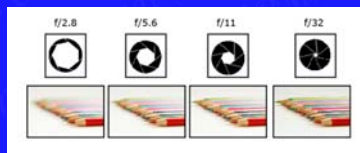
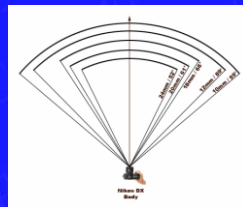
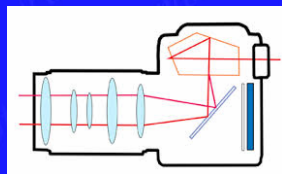


## Conceptos básicos de Fotografía

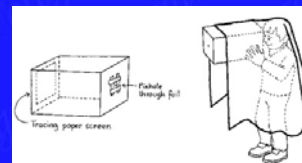


ANTONIO TABERNEIRO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

## Rápida historia de la fotografía

1200



Cámara oscura (s. X-XII)

ANTONIO TABERNEIRO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

## Rápida historia de la fotografía

1200

1830



Daguerrotipo (1830)

ANTONIO TABERNEIRO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

## Rápida historia de la fotografía

1200

1830

1900-  
1970



Kodak Brownie (1900)



First SLR (1950)



Primera cámara con microprocesador: Canon AE-1 (1970)

ANTONIO TABERNEIRO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

## Inicio de la fotografía digital



Primer chip  
Sensible a luz  
(1970)



Primera cámara "digital"  
Kodak (1975)  
100 x 100 píxeles



Primera cámara digital  
comercial (Fujix-DS 1P)  
0.4 Mpix

ANTONIO TABERNEIRO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

## Situación actual



2010: ventas de 13 millones de D-SLR  
110 millones de compactas.

800 millones de teléfonos (12% población)  
con una cámara de 3 Mpix. o más.

La venta de compactas ha caído un 50%  
con el auge de los teléfonos móviles.

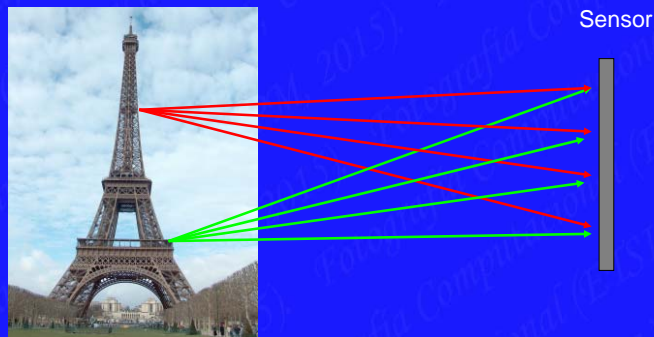


ANTONIO TABERNEIRO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

## ¿Cómo funciona una cámara fotográfica?

- ¿Cómo se forman las imágenes en una cámara?
- Idea 1: sensor + objeto → imagen?

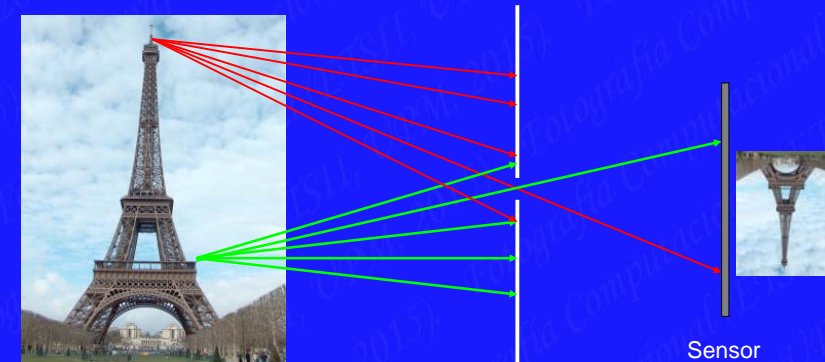


Los rayos procedentes de un punto 3D sólo debe llegar a un punto del sensor

ANTONIO TABERNEIRO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

## Modelo de cámara pin-hole



Idealmente a cada punto del sensor llega sólo un rayo,  
obteniendo una imagen invertida.

