



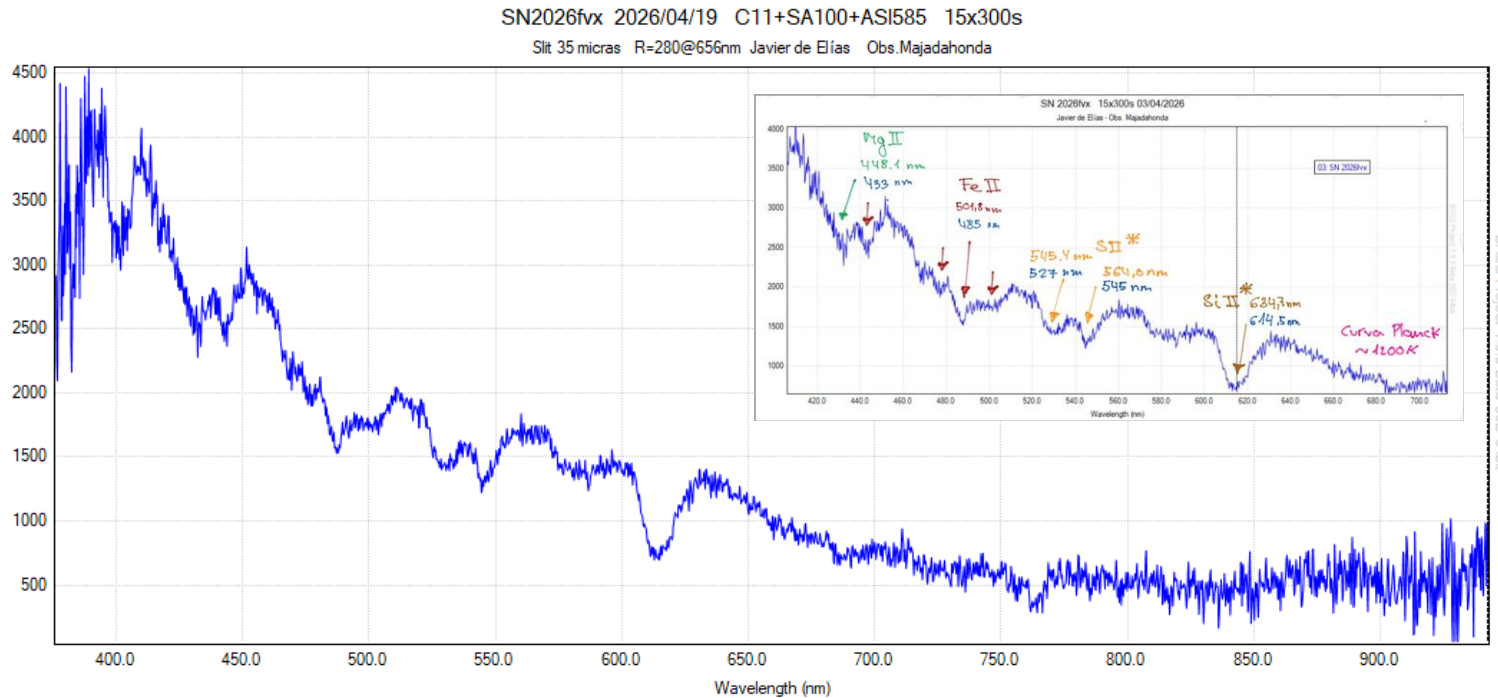
Llevando la SA100 al siguiente nivel

Construcción de un espectrógrafo de rendija basado en Star Analyser

Javier de Elías · AAM / Observatorio Majadahonda

CEA 2026

Una supernova de magnitud >13 desde un cielo Bortle 9



SN 2026fvx, en la galaxia NGC 4205, a 57 millones de años luz

V = 13,2

Magnitud de la supernova

Bortle 9

Majadahonda, junto a Madrid

SA100

La red con la que todos empezamos,
ahora con rendija

La Star Analyser: por dónde todos hemos empezado

Económica

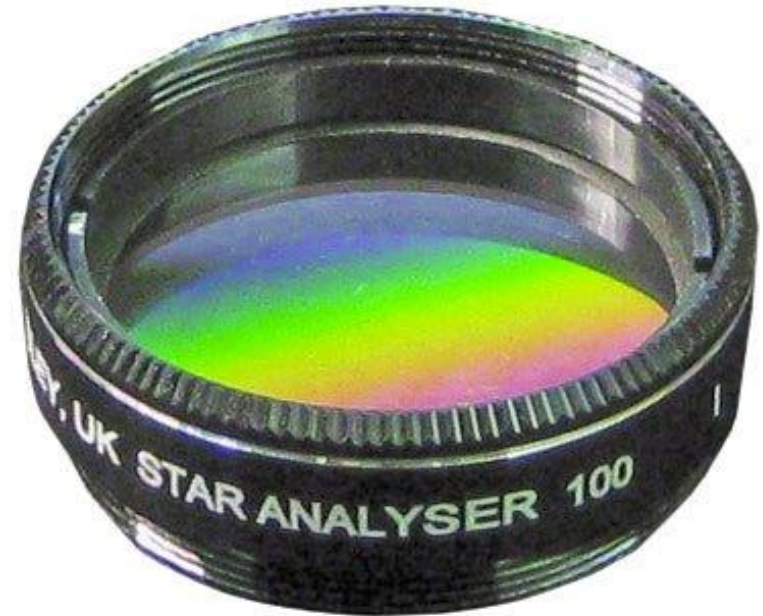
La forma más asequible de empezar en espectroscopía

