

# Ingeniería de la Pupila y de la Iluminación

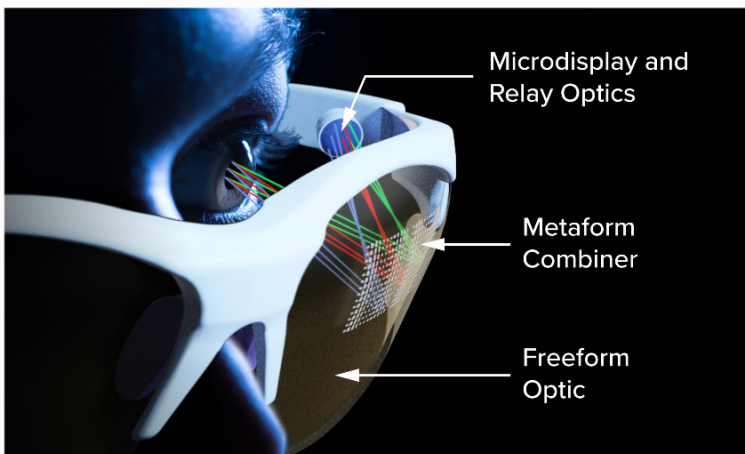
## ■ Pupil Engineering, Wavefront Coding

(Cathy, Dowski 1995)

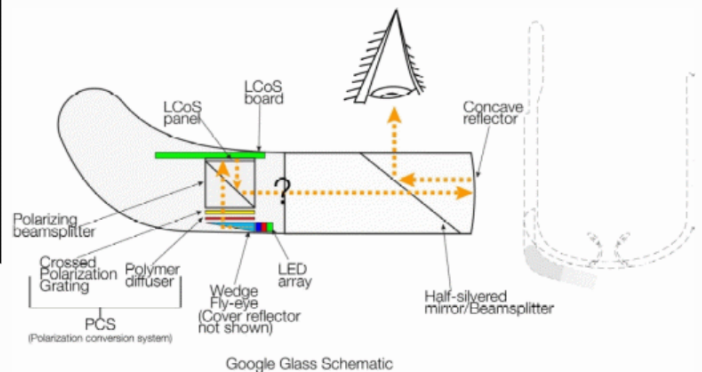
Ej: Extensión de la profundidad de campo mediante el uso de una máscara de fase en la apertura del sistema; esto trae consigo la necesidad de procesar la imagen obtenida para poder ver algo nítido.

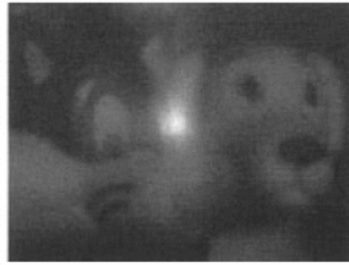
→ es una máscara cúbica para hacer EDoF (extensión de la profundidad de campo)

• es un elemento free-form ! no tiene simetría de revolución alrededor del eje óptico del sistema, como si la tuvieran lentes, espejos, etc.



← Ej: aplicación de AR (Augmented Reality)





