



NARTEX

Caracterización de aerosoles por
espectroscopía de dispersión.

O por qué el cielo es azul...

¿Por qué estudiar los aerosoles? Impacto en la calidad del aire, salud y clima

Objetivo:

Medir espectros de luz dispersada y
estimar tamaños de partícula

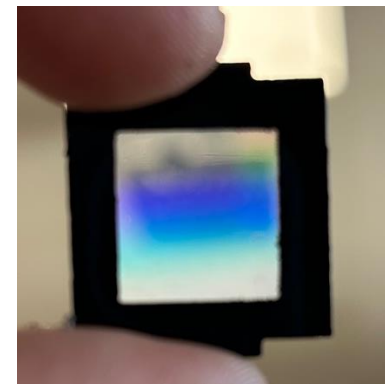
Fundamentos teóricos.



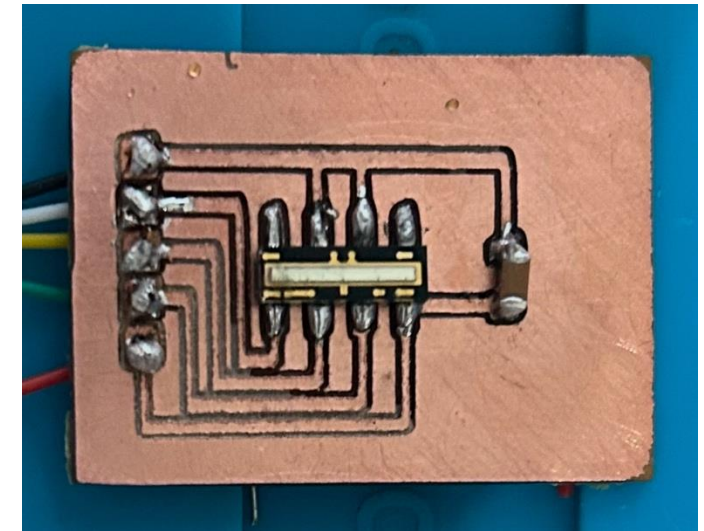
- Rayleigh: partículas mucho más pequeñas que $\lambda \rightarrow$ dispersión λ^{-4} (color azul)
- Mie: partículas de tamaño comparable a $\lambda \rightarrow$ dispersión menos dependiente de λ

¿Por qué el cielo es azul?

