# Prestaciones científicas medidas en laboratorio del instrumento Elmer para el GTC

Marisa García Vargas
Juan Manuel Martín-Fleitas
Antonio Cabrera
Equipo de Elmer

# GTC



- **Telescopio clase 10 metros**
- **España, Méjico y UdF**
- **ORM, La Palma**
- **Reflector Ritchey-Chrétien**
- **Primario segmentado (36 espejos)**
  - **Inscrito en circunferencia de ϕ11.4 m**
  - **Corrección activa deformaciones gravitatorias**
- **Secundario, hexagonal aserrado**
  - **Pupila de entrada (área colectora equivalente ϕ10m)**
  - ***Chopping* y corrección movimiento imagen.**
- **Terciario espejo plano**
  - **Estaciones Nasmyth, Cassegrain y Cassegrain-doblado**

# Instrumentación del GTC

- Visible (0.365µm - 1µm)
  - **OSIRIS** (P.I. Dr. Jordi Cepa)
  - **Elmer** (P.I. Dra. M. García-Vargas & Dr. Peter Hammersley)
- IR-cercano (1µm - 2.5µm)
  - EMIR (P.I. Dr. Francisco Garzón)
  - CIRCE (P.I. Dr. Steve Eikenberry)
- IR-Medio (8 µm - 25 µm)
  - **CanariCam** (P.I. Dr. Charles Telesco)
- Optica Adaptativa
  - FRIDA (P.I. Dr. Alberto López)
  - NAHUAL (P.I. Dr. Eduardo Martín)

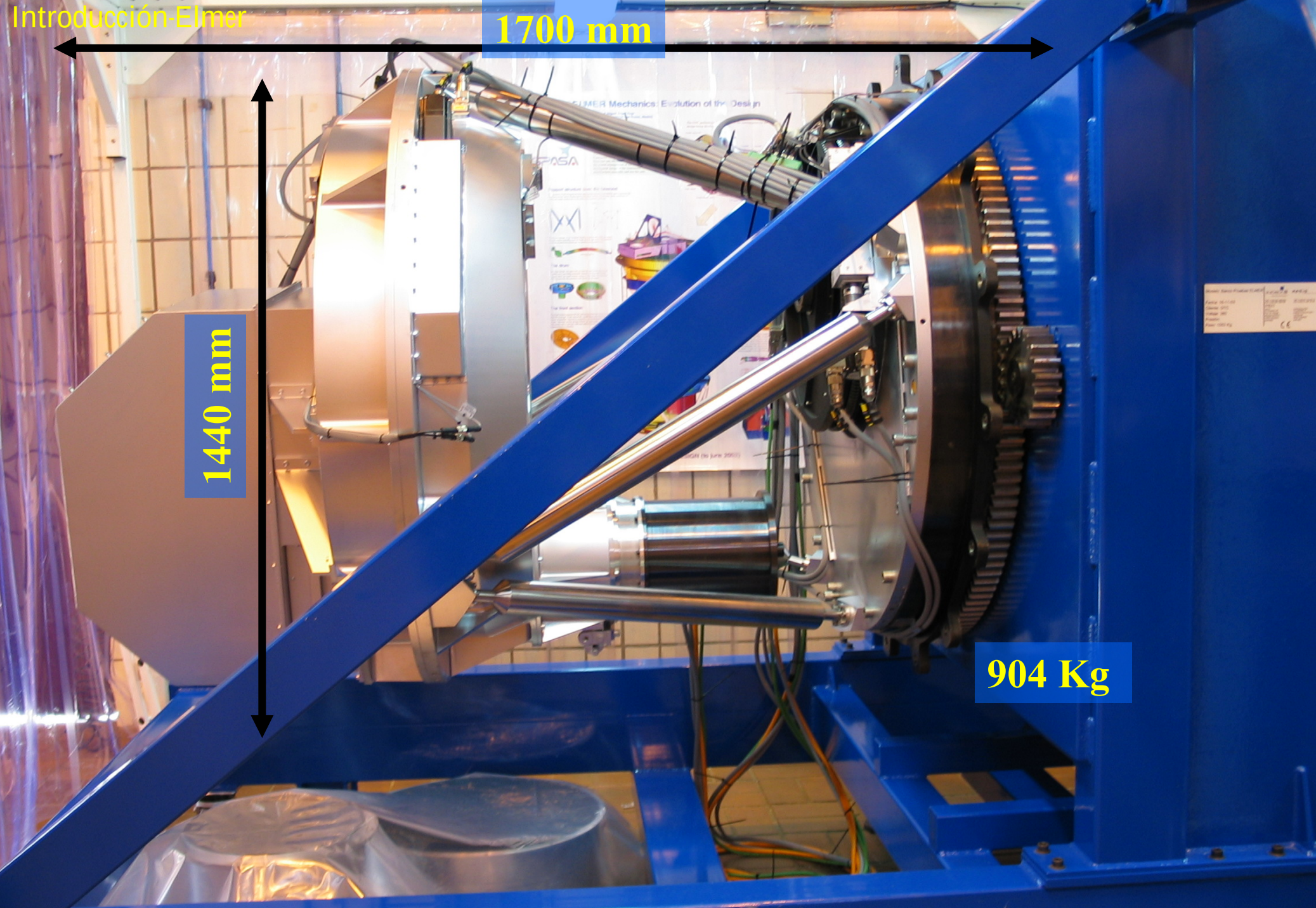


# Características Científicas de Elmer

| | |
|---|---|
| **Intervalo Espectral** | 0.365 μm – 1.000 μm |
| **FOV** | 4.2' ∅ (3'x3') |
| **Escala de placa** | 0.2"/pix (0.194"/pix) |
| **Detector** | E2V CCD44-82, 2K x 4K, 15 μm/pix<br>*Charge Shuffling* y *Frame Transfer* |
| **Calidad de Imagen** | $EED_{80}$ < 2 píxeles (@ Modo Imagen)<br>< 3 píxeles (@ Espectroscopía) para rendija de 0.6" |

**Modos Observación**

- **Imagen** — Filtros de banda Ancha y Filtros estrechos
- **Espectroscopía Rendija:** Largo = 3', ancho: 0.6", 1.2", 2" y 5"
  R = 80-300 (prismas), 700-1000 (grismas), 2500 (VPHs) (rendija 0.6")
- **Fotometría Rápida** — Rendijas: largo = 3', ancho: 12.48"
- **Fotometría resuelta en tiempo** (sin obturador 15μs por línea, con obturador 10ms)
- **Espectroscopía multi-objecto sin rendija**
- **Espectroscopía multi-objecto con máscara**
- **Espectroscopía rápida de rendija**
- **Espectroscopía con *Charge Shuffling***


1700 mm
1440 mm
904 Kg

# Mayo 2004
# Óptica de Elmer completamente alineada y testeada.



# Pruebas de Elmer en laboratorio a nivel de Sistema

Caracterización de las prestaciones de interés científico

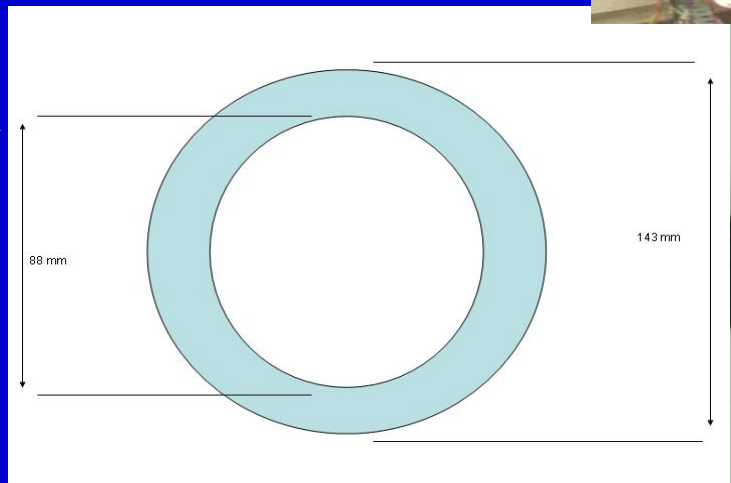
# Justificación y Objetivos

- Verificación del cumplimiento requisitos
- Caracterización en laboratorio de prestaciones
- Detección y corrección de fallos
- Validación de procedimientos de Mantenimiento
- Propuesta de Estrategias de Observación
- Optimización del Plan de Calibración
- Verificación / Uso Pipeline de Reducción de Datos
- Acortar el tiempo de commissioning en el GTC

# “Simulador” óptico del GTC

- Sistema de Iluminación
  - Esfera integradora
  - Lámparas de continuo y espectrales
  - Uniformidad 4% - 5%
- “Máscara de aperturas de 0.6arcsec”
  - Máscara de Calibración
- Limitador número f: f/15
  - Máscara de Pupila
  - Máscara de entrada







Pruebas
GRAN TELESCOPIO CANARIAS
GTC

# Pruebas de Elmer en Laboratorio

- 12 sesiones de observación de 1 semana
- Base de datos (MSaccess) para “log” y archivo de observaciones
- > 5000 imágenes (2000pixx1600pix 9Gb/imagen raw)
- Tenemos rutinas de reducción de datos provisionales
- Pipeline IDL Imagen (Reducción básica)
- Pipeline IRAF Imagen (Reducción básica)
- Pipeline IDL+FIGARO para Espectroscopía (hasta Calibración 2D y extracción)
- Pipeline en IRAF para Espectroscopía (Hasta calibración en $\lambda$)
- Conjunto completo de rutinas de análisis en IDL
- Estado actual: Modo Imagen y Rendija Larga casi totalmente caracterizados (a falta de analizar los últimos datos)