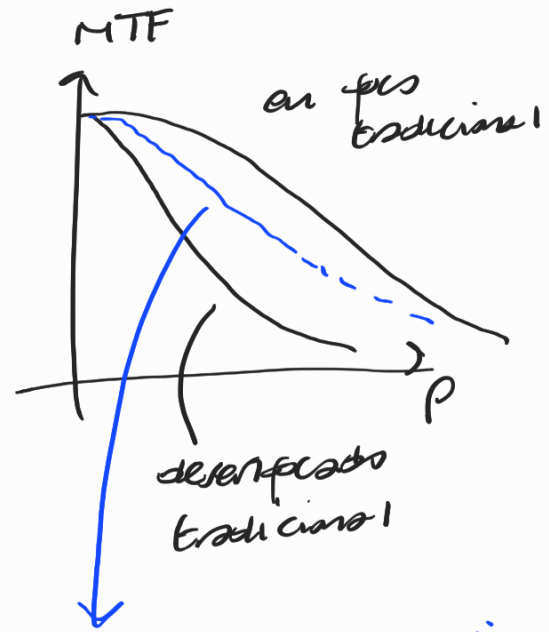
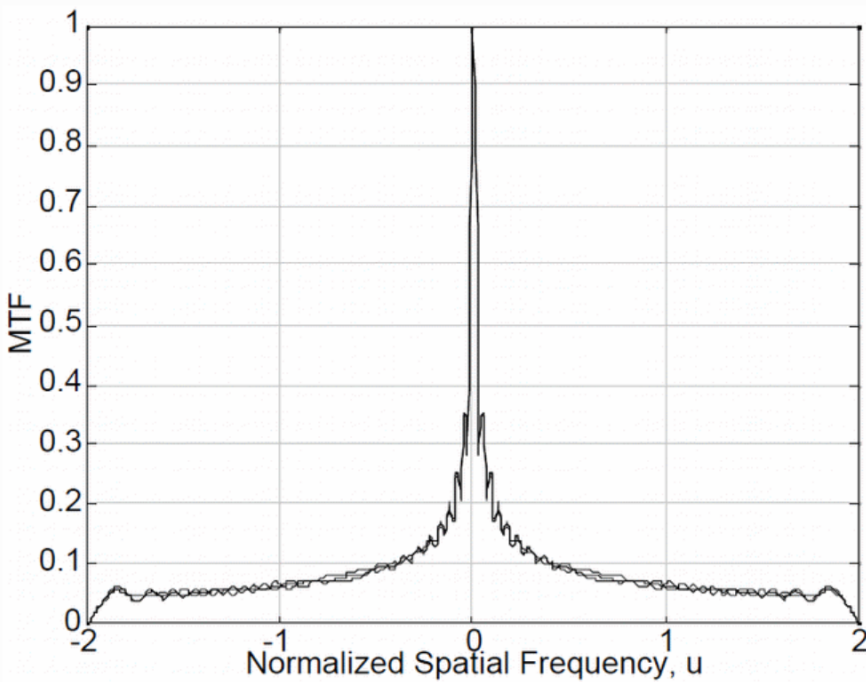
• Clásicamente, limitando la apertura en el EDOF, a costa de baja SNR

← 'New paradigm'

(original)

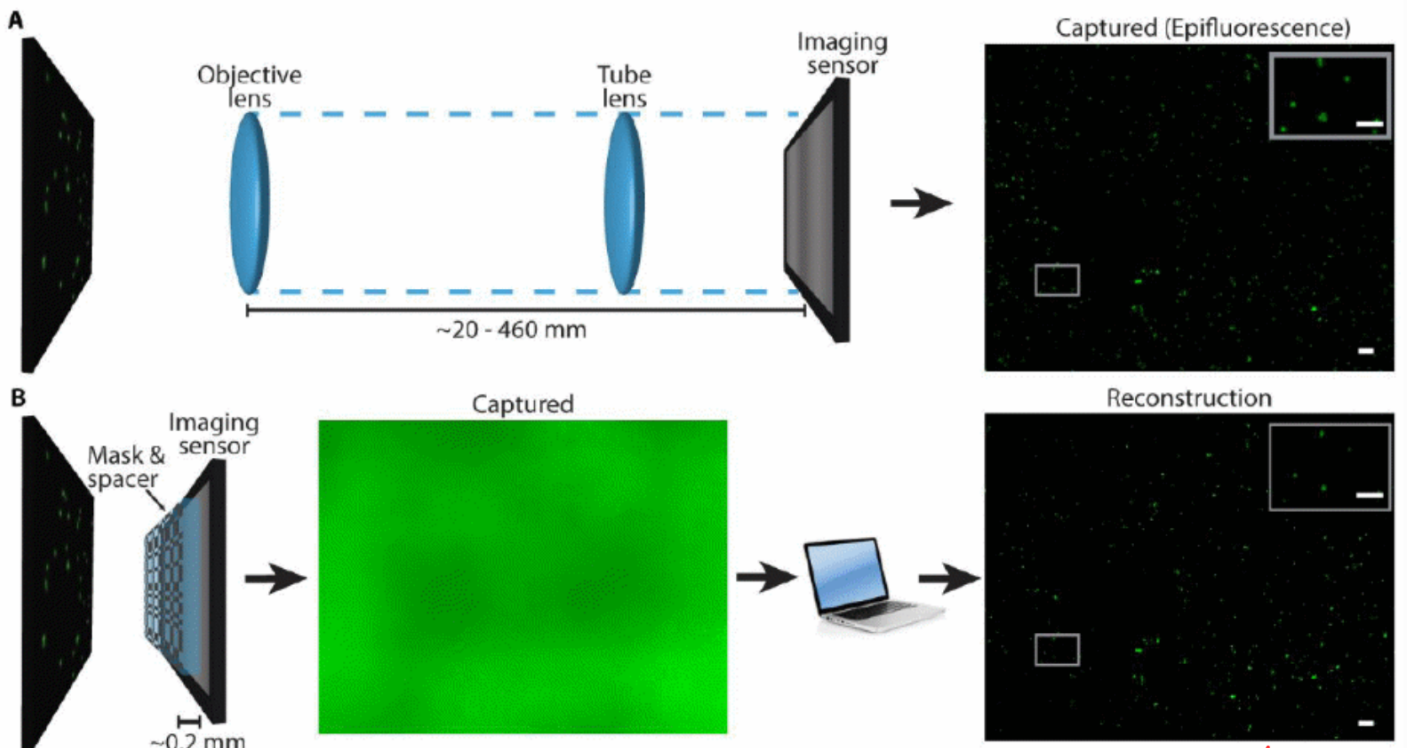
(img. con máscara cúbica en la apertura)

