

Clase 06

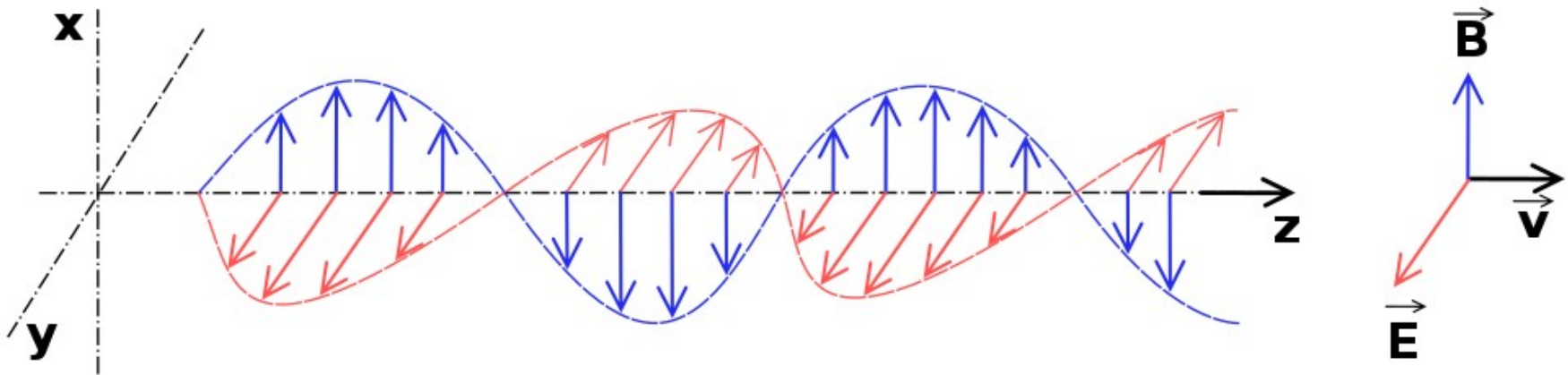
Polarización y Difracción

Laboratorio de Electromagnetismo y Óptica.

POLARIZACIÓN (Parte I)

¿Qué conocemos de la luz?

1. Intensidad > Iluminancia
2. Color (longitud de onda)
3. Dirección de cómo se propaga
4. Reflexión (cambio de dirección) (clase 05)
5. Refracción (cambio de medio) (clase 05)
6. **Polarización (lo vamos a ver hoy!)**
7. **Difracción (lo vamos a ver hoy!)**
8. Interferencia
9. Formación de imágenes (hace falta una superficie con células fotosensibles)

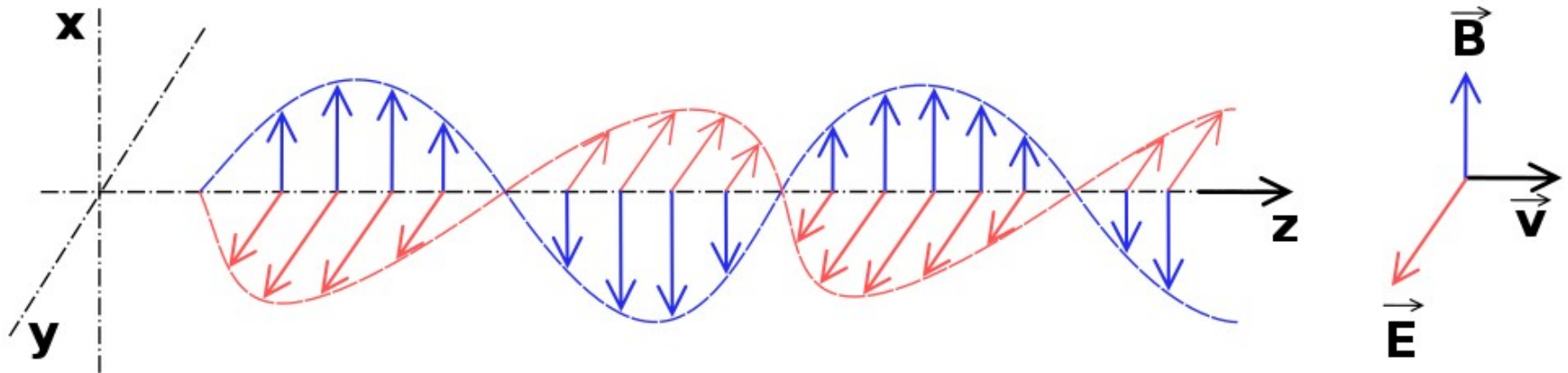


I-Polarización:

☒ La luz en una onda **transversal**.

¿Qué significa eso? Se propaga en dirección perpendicular al plano que determinan el campo eléctrico \mathbf{E} y el campo magnético \mathbf{B} , ambos de carácter vectorial.

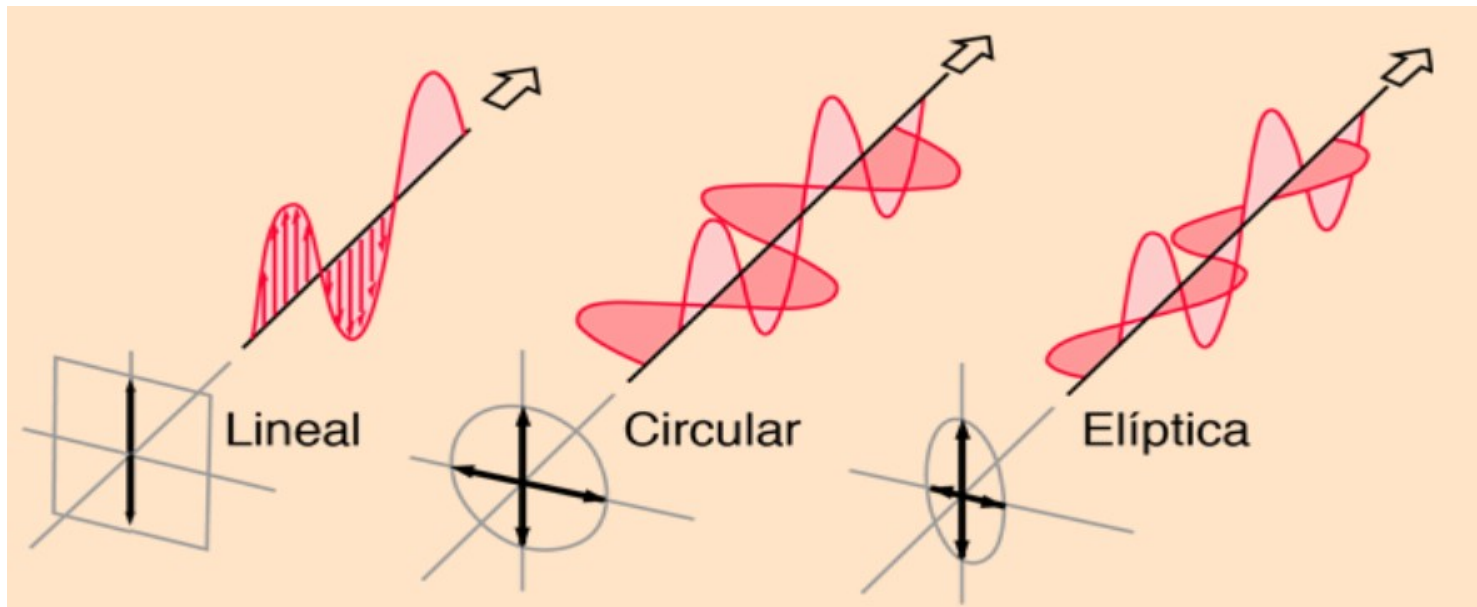
☒ Las oscilaciones predecibles de los campos definen distintos estados de polarización de la luz, es decir, siempre paralelamente a una dirección fija es una **polarización lineal** o con el vector que describe la vibración rotando a una frecuencia dada alrededor de la dirección de propagación es una **polarización circular**.



I-Polarización:

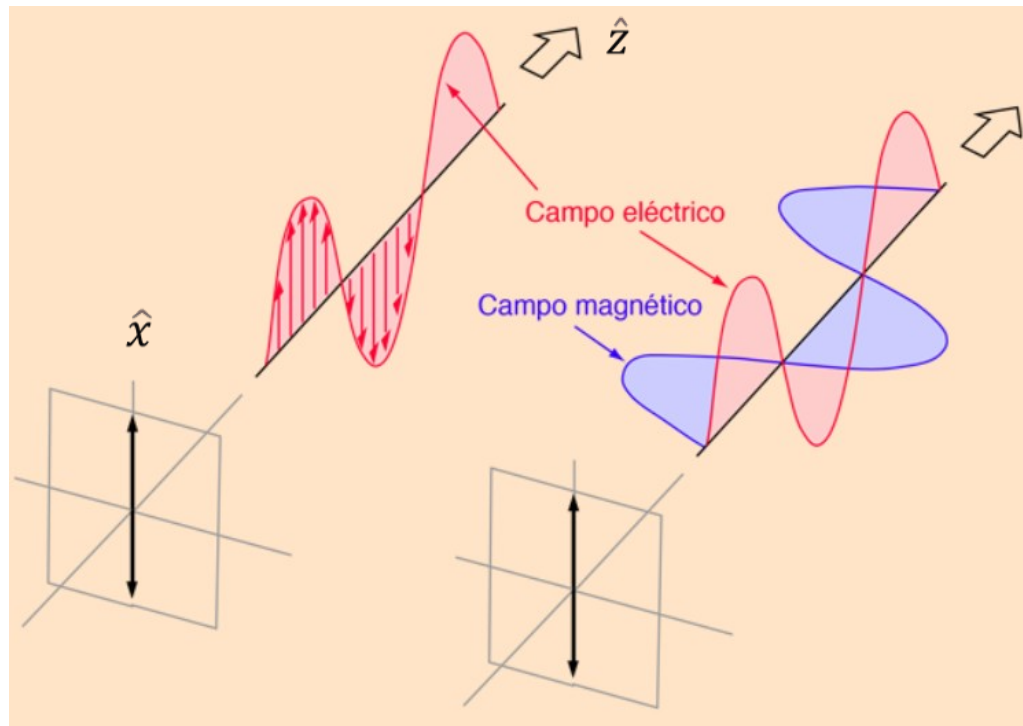
Las oscilaciones predecibles de los campos definen distintos estados de polarización de la luz, es decir, siempre paralelamente a una dirección fija es una **polarización lineal** o con el vector que describe la vibración rotando a una frecuencia dada alrededor de la dirección de propagación es una **polarización circular**.

Tanto la luz **lineal** como circular se pueden considerar casos particulares de **luz elípticamente polarizada**.