(DEA Juan Manuel Martín Fleitas, Septiembre 05)

Tesis doctoral en progreso


Pruebas

# Situación en Enero 2006

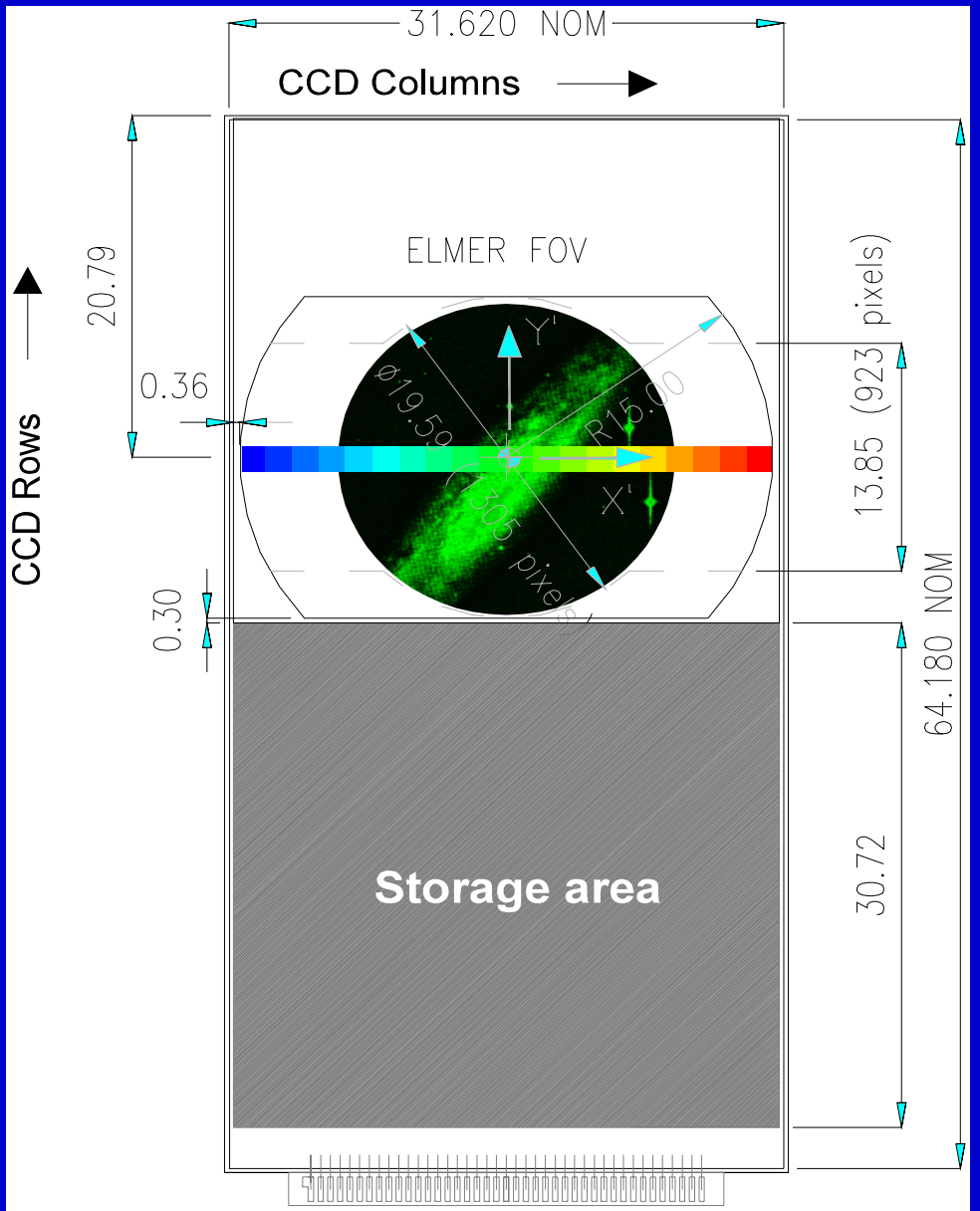
- Caracterización de cada subsistema: Finalizada
- Caracterización del modo imagen: Finalizada
- Caracterización Modo Espectroscópico en rendija larga: Datos tomados, análisis en progreso
- Caracterización Modo multi-objeto: En progreso
- Modos rápidos: no pueden caracterizarse sin la interfase al sistema de control final, por el momento

# Prestaciones caracterizadas

- FOV en Modo Imagen
- Centro del campo en cada filtro para calibración con el apuntado y guiado del GTC
- Escala de Placa
- Distorsión
- Flexiones
- Transmisión
- Luz Difusa
- Fantasmas
- Foco y Calidad de Imagen
- Problemática de la Imagen en banda estrecha

# Los datos sobre el detector

- CCD en la dirección Z' (eje óptico)
  Eje Y' alineado con las columnas
  Eje X' alineado con las filas
- El campo circular de ELMER de 4.2 minutos de arco (1305 píxeles en el detector) está completamente situado en la mitad superior del CCD
- La dirección espectral está alineada con las filas (2000 píxeles en la dirección de máxima cobertura espectral)
- El CCD tiene estructura de transferencia de imagen lo cual permite mover el FOV completo de Elmer al área de almacenamiento

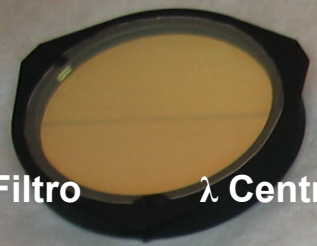


# Filtros Anchos (Sloan)

| Filtro | λ Central | Cut-on (1%) | Cut-off (1%) | Transmisión pico @ λ |
|---|---|---|---|---|
| **SDSS-g´** | 4830 ± 10 Å | 4070 ± 10 Å | 5570 ± 10 Å | 89.07 % @ 5190 Å |
| **SDSS-r´** | 6170 ± 10 Å | 5350 ± 10 Å | 6980 ± 10 Å | 92.69 % @ 6060 Å |
| **SDSS-I´** | 7720 ± 10 Å | 6800 ± 10 Å | 8630 ± 10 Å | 98.54 % @ 8020 Å |
| **SDSS-z´** | 8990 ± 10 Å | 8130 ± 10 Å | 9850 ± 10 Å | 94.35 % @ 9480 Å |

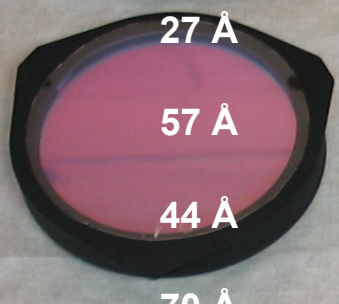
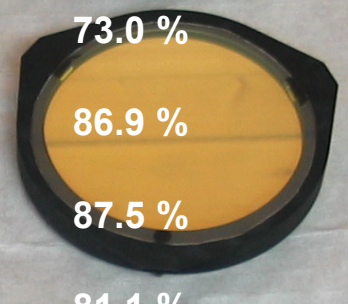
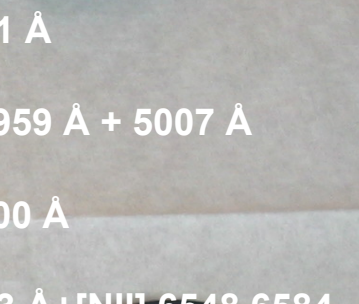


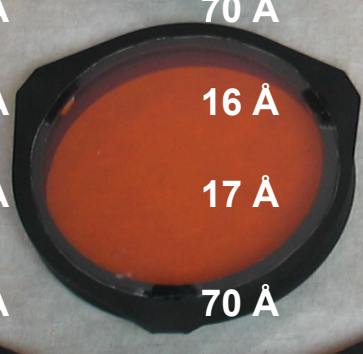
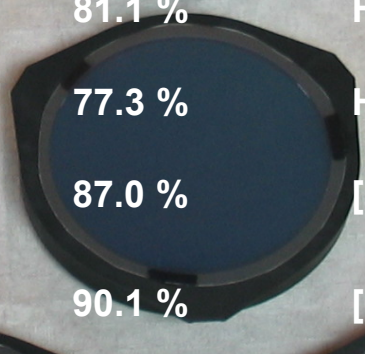
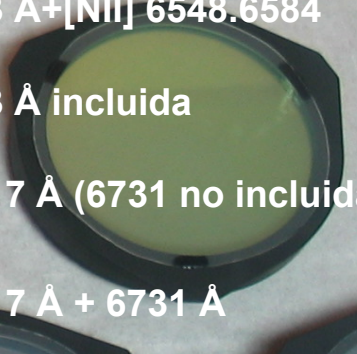
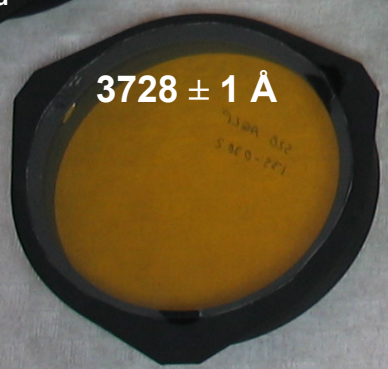
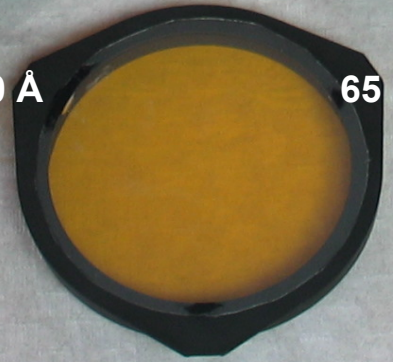
# Filtros Estrechos






| Filtro | λ Central | Paso de Banda | Pico Transmisión | Comentarios: λ incluida (z=0) |
|---|---|---|---|---|
| Hβ | 4858 ± 1 Å | 27 Å | 73.0 % | Hβ 4861 Å |
| [OIII] | 4976 ± 1 Å | 57 Å | 86.9 % | [OIII] 4959 Å + 5007 Å |
| [OI] | 6289± 1 Å | 44 Å | 87.5 % | [OI] 6300 Å |
| $H_{\alpha\ broad}$ | 6558 ± 1 Å | 70 Å | 81.1 % | Hα 6563 Å+[NII] 6548.6584 |
| $H_{\alpha\ narrow}$ | 6562 ± 1 Å | 16 Å | 77.3 % | Hα 6563 Å incluida |
| $[SII]_{narrow}$ | 6718 ± 1 Å | 17 Å | 87.0 % | [SII] 6717 Å (6731 no incluida) |
| $[SII]_{broad}$ | 6711 ± 1 Å | 70 Å | 90.1 % | [SII] 6717 Å + 6731 Å |
| [OII] | 3728 ± 1 Å | 70 Å | 65 % | [OII]3727 Å No aceptado |