(img. luego de procesar la captura [artefactos a arreglar])

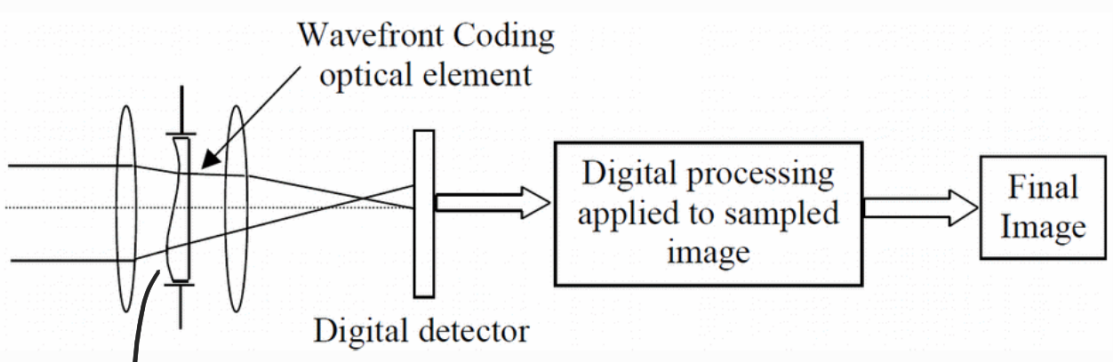
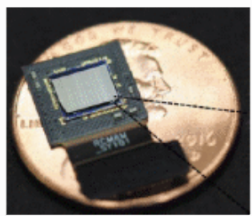


• una respuesta intermedia donde ningún plano de la escena está en foco pero que se puede recuperar en post-procesamiento

• Los microfscopios pueden ser más extremos! : ej!

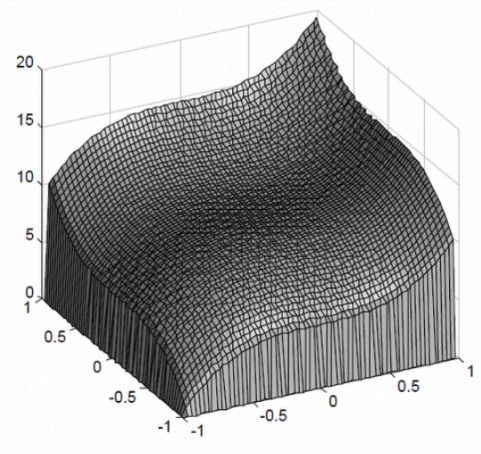


FlatScope!  
(Rice, 2017)