Espectrómetro basado en el sensor TSL1401CL

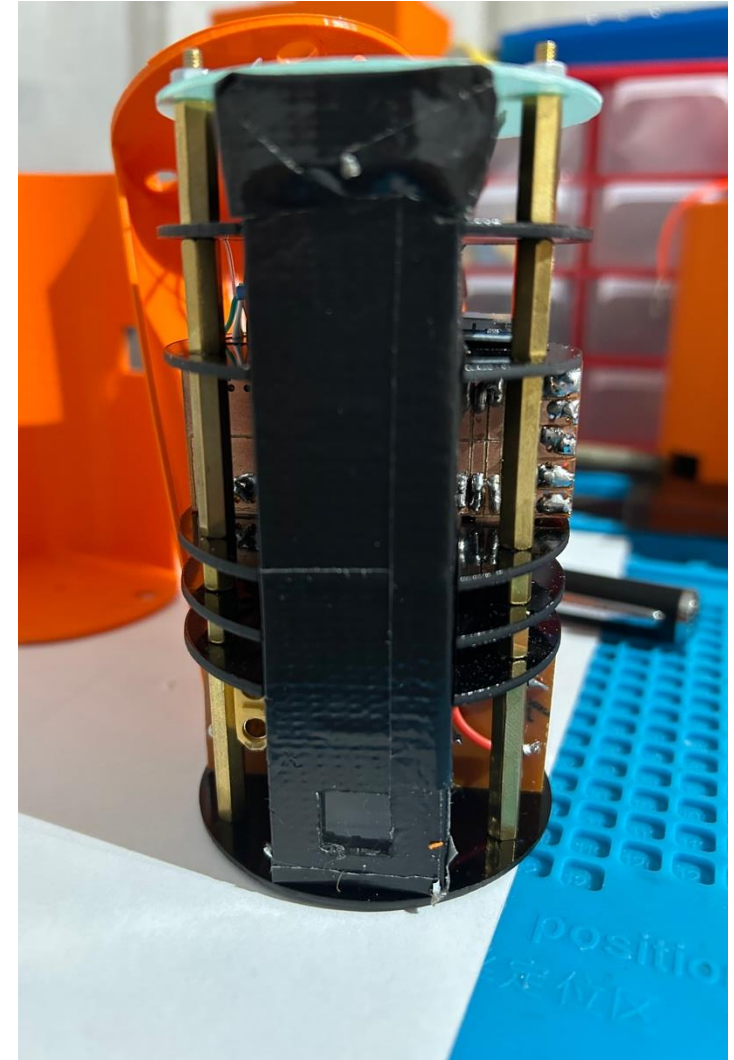


Red de difracción 500 líneas / mm



- Red de difracción + sensor de 128 píxeles
- Rango aproximado: 400–900 nm → ~4 nm/píxel

Nuestro canSat

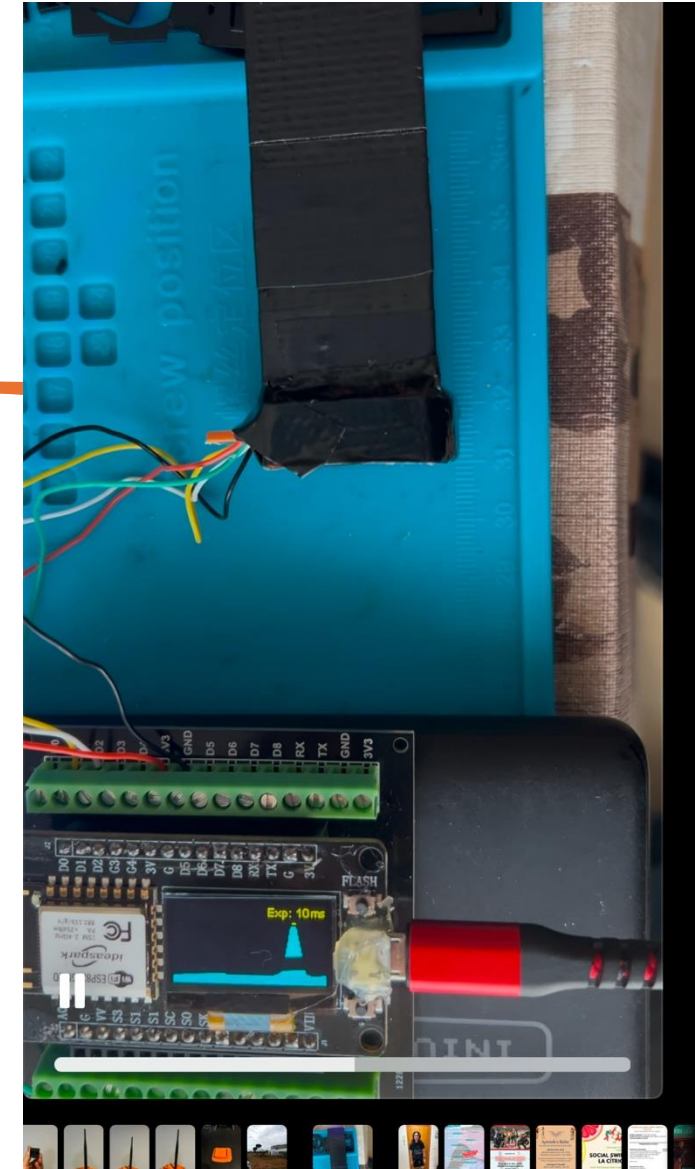


Calibrando el espectrómetro

Láseres de referencia

- Láser Púrpura: 405 nm
- Láser Verde: 532 nm
- Láser Rojo: 650 nm

Utilizamos un microcontrolador ESP8266 con pantalla OLED para Hacer las pruebas previas del espectrómetro.