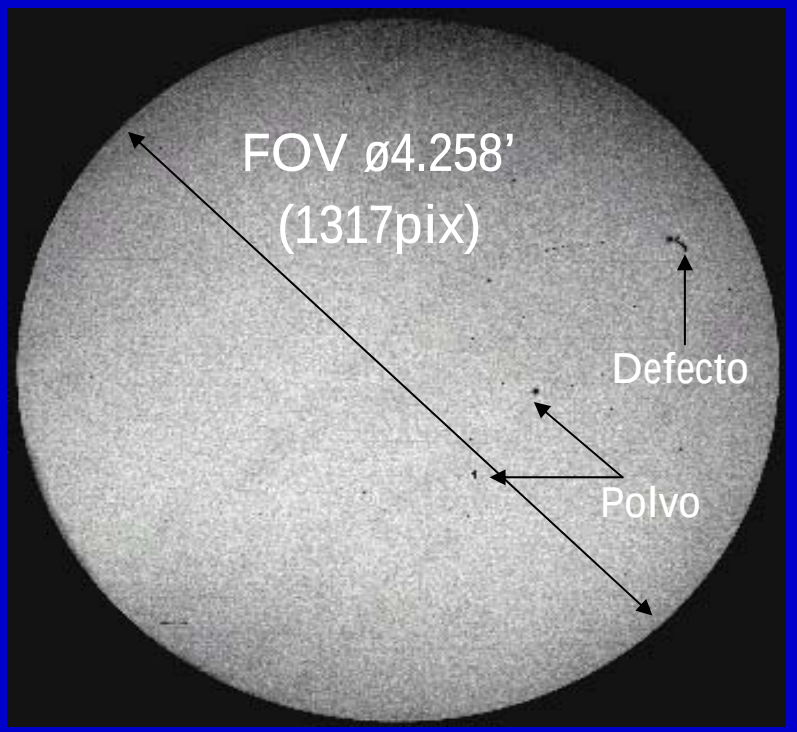








Cumplido

# FOV en Modo Imagen

## Requisito: 4.2’ en diámetro




- Resultado: ϕ4.258’
- Comprobado para todos los filtros. No hay viñeteo por la rueda

# Origen de apuntado

- Cada filtro produce la imagen del centro del campo en un píxel diferente
- La caja de A&G va a guiar en “r” y debe apuntar al centro del campo (en modo imagen) o al centro de la rendija larga (en modo espectroscopía)
- Hay que definir un origen de apuntado, y el telescopio deberá hacer un pequeño “offset” de apuntado para cada filtro
- Vamos a dar el “offset” desde el centro del campo en r
- En el telescopio, al inicio del commissioning, se comprobará que el centro del campo de Elmer quede alineado con el eje óptico real

## Offsets de apuntado tomando el filtro r como referencia

| Filtro | Foco (mm) | Δx (pix) | Δy (pix) |
|---|---|---|---|
| g’ | 10 | + 2.037 | - 0.925 |
| r’ | 12 | + 0.000 | + 0.000 |
| I’ | 13 | + 3.116 | - 0.606 |
| z’ | 13 | + 3.086 | + 0.494 |
| $H_{\alpha broad}$ | 12 | + 2.038 | - 0.749 |
| $H_{\alpha narrow}$ | 15 | + 4.184 | + 1.223 |
| $H_{\beta}$ | 10 | + 0.368 | + 2.002 |
| [OI] | 11 | + 0.091 | +1.476 |
| [OII] | 10 | + 1.102 | + 0.327 |
| [OIII] | 9 | + 0.192 | - 1.797 |
| $[SII]_{broad}$ | 17 | + 2.498 | + 0.166 |
| $[SII]_{narrow}$ | 11 | + 0.399 | + 0.432 |

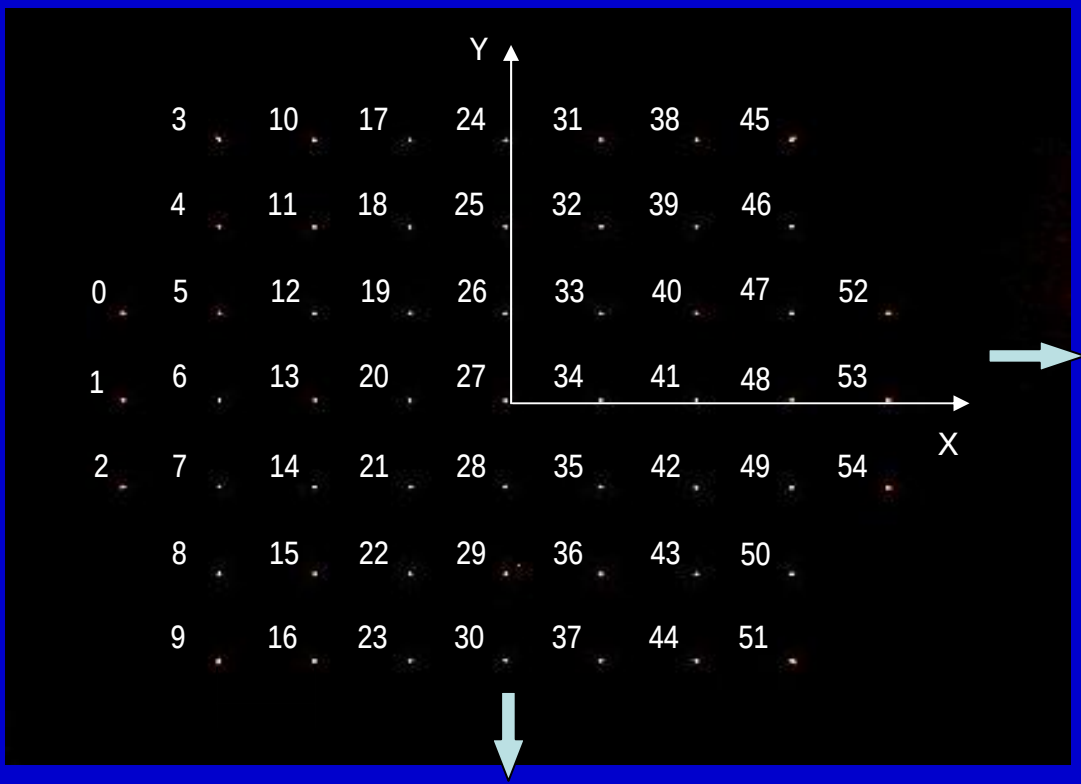
Si no se corrigiera en el caso peor se podría cometer un error de hasta 0.81” que falsearía también los colores

# Escala de Placa

Cumplido

Requisito científico: 0.2 “/pix

Requisito de diseño: 0.195 ± 0.001 “/pix




| Filtro | X (pixels) | Y (pixels) |
|---|---|---|
| g' | 150.318 ± 0.499 | 150.354 ± 0.444 |
| r’ | 150.395 ± 0.469 | 150.449 ± 0.417 |
| I’ | 150.160 ± 0.475 | 150.213 ± 0.406 |
| z' | 150.220 ± 0.517 | 150.207 ± 0.402 |
| $H_{\alpha broad}$ | 150.215 ± 0.474 | 150.290 ± 0.443 |
| $H_{\alpha narrow}$ | 150.075 ± 0.484 | 150.142 ± 0.450 |
| Hβ | 150.223 ± 0.516 | 150.284 ± 0.408 |
| [OI] | 150.241 ± 0.487 | 150.314 ± 0.429 |
| [OII] | 150.164 ± 0.504 | 150.243 ± 0.412 |
| [OIII] | 150.285 ± 0.499 | 150.391 ± 0.460 |
| $[SII]_{narrow}$ | 150.303 ± 0.497 | 150.351 ± 0.429 |
| $[SII]_{broad}$ | 149.839 ± 0.495 | 149.882 ± 0.457 |
| $d_{CDD}$ | 150.203 | 150.260 |