Fácil de usar

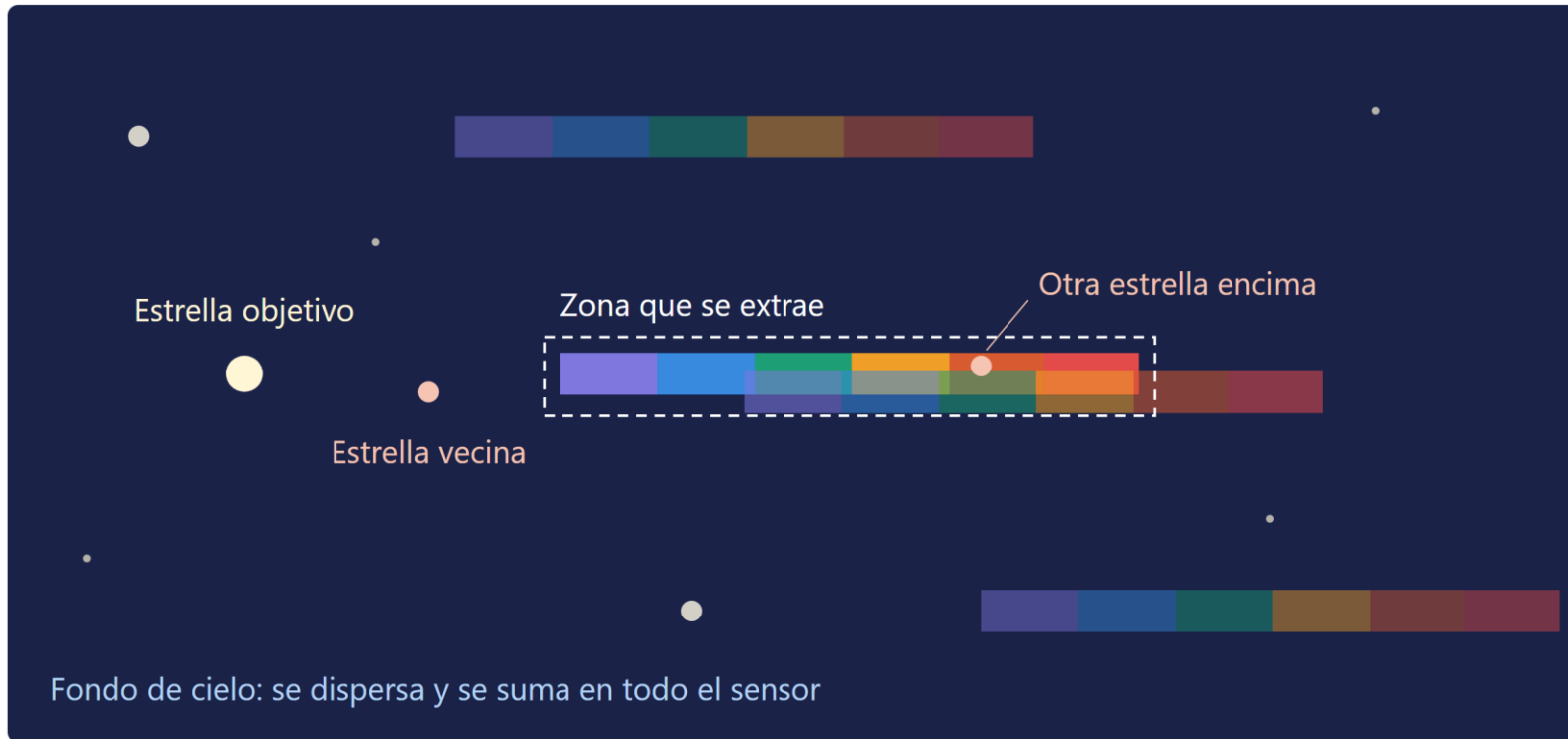
Se enrosca como un filtro

100 líneas/mm

Sin rendija, la resolución típica es $R \approx 150$



Sin rendija, el espectro llega contaminado

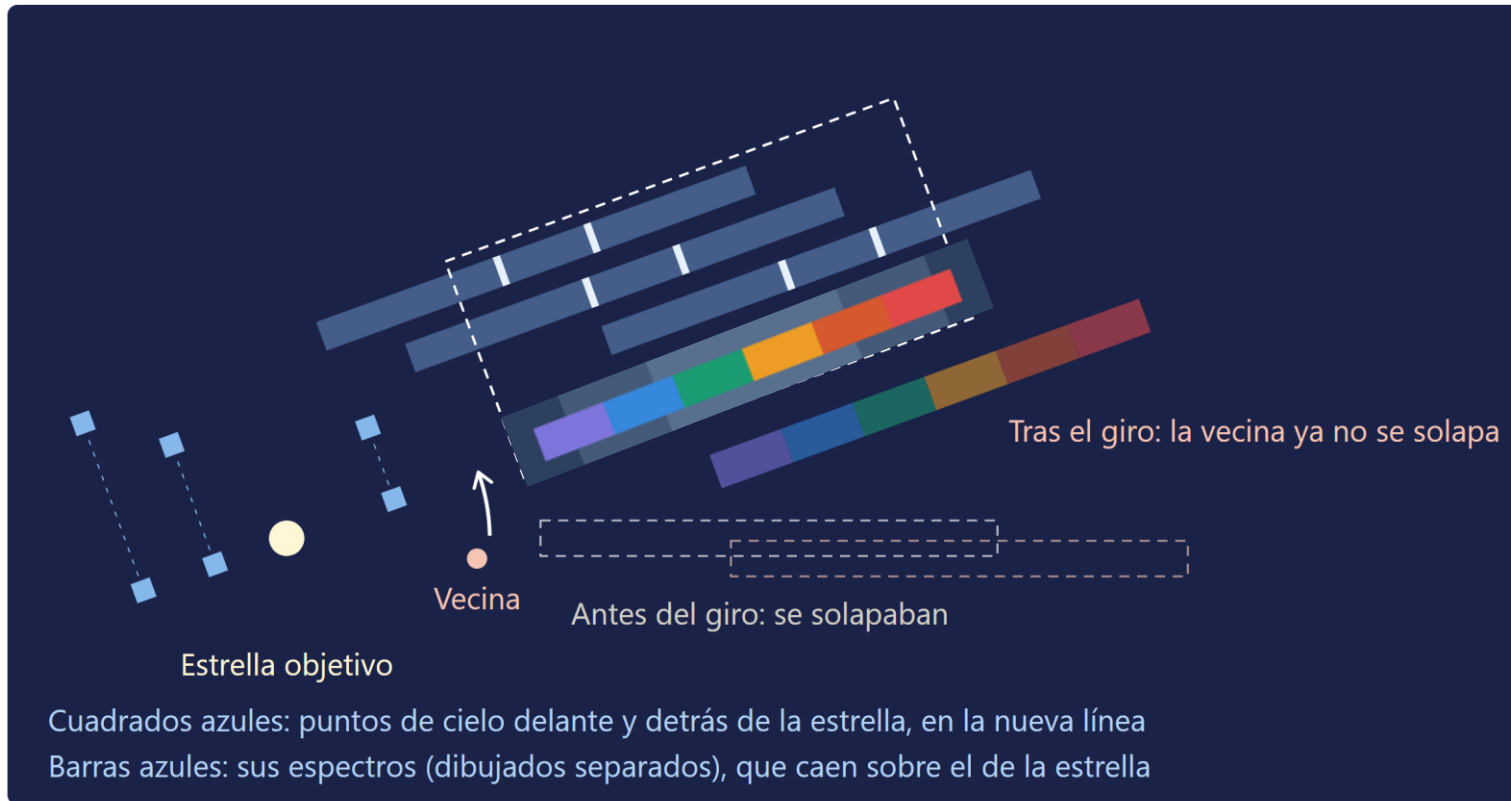


Todo el campo se dispersa

Lo que medimos es la suma de la estrella, de sus vecinas y del fondo de cielo.

$$\text{Medido} = \text{Estrella} + \text{Vecinas} + \text{Fondo de cielo}$$

Girar la SA100 evita la vecina, pero no el cielo



El cielo es inevitable

El cielo que hay a ambos lados de la estrella también se dispersa y cae sobre su espectro.



Medido

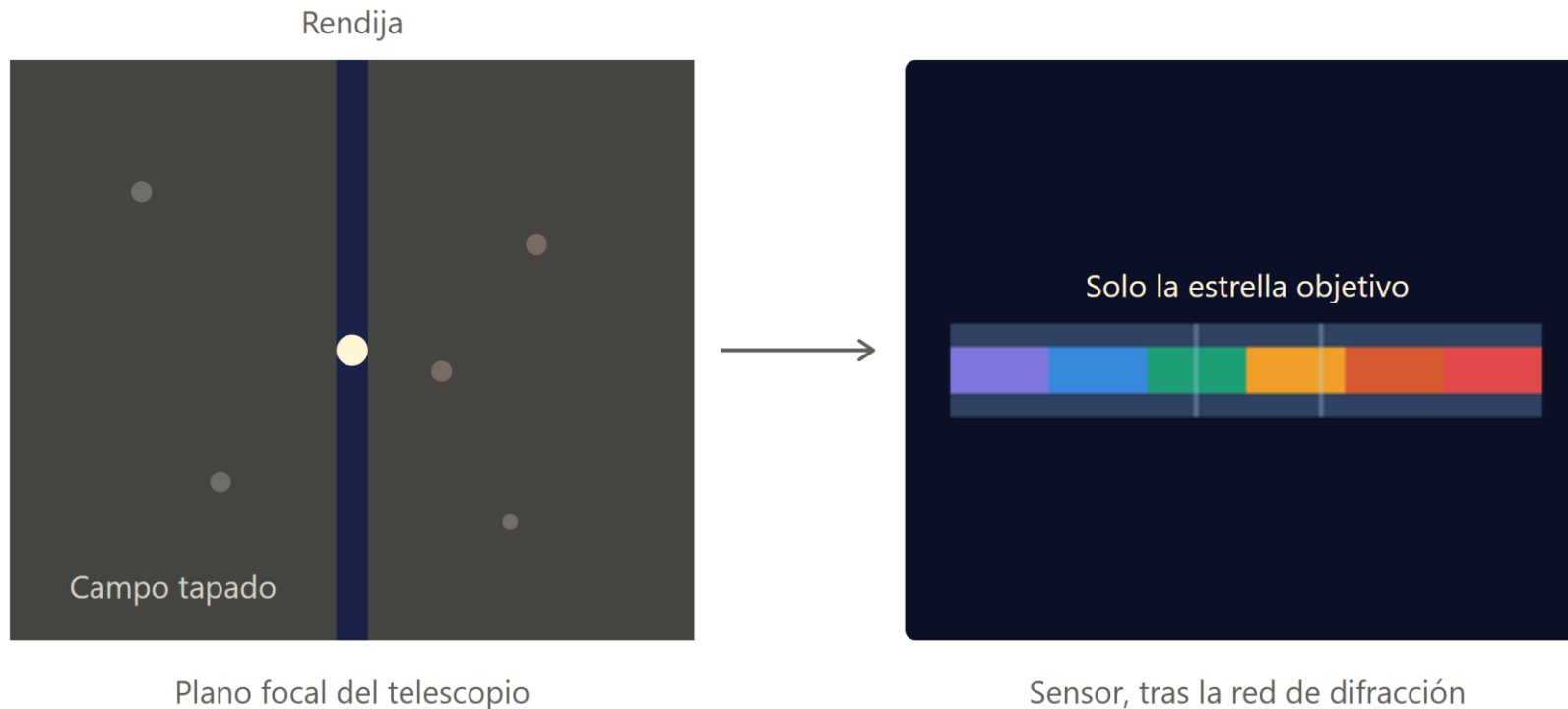
=

Estrella

+

Fondo de cielo

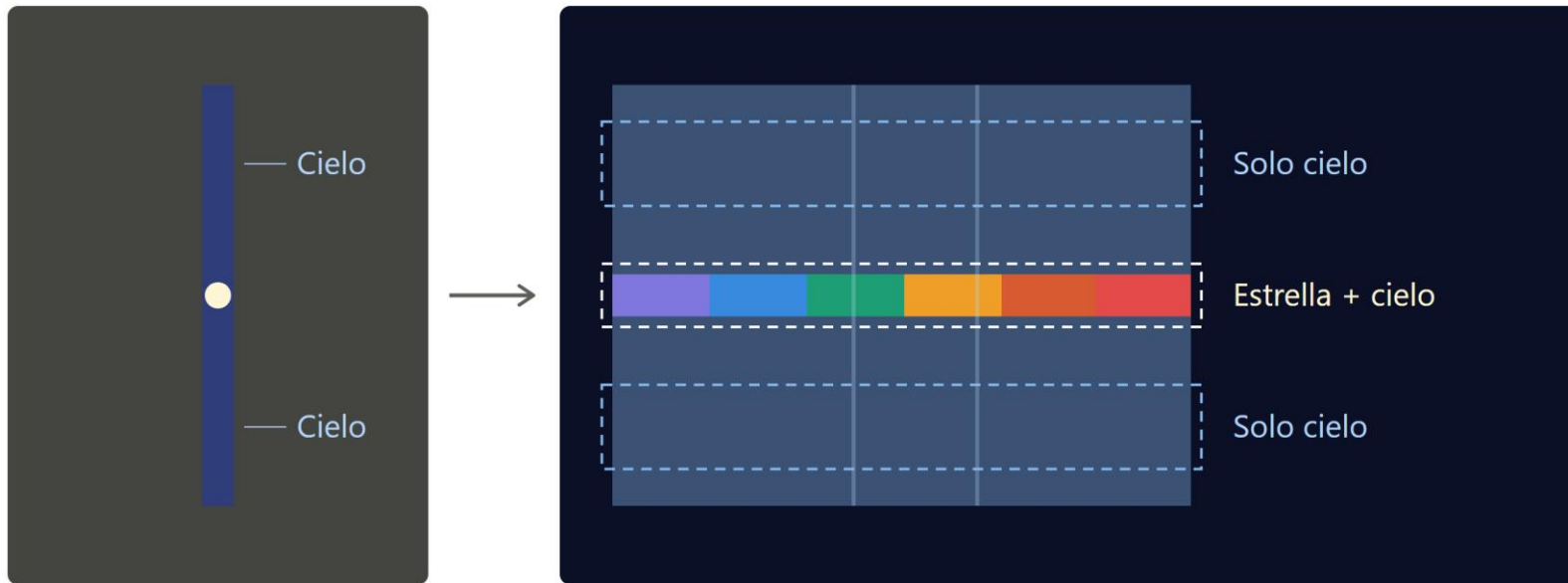
Una rendija aísla la estrella



Solo pasa la estrella

La rendija tapa el resto del campo: a la red solo llega la luz de la estrella ... y el fondo de cielo (solo de dónde está la estrella)