I-Polarización: Ley de Malus

Polarización Lineal:

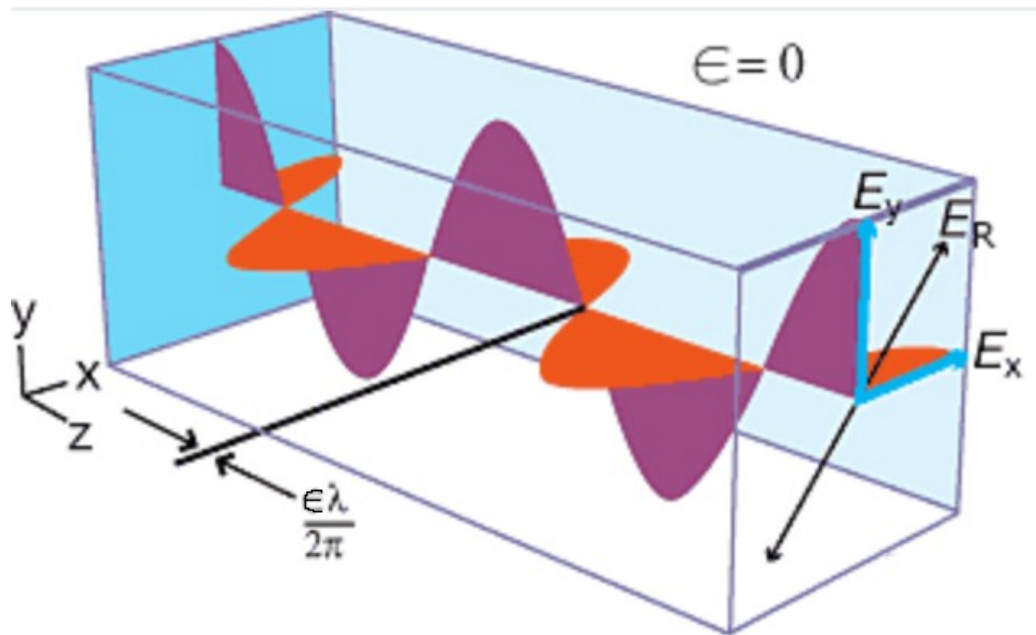


$$\vec{E}_1(z, t) = E_{0x} \cos(kz - \omega t) \hat{x}$$

$$I = \overline{E_1}^2$$

Polarización Lineal:

¿Qué pasa si sumamos dos ondas linealmente polarizadas pero perpendiculares entre sí?



$$\vec{E}(z, t) = \vec{E}_x(z, t) + \vec{E}_y(z, t)$$

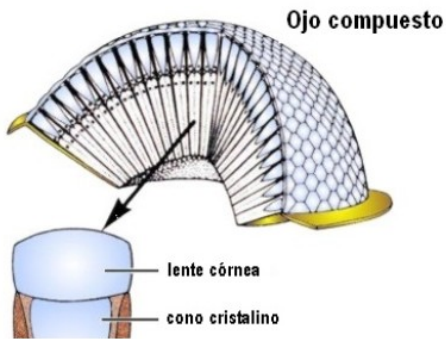
Si están en fase

El campo resultante está linealmente polarizado

La luz linealmente polarizada se la puede pensar como la suma de dos campos perpendiculares linealmente polarizados en fase

¿El ojo humano detecta la polarización?

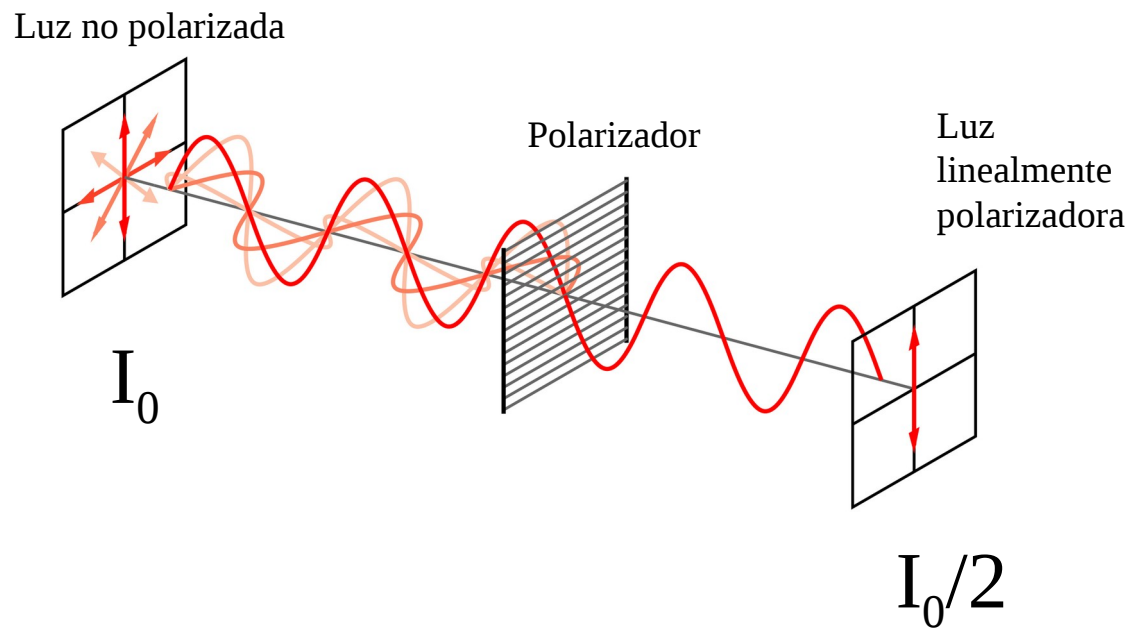
La polarización no es algo que los humanos podamos detectar a simple vista. Pero si la detectan animales como abejas, hormigas, sepias, pulpos y calamares.



I-Polarización:

☒ La luz natural por lo general no está polarizada. Todos los planos de propagación son igualmente probables.

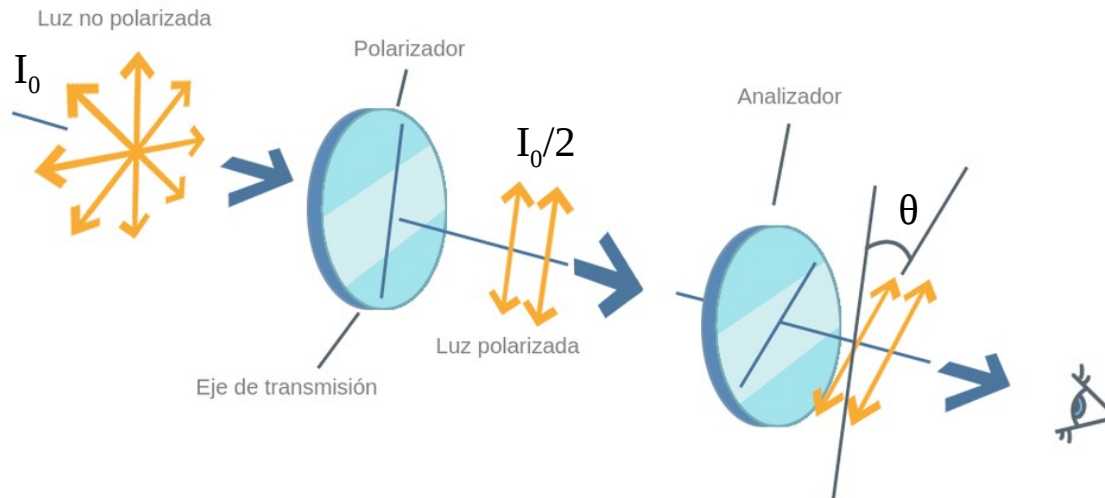
☒ Un aparato óptico cuya energía de entrada es la luz natural y cuya salida es alguna forma de luz polarizada es un **polarizador**.



Polarización: Ley de Malus

☒ Si se disponen dos polarizadores en forma consecutiva, se comprueba que la intensidad de la luz transmitida por el segundo polarizador (analizador) depende del ángulo θ que forman los ejes de polarización de ambos dispositivos.

☒ La luz es emitida por la fuente de forma no polarizada, incide en el primer polarizador y se transmite linealmente polarizada, luego incide en el segundo polarizador, llamado analizador.



☒ La intensidad de la luz sale modulada por la **Ley de Malus**:

$$I(\theta) = I_0/2 \cos^2(\theta)$$

Donde I_0 es la intensidad de la luz incidente inicial no polarizada.

I-Polarización: Ley de Malus

Estudiar la ley de Malus variando el ángulo entre polarizadores y midiendo la intensidad resultante.

Videos explicativos:

https://www.youtube.com/watch?v=LpZre_KIDM0

<https://www.youtube.com/watch?v=mJ6UVJbMzSw>

Arreglo experimental: I-Polarización: Ley de Malus

☒ Armar el experimento según la figura en un banco óptico.

☒ La fuente de luz será un láser, que en principio puede estar polarizado o no. Vamos a polarizarlo linealmente con un polarizador.

☒ El analizador debe tener un goniómetro para poder medir el ángulo entre polarizadores.

☒ Como detector se usa un fotómetro calibrado que recibe la luz y produce una señal que se asocia a un valor de intensidad. ¿Cuál es la unidad de medición?

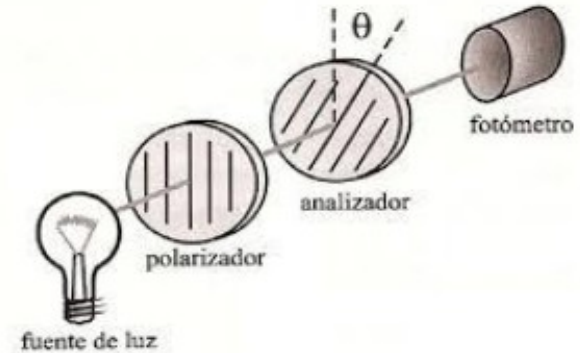
☒ Conectamos el fotómetro a placa del sensor DAQ para adquirir las mediciones en el programa Motion DAQ.

☒ Variar el ángulo del analizador y medir la intensidad de la luz.

☒ Graficar I vs $\cos^2(\theta)$ ¿Qué puede analizar de los resultados obtenidos? Realizar un ajuste.

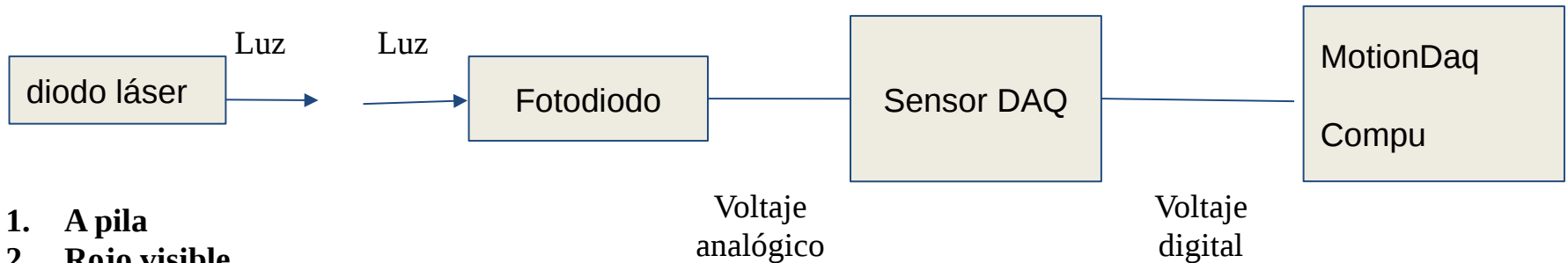
☒ Graficar I vs $\cos(\theta)$ ¿Qué forma de curva espera obtener? Realizar un ajuste.

☒ Graficar I vs θ ¿Qué función representa esta curva?



Arreglo experimental:

I-Polarización: Ley de Malus



1. A pila
2. Rojo visible
3. Monocromático
4. Muy poco divergente
5. Coherente
6. Potencia 5 mW
7. Longitud de onda 650 nm

**Relación luz-voltaje
Calibración.**

Existen 3 escalas.

1. 600 lux
2. 6000 lux
3. 150000 lux

**Software MotionDaq>
Archivos Calibración
por Defecto**

USAMOS UN LASER!

**RECUERDEN NORMAS
DE SEGURIDAD**

Cuidado con reflexión
especular, no usar pulseras,
relojes.