ANTONIO TABERNEIRO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM



## Ejemplos de fotografías con cámara pin-hole

Es fácil construir una cámara pinhole si disponéis de una cámara de óptica intercambiable.

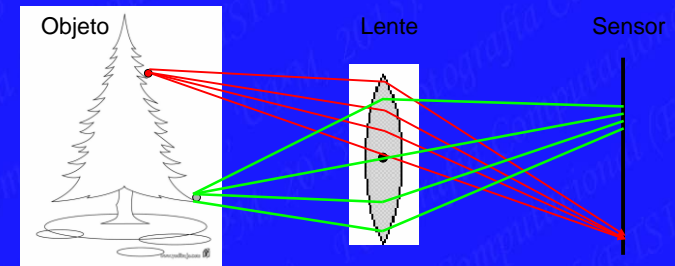


Ventajas: en teoría, todas las distancias están "enfocadas", a costa de exposiciones MUY largas.

## Uso de lentes

Al llegar solo un rayo (muy poca luz) a cada elemento del sensor necesitamos tiempos de exposición muy largos.

SOLUCIÓN: usar lentes que permiten converger muchos rayos.

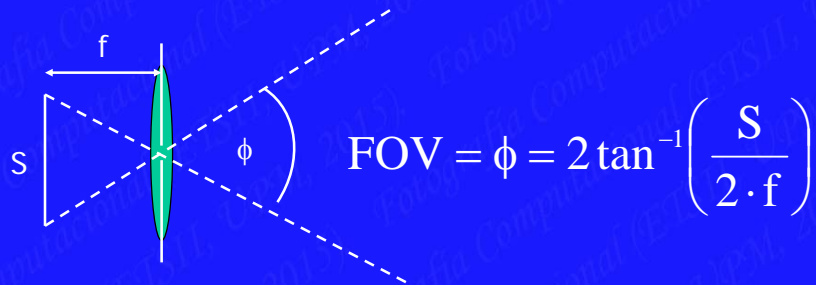


VENTAJAS: mucha más luz, exposiciones cortas.

DESVENTAJAS: no todos los puntos están enfocados.

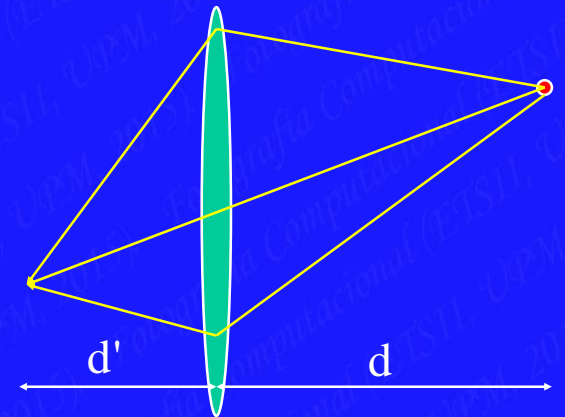
## Campo de visión (Field of View o FOV)

Ángulo cubierto por mi combinación cámara/lente.  
Depende de: FOCAL de objetivo + tamaño SENSOR.



## La aproximación de lente delgada

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{d'} = \frac{1}{f}$$



Demos

## Campo de visión (Field of View o FOV)

Para una cámara dada (sensor fijo) FOV depende de la focal del objetivo



24 mm (75°)



50 mm (40°)



200 mm (10°)



800 mm (2.5°)

Los valores de FOV (°) son para la horizontal para una cámara SLR "tradicional" (tamaño del sensor 24 x 36 mm) o lo que se conoce en digital como "full-frame"

Imágenes extraídas de <http://www.paragon-press.com/lens/lenchart.htm>

ANTONIO TABERNERO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

## Exposición: muchas situaciones de luz



ANTONIO TABERNERO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

## Objetivo de una exposición correcta

El sensor debe recibir la cantidad correcta de luz, independientemente de la escena fotografiada.