Además, nos da el cielo de al lado para restarlo



Rendija sobre la estrella

Sensor: espectro en dos dimensiones

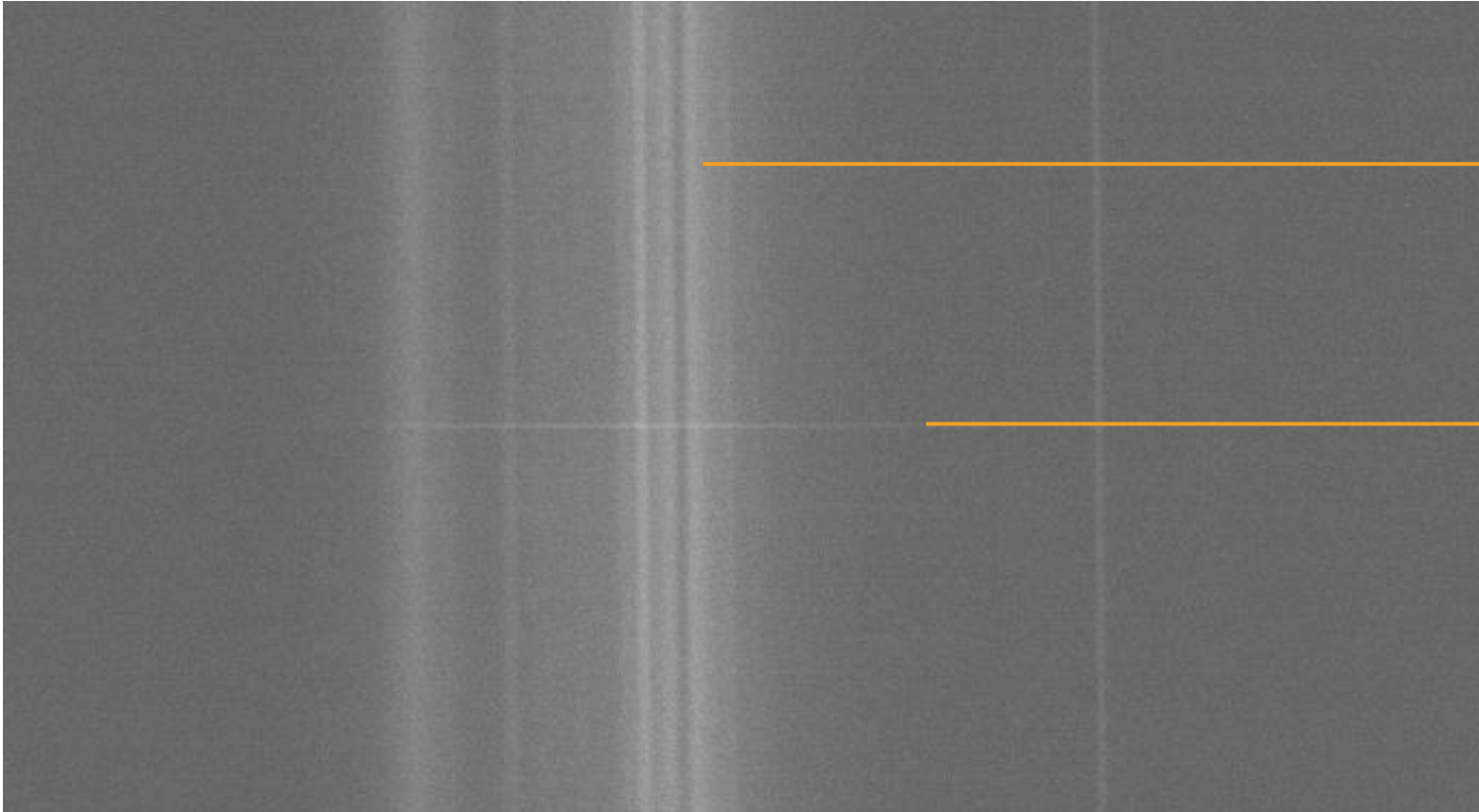
$$\text{Estrella + cielo} - \text{Cielo} = \text{Estrella limpia}$$

Estrella + cielo – cielo

Por encima y por debajo de la estrella queda solo cielo: se mide ahí y se resta.



En la práctica: una supernova sobre el fondo de cielo



Fondo de cielo

Bandas verticales: ocupan toda la rendija y compiten en señal con la SN

Espectro de la supernova

Traza horizontal tenue, en una sola toma de 300 s
Se percibe la suma de señales

Solucionar los espectros contaminados...



Sin rendija, con estrella vecina

Estrella + vecina + cielo circundante



Sin rendija, SA100 girada

Estrella + cielo a derecha e izquierda



Con rendija, sin restar el cielo

Estrella + cielo de su misma posición



Con rendija, cielo restado

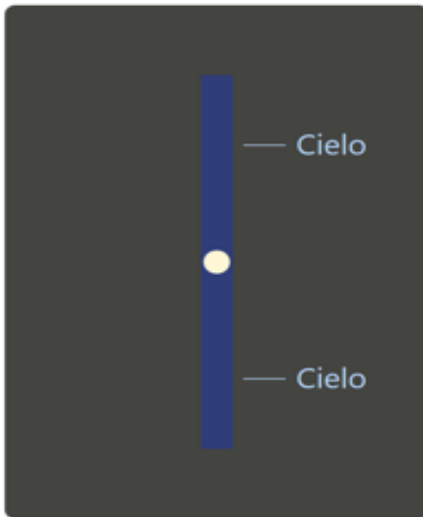
Solo la estrella

Salvedad del bueno: aún hay que corregir la respuesta instrumental, la absorción atmosférica, etc.

Qué ganamos con la rendija

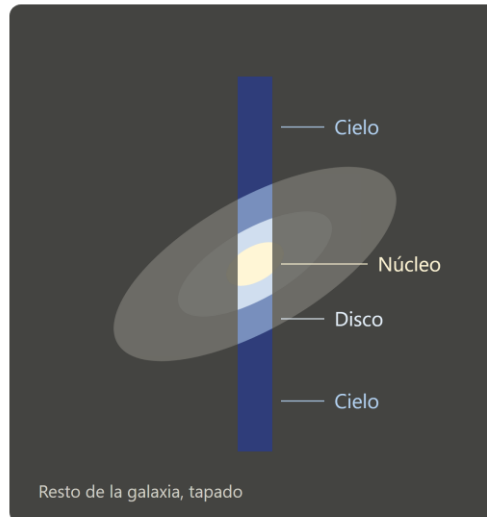
Aislar la estrella

y restar la contribución del cielo



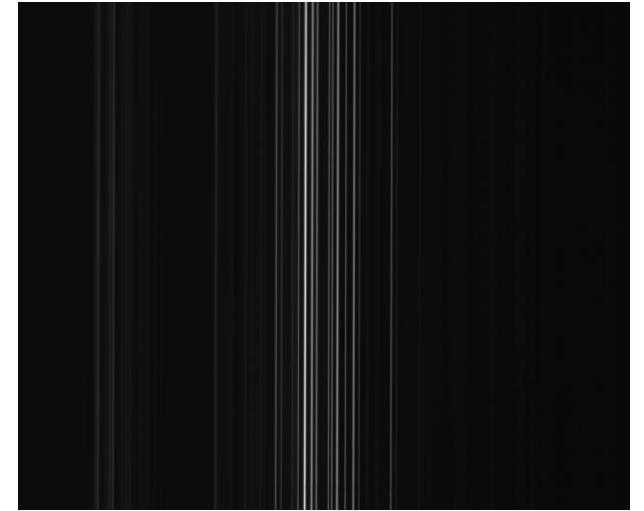
Elegir la zona

Trabajar con zonas específicas de objetos extensos

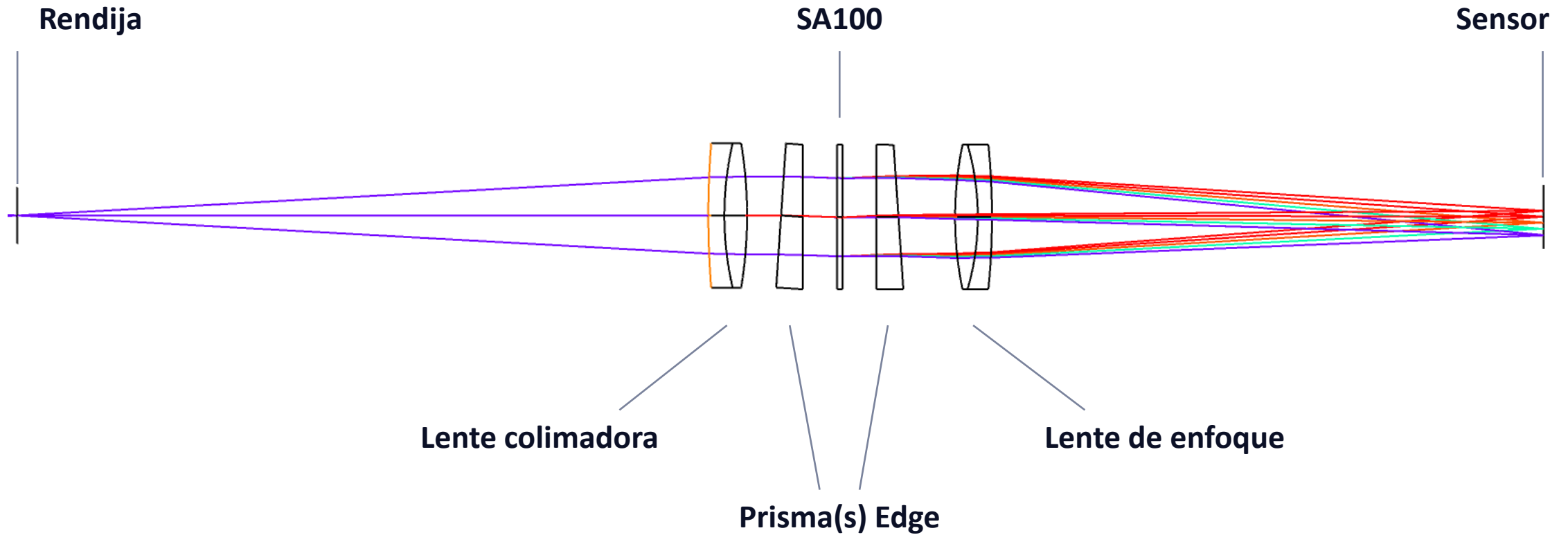


Calibrar mejor y más sencillo

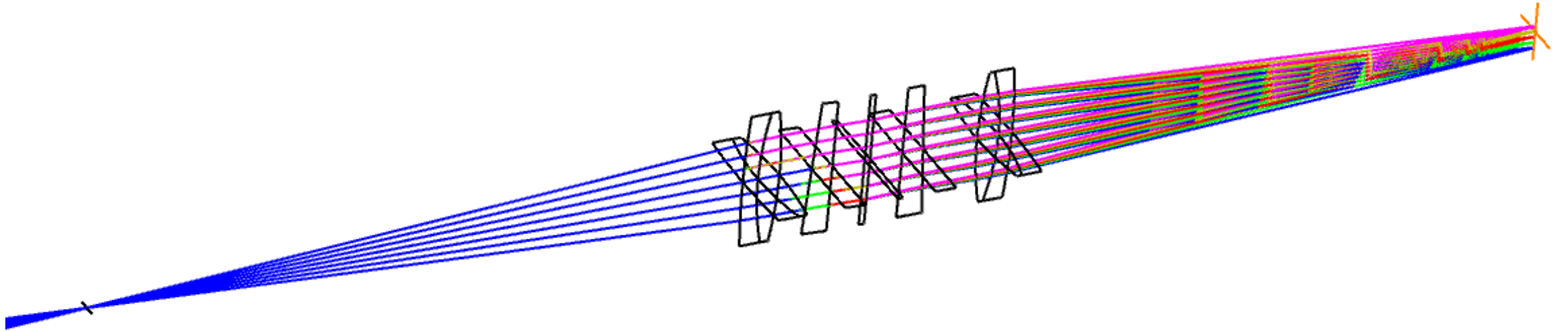
Usar fuentes extensas para calibrar en longitud de onda



Ya tenemos el elemento dispersor: añadamos una rendija



El trazado de rayos, en tres dimensiones



Simulación y studio con Zemax OpticStudio

Cada color sale de la red con un ángulo distinto y enfoca en un punto diferente del sensor

Criterios de diseño

Lente colimadora

Hace que los rayos lleguen perpendiculares a la SA100. Según la relación focal del telescopio, se elige un doblete cuya focal cubra la mayor parte de la red, en compromise con la longitud del espectrógrafo.