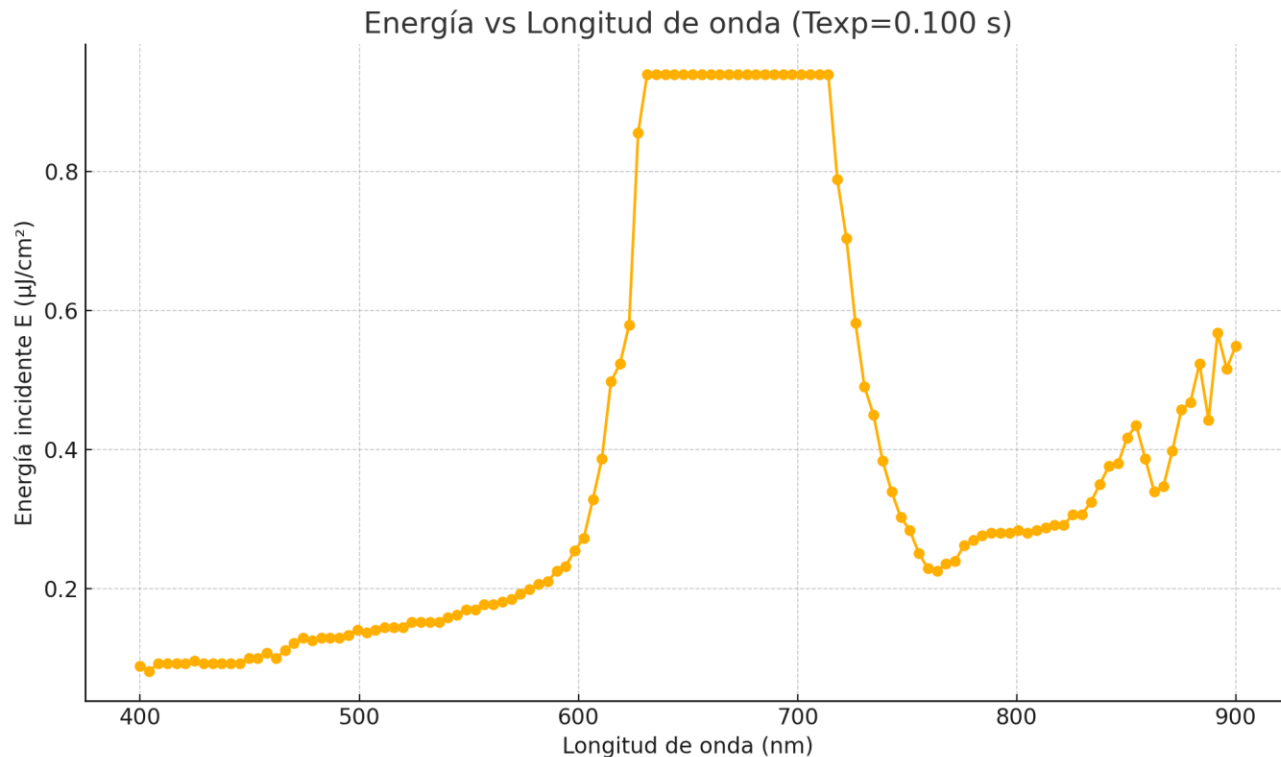
Obtención de datos, captura del espectro completo 400-900 nm

11:40:57.583 RAW header: '2456.969,29.39,1015.53,-2.24,1.1,-0.9,0.098,'

11:40:57.584 t=2456.969s T=29.39°C P=1015.53hPa A=-2.24m pitch=1.10° roll=-0.90° Texpo=0.098s |
RSSI=-28 dBm SNR=10.0