Parámetros: apertura (f)  
tiempo de exposición (T)  
sensibilidad de la película (ISO)

Ahora ya no hay película, pero las cámaras siguen teniendo un selector de ISO (???)

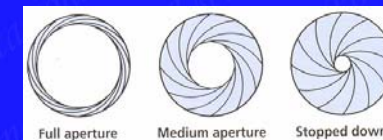
Ya lo aclararemos.

ANTONIO TABERNERO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

## Apertura

Un diafragma abre o cierra la apertura de la cámara y puede reducir la cantidad de luz recibida.



Se mide en números f (f-numbers) que representan el cociente entre apertura física (mm) y focal (mm).

f/1.4, f/2, f/2.8, f/3.2, f/4,  
f/5.6, f/8, f/11, f/16, f/22, ...



ANTONIO TABERNERO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM



## Apertura

Al ser un denominador en el cociente  
Números f pequeños => aperturas grandes

Objetivos rápidos son del orden de f 1.4, f 2.0

Hay una relación  $\sqrt{2}$  entre los pasos.

Un factor  $\sqrt{2}$  en diámetro corresponde a un factor 2 en área (cantidad de luz recibida).

Cada uno de estos pasos se denomina un stop:

- abrir un stop = duplicar luz.
- cerrar un stop = reducir luz a la mitad.

## Tiempo de exposición

Tiempo durante el cuál se abre el obturador de la cámara dejando pasar la luz (fracciones de seg).

Tiempos tradicionalmente marcados en las cámaras:

$T = 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/15, 1/30, 1/60, 1/125, 1/250, \dots$



En cámaras modernas la secuencia corresponde a:

$T = 1 / 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024$

Para T bajos deberíamos usar trípode.

## Tiempo de exposición y apertura

Para obtener una cierta exposición valen múltiples combinaciones de apertura y velocidad de obturador.

La cantidad de luz recibida crece con  $1/f^2$  y con el tiempo exposición T.

El cociente ( $f^2/T$ ) es constante entre exposiciones equivalentes.

Si cerramos la apertura (f 4 -> f 5.6) un stop y duplicamos tiempo (de 2 a 4 seg) recibimos la misma cantidad de luz.



## Sensibilidad (ISO)

Películas con ISO altas (400, 800) eran rápidas: necesitaban poca luz para exposición correcta.

Películas con ISO bajas (25, 50) eran lentas, necesitaban más luz para la misma exposición.

Las películas rápidas tenían más grano (ruido).

Actualmente subir el ISO consiste en ampliar más la señal captada en el sensor antes de ser cuantificada.

Eso amplifica también los posibles ruidos por lo que la analogía es casi perfecta.

## Nivel de iluminación

El cociente anterior ( $f^2/T$ ) puede usarse para indicar el nivel de iluminación de una escena:

$$EV = \log_2 \left( \frac{f^2}{T} \right)$$

donde  $f$  y  $T$  son la apertura y velocidad de obturador para exponer "correctamente" la escena.

Un escena con  $EV=11$  puede fotografiarse usando:



## EV para diferentes escenas (ISO 100)



EV 4 ( $f/2$ ,  $T=1/4$ )



EV 8 ( $f/4$ ,  $T=1/16$ )



EV 12 ( $f/8$ ,  $T=1/64$ )



EV 16 ( $f/16$ ,  $T=1/256$ )

## Compromisos Tiempo / Apertura / ISO

Cualquier combinación de apertura y tiempo que mantenga ( $f^2/T$ ) constante da la misma exposición.

Jugar con la apertura/velocidad/ISO tiene otros efectos secundarios:

- Aumentar/disminuir la apertura cambia la profundidad de campo.
- La velocidad de exposición afecta a nuestra capacidad para "congelar" el movimiento.
- Aumentar ISO puede aumentar el ruido en la imagen.