SA100

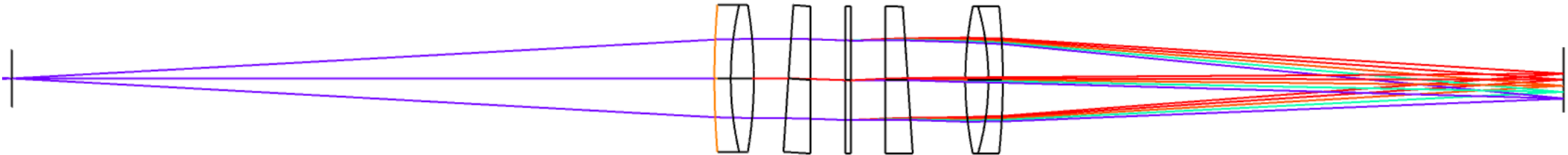
100 líneas/mm: perfecta para trabajar en baja resolución, que es lo que piden los objetos débiles.

Prisma(s) Edge

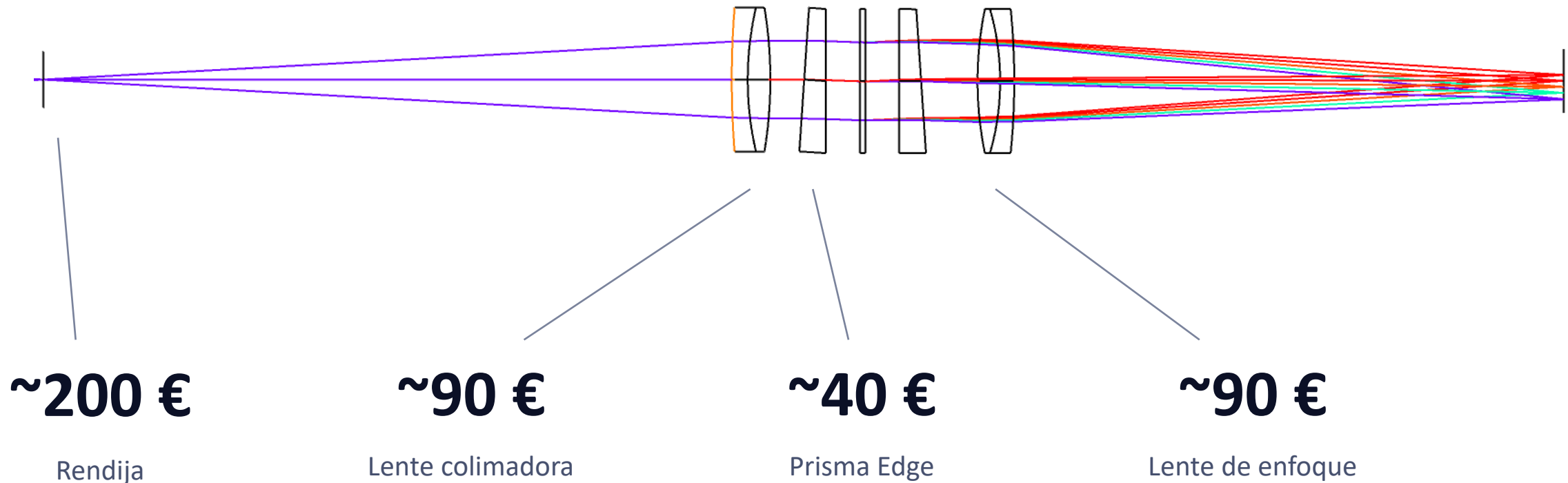
Centran el espectro en el sensor y corrigen aberraciones, mejorando la resolución.

Lente de enfoque

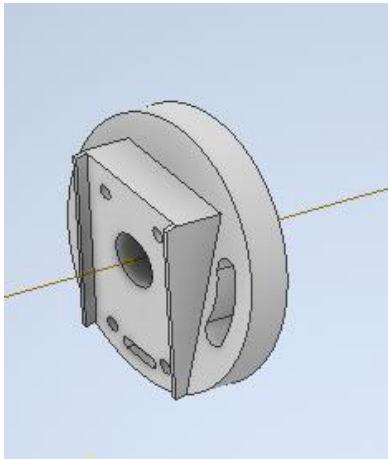
Forma la imagen enfocada. Condiciona el tamaño de la imagen en el sensor.



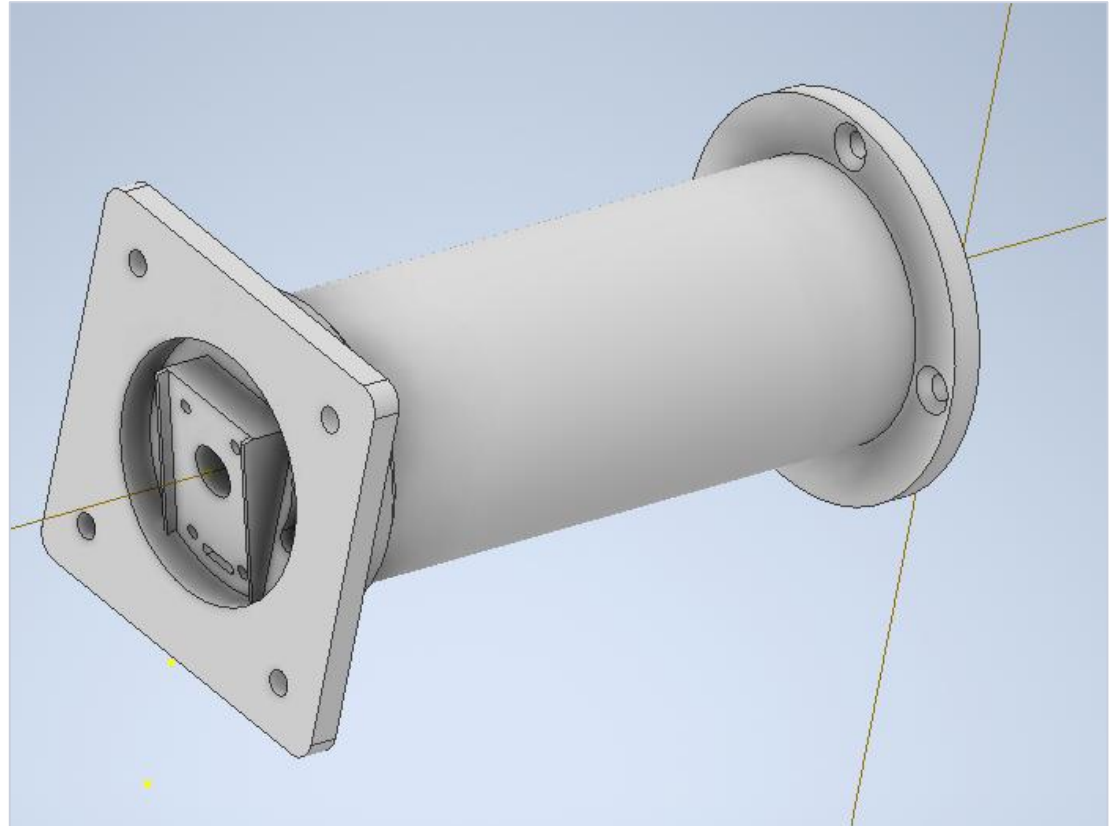
Una solución asequible, elementos ópticos principales además de la SA100:



La rendija y su tubo separador

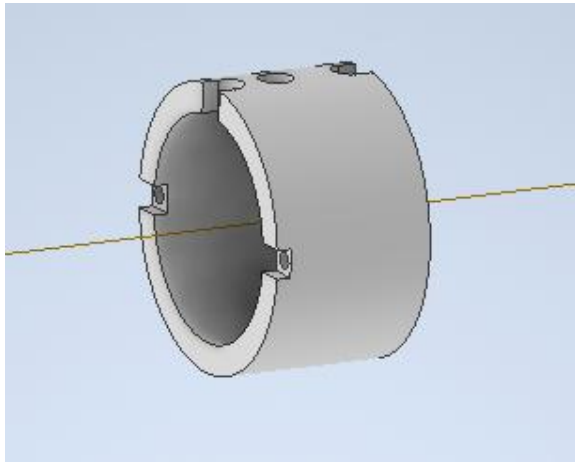


Alojamiento de la rendija

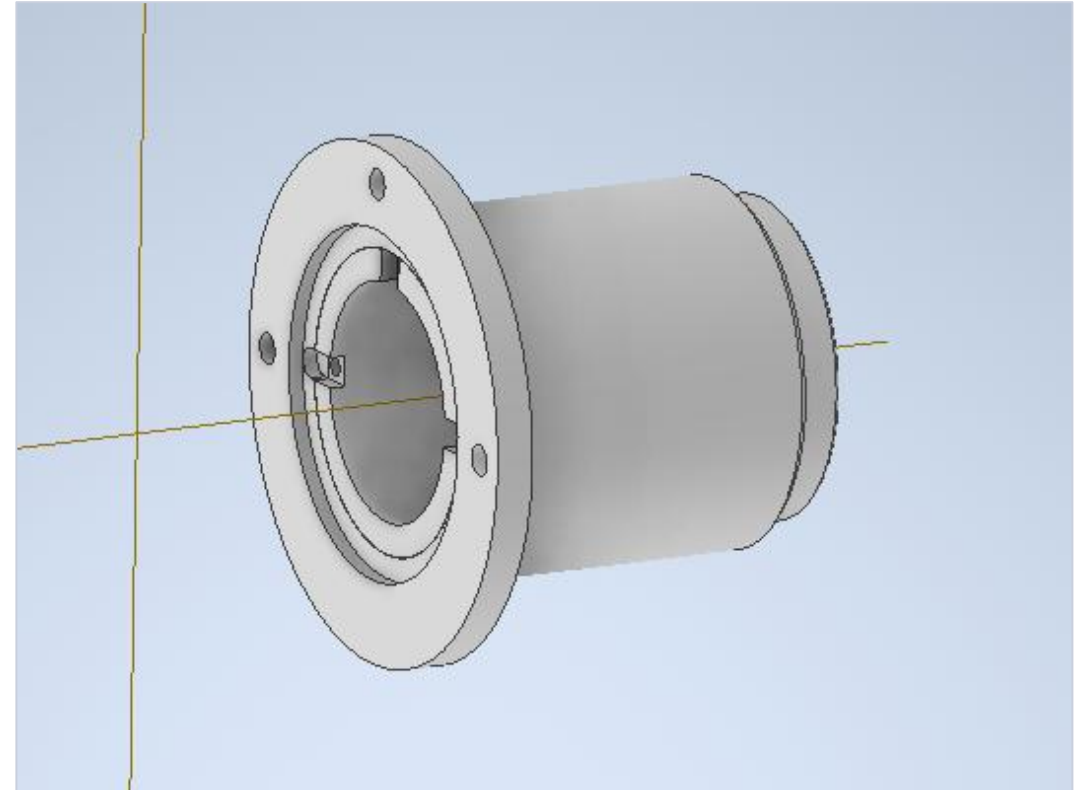


Tubo separador hasta la colimadora (alojada al final), con fijación al cubo de guiado

El casete que aloja la óptica

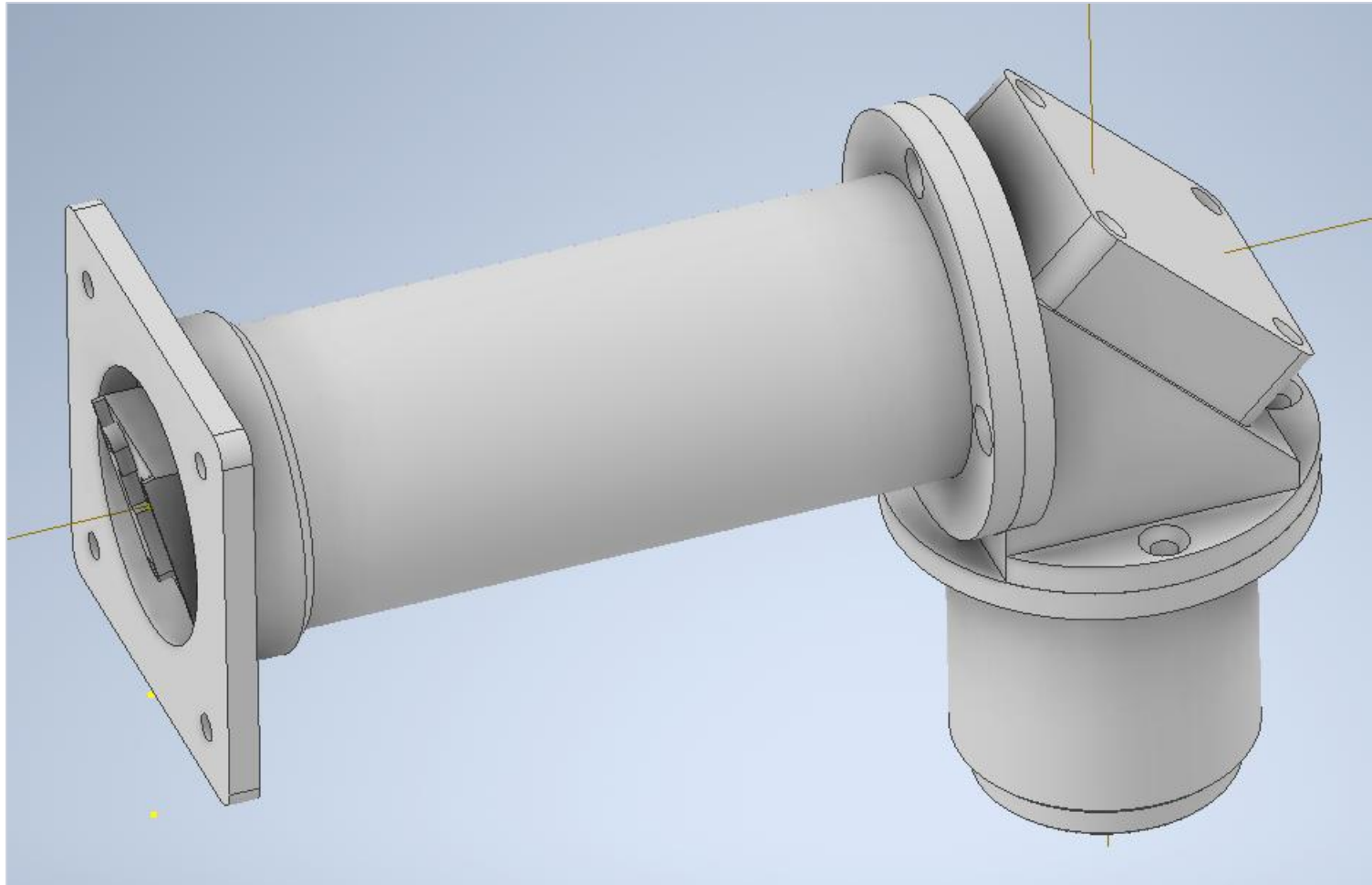


Casete de alojamiento de la óptica de dispersion: SA100 + prisma(s) edge

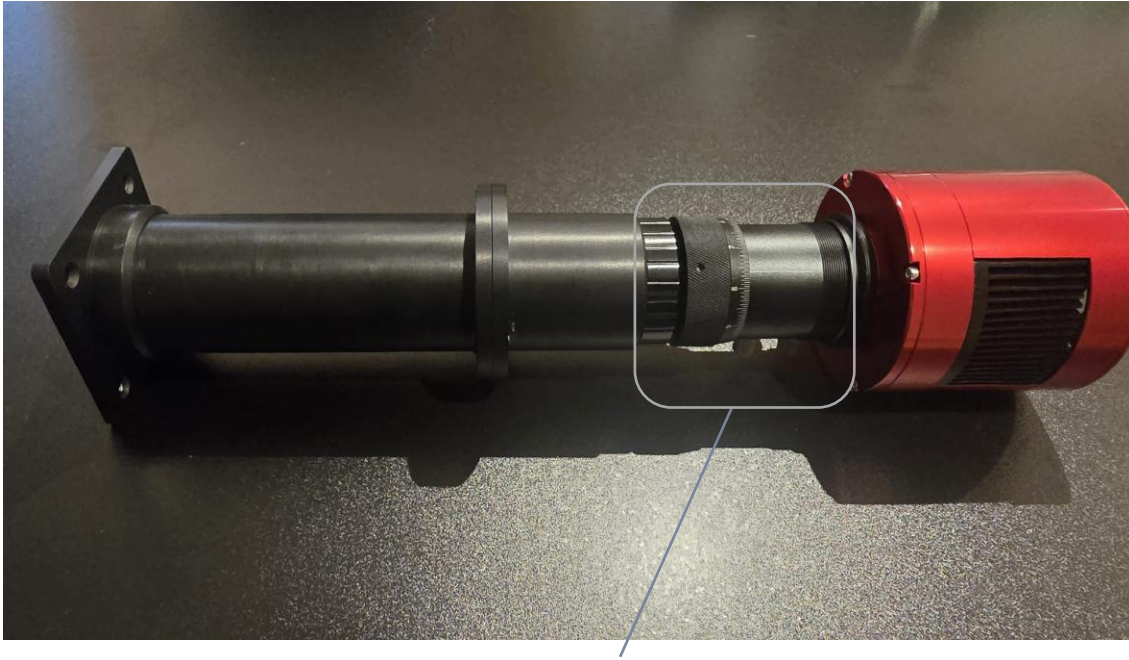


El casete se coloca dentro, aloja la lente enfocadora, y conecta con el enfocador helicoidal

Ejemplo de ensamblado acodado



El instrumento montado (admite impresora 3D y CNC para acabado en aluminio)



En línea, con enfocador helicoidal y cámara



Acodado, con enfocador helicoidal y cámara

Lo que predice el diseño, con sus compromisos

$R \approx 250$

Resolución en $H\alpha$ ($\Delta\lambda \approx 27 \text{ \AA}$)

$\sim 3 \text{ \AA/píxel}$

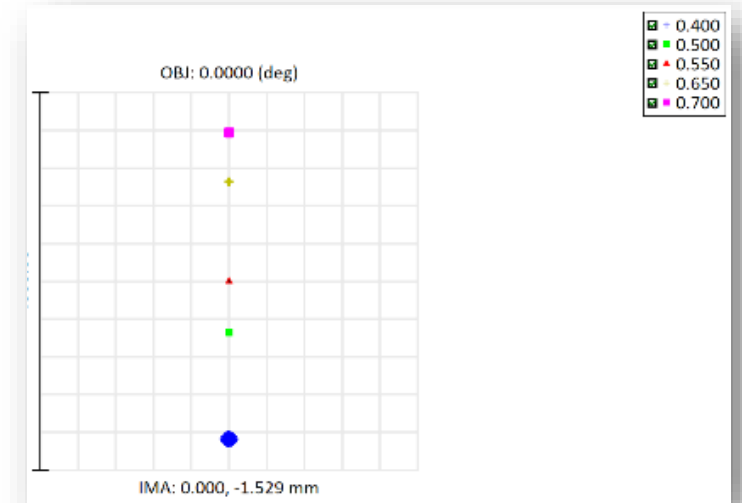
Dispersión cerca de $H\alpha$

$35 \mu\text{m}$

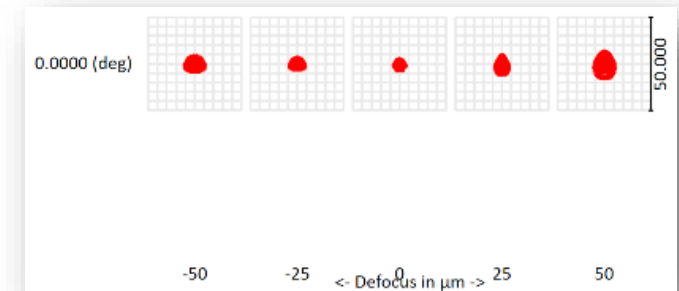
Rendija: $\approx 28 \mu\text{m}$ proyectada, unos 9,7 píxeles de la ASI585. Depende del FWHM y la focal.