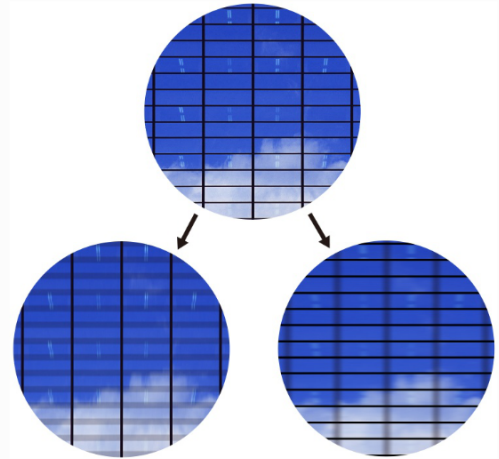
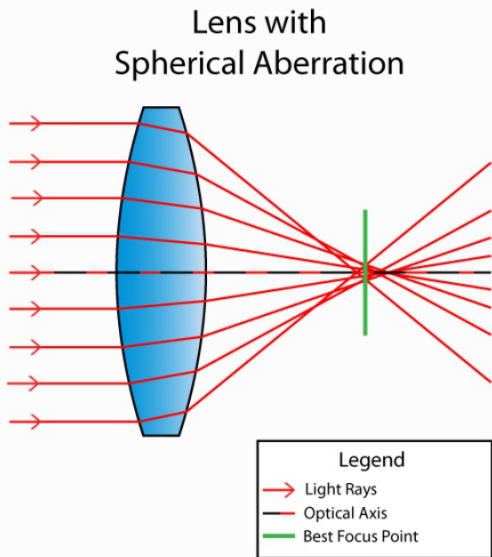


$\phi(x,y) = \alpha(x^3 + y^3)$

máscara para recuperar  
la aberración de desenfoque



Se pueden recuperar imágenes afectadas por:  
 esférica, astigmatismo, aberración cromática



aberración de astigmatismo



aberración cromática (claramente se puede ver en el objeto acromático)

Aberraciones y polinomios de Zernike:

$$Z_4(\rho, \theta) = \sqrt{3}(2\rho^2 - 1) : \text{desenfoque}$$

$$Z_5(\rho, \theta) = \sqrt{6}\rho^2 \sin 2\theta$$

$$Z_6(\rho, \theta) = \sqrt{6}\rho^2 \cos 2\theta$$

astigm. 45°

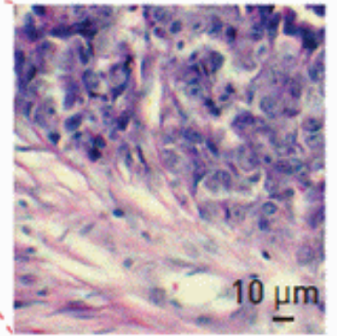
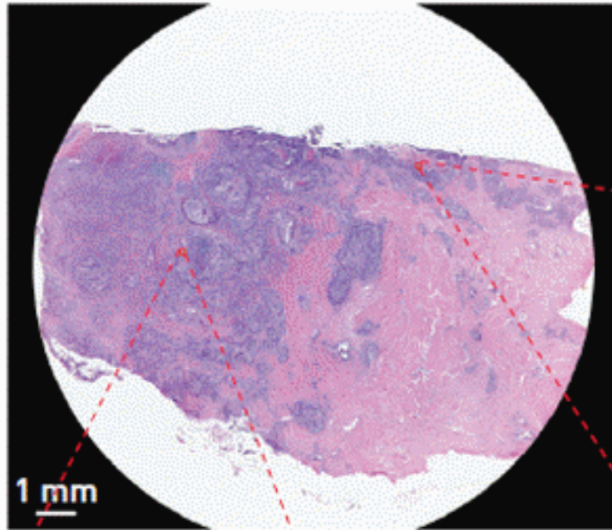
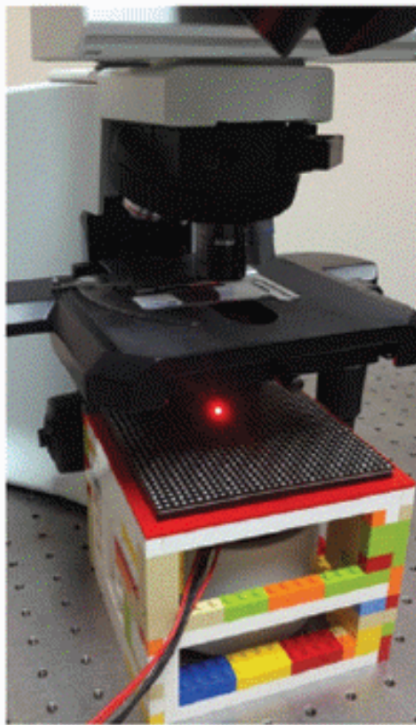
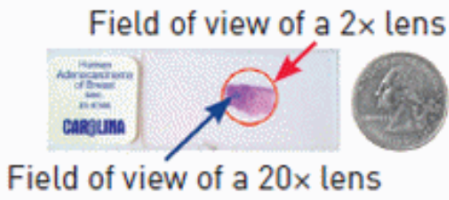
;