El laser tiene que estar
confinado con paneles en
cuartitos

7/03/2023

Arreglo experimental: I-Polarización: Ley de Malus

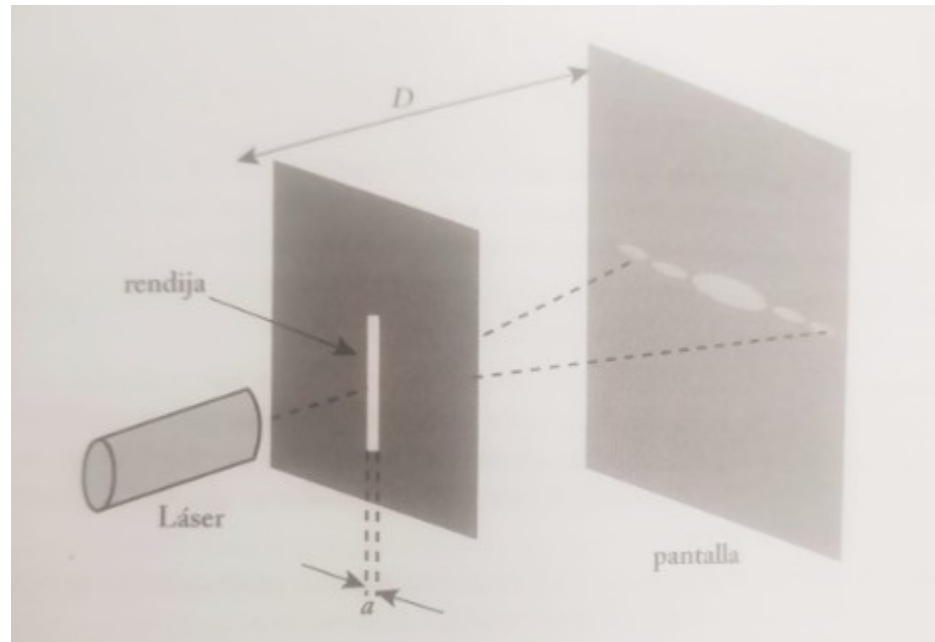


- Para medir la polarización, vamos a medir intensidad de luz (Iluminancia), que el sensor traduce en voltaje.
- Fotodiodo/detector traduce el voltaje medido que tiene como máximo 10 V en iluminancia (lux= lx)
- Ajuste sensibilidad del Sensor Daq , tiene tres opciones:
 - 600 lux
 - 6000 lux
 - 150000 lux
- Calibración relación Iluminancia (Lux) - Voltaje (V).

DIFRACCIÓN (Parte II)

II-Difracción:

La difracción es un fenómeno típicamente ondulatorio que se observa cuando una onda se distorsiona por un obstáculo cuyas dimensiones son comparables a la longitud de onda.



Principio de Babinet

Formulado por Jacques Babinet (1794-1872)

Es un [teorema](#) de [difracción](#) que indica que el patrón de difracción por un cuerpo opaco, es idéntico a la de un agujero del mismo tamaño y forma, a excepción de la intensidad global del haz en el punto de impacto.

Jacques Babinet

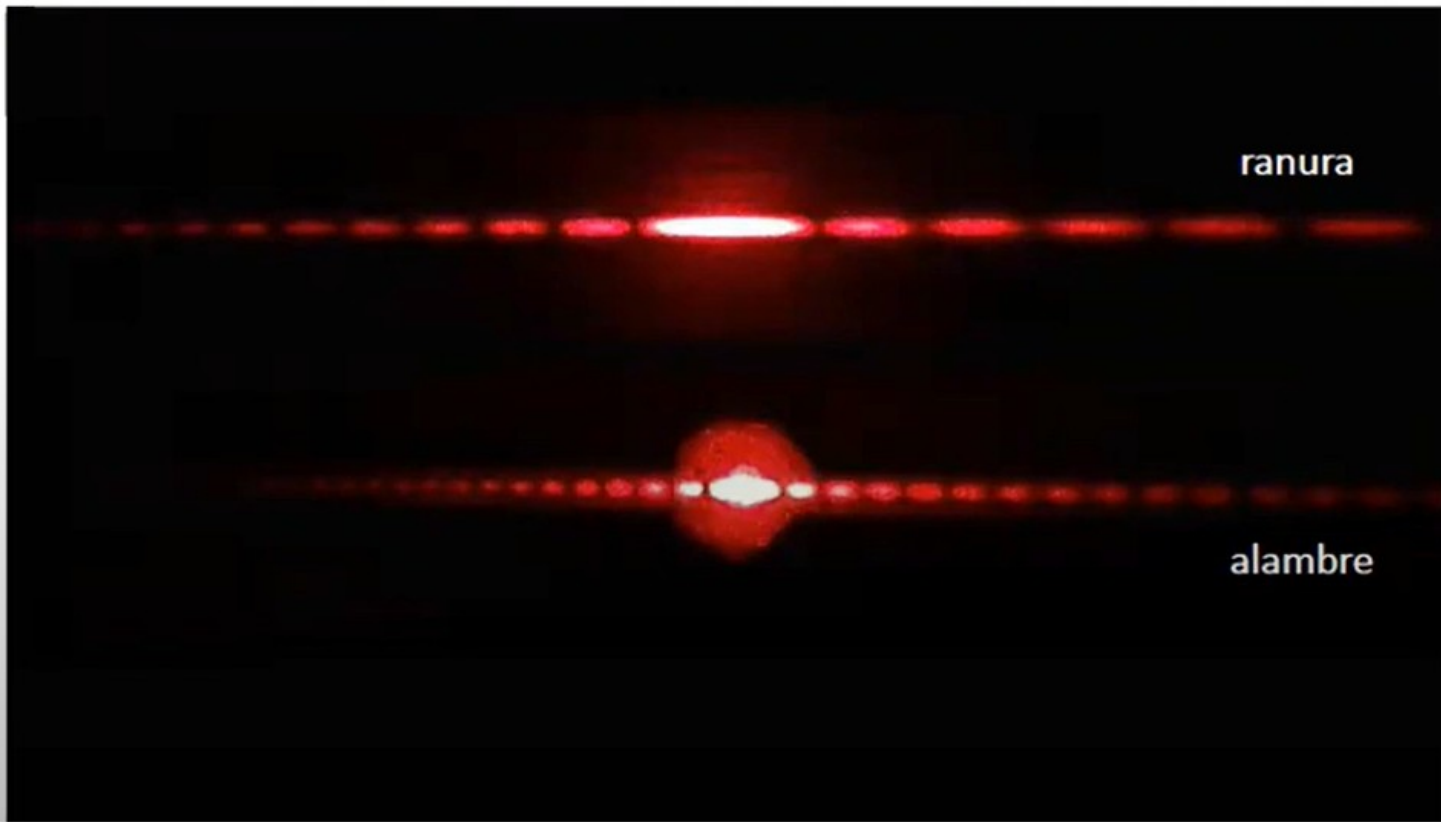


Objetivos de la práctica parte II

Buscamos evidencia de que el principio de Babinet se puede aplicar, y que el patrón de difracción es igual salvo el punto de impacto:

1. Realizar difracción por pelo/alambre.
2. Realizar difracción por rendija.

Estudiar la figura de difracción (también llamada patrón de difracción) producida por un pelo (alambre) y una abertura.



Comprobarlo



A partir de la distribución de intensidades dada por:

$$I(\theta) = I_0 \left(\frac{\text{sen}(\beta)}{\beta} \right)^2, \quad \text{con } \beta = \frac{\pi \cdot b}{\lambda} \text{sen}(\theta)$$

I_0 = Intensidad inicial

b = ancho de la ranura

θ = ángulo de observación sobre la pantalla

D = distancia de la ranura a la fuente de luz

λ = longitud de onda de la fuente de luz incidente

calcule la posición de los mínimos de difracción sobre la pantalla en función de las variables del problema.

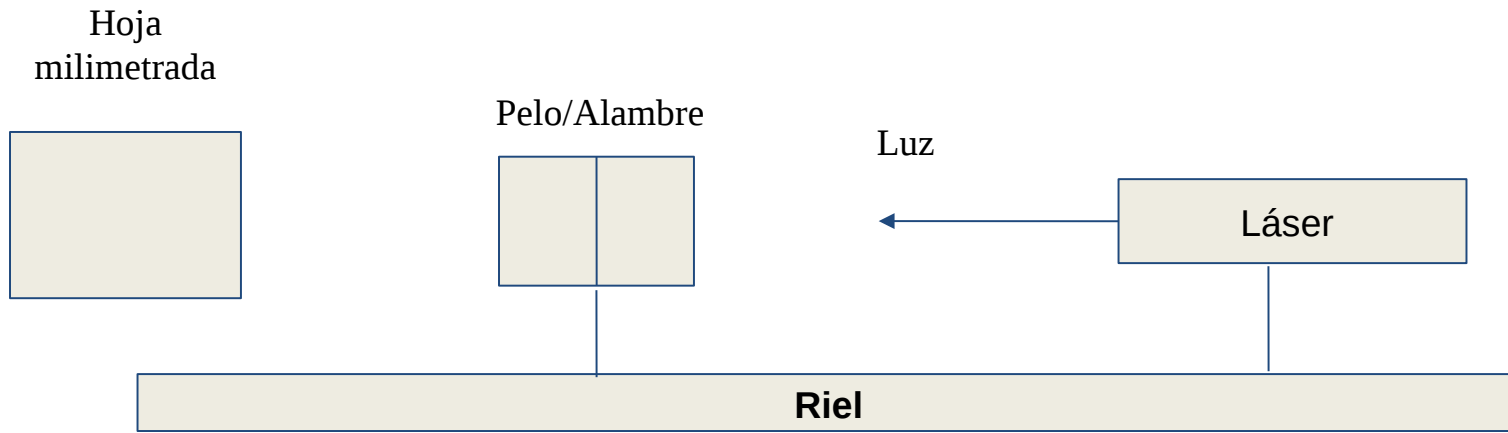
¿Cómo estimaríamos el ancho de la ranura a partir de la posición de los mínimos de intensidad?

¿Qué parámetros deberíamos conocer y/o determinar?

II-Difracción por pelo/alambre.

1. Realizar difracción por pelo/alambre.
2. Marcar los mínimos en el papel milimétrico
3. Determinar la posición de los mínimos de intensidad como función del orden de difracción (primer mínimo orden, $m=1$; segundo orden, $m=2$; etc)
4. Construir en un gráfico la posición de los mínimos de intensidad sobre la pantalla como función del orden m .
5. Calcular el diámetro del pelo/alambre.
6. Sacar una foto del papel milimétrico con las posiciones de los mínimos, y analizar la intensidad con el ImageJ.

II-Difracción



II-Difracción por rendija/ranura simple.

1. Realizar difracción por rendija/ranura simple.
2. Marcar los mínimos en el papel milimétrico y realizar el gráfico de los mismos, posición de los mínimos en función del orden de difracción.
3. Sacar una foto del papel milimétrico con las posiciones de los mínimos, y analizar la intensidad con el ImageJ.
4. Calcular el ancho de la rendija.

Adicional: Demostrar que las posiciones de los mínimos viene dada por

$$y_m = m D \lambda / b ,$$

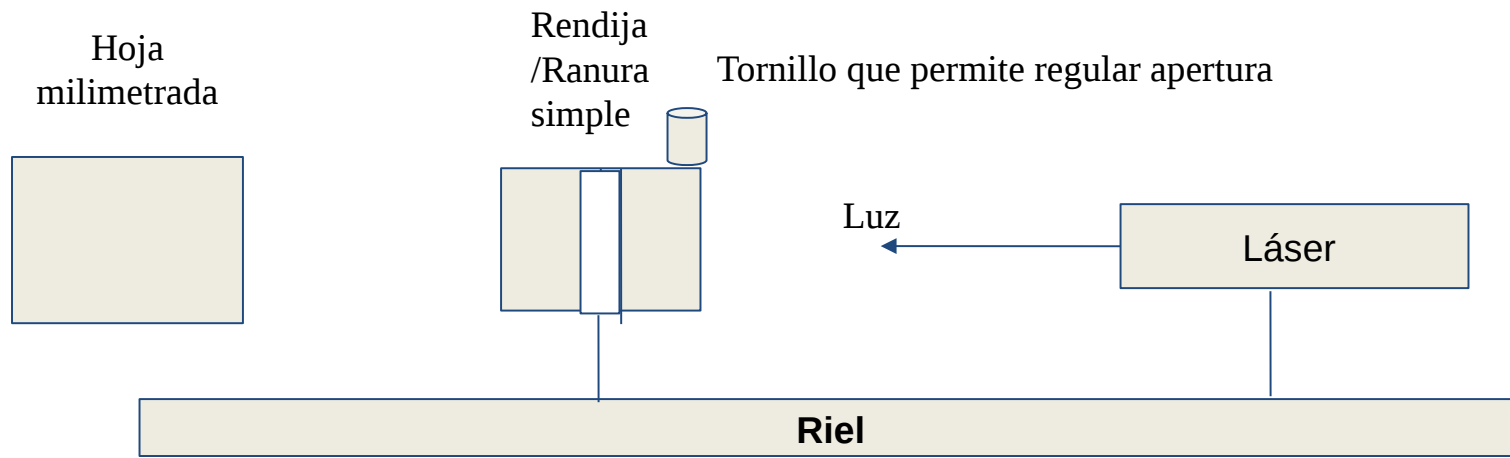
donde m es el orden m -ésimo mínimo

D es la distancia rendija-pantalla

b es el ancho de la rendija

λ la longitud del láser utilizada.