$\sim 10 \mu\text{m}$

Buen foco individual pero degradación en extremos.

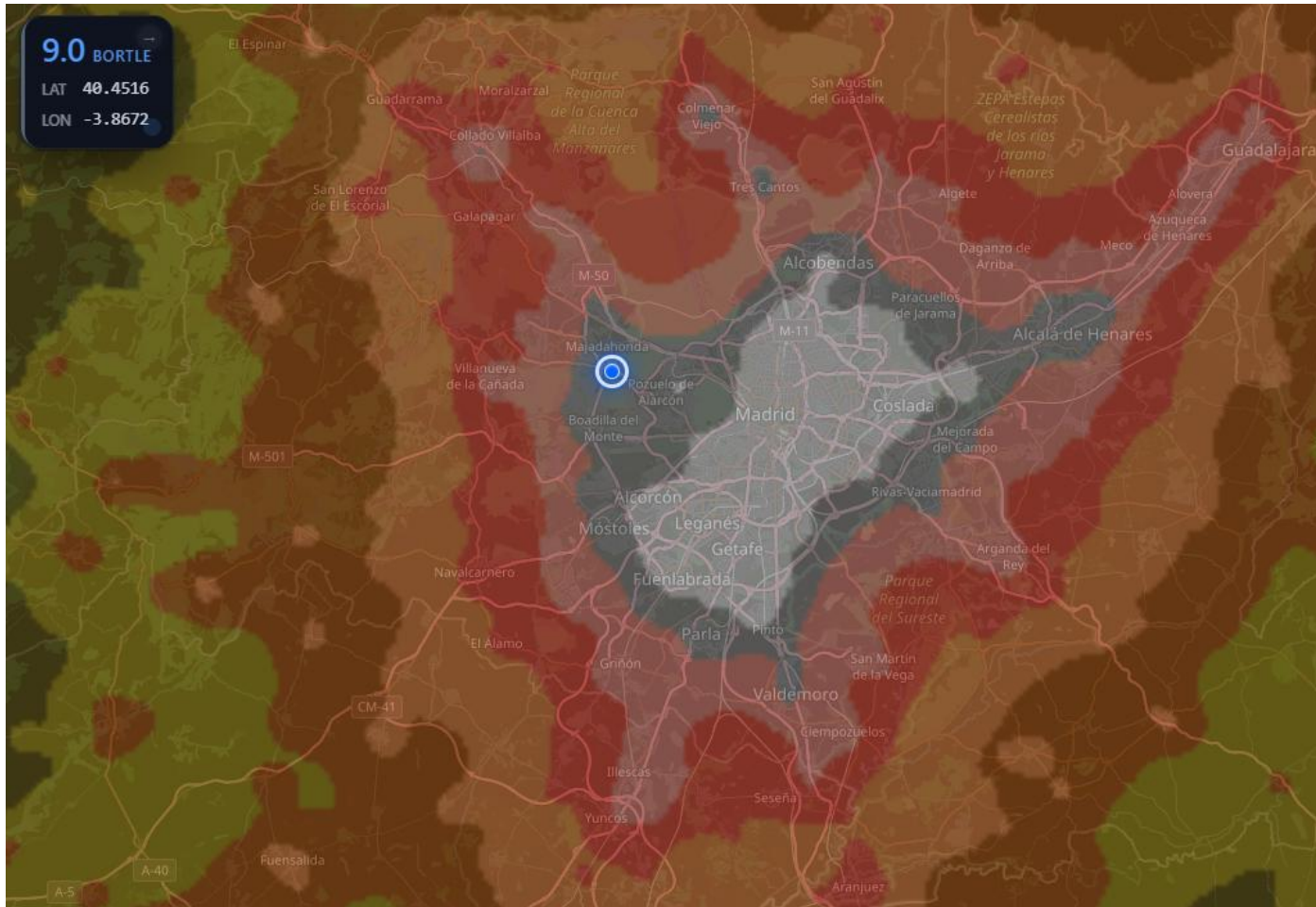


Posición de cada color, de 400 a 700 nm



Mancha a 550 nm a través del foco ($\pm 50 \mu\text{m}$)

Banco de pruebas: un C11 bajo un cielo Bortle 9



Bortle 9

Majadahonda, junto a Madrid

Equipo

Celestron C11

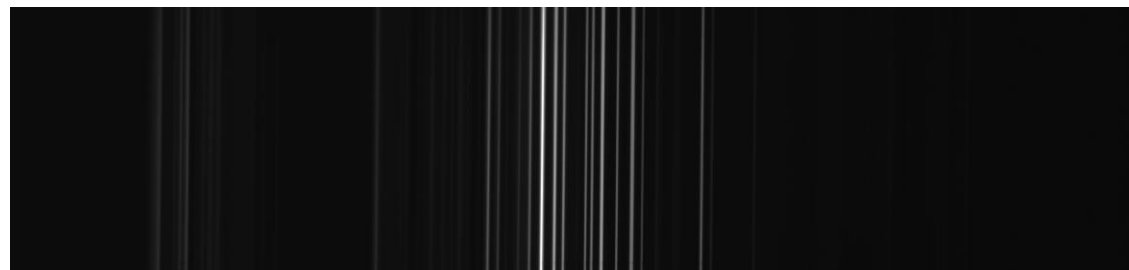
SA100 con rendija de 35 μm

Cámara ASI585

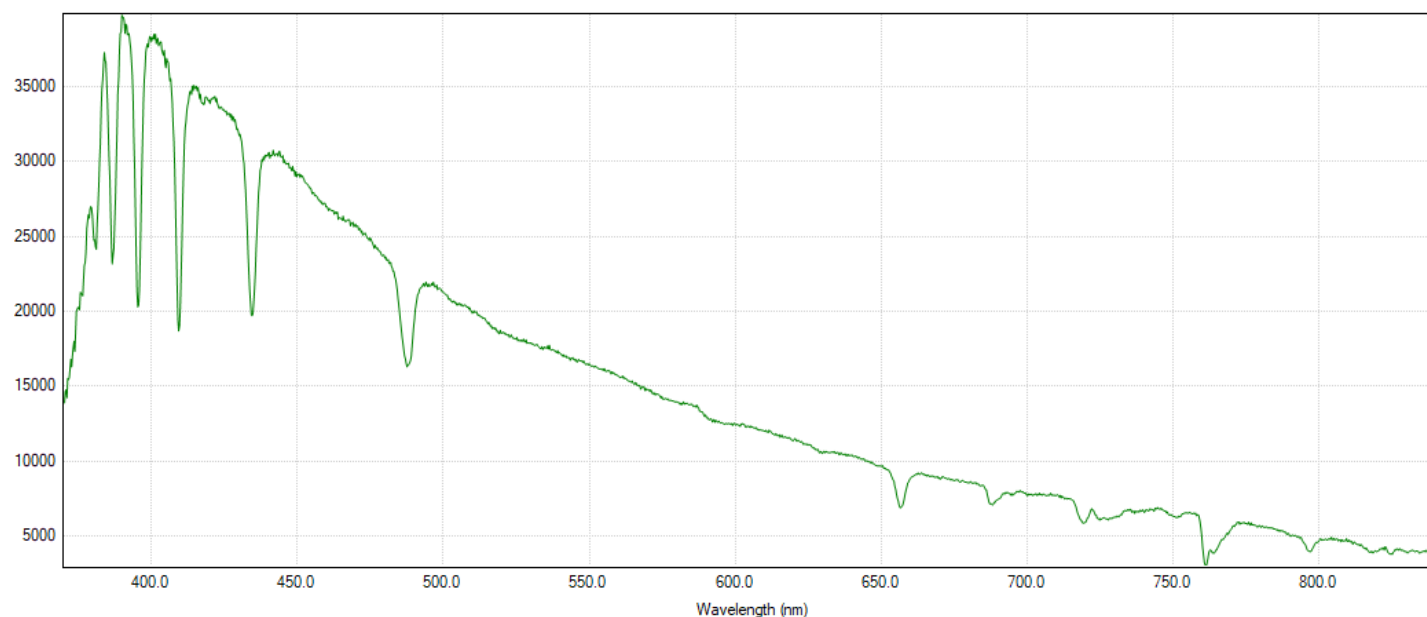
Estrellas brillantes: mejorando la resolución de la SA100 sin rendija