- 11:40:57.594
pix0=44 pix1=44 pix2=44 pix3=48 pix4=44 pix5=48 pix6=52 pix7=44 pix8=48 pix9=48 pix10=52 pix11=44 pix12=48 pix13=48 pix14=52 pix15=48 pix16=52 pix17=56 pix18=60 pix19=56 pix20=60 pix21=60 pix22=56 pix23=64 pix24=64 pix25=64 pix26=60 pix27=60 pix28=68 pix29=64 pix30=68 pix31=60 pix32=64 pix33=64 pix34=64 pix35=68 pix36=72 pix37=64 pix38=72 pix39=68 pix40=72 pix41=68 pix42=72 pix43=72 pix44=72 pix45=76 pix46=76 pix47=80 pix48=88 pix49=84 pix50=84 pix51=88 pix52=88 pix53=88 pix54=100 pix55=96 pix56=100 pix57=104 pix58=116 pix59=124 pix60=128 pix61=132 pix62=136 pix63=148 pix64=188 pix65=204 pix66=280 pix67=300 pix68=348 pix69=392 pix70=424 pix71=500 pix72=472 pix73=552 pix74=504 pix75=464 pix76=476 pix77=592 pix78=492 pix79=480 pix80=560 pix81=492 pix82=512 pix83=468 pix84=504 pix85=484 pix86=572 pix87=496 pix88=300 pix89=272 pix90=224 pix91=156 pix92=116 pix93=104 pix94=104 pix95=96 pix96=100 pix97=100 pix98=104 pix99=100 pix100=100 pix101=100 pix102=100 pix103=92 pix104=100 pix105=96 pix106=100 pix107=96 pix108=100 pix109=100 pix110=112 pix111=108 pix112=116 pix113=108 pix114=120 pix115=120 pix116=112 pix117=96 pix118=108 pix119=112 pix120=124 pix121=120 pix122=136 pix123=120 pix124=156 pix125=136 pix126=148

Calculamos la energía incidente frente a la longitud de onda del laser de referencia 650 nm (Rojo)