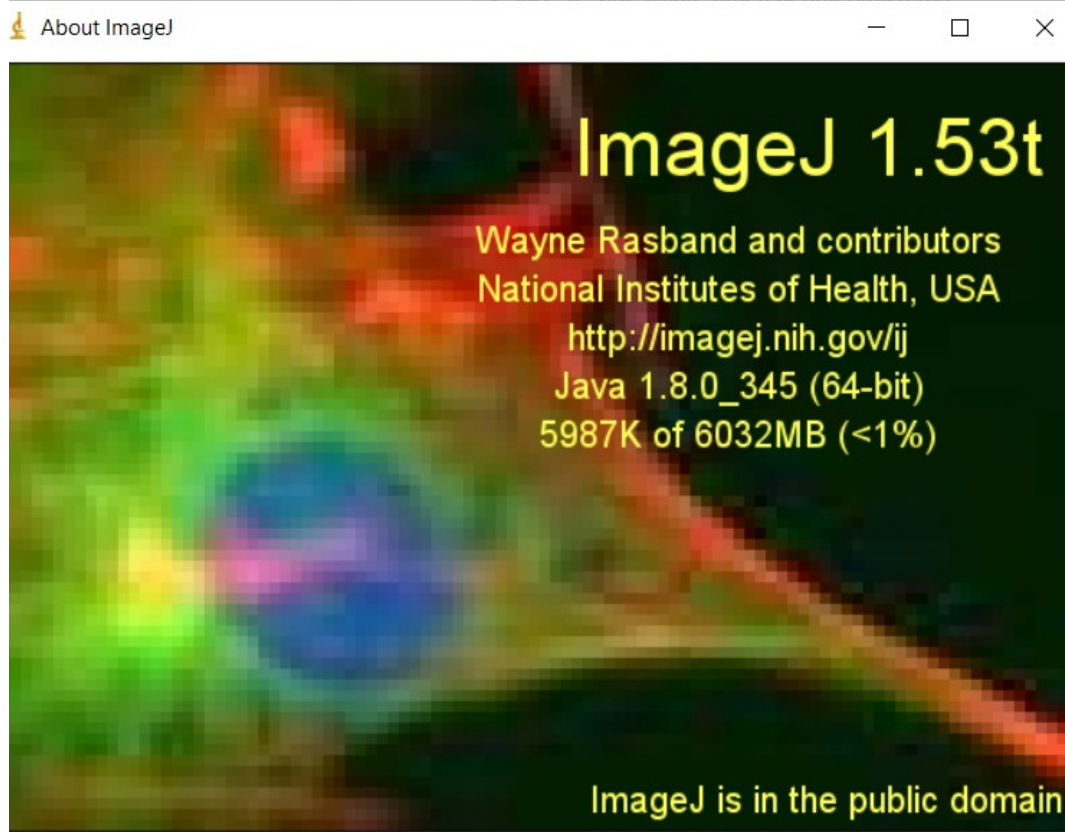
II-Difracción



Palabras claves: Bastago, torreta,

Difracción

Análisis de imágenes > Utilizaremos el Software ImageJ



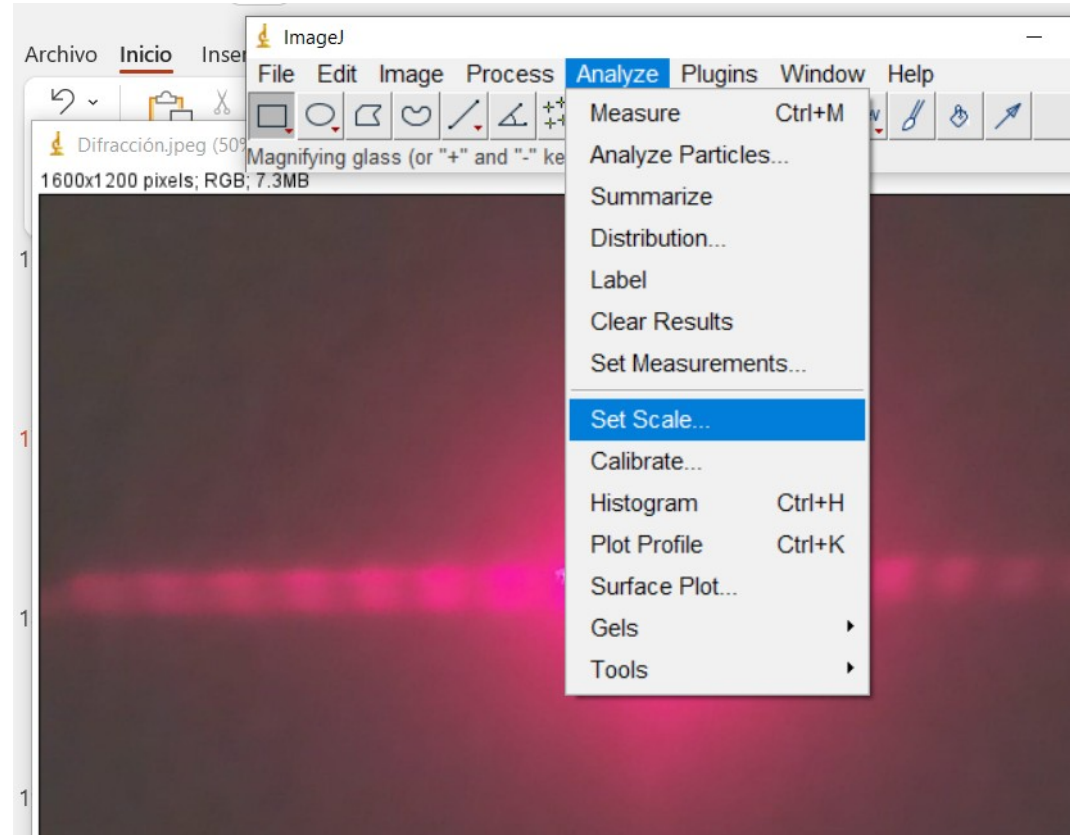
Mini - Instructivo ImageJ

Mini-Instructivo ImageJ

Configurar la escala

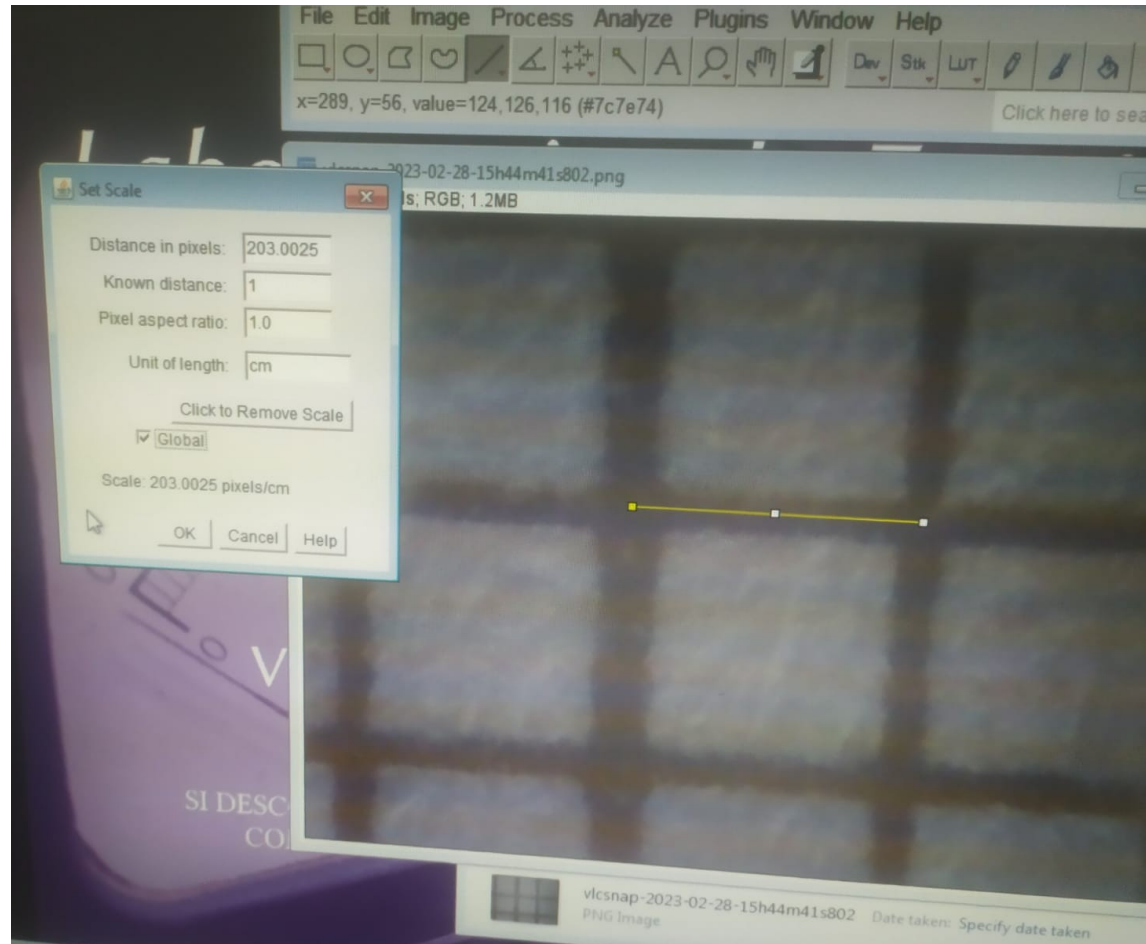
1. Seleccionamos el ícono de la línea.