Plano focal del telescopio d=24mm

Escala de placa del GTC =1.2133”/mm

$d_{sky}$”=29.1192 → $d_{sky}/d_{CCD}$= 0.1939”/pix 0.1938”/pix

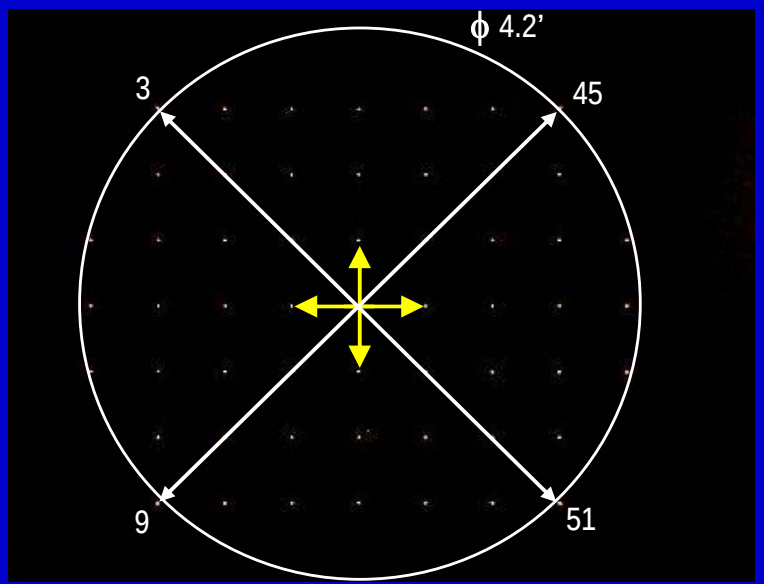
Tolerancia de posicionado del pinhole ± 0.16mm → Resultado: 0.194 ± 0.001 “/pix

# Distorsión

**Cumplido**

Requerimiento: ≤2.5% (goal: ≤ 1%)

- Escala de placa central
- Predecimos las posiciones (3'x3')
- Comparamos con las pos. reales




| Filtro | Distorsión (%) 3 | 9 | 45 | 51 | Media |
|---|---|---|---|---|---|
| g' | 0.14 | -0.05 | 0.09 | 0.16 | 0.09 |
| r' | 0.20 | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.12 |
| I' | 0.23 | 0.04 | 0.10 | 0.11 | 0.12 |
| z' | 0.22 | -0.08 | 0.08 | 0.11 | 0.17 |
| $H_{\alpha\ broad}$ | 0.23 | -0.05 | 0.09 | 0.11 | 0.12 |
| $H_{\alpha\ narrow}$ | 0.20 | -0.11 | 0.15 | 0.08 | 0.14 |
| Hβ | 0.13 | -0.04 | 0.08 | 0.07 | 0.06 |
| [OI] | 0.22 | -0.05 | 0.17 | 0.08 | 0.11 |
| [OII] | 0.20 | 0.08 | 0.14 | 0.10 | 0.13 |
| [OIII] | 0.22 | -0.02 | 0.15 | 0.08 | 0.11 |
| $[SII]_{narrow}$ | 0.10 | 0.01 | -0.05 | 0.05 | 0.06 |
| $[SII]_{broad}$ | 0.19 | -0.10 | 0.14 | 0.14 | 0.09 |

Media **0.11%**

Máximo **0.17%**

Tolerancia de posicionado del pinhole ± 0.16mm → ±1pix/451pix → 0.4% (3'x3')

# Flexión

**Cumplido**

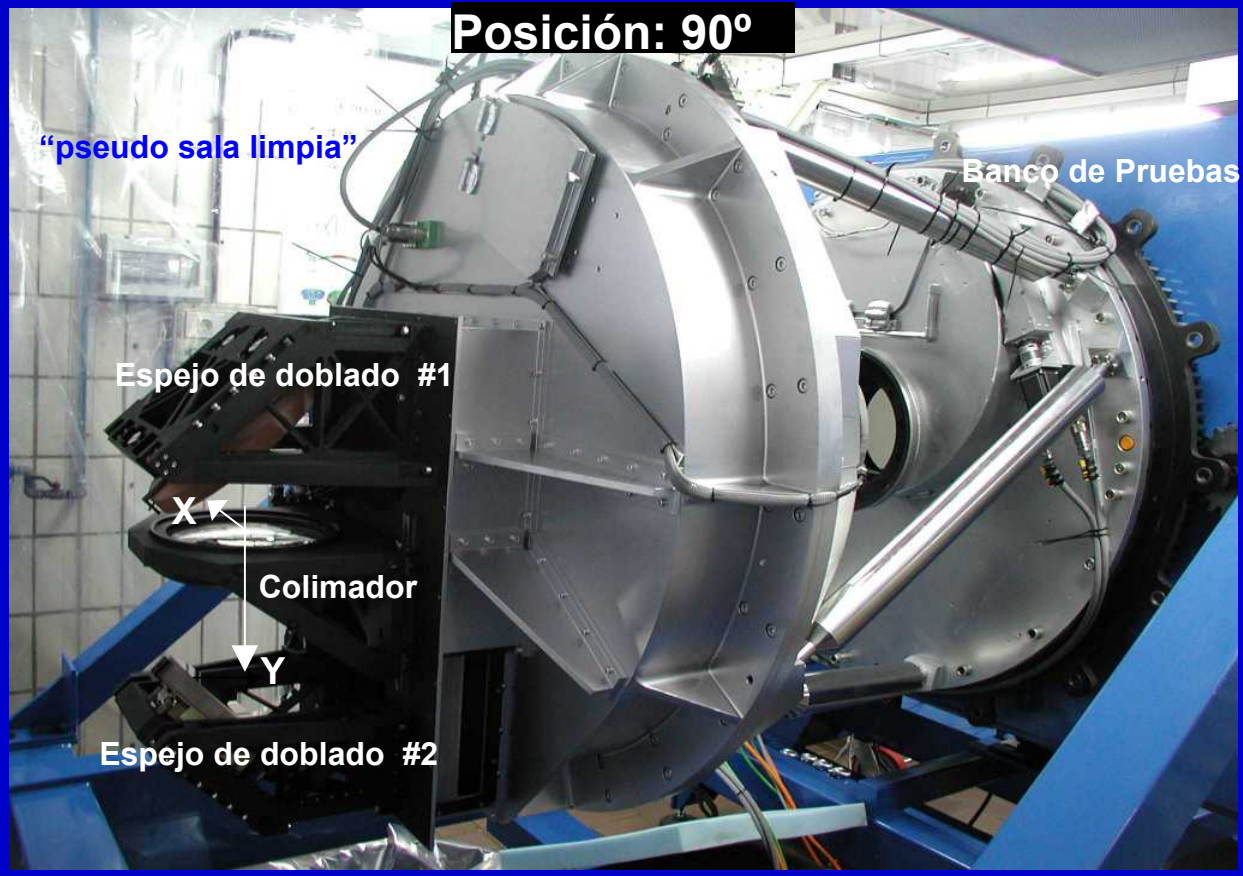
## Requerimiento: < 2pix (< 0.5 pix en Espectroscopía) in 180º

Imágenes en: 0, 90, 180 y 270º

Posición de Referencia

10 imágenes / posición

55 pinholes / posición

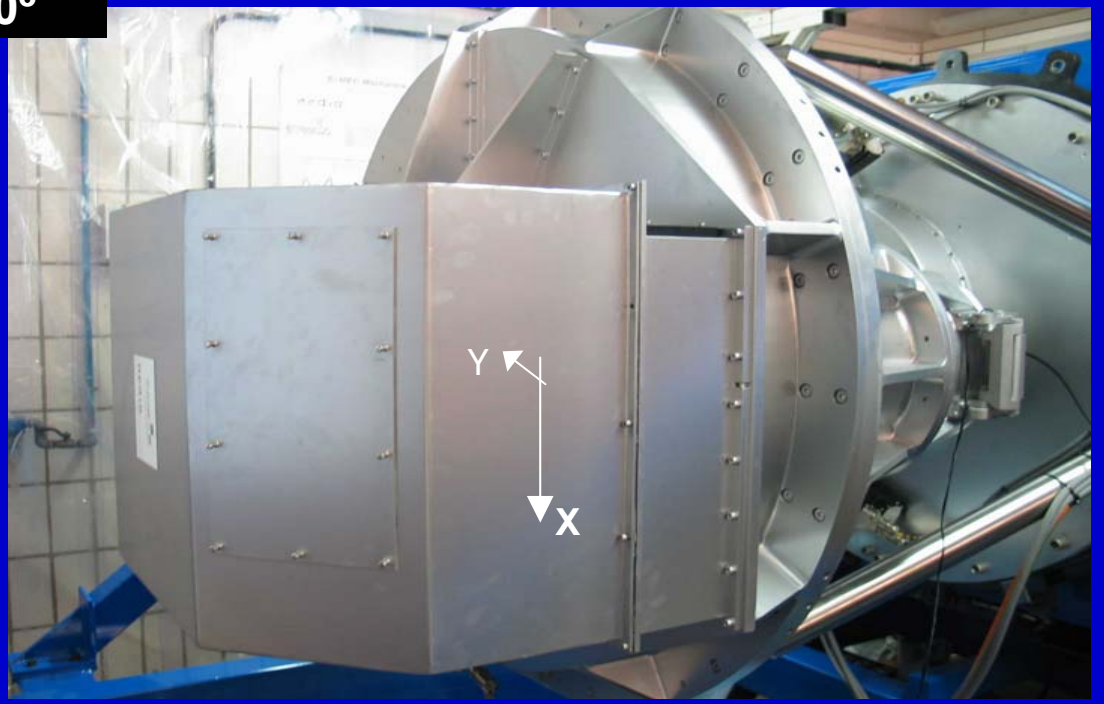



| Desplazamiento | Vector Gravedad paralelo al eje X (0º/ 180º) | Vector Gravedad paralelo al eje Y (90º / 270º) |
|---|---|---|
| **Eje X** | 19.0 μm (**1.26 pix**) | 0.38 μm (0.025 pix) |
| **Eje Y** | 0.64 μm (0.04 pix) | 1.01 μm (**0.067** pix) |

**Posición: 0º**

**Prueba adicional para descartar la Rueda de Rendijas como culpable**

Utilizamos un único pinhole centrado situado en el bafle de entrada y desacoplado mecánicamente de la rueda de rendijas.