Alioth, exposición 0.5s



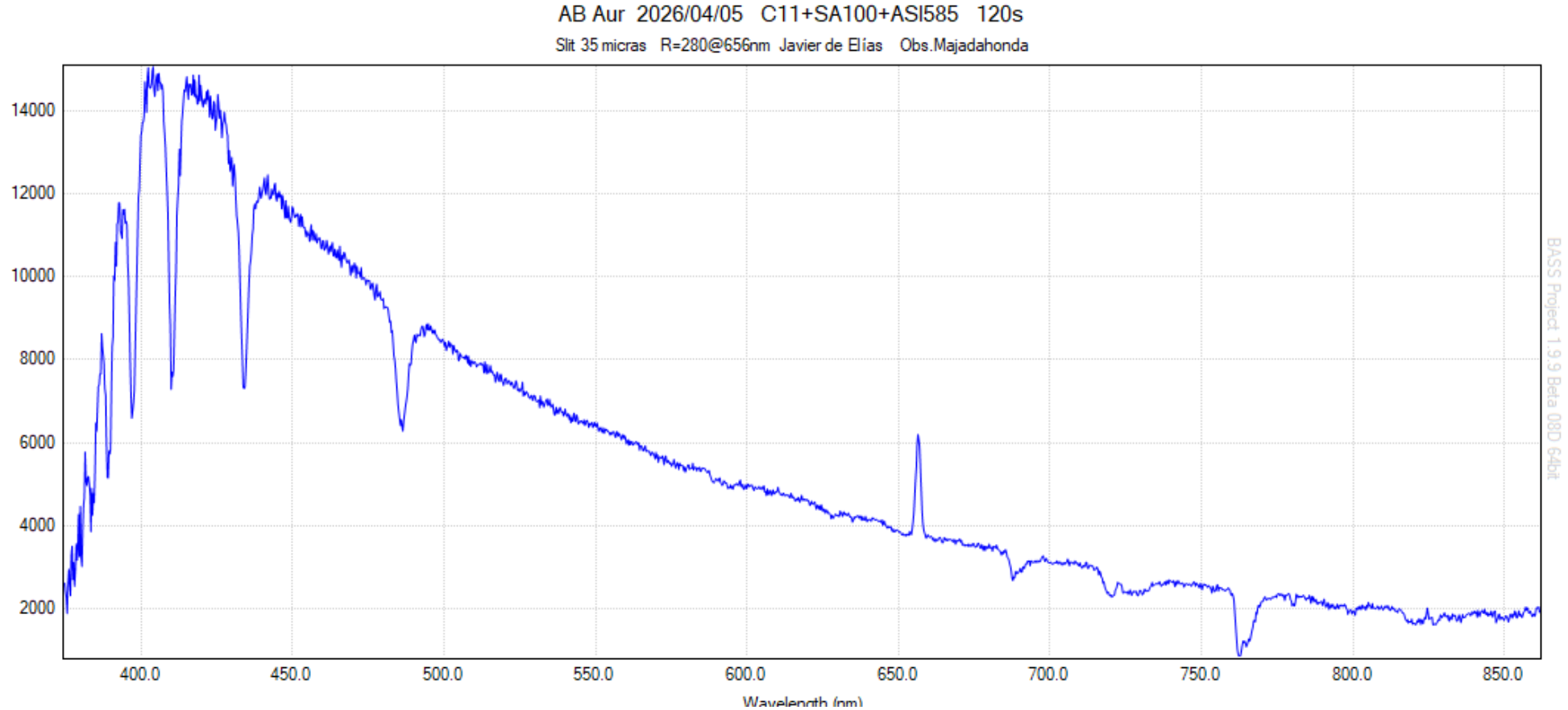
Lámpara de calibración



$R \approx 285$

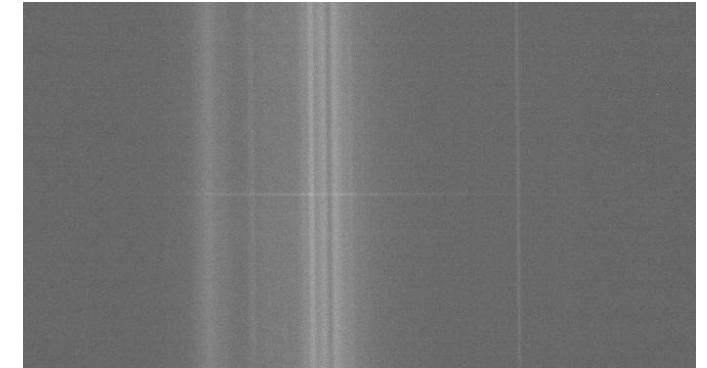
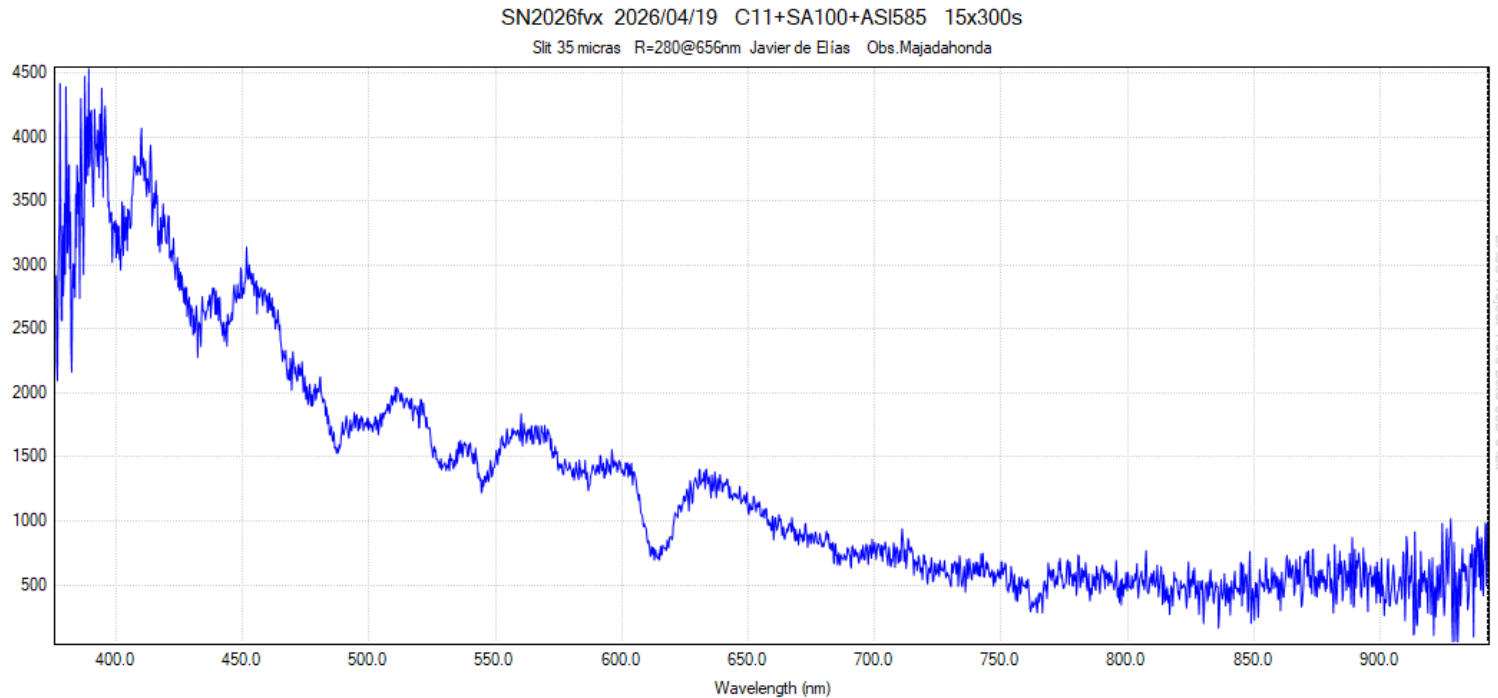
Resolución medida frente a típica
con SA100 entre 100 y 200

AB Aur: emisión clara en H α

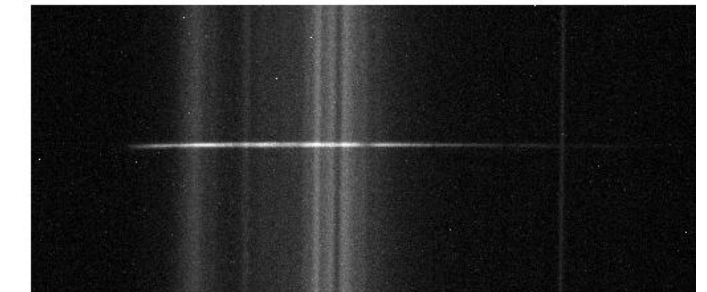


Magnitud V $\sim$ 7.1 · estrella joven de tipo Herbig Ae · 120 s de exposición

Magnitud 13.2 bajo un cielo Bortle 9: imposible sin rendija



Una sola toma de 300 s



Apilado de 15 tomas

SN 2026fvx · V = 13,2 · tipo Ia en NGC 4205, a 57 millones de años luz · 15 tomas de 300 s

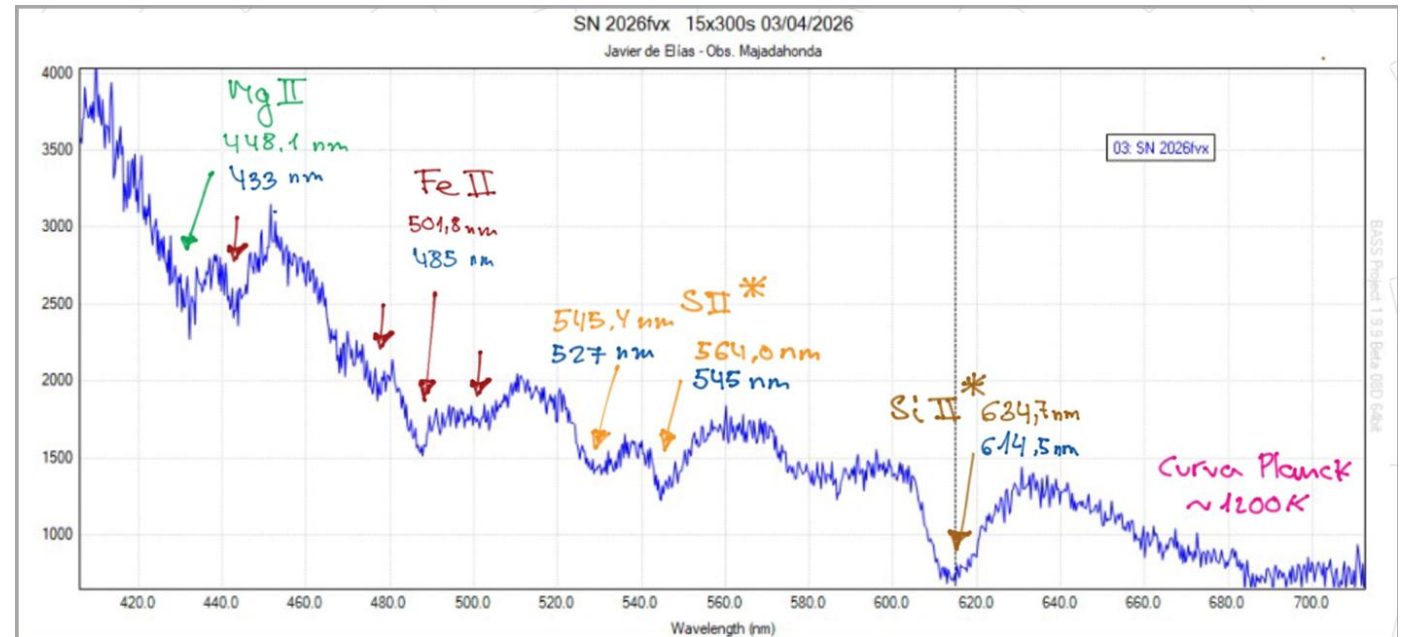
SN 2026fvx: qué nos cuenta el espectro

Líneas de absorción medidas con BASS

- Silicio, Si II 634,7 nm
- Azufre, S II 545,4–564,0 nm
- Varias líneas de Fe II y Mg II
- Continuo: curva de Planck de 12 000 K