2. Luego vamos a Analyze > Set Scale



Mini-Instructivo ImageJ

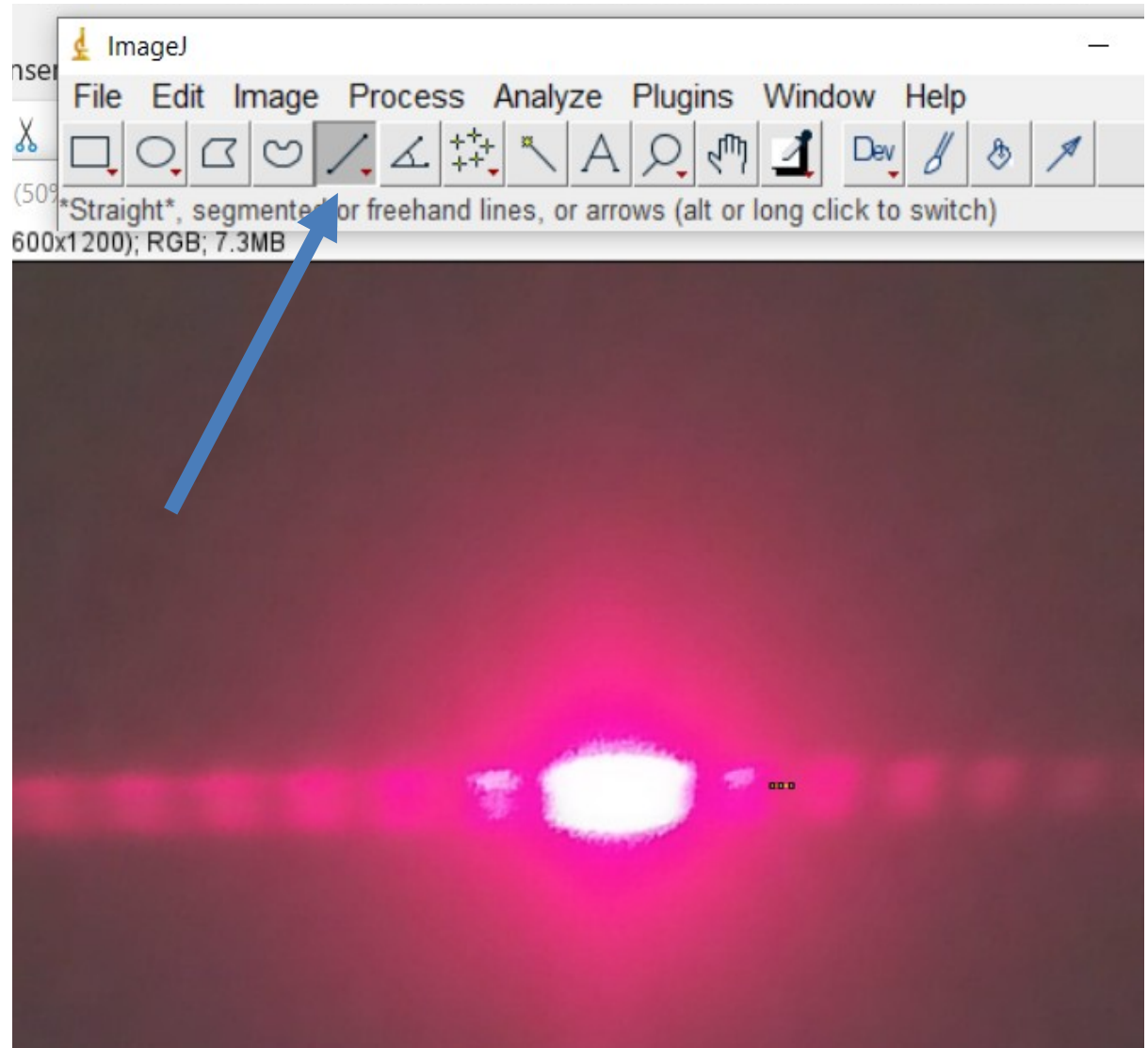
3. Si tenemos una hoja milimétrica o la pantalla milimétrica marcaremos 1 mm y obtendremos la distancia en pixeles.



Mini-Instructivo ImageJ

Para medir:

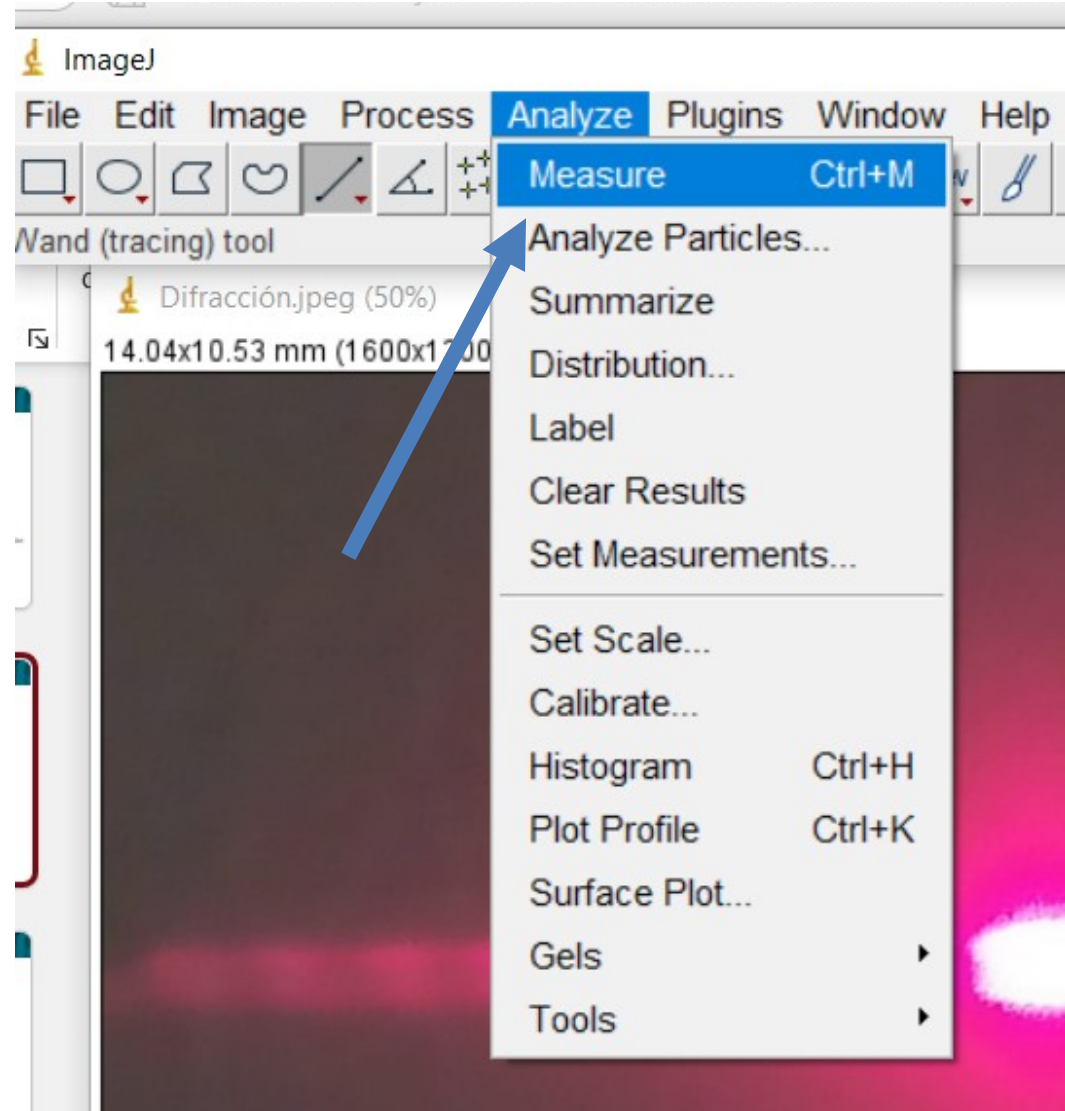
1. Selecciono esta opción para marcar la longitud que quiero medir.



Mini-Instructivo ImageJ

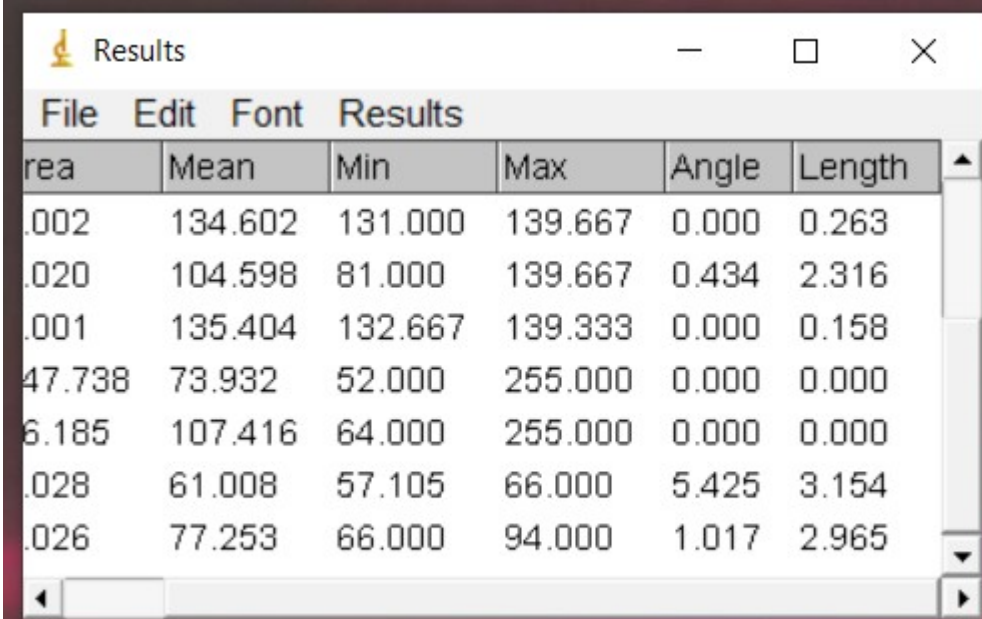
2. Para efectuar la medición una vez ya seleccionado el ícono de la línea.

Seleccionamos:
Analyze>Measure
O bien, **Ctrl+M**



Mini-Instructivo ImageJ

- Se abre una ventana donde figura el valor de la medición, corresponderá a la columna "Length".

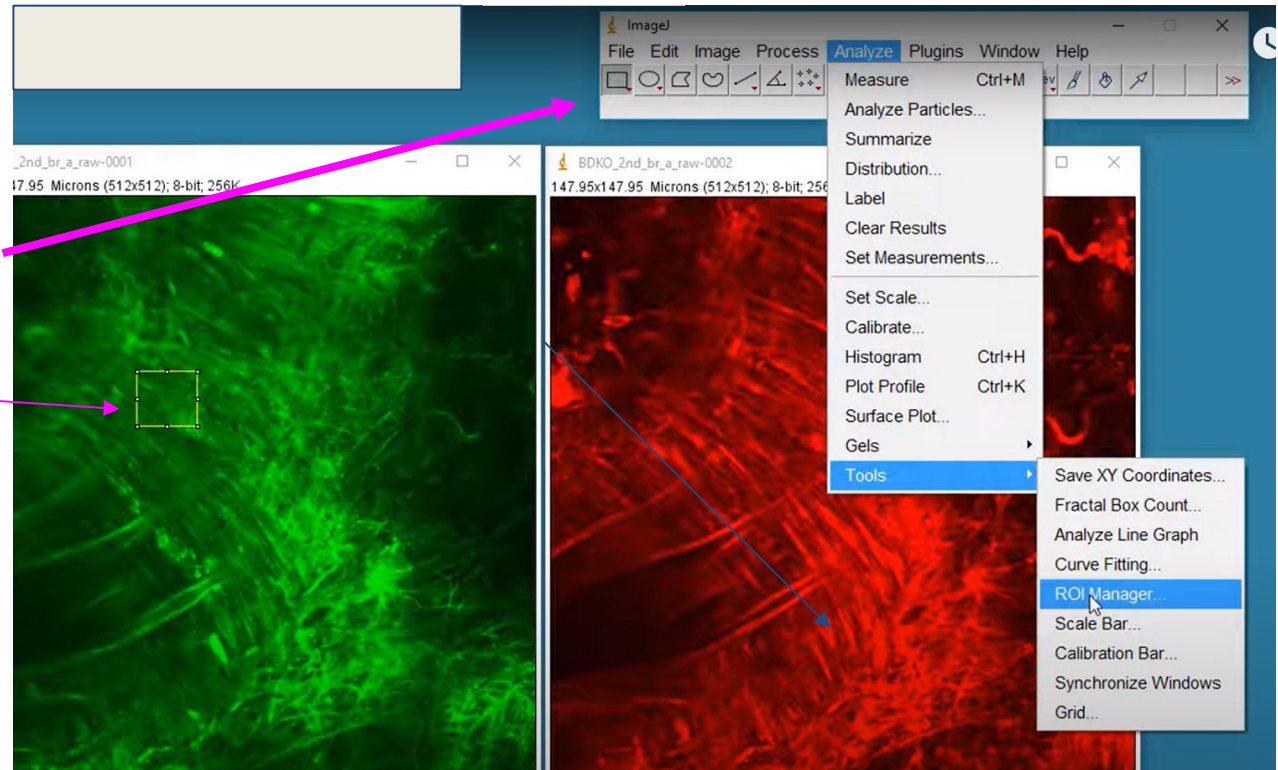


The screenshot shows the 'Results' window in ImageJ. The window title is 'Results' and it has standard window controls (minimize, maximize, close). The menu bar includes 'File', 'Edit', 'Font', and 'Results'. The table below contains the following data:

Area	Mean	Min	Max	Angle	Length
.002	134.602	131.000	139.667	0.000	0.263
.020	104.598	81.000	139.667	0.434	2.316
.001	135.404	132.667	139.333	0.000	0.158
47.738	73.932	52.000	255.000	0.000	0.000
6.185	107.416	64.000	255.000	0.000	0.000
.028	61.008	57.105	66.000	5.425	3.154
.026	77.253	66.000	94.000	1.017	2.965

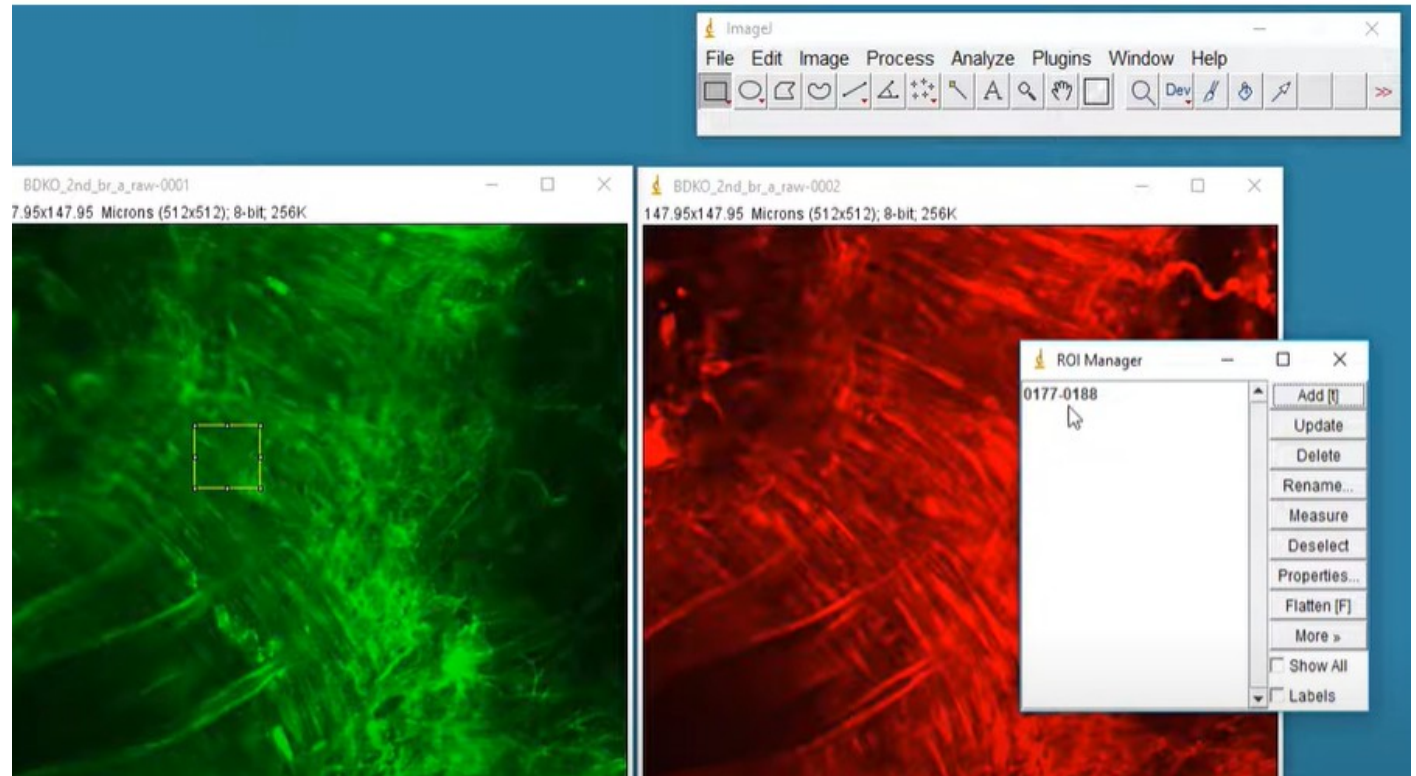
Analizando la intensidad del Patrón de Difracción

1. Seleccionar región, en este caso se utilizó el icono para región rectangular
2. Analyze>Tools>ROI Manager



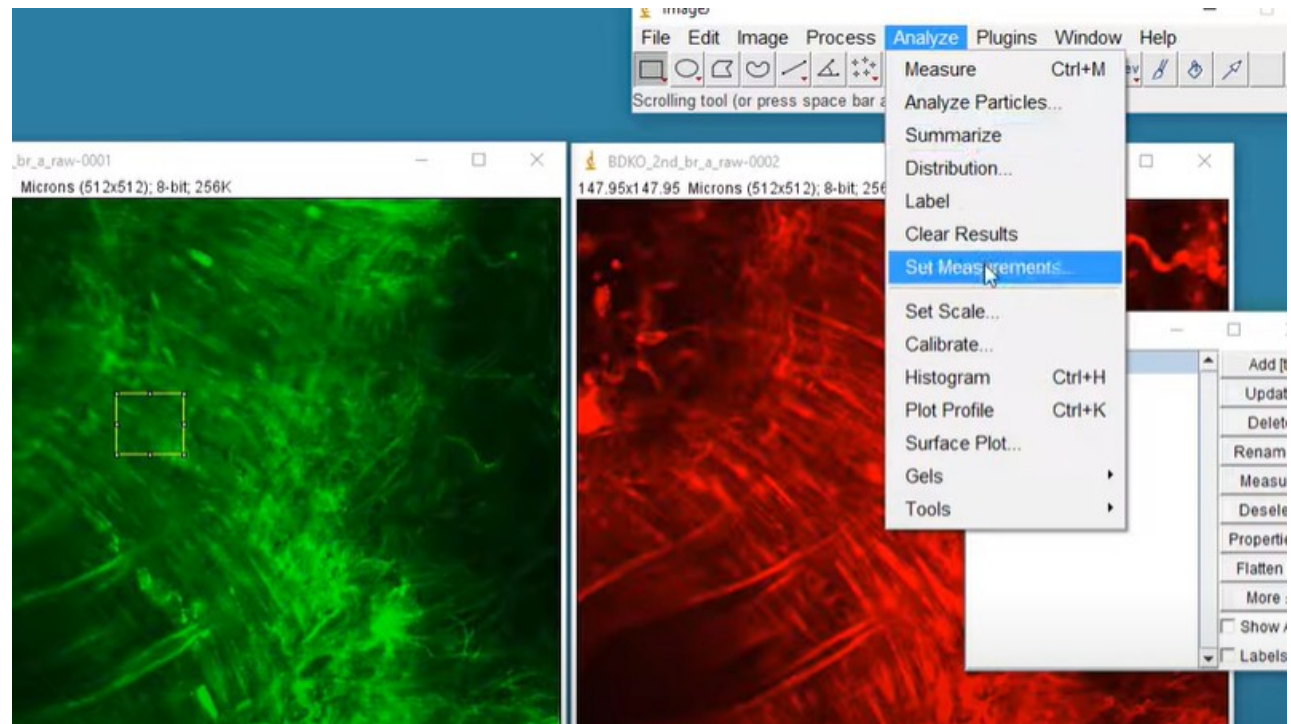
Analizando la intensidad del Patrón de Difracción

3. Marcar las regiones de interés y usar la opción *Rename* para caracterizarla con un nombre que les permita identificar cuál zona están midiendo.



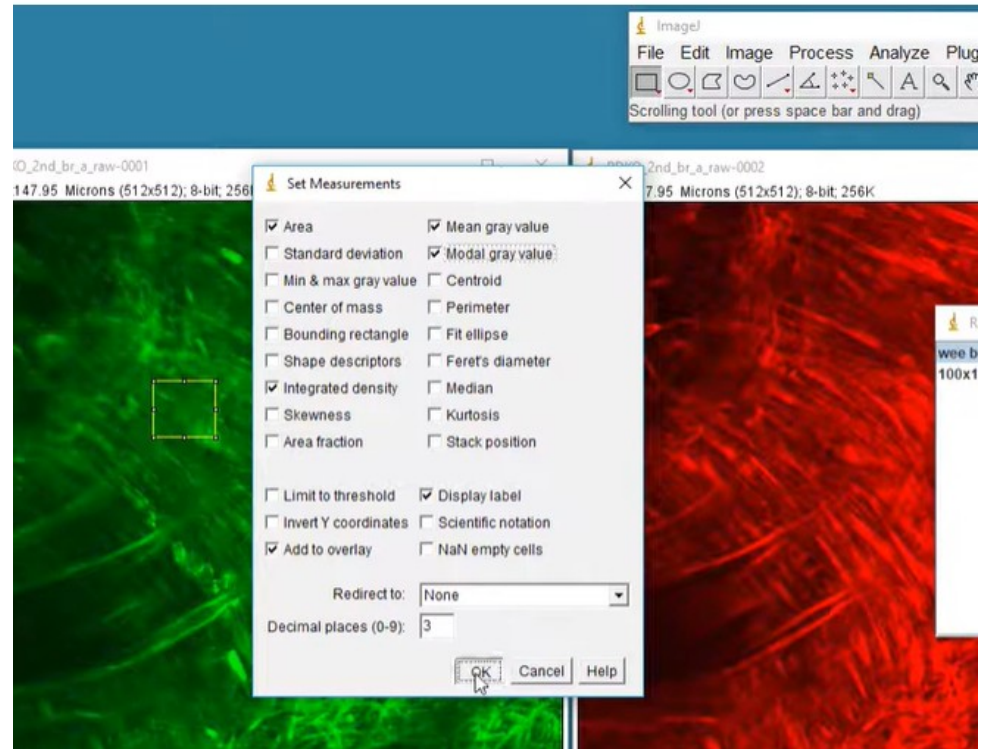
Analizando la intensidad del Patrón de Difracción