|

# Ⓜ Ingeniería de la Iluminación:

## Ⓜ: Far-field ptychography

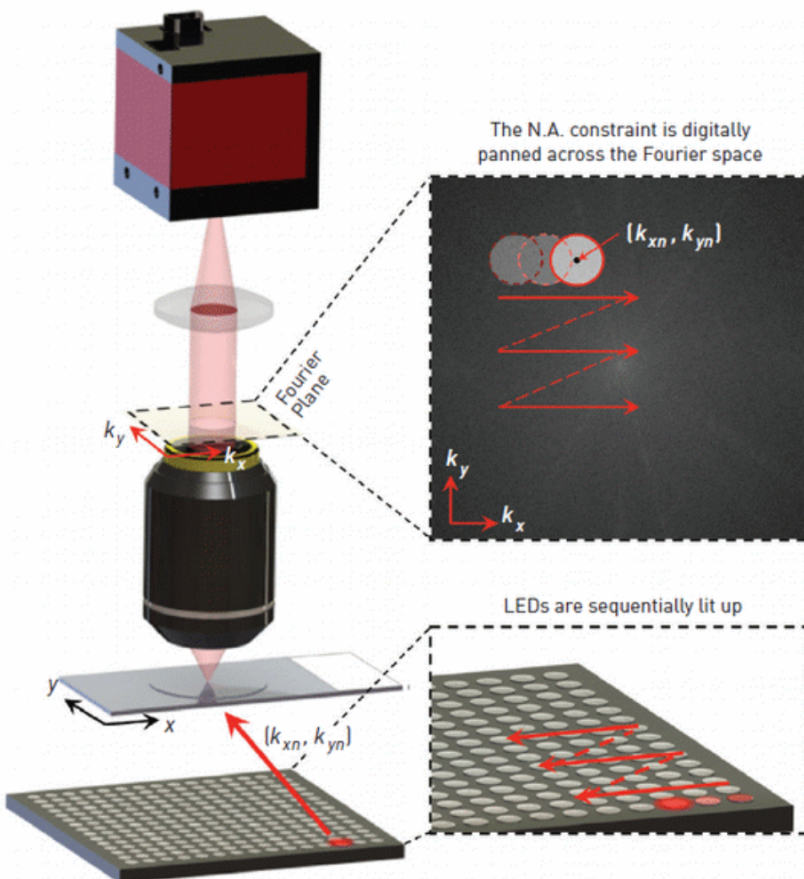
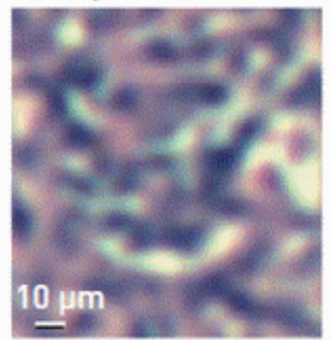
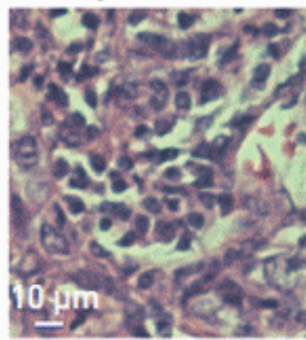
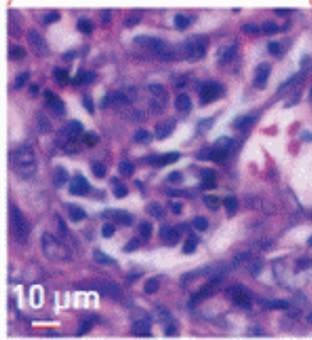
(Zhang, Opt 2014)