| | **Vector Gravedad paralelo al eje X** (0º/180º) | **Vector Gravedad paralelo al eje Y** (90º/270º) |
|---|---|---|
| **Eje X** | 18.2 μm (1.21pix) | 1.64 μm (0.109pix) |
| **Eje Y** | 0.30 μm (0.02pix) | 1.01 μm (0.067pix) |

Requerimiento del Modo Imagen cumplido

Máximo desplazamiento debido a flexiones 1.26 pix < 2 pix en 180º

Comportamiento asimétrico en los ejes X e Y

Cumplido

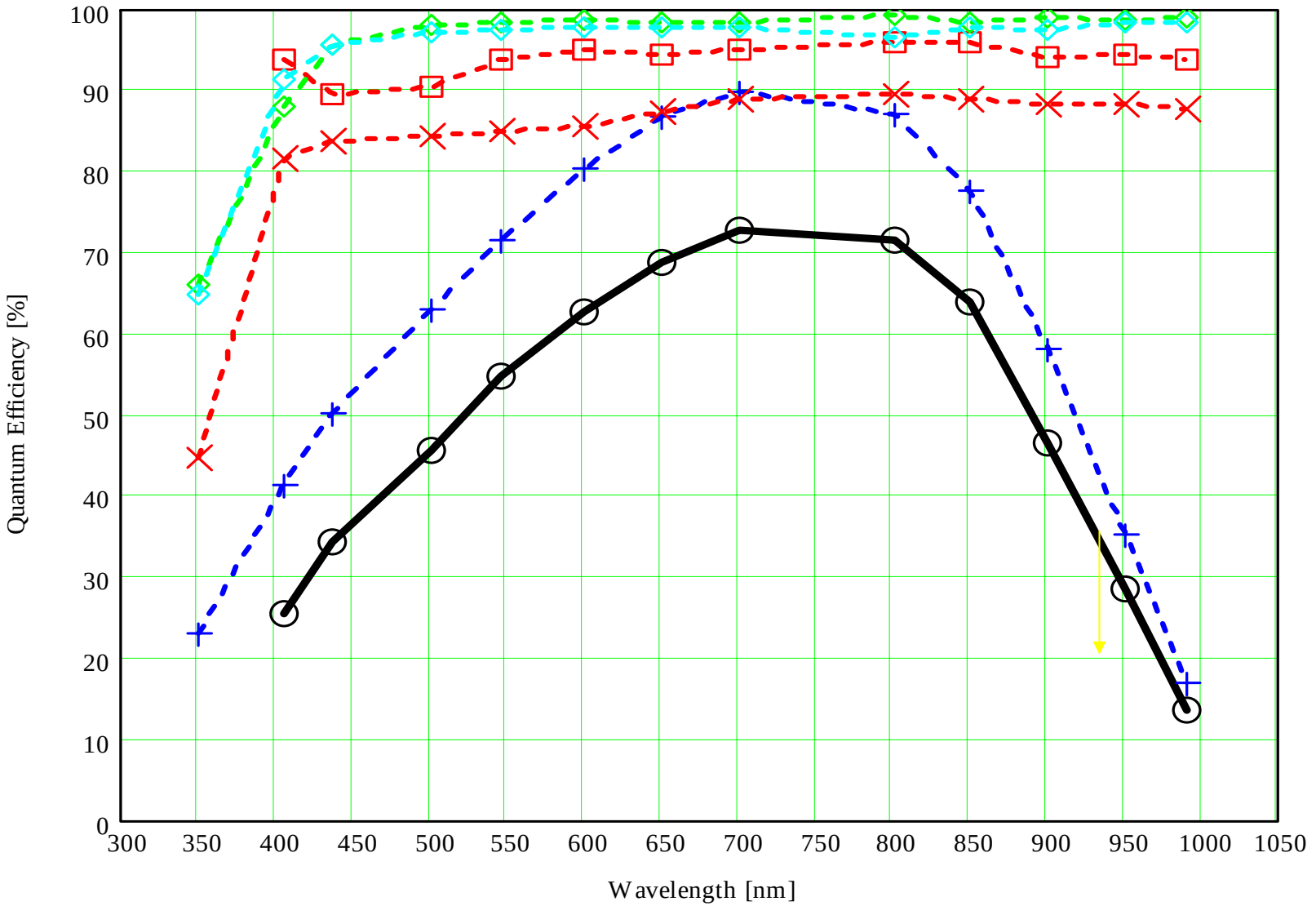
# Transmisión (*"Throughput"*)

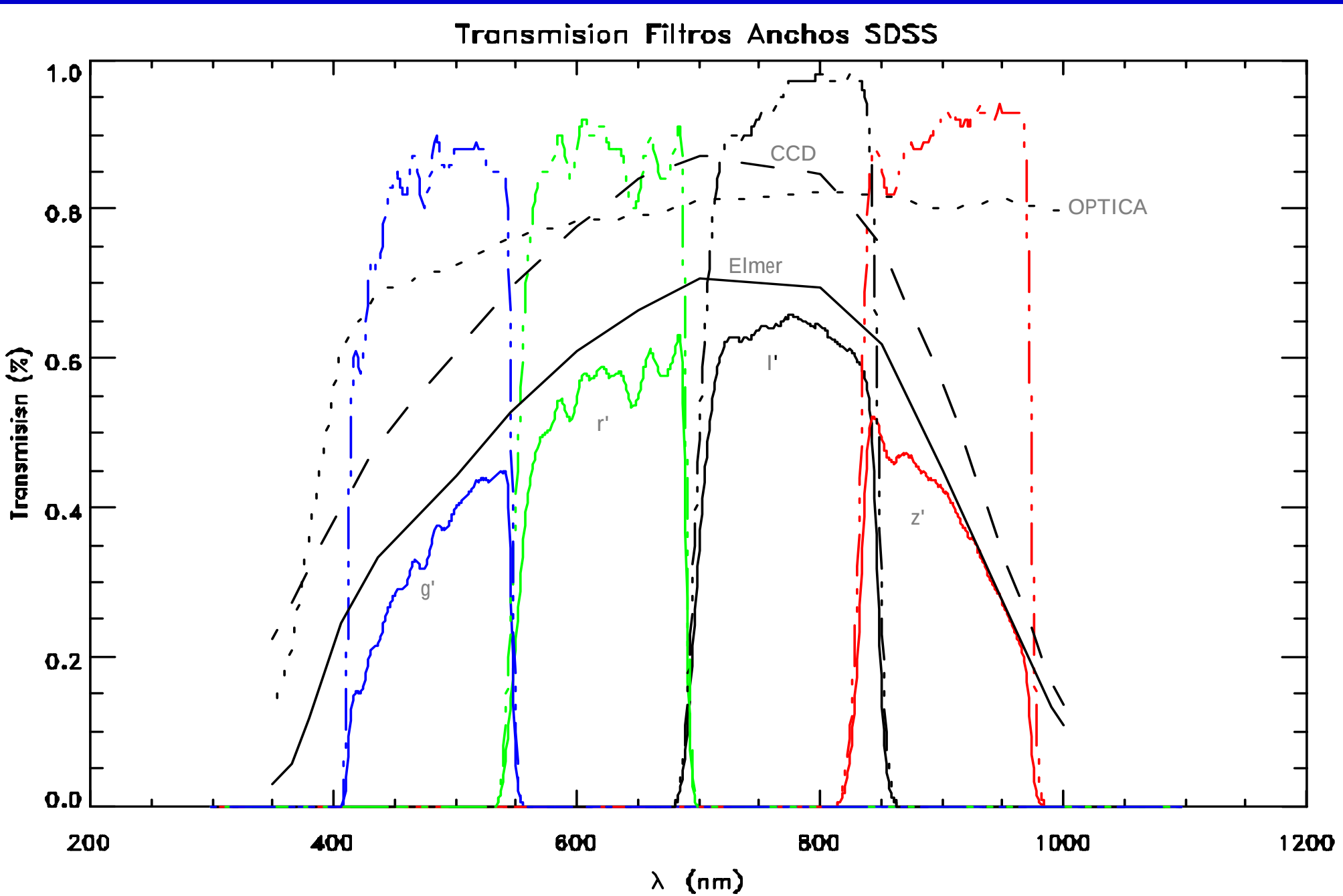
## Requerimiento: Maximizar el "Throughput"