## Profundidad de Campo (DoF)

Es el efecto más importante de cambiar la apertura.

Cámara pinhole (apertura  $\rightarrow 0$ ) mostraba enfocados todos los objetos al usarse sólo un rayo por punto.

Lente lleva rayos del mismo objeto por diferentes caminos: es preciso que todos converjan.

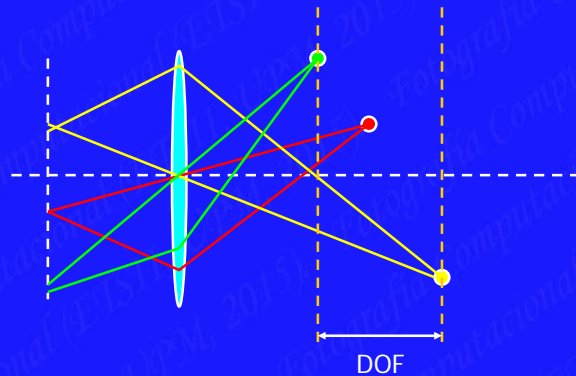
Sólo los rayos de los objetos situados a una cierta distancia de la lente convergen en el sensor.

¿Qué pasa con el resto?



## Profundidad de Campo y Apertura

En la práctica hay un cierto margen de distancias (profundidad de campo) donde los objetos aparecen razonablemente enfocados.



ANTONIO TABERNEIRO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

## Profundidad de Campo y Apertura

Al disminuir la apertura se aumenta DoF (ya que se reduce el "ancho" del haz de rayos usado).

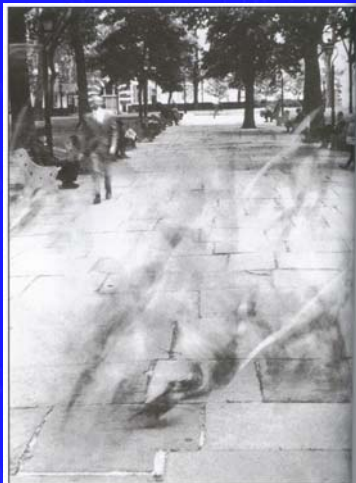
Las aperturas más grandes (f/1.4 f/2) permiten aislar al sujeto del fondo (al quedar éste desenfocado)

Como contrapartida hacen que el enfoque sea crítico.



ANTONIO TABERNEIRO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM



*Small aperture (deep depth of field), slow shutter speed (motion blurred). In this scene, a small aperture (f/16) produced great depth of field; the nearest paving stones as well as the farthest trees are sharp. But to admit enough light, a slow shutter speed (1/8 sec) was needed; it was too slow to show moving pigeons clearly. It also meant that a tripod had to be used to hold the camera steady.*



Apertura pequeña f/16:  
gran profundidad de campo

Velocidad lenta (1/8 sec):  
no captura el movimiento

Posiblemente necesitará el uso  
de trípode.

ANTONIO TABERNEIRO GALÁN, 2015

From Photography, London et al  
FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM



*Large aperture (shallow depth of field), fast shutter speed (motion sharp). A fast shutter speed (1/500 sec) stops the motion of the pigeons so completely that the flapping wings are frozen. But the wide aperture (f/2) needed gives so little depth of field that the background is now out of focus.*



Apertura grande f/2:  
poca profundidad de campo.

Velocidad rápida (1/500 sec):  
"congela" el movimiento.

ANTONIO TABERNEIRO GALÁN, 2015

From Photography, London et al  
FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

## Modos de disparo

Manual (M): escogemos Apertura y Tiempo.

Prioridad de Apertura (Av): escogemos Apertura, y la cámara escoge T para exposición correcta.

Prioridad de velocidad (Tv): escogemos T y la cámara ajusta A para exposición correcta.

Program (P): la cámara ajusta T y A.

TAv: algunas cámaras permiten seleccionar A y T simultáneamente y la cámara mueve ISO para ajustar exposición.