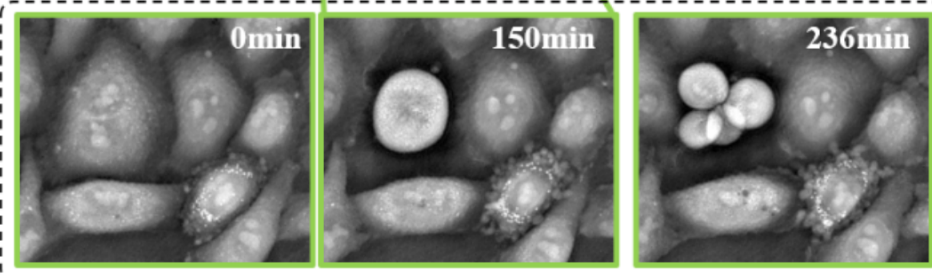
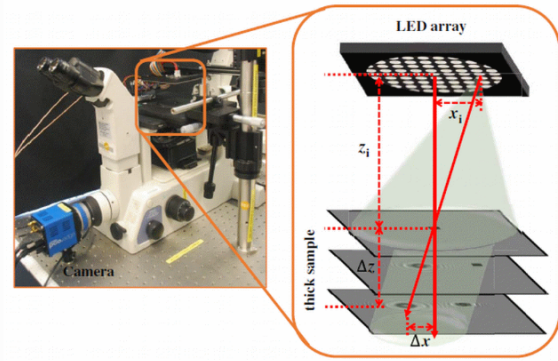
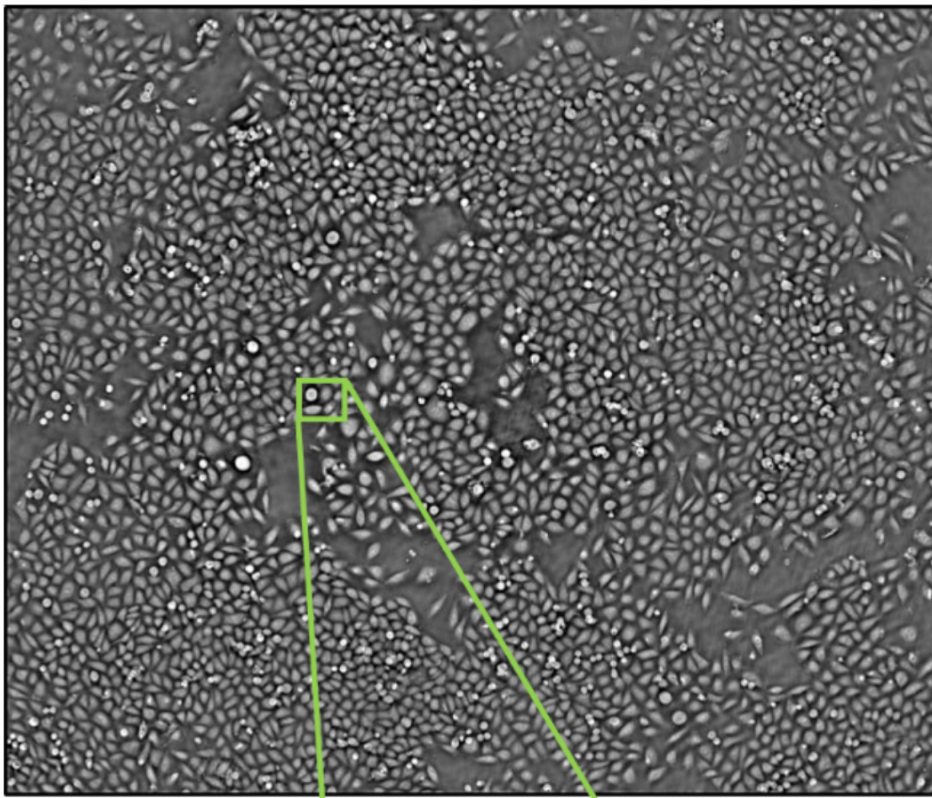
FPM (max N.A. 0.5)

20x objective (0.4 N.A.)

2x objective (0.08 N.A.)