1. Convertir a voltaje:

$$V = \frac{\text{pix}}{1023} V_{\text{ref.}}$$

2. Calcular energía:

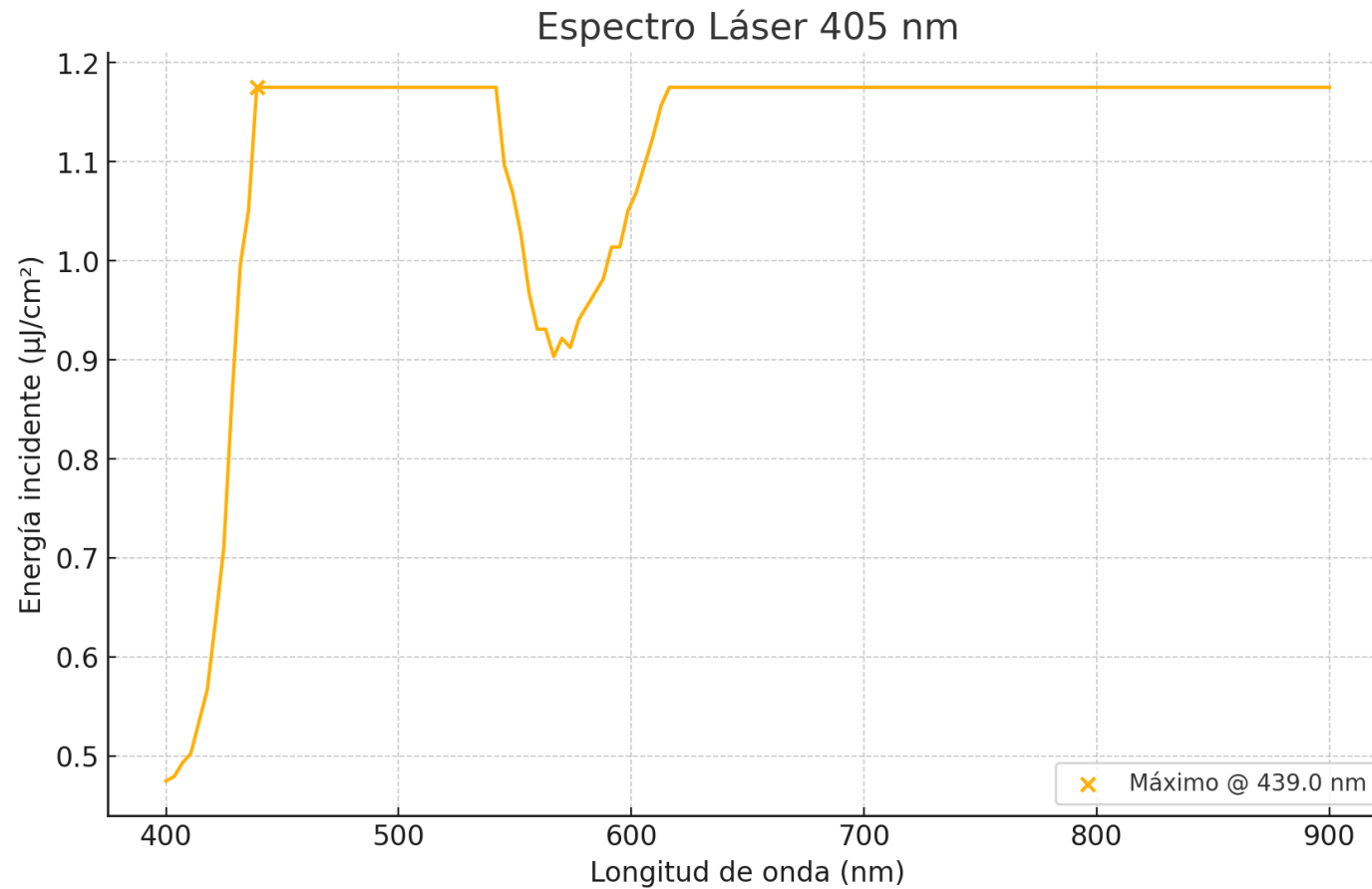
$$E = \frac{V}{R T_{\text{exp.}}}$$

R es la responsividad del sensor

$$R = 35 \frac{\text{V}}{\mu\text{J}/\text{cm}^2}$$

T_{exp} : Tiempo de exposición en segundos

Láser púrpura: 405 nm



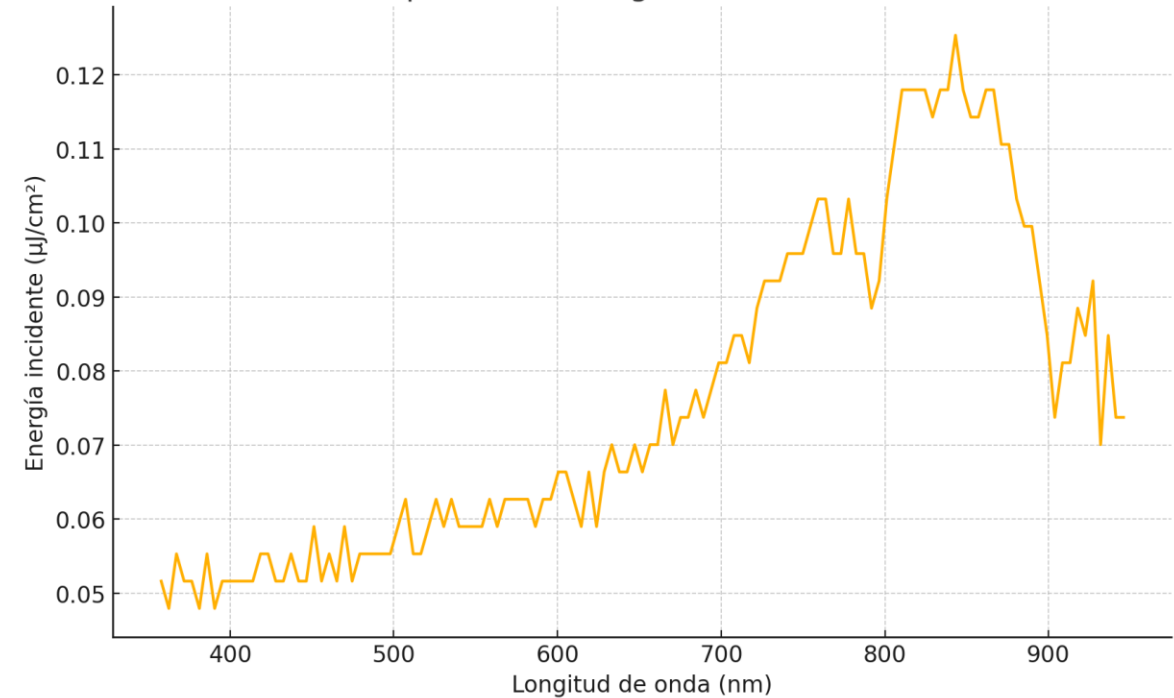
Apuntando al Limbo

12:05:04.646 RAW header: '501.244,29.02,1015.31,0.54,-
2.3,16.6,0.100,'

12:05:04.647 t=501.244s T=29.02°C P=1015.31hPa A=0.54m pitch=-
2.30° roll=16.60° Texpo=0.100s | RSSI=-38 dBm SNR=9.8

- 12:05:04.661
pix0=56 pix1=52 pix2=60 pix3=56 pix4=56 pix5=52 pix6=60 pix7=52
pix8=56 pix9=56 pix10=56 pix11=56 pix12=56 pix13=60 pix14=60
pix15=56 pix16=56 pix17=60 pix18=56 pix19=56 pix20=64 pix21=56
pix22=60 pix23=56 pix24=64 pix25=56 pix26=60 pix27=60 pix28=60
pix29=60 pix30=60 pix31=64 pix32=68 pix33=60 pix34=60 pix35=64