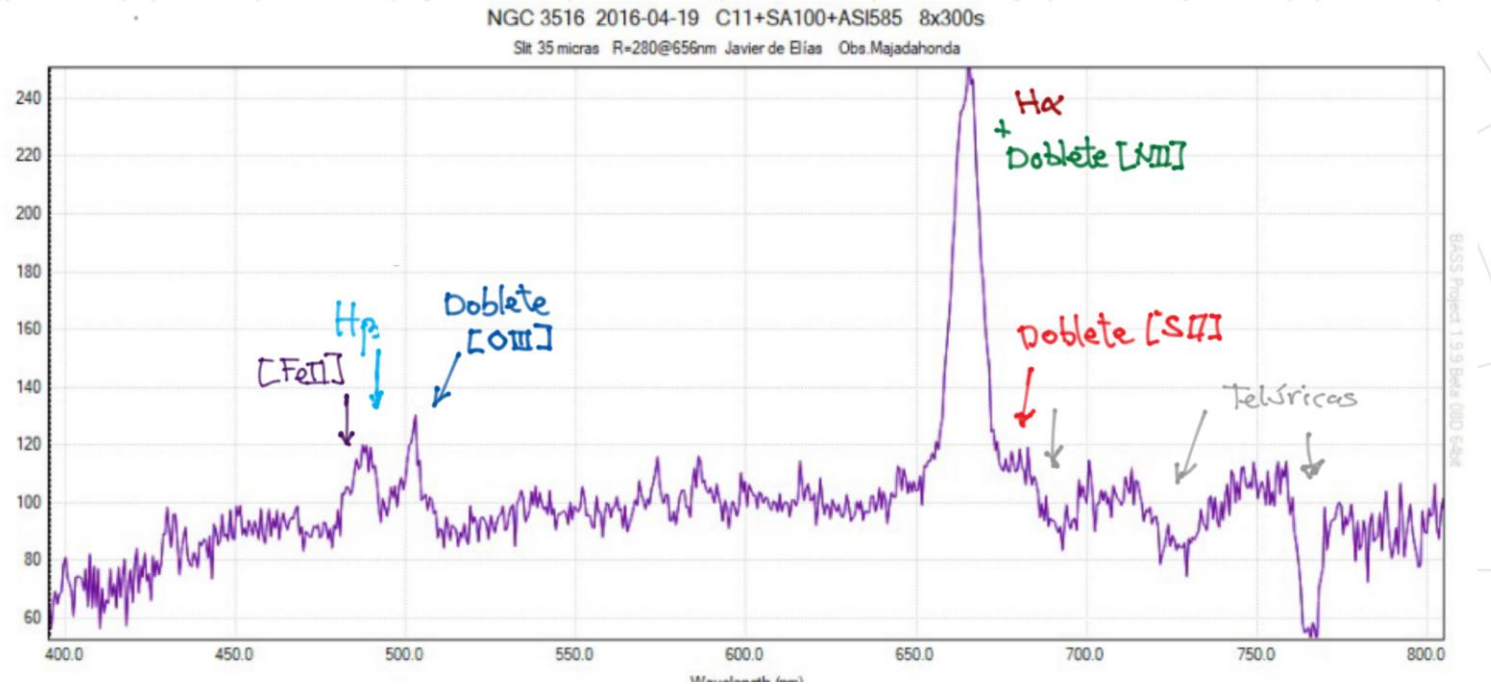
La línea de Si II 634,7 nm

- Corrida al azul 20,1 nm: unos 9 700 km/s
- Muy ancha: FWHM de 12,2 nm



(análisis del espectro por Ismael Gómez)

NGC 3516 (V = 12,8): medir la huida de una galaxia



Galaxia lenticular con núcleo activo, Seyfert 1.5

Todas las líneas aparecen desplazadas al rojo. La emisión de $H\alpha + [N II]$ se observa en 664,7 nm, cuando en reposo está en 657,0 nm. 8 tomas de 300 s.

$z = 0,01$

Corrimiento al rojo medido

$\approx 3\,500\text{ km/s}$

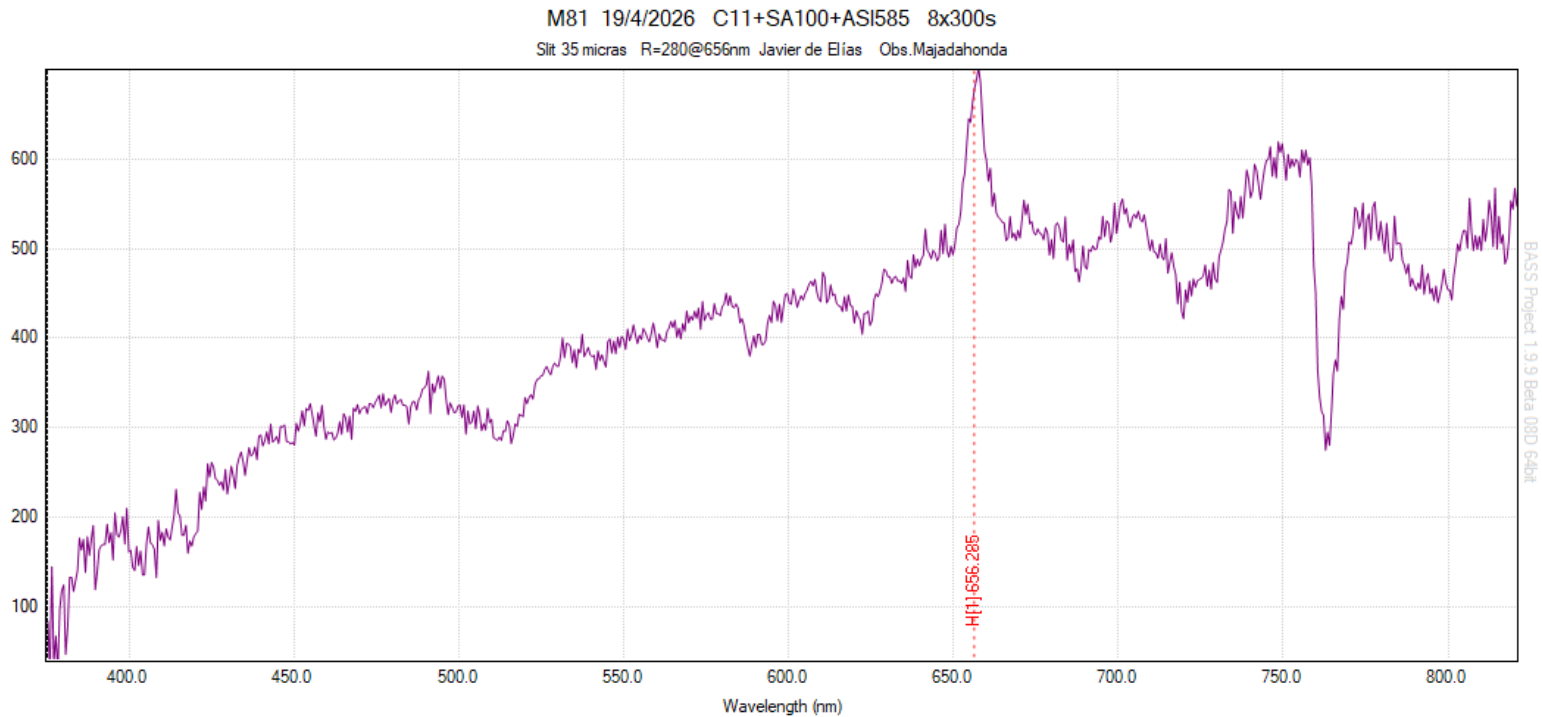
Velocidad de recesión

$\approx 163\text{ millones}$

de años luz, con $H_0 = 70\text{ km/s/Mpc}$

(análisis del espectro por Ismael Gómez)

M81: el núcleo de una galaxia cercana



H α en emisión sobre el continuo del núcleo · 8 tomas de 300 s

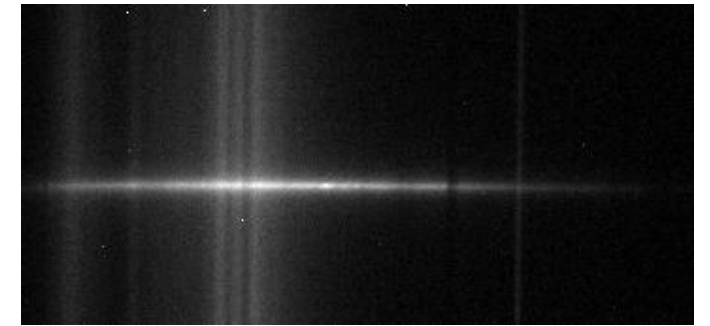


Imagen 2D apilada

Conclusiones: nueva vida para tu SA100

$R \approx 280$

Mejorando la SA100 sin rendija (R entre 100 y 200)

Magnitud +13 (bottle 9)

Expectativa **magnitud +15**

Asequible y fácil

Coste de óptica asequible. Piezas con impresora 3D o CNC

Sencillo y sin ajustes

Solo hay que enfocar.

A tener presente

- Construcción larga: conviene considerar el montaje acodado
- Elección de las lentes según la relación focal del telescopio y el tamaño del sensor.
- El foco varía con el color, principal defecto óptico: degradación en los extremos.



Gracias

¿Preguntas?



Javier de Elías · AAM / Observatorio Majadahonda

javierdeelias@gmail.com · www.observatorio-majadahonda.com

Comportamiento óptico en detalle

Parámetro	Valor	Comentario
Colimador / cámara	125 / 100 mm; aumento nominal 0,8×	Reduce el ancho de imagen de la rendija
Haz sobre la red	≈ 15,6 mm de diámetro	Iluminación parcial de la apertura modelada
Rendija	35 μm × 4 mm	Ancho proyectado nominal ≈ 28 μm
Cámara ASI585	Píxel de 2,9 μm; imagen de rendija ≈ 9,7 píxeles	Muestreo suficiente
Banda evaluada	400–700 nm	Centro de banda: 550 nm
Calidad del foco individual	Diámetros geométricos ≈ 7–10,5 μm	Buena concentración al enfocar cada color
Variación de foco en 400–700 nm	≈ 0,70 mm entre posiciones extremas	Diferencia importante para un detector plano
Foco común a 550 nm	—	Será la referencia para comparar toda la banda
Astigmatismo	Separación de focos del orden de 0,1 mm en el azul	Visible, con manchas pequeñas cerca del compromiso individual
Curvatura de campo / cromatismo	Contribuciones aún no separadas	Ambos pueden intervenir en la variación de foco
Dispersión cerca de Hα	≈ 2,77 Å/píxel	Estimación a partir de 600–700 nm
Resolución nominal en Hα	R ≈ 250; Δλ ≈ 27 Å	Para foco ajustado a Hα