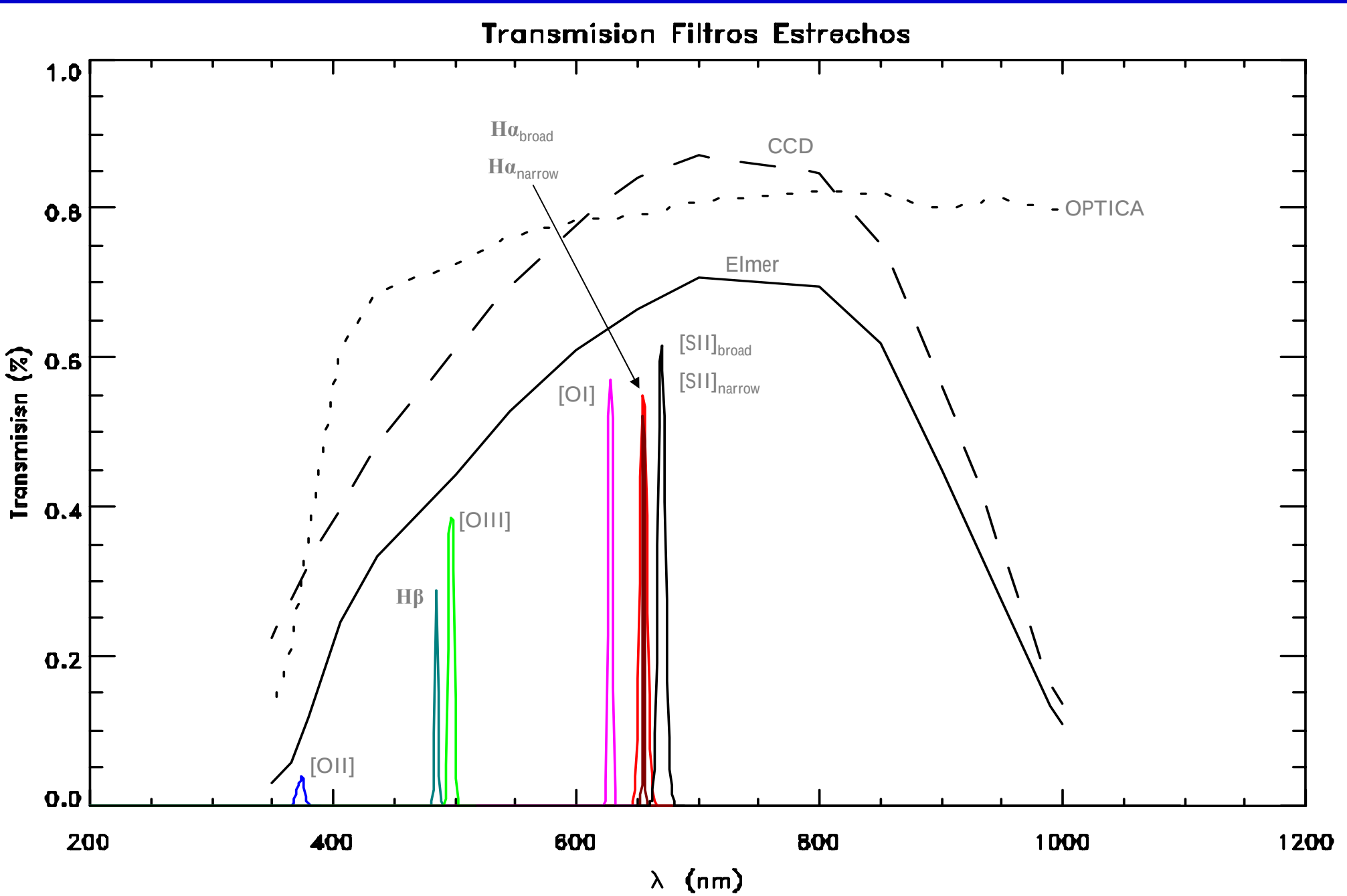
- Optimización en los recubrimientos. El diseño óptico se realizó con dos materiales únicamente (S-LAL18 and $CaF_2$)
- Minimizar el número de elementos ópticos
- Recubrimiento de Plata protegida en los espejos
- CCD de alta eficiencia cuántica (*Backside-illuminated* & *full depletion*)

Resultados

| λ (nm) | FM1 | FM2 | FL+COL | CAM | OPT | CCD (QE) | *Elmer* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 350 | 0.660 | 0.648 | 0.669 | 0.448 | **0.128** | 0.224 | ***0.029*** |
| 365 | 0.720 | 0.720 | 0.740 | 0.548 | **0.210** | 0.272 | ***0.057*** |
| 380 | 0.780 | 0.792 | 0.911 | 0.649 | **0.365** | 0.320 | ***0.117*** |
| 405 | 0.880 | 0.913 | 0.936 | 0.816 | **0.614** | 0.401 | ***0.246*** |
| 436 | 0.957 | 0.957 | 0.896 | 0.838 | **0.687** | 0.486 | ***0.334*** |
| 500 | 0.979 | 0.972 | 0.905 | 0.841 | **0.724** | 0.611 | ***0.442*** |
| 546 | 0.982 | 0.974 | 0.939 | 0.849 | **0.762** | 0.694 | ***0.529*** |
| 600 | 0.985 | 0.977 | 0.950 | 0.856 | **0.783** | 0.778 | ***0.609*** |
| 650 | 0.984 | 0.976 | 0.945 | 0.871 | **0.790** | 0.842 | ***0.665*** |
| 700 | 0.983 | 0.976 | 0.951 | 0.890 | **0.812** | **0.870** | ***0.706*** |
| 800 | 0.992 | 0.965 | 0.958 | 0.896 | **0.822** | 0.846 | ***0.695*** |
| 850 | 0.984 | 0.978 | 0.960 | 0.886 | **0.819** | 0.754 | ***0.618*** |
| 900 | 0.990 | 0.973 | 0.941 | 0.881 | **0.799** | 0.563 | ***0.450*** |
| 950 | 0.987 | 0.982 | 0.945 | 0.887 | **0.812** | 0.342 | ***0.277*** |
| 990 | 0.988 | 0.983 | 0.938 | 0.876 | **0.798** | 0.165 | ***0.132*** |
| 1000 | 0.988 | 0.983 | 0.938 | 0.876 | **0.798** | 0.135 | ***0.108*** |


Quantum Efficiency [%]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
850
900
950
1000
1050
Wavelength [nm]
Total throughput
CCD (at -100°C)
Camera
Field lens & Collimator
Mirror #1
Mirror #2


Transmision Filtros Anchos SDSS
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
Transmisisn (%)
200
400
600
800
1000
1200
λ (nm)
CCD
OPTICA
Elmer
g'
r'
i'
z'

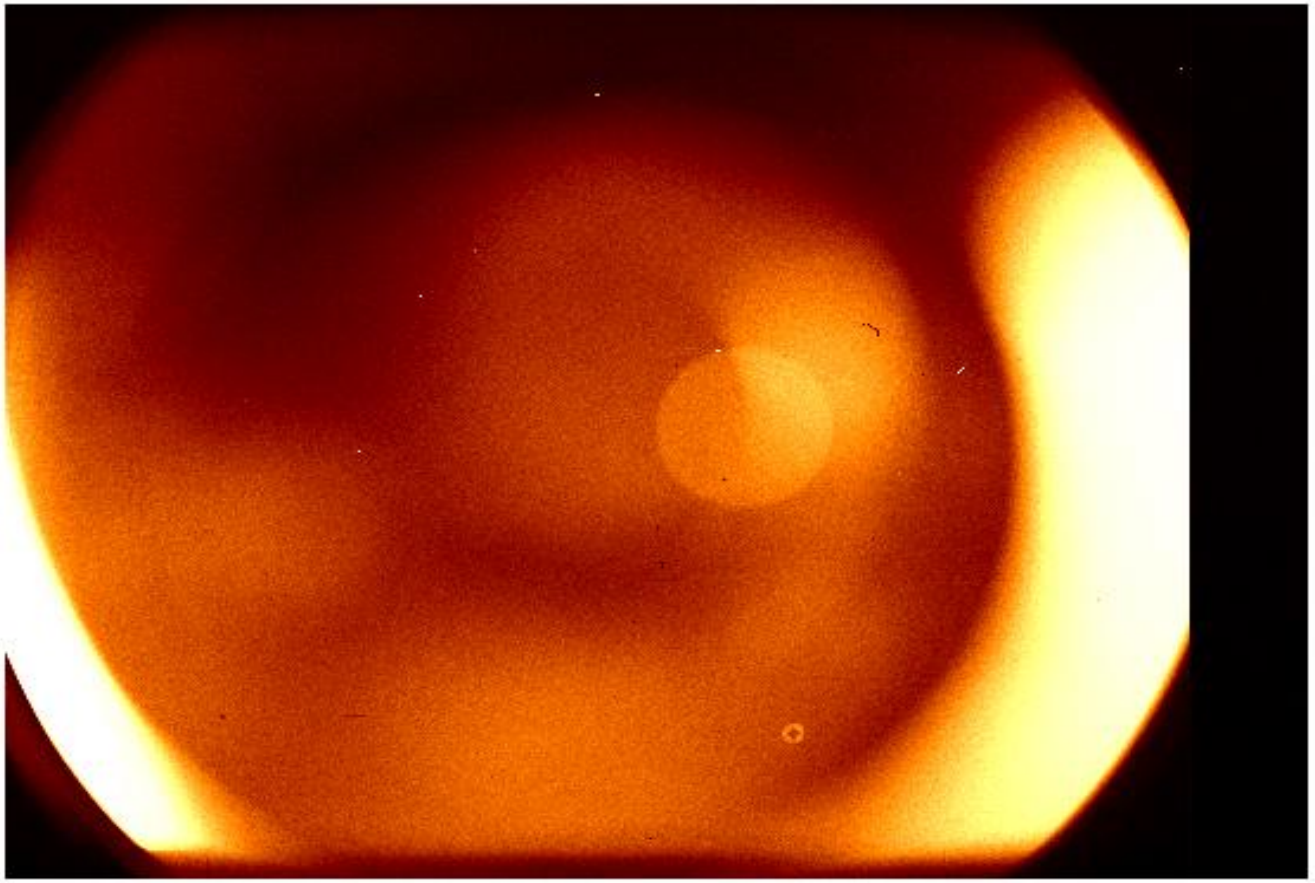

Transmision Filtros Estrechos
Transmisión (%)
λ (nm)
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
200
400
600
800
1000
1200
Hα broad
Hα narrow
CCD
OPTICA
Elmer
[SII] broad
[SII] narrow
[OI]
[OIII]
Hβ
[OII]