pix36=68 pix37=64 pix38=68 pix39=64 pix40=64 pix41=64 pix42=64
pix43=68 pix44=64 pix45=68 pix46=68 pix47=68 pix48=68 pix49=64
pix50=68 pix51=68 pix52=72 pix53=72 pix54=68 pix55=64 pix56=72
pix57=64 pix58=72 pix59=76 pix60=72 pix61=72 pix62=76 pix63=72
pix64=76 pix65=76 pix66=84 pix67=76 pix68=80 pix69=80 pix70=84
pix71=80 pix72=84 pix73=88 pix74=88 pix75=92 pix76=92 pix77=88
pix78=96 pix79=100 pix80=100 pix81=100 pix82=104 pix83=104
pix84=104 pix85=108 pix86=112 pix87=112 pix88=104 pix89=104
pix90=112 pix91=104 pix92=104 pix93=96 pix94=100 pix95=112
pix96=120 pix97=128 pix98=128 pix99=128 pix100=128 pix101=124
pix102=128 pix103=128 pix104=136 pix105=128 pix106=124
pix107=124 pix108=128 pix109=128 pix110=120 pix111=120
pix112=112 pix113=108 pix114=108 pix115=100 pix116=92
pix117=80 pix118=88 pix119=88 pix120=96 pix121=92
pix122=100 pix123=76 pix124=92 pix125=80 pix126=80

