienen el mismo fondo que pesa 4MB y solo la imagen de la canoa es diferente en cada cuadro y pesa 1MB

**SIN PERDIDA DE DATOS**

4MB

Tasa de Compresión:  
 $8/20=40\%$

Basta guardar la información del fondo y usarla una sola vez

Aun Así las imágenes ocupan mucho lugar, por lo que además de esta codificación mostrada se usa una llamada JPEG-Lossy.

(JPEG por “Joint Photographic Expert Group” y “Lossy” porque es un método con pérdida de Información)

Los JPEG están basados en limitar la información solo a la que puede ser de utilidad.

En sonido, por Ejemplo, un MP3 o MP4 que comprime la información elimina sonidos no audibles por de bajo de 20Hz y por encima de 20.000Hz.

El JPEG-Lossy es mucho mas sofisticada que eso y utiliza transformadas matemáticas (Transformada del coseno) para comprimir con mínima pérdida.

La idea del JPEG es eliminar toda la información que no se necesita para un fin determinado





Si solo necesito ver  
esto...¿Para que quiero el  
resto?



# Algunos Beneficios de la Radiografía Digital

Los Detectores digitales son mucho mas sensibles que las películas

- Dada su sensibilidad y mayor rango dinámico bien manejados reducirán la dosis
- Alta resolución de bajo contraste
- Dimensiones mucho menores que facilitan aplicaciones
- Alta profundidad de bit 14 (hoy 16) significa poder diferenciar hasta 16.384 tonos diferentes de gris (hoy 65.536)
- Entorno digital con acceso a procesamiento digital de imágenes

**Aunque no todo es tan “Santo” ....**



# Tentaciones de la Radiografía Digital



En un Detector Digital no se alcanza la sobre exposición (como en el film que aparecería todo negro) por lo tanto no es tan “visible” un exceso de dosis (total quien se va a dar cuenta....)



Si la Dosis es alta las imágenes son excelentes pero si es baja aparecen mas ruidosas ...pero son fáciles de borrar (je...je...je...)



Podemos hacer muchas imágenes ...y rápido...posiblemente sin agregar valor diagnóstico pero sometiendo al paciente a mayor Dosis.



Usar altos niveles de compresión de datos puede resultar en pérdida de los importantes, y obligar a repetir el estudio...con la duplicación de dosis.



Una clara ventaja de los equipos Digitales son los ahorros que pueden producir en uso de película

Y su capacidad para reducir las dosis

Mientras se maneje bien...y no se dupliquen o tripliquen estudios

Siempre que no se requiera imprimir todas las imágenes

Otra es su enorme capacidad de "workflow" ya que pueden reemplazar al menos a dos equipos analógicos atendiendo igual cantidad de pacientes

Voy a tener que evaluar...

Eso sirve solamente si hay flujo continuo de pacientes...si no es inútil

Eso siempre que sea necesario...

Auuuchhhh....

El precio es casi tres veces el de uno analógico...y si son tan buenos ¿porqué siguen fabricando los analógicos?

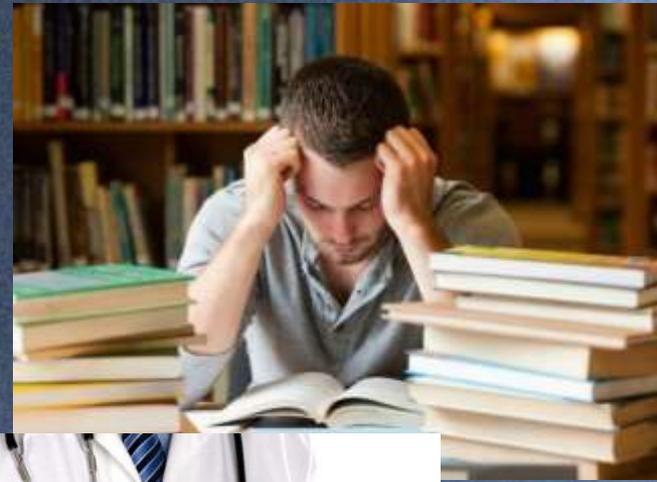
Mayor capacidad para visualizar tonos de gris

Facilidad para entrar en red

Auuuuuchhhh...



- **Pasar de tecnología Analógica a Digital y lograr disminuir Dosis sobre Paciente implica fundamentalmente MUCHAS HORAS DE CAPACITACION .**



- **Las Empresas las ofrecen con ESPECIALISTAS DE APLICACIONES**



- **Usualmente tienen costo**
- **Este costo debe asumirse como parte de los ahorros de operación**



**MUCHAS GRACIAS !!!**