4. Analyze > Set Measurements



Analizando la intensidad del Patrón de Difracción

5. Seleccionar Integrated density

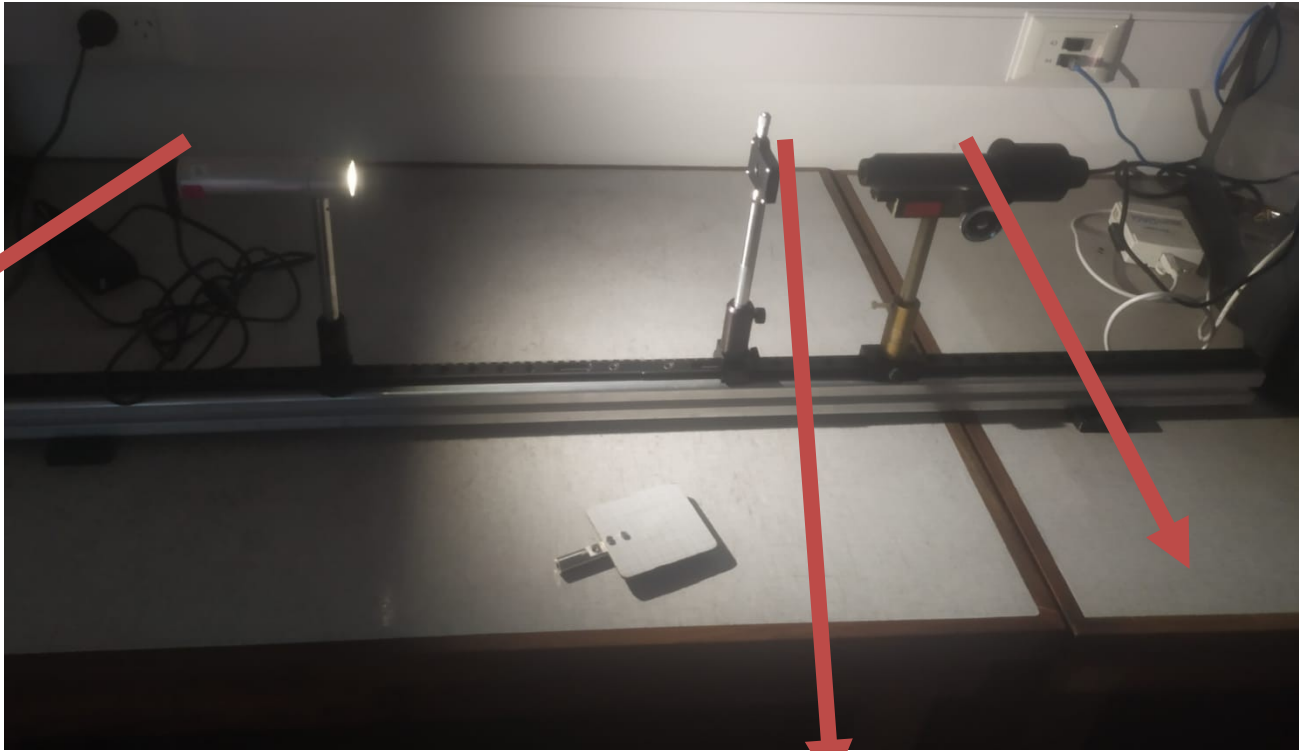


Resumen de Actividades para el estudio de la Difracción

1. Tomar foto de la hoja milimetrada.
2. Configurar la escala con el programa ImageJ, eso significa otorgar una equivalencia entre valor de longitud y pixeles (Ver mini-instructivo).
3. Hacer difracción con el alambre/pelo.
4. Graficar la posición de los mínimos sobre la hoja milimetrada.
5. Medir el diámetro del pelo/alambre.
6. Fotografiar el patrón de difracción.
7. Analizar con el ImageJ, y calcular la distancia entre los mínimos.
8. Analizar la intensidad con el ImageJ.
9. Realizar difracción con la abertura
10. Buscar que el patrón coincida con el pelo/alambre.
11. Medir el ancho de la ranura/rendija simple.

¿Cómo medir el ancho de la ranura/rendija simple?

Luz Blanca
+ fuente



Cámara para
capturar imagen
de ranura

Ranura montada
en una torreta +
bastago

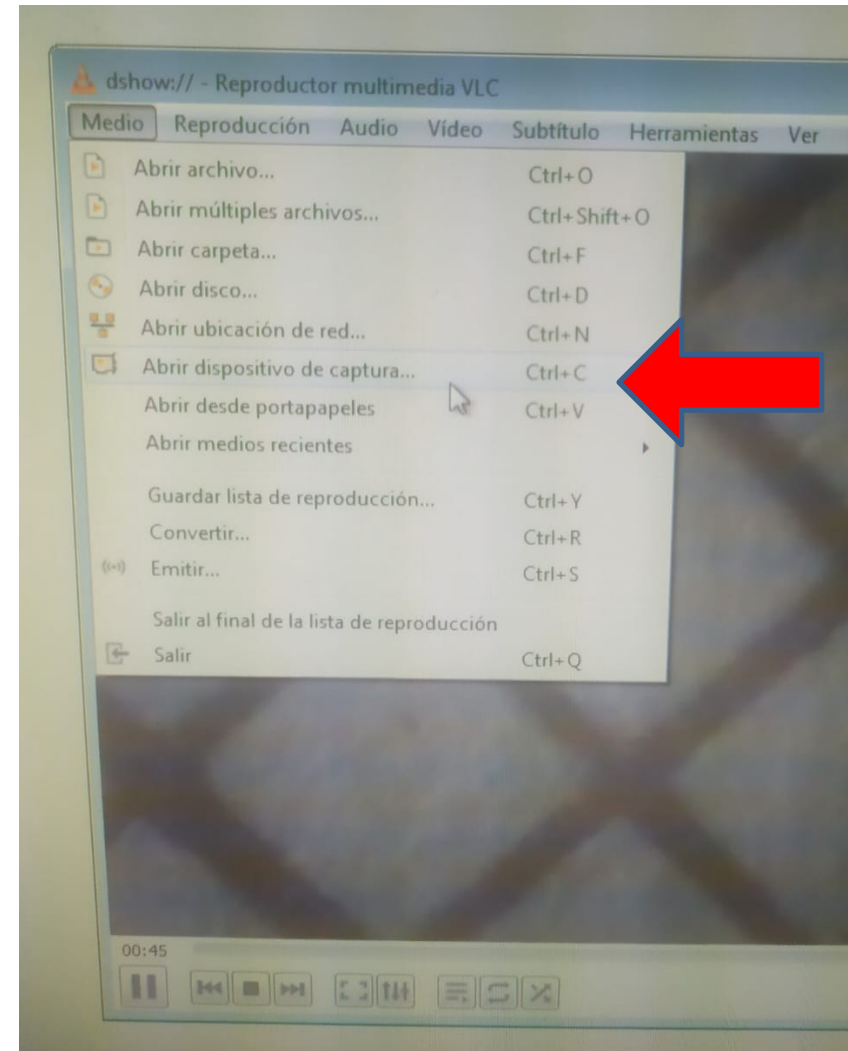
2) Medir ancho de la Ranura

II-Ancho de la ranura

1. Usar el programa VLC
2. Capturar imagen de la pantalla milimetrada/
hoja milimetrada

VLC>Medio>Abrir dispositivo de captura

3. Abrir el ImageJ.
4. Medir la abertura de la rendija.



¡A medir!

4) Resultados y análisis

I-Polarización: Ley de Malus

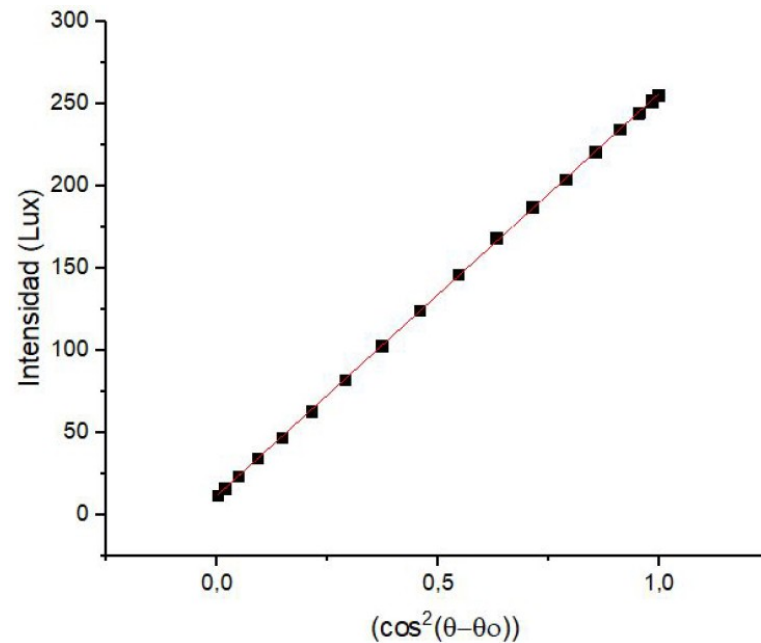
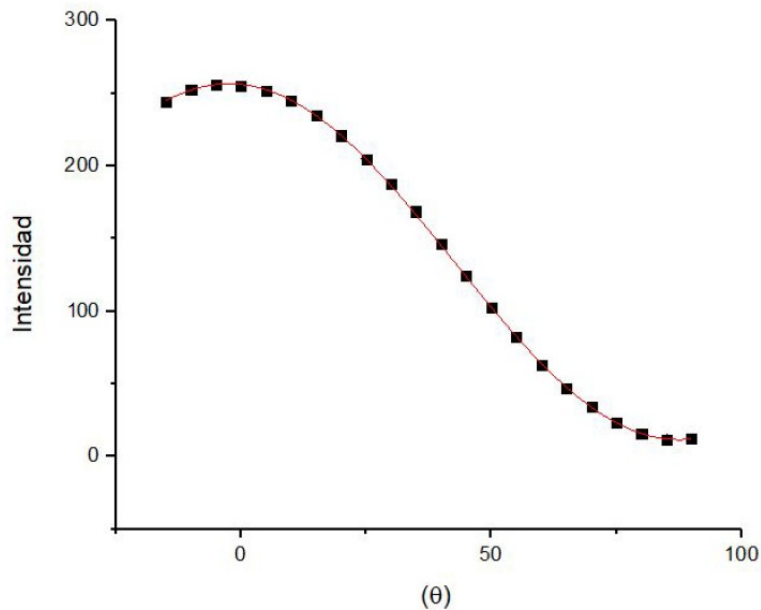
☒ Observación: $I(90^\circ) = 0$

☒ Esto se debe al hecho de que el campo eléctrico que ha pasado a través del polarizador es perpendicular al eje del analizador (polarizadores cruzados).

☒ El campo es paralelo al que se llama eje de extinción del analizador y no tiene ninguna componente a lo largo del eje de transmisión.

☒ Dada ley de Malus: $I = I_0 \cos^2(\theta)$:

☒ I vs $\cos^2(\theta)$ da una curva lineal, I vs $\cos(\theta)$ da una curva cuadrática e I vs θ da una curva coseinoidal



5) Aplicaciones

I-Polarización: Ley de Malus

Aplicación de polarizadores



<https://www.freepik.es/vectores/flor>>Vector de Flor creado por brefox - www.freepik.es
<https://www.freepik.es/fotos/perro>>Foto de Perro creado por freepik - www.freepik.es

5) Aplicaciones

I-Polarización: Ley de Malus

Aplicación de polarizadores



5) Aplicaciones

I-Polarización: Ley de Malus

Aplicación de polarizadores

Polarized Lens on a Camera



Reduce Reflections



<https://www.slideshare.net/rajukaiti/polarization-and-its-application-in-ophthalmology>
<https://camaras.uno/filtros-fotograficos-polarizadores-cual-es-la-mejor-opcion-y-para-que-sirven/>

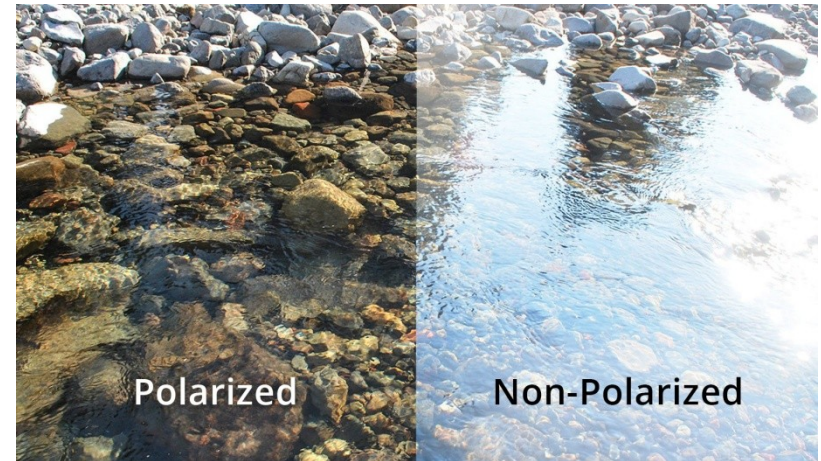
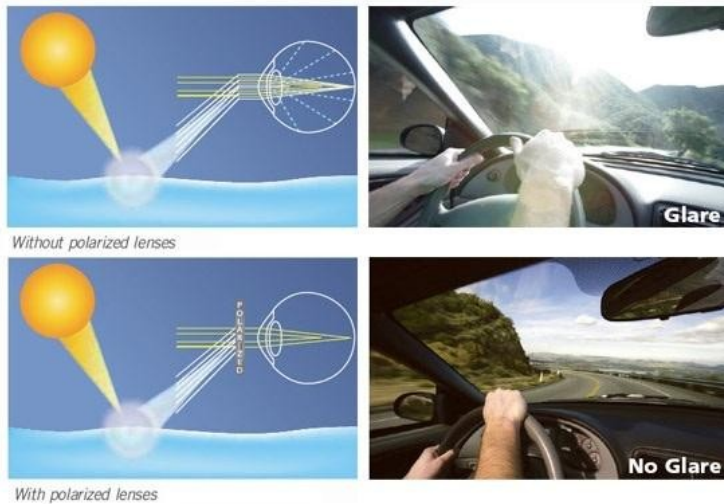
5) Aplicaciones

I-Polarización: Ley de Malus

Aplicación de polarizadores

☑ El resplandor de las superficies reflectantes puede reducirse con el uso de anteojos de sol polarizados.