Espectro de Energía - t = 501.244 s



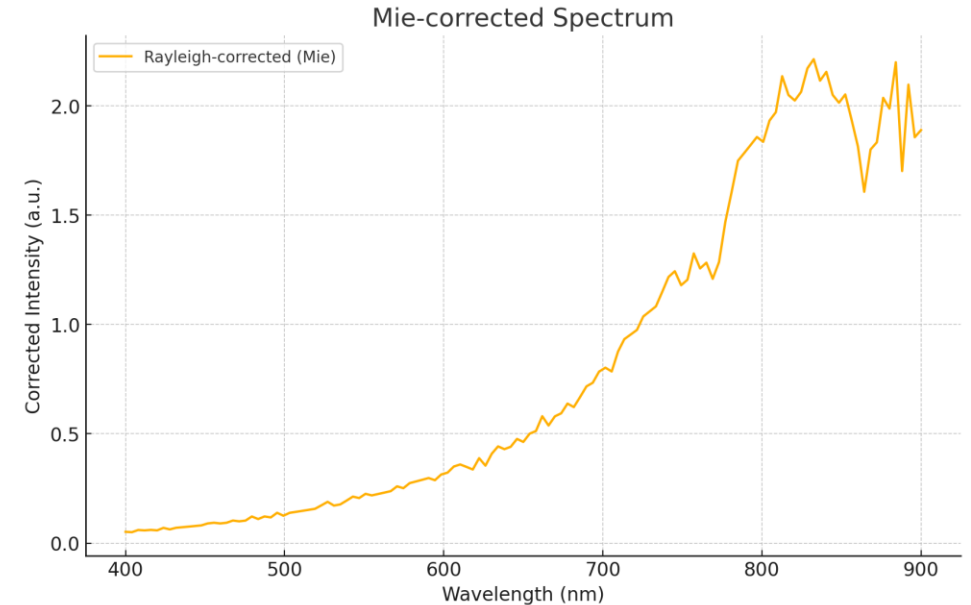
Procesando datos

El análisis de los datos es realmente complejo!!!

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Calibrar espectrómetro con los 3 láser (405, 532 y 650 nm)
- Convertir cada pixel en energía y normalizar.
- Aplicar la corrección de Rayleigh ($\sim 1/\lambda^4$)
- Aplicar un modelo de dispersión PyMyscatt en Python para estimar tamaño y concentración de partículas.

ESTA TAREA SE LA HEMOS ENCOMENDADO A LA IA!



Obteniendo resultados

Hemos obtenido los máximos en los píxeles 51 y 87, le asignamos una longitud de onda extrapolada.

$$\lambda(p) \approx 400 + 3.94 p \quad [\text{nm}]$$

Pixel	λ (nm)	Intensidad
51	$400 + 3.94 \cdot 51 \approx 600$ nm	~112
87	$400 + 3.94 \cdot 87 \approx 742$ nm	~112

La relación del radio con la longitud de onda es la siguiente: $r \approx \frac{\lambda}{2\pi}$

λ (nm)	$r \approx \lambda/(2\pi)$ (nm)	diámetro $\approx 2r$ (nm)
600	$600/6.28 \approx 95$	≈ 190 nm
742	$742/6.28 \approx 118$	≈ 236 nm

Y entonces, ¿qué tenemos?

Tipo de partícula	Rango típico de diámetro	¿Encaja con 200 nm?
Gotas de agua (niebla)	1 μm – 20 μm	No (demasiado grandes)
Polen	10 μm – 100 μm	No (muy por encima)
Arena/ polvo grueso	1 μm – 100 μm (sobre todo >1 μm)	No (demasiado grandes)
Humo / hollín / combustión	20 nm – 500 nm (modo ultrafino a fino)	Sí (encaja muy bien)
Aerosoles secundarios (orgánicos, sulfatos)	50 nm – 300 nm	Sí (modo fino)
Sal marina	100 nm – 1 μm	Parcial (pero suele >300 nm)

Las mediciones coinciden con partículas de combustión, hollín, ceniza fina y aerosoles orgánicos

GRACIAS POR SU ATENCIÓN