Cumplido

# *“Stray Light” (Luz Difusa)*

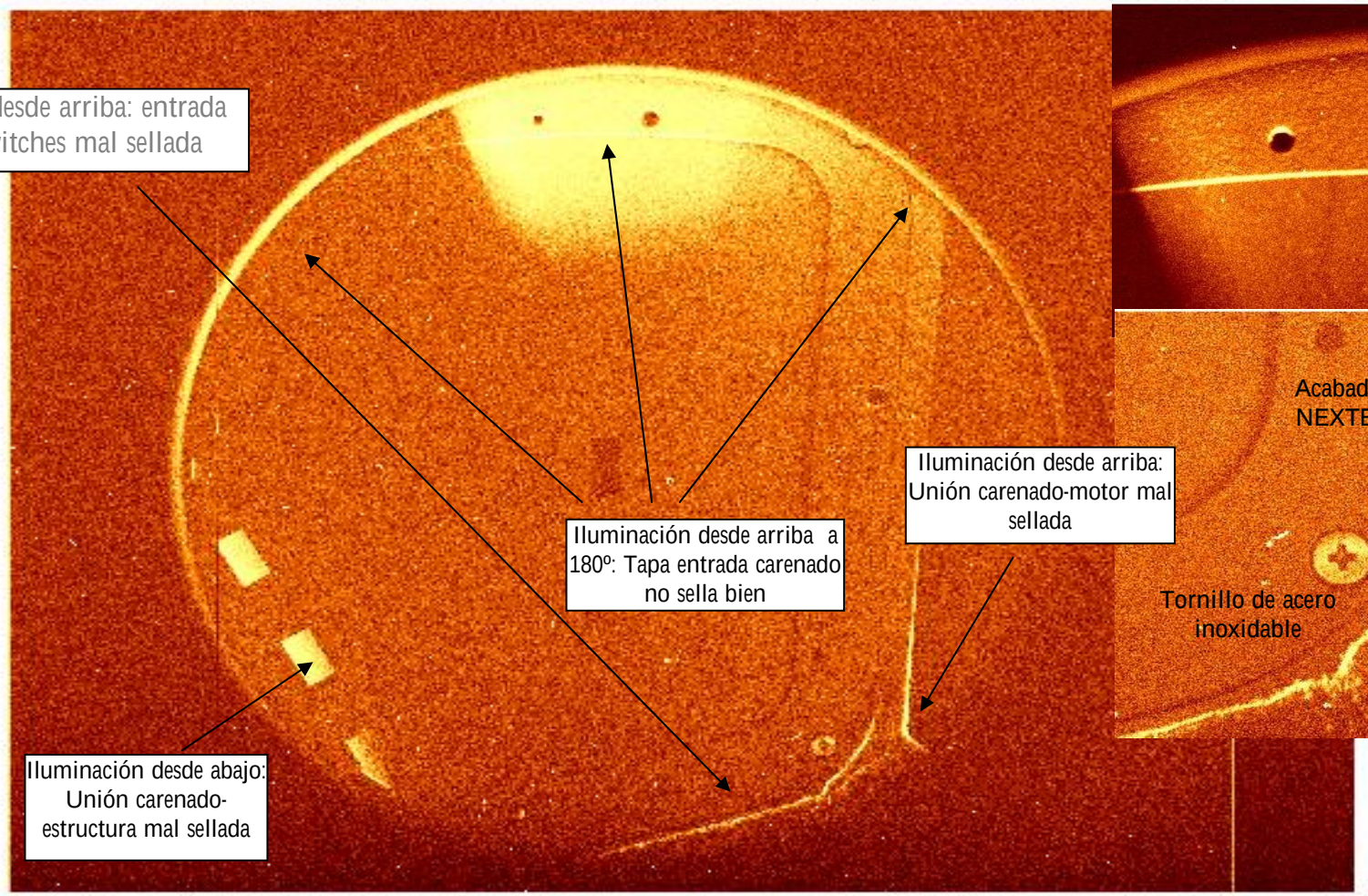
- Requisito: Minimizar la luz difusa
- Solución: Hacer que el instrumento sea estanco a luz parásita.
- Para ello se investigan primero por dónde entra luz parásita al detector.
- Metodología
  - Evitar que la luz entre a través del campo de visión
  - Mantener la sala totalmente iluminada
  - Hacer exposiciones largas del detector (1800s)

## Resultados



- Tiempo de exposición:120s.
- No bien sellado.
- Principales fuentes de luz difusa
  - Luz entrando por el carenado del mecanismo del colimador
  - El bafle de entrada provisional de la lente de campo no es adecuado

# Resultados

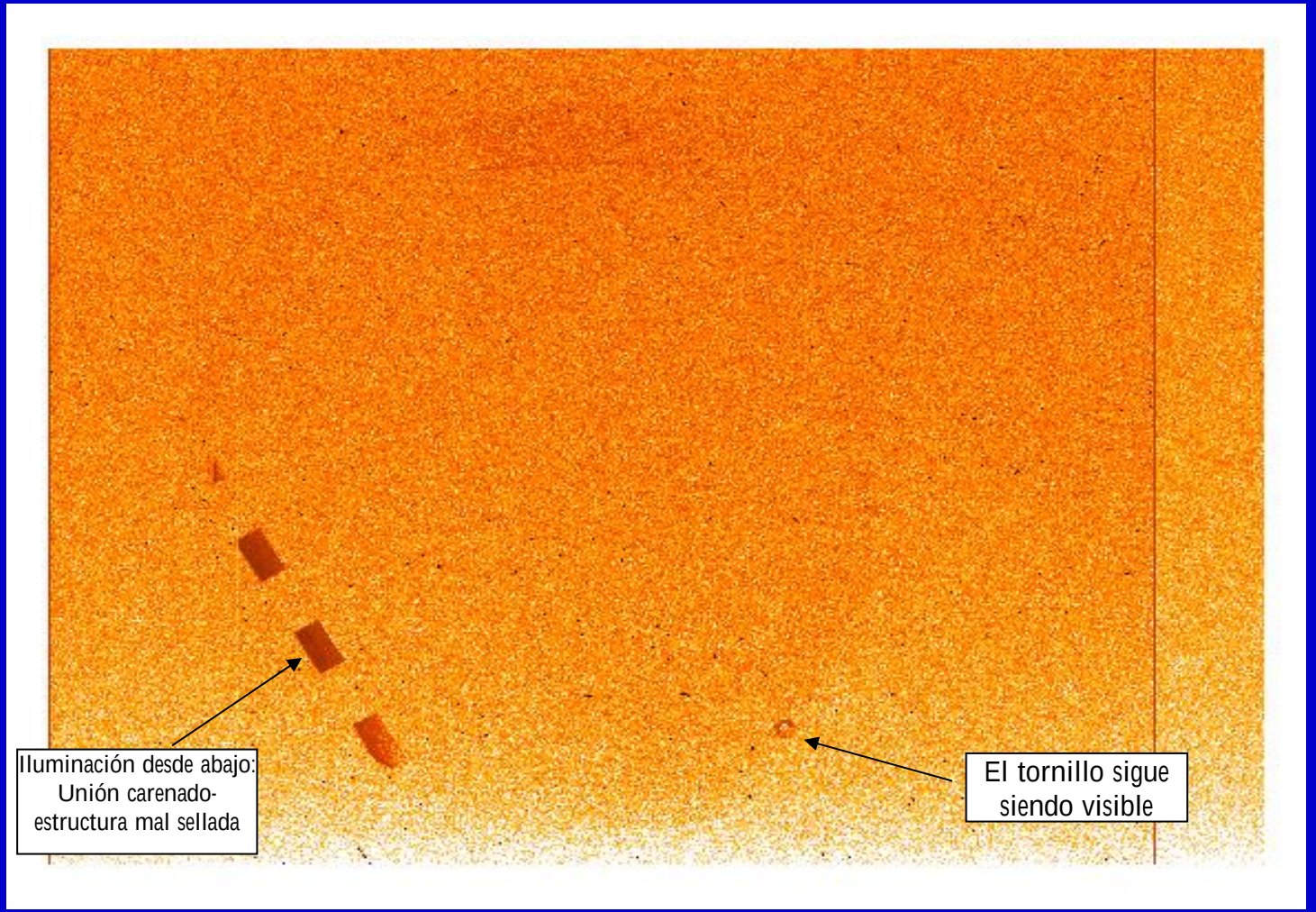






- t = 1800 s
- No hay luz entrando por el FOV
- Se ven algunos puntos de luz
- Máximo:  350 cuentas sobre el fondo (637 fotones detectados)

## Resultados




- Imagen de 1800 seg tras sellar todos los puntos de entrada menos la unión entre carenado y estructura.
- El punto más brillante: 50 cuentas sobre el fondo (91 fotones detectados).
- Una vez sellado este punto se queda al nivel del fondo.