☑ Los ejes de polarización de la lente son verticales ya que la mayor parte del deslumbramiento se refleja en superficies horizontales.



Anteojos polarizados para manejar.

Anteojos polarizados para pescar.

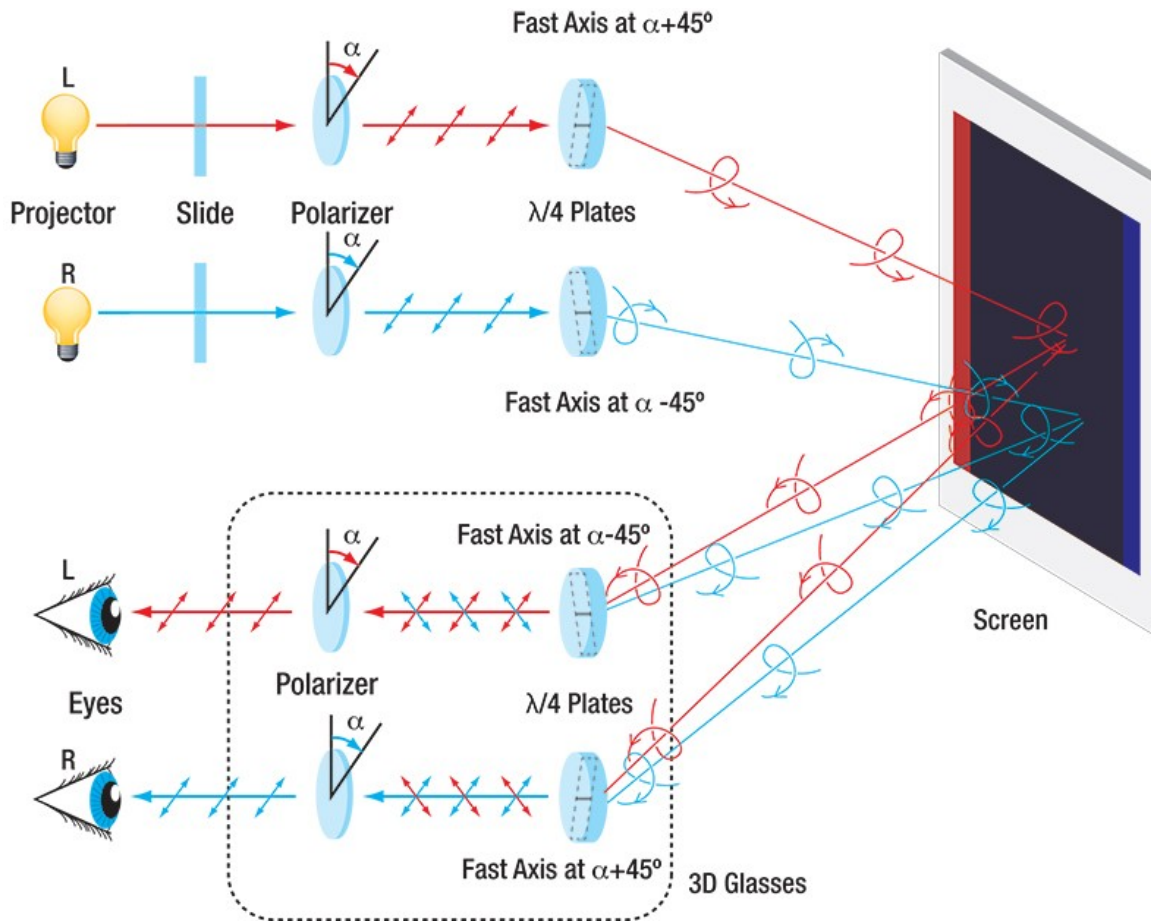
<https://www.blinkvision.com/sunglasses-are-good-but-polarized-sunglasses-are-better/>

<https://www.newbedfordguide.com/polarized-vs-non-polarized-sunglass-lenses/2015/05/28?print=print>

5) Aplicaciones

I-Polarización: Ley de Malus

Aplicación de polarizadores Anteojos cine 3D.



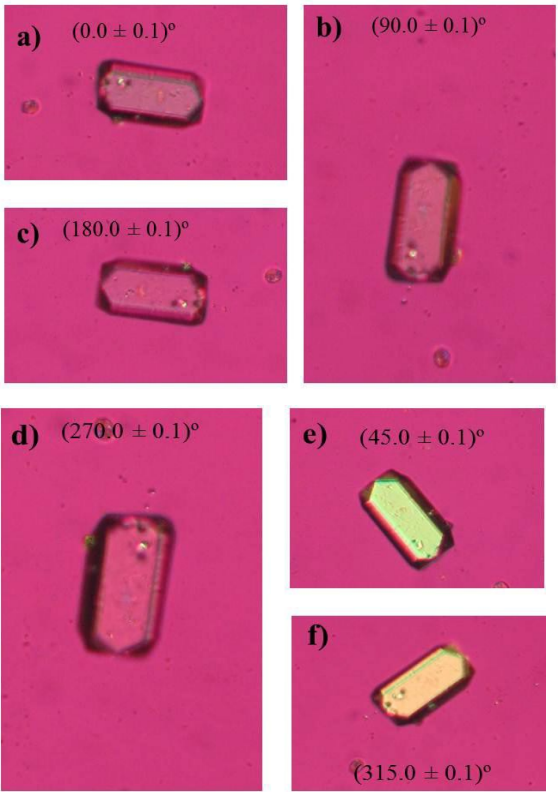
- ☒ Se proyectan dos películas a la vez a través de dos proyectores.
- ☒ Y a su vez a través de filtros polarizadores con ejes perpendiculares entre sí
- ☒ Los espectadores llevan anteojos con 2 filtros de polaroid con ejes perpendiculares
- ☒ El ojo derecho “R” ve la película proyectada a la izquierda
- ☒ El ojo izquierdo “L” ve las proyecciones de la derecha

https://www.thorlabs.com/newgrouppage9.cfm?objectgroup_id=8204

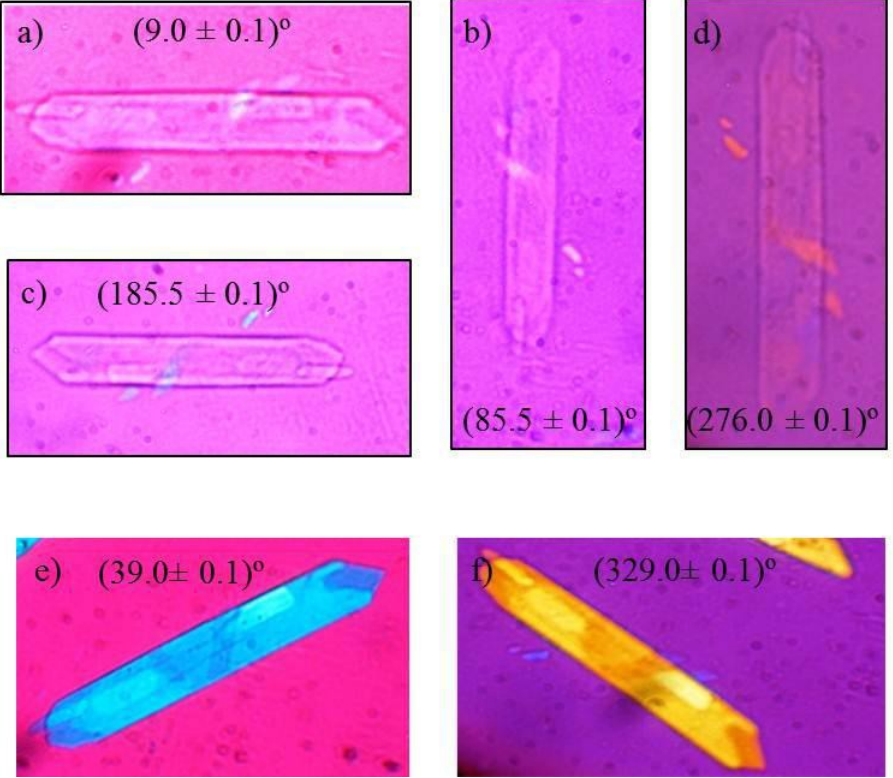
5) Aplicaciones

I-Polarización: Ley de Malus

Aplicación de polarizadores cruzados: estudio de cristalinidad de compuestos por birrefringencia bajo norma USP 38 monografía <776>.



Carboplatino

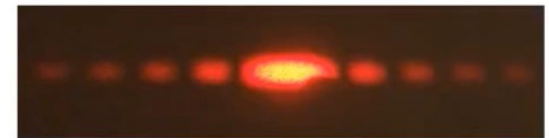
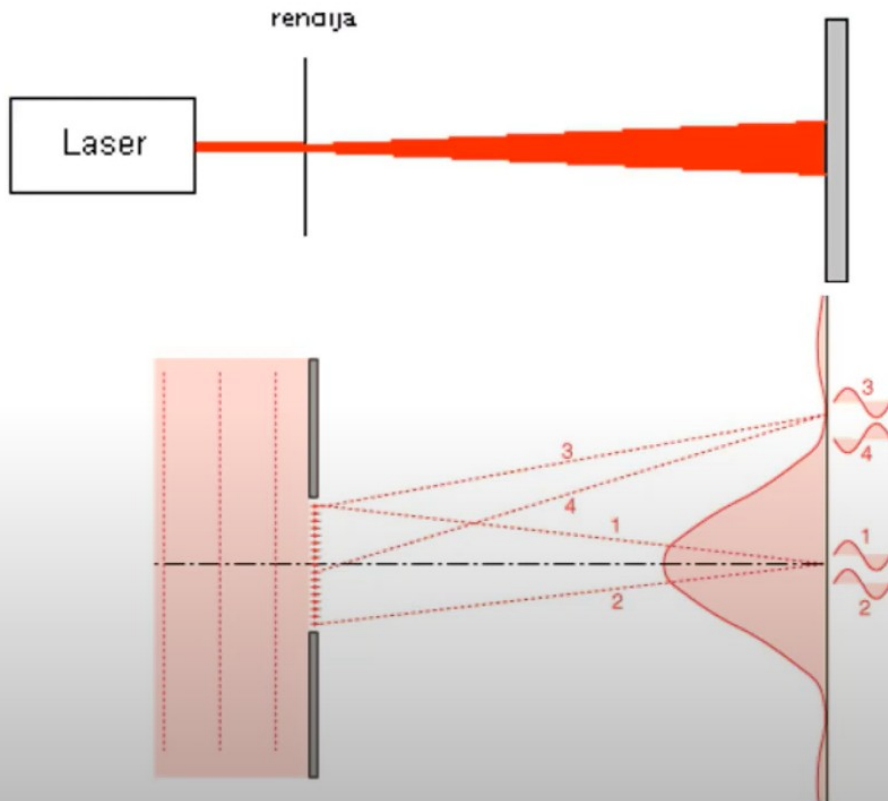


Clindamicina Fosfato

Dras. M. Rodríguez y Florencia Di Salvo

II-Difracción

Haz incide normalmente en una rendija plana y rectangular.



Se observa un gran máximo central y máximos secundarios separados por mínimos.

¿cómo determinar la posición de los máximos y de los mínimos?