- Puedo abrir mecánicamente el FOV en alta resolución y hacer un 'stitching' de imágenes
- Alternativamente, puedo codificar la info. de todo el FOV en alta resolución en forma de variación angular en la iluminación

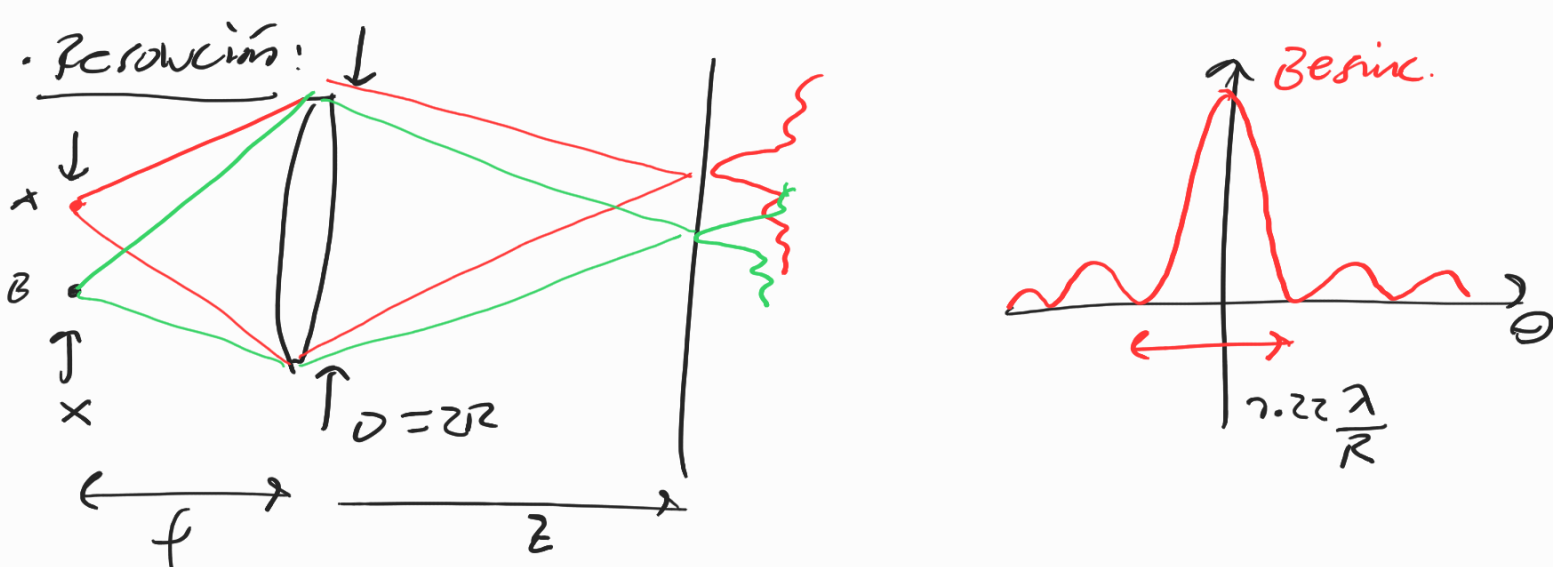


### SBP values for several Olympus microscope objectives

Objective Magnification/N.A./ Field number	Resolution 532 nm incident wavelength	Space-Bandwidth Product megapixels
1.25× / 0.04 / 26.5	8,113 nm	21.5 MP
2× / 0.08 / 26.5	4,057 nm	33.5 MP
4× / 0.16 / 26.5	2,028 nm	33.5 MP
10× / 0.3 / 26.5	1,082 nm	18.9 MP
20× / 0.5 / 26.5	649 nm	13.1 MP
40× / 0.75 / 26.5	433 nm	7.4 MP
60× / 0.9 / 26.5	361 nm	4.7 MP
100× / 1.3 / 26.5	250 nm	3.5 MP

↑  
¿Cómo se suman entre sí?  
↓

Field of View (FOV): 
$$FOV = \pi \left( \frac{\text{Field Number}}{2 \times \text{magnificación}} \right)^2$$



$$x_{\text{min}} = f \Delta \theta_{\text{min}} = f \frac{2.22 \lambda}{D}$$

$$= 2.22 \lambda / \text{NA} \quad - \quad \frac{D}{f} = \text{N.A.} \quad \text{apertura numérica}$$

Space-Bandwidth Product (SBP):

$$\text{SBP} = \frac{\text{FOV}}{(r/2)^2}$$

$$(v = 0.67 \lambda / \text{NA}, x_{\text{min}} = 2v)$$

esto es lo que ves en el objeto de interés

A cada elemento del objeto le asigno un disco de radio  $v$  que no se puede resolver (el pixel del objeto)

En Fourier Ptychography, quiero alto SBP manteniendo alta resolución, los haces con variación angular en la iluminación me lo permiten (luego de procesar)