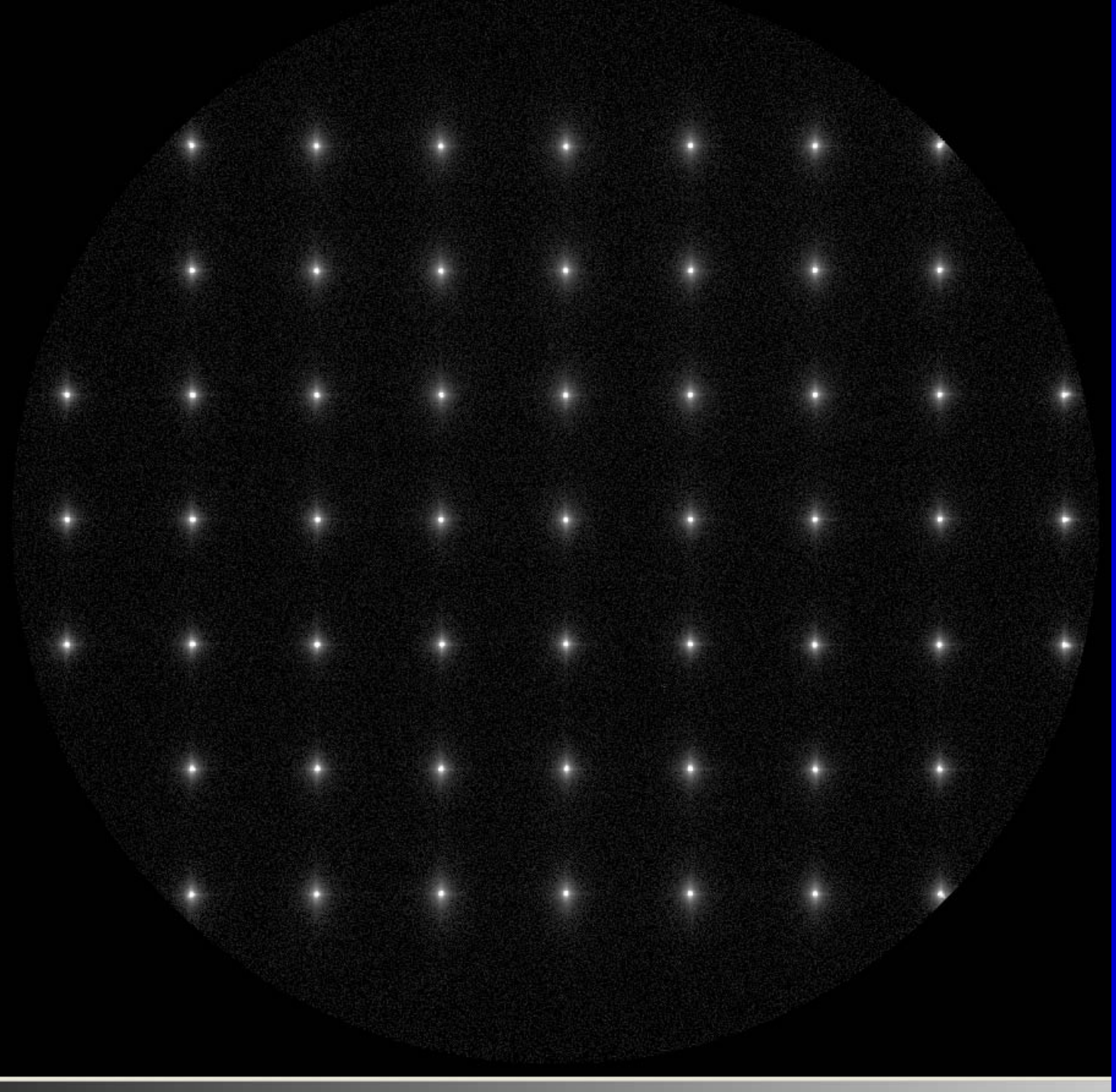
# Caracterización de los fantasmas de los Filtros

- Los fantasmas son inevitables ya que se deben al propio proceso de fabricación de los filtros de Elmer (multi-capas)
- Se ha realizado una caracterización exhaustiva de los fantasmas

## Requisitos

- El diámetro de un fantasma individual debe ser mayor que 10” para evitar su confusión con una estrella. (10” son equivalentes a 51.5 píxeles)

- Relación Imagen Real / Imagen fantasma > $1x10^5$ para una fuente puntual

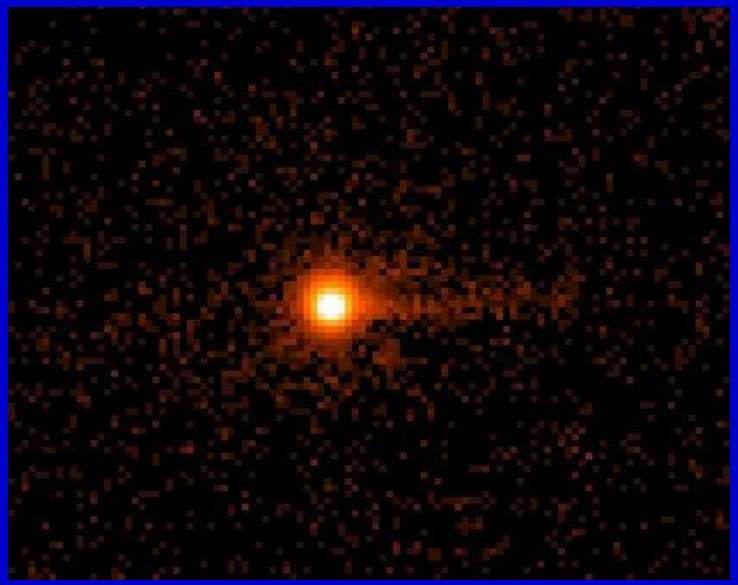


Escala logarítmica
Ausencia de fantasmas
Hasta $10^{-5}$

Imagen sin filtro
Pinholes saturados

# “The Ghost gallery”: Filtros de Banda Ancha

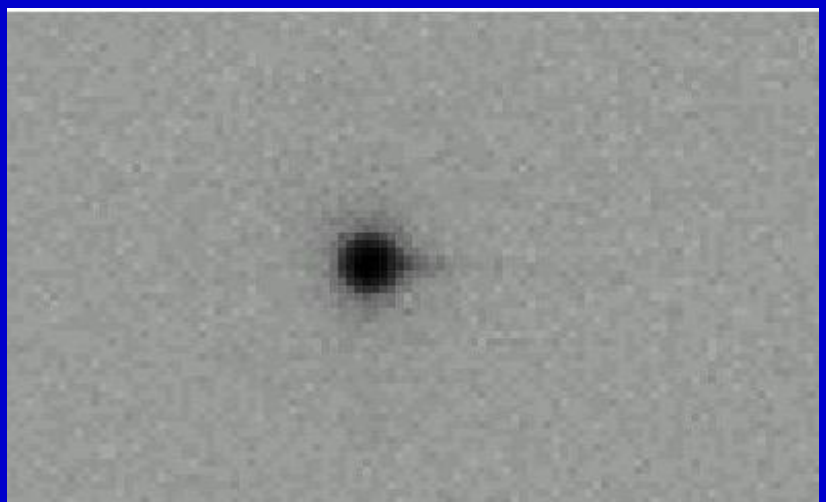
g’



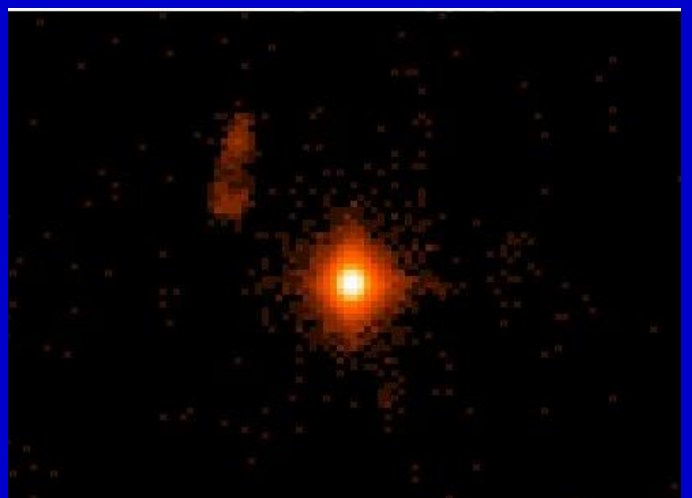
r’



I’

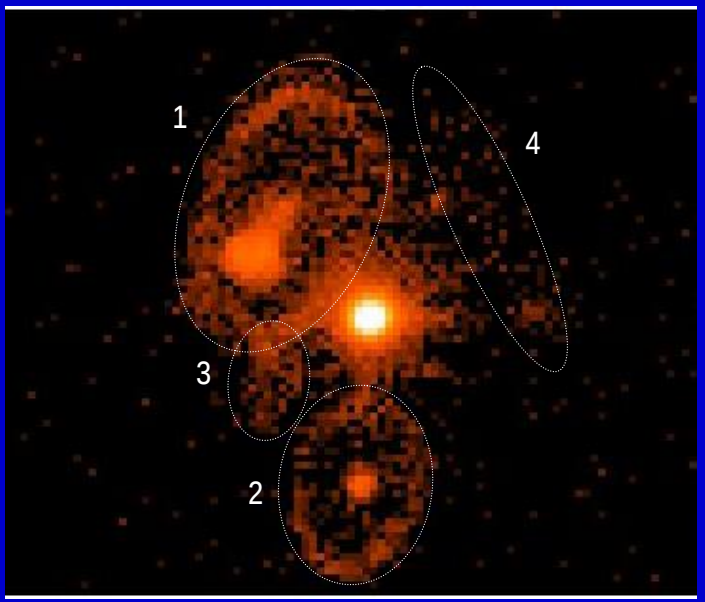


z’

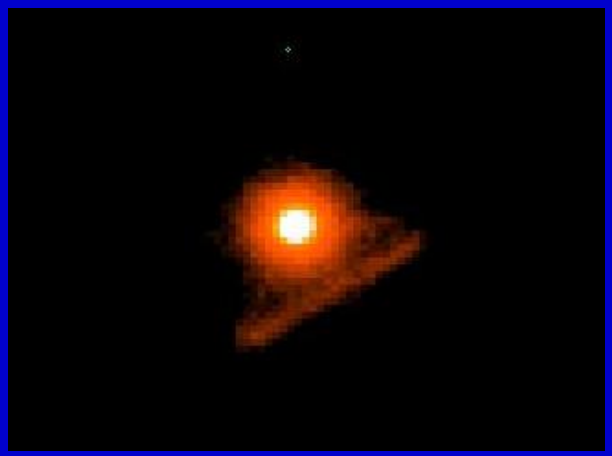


# “The Ghost gallery”: Filtros de Banda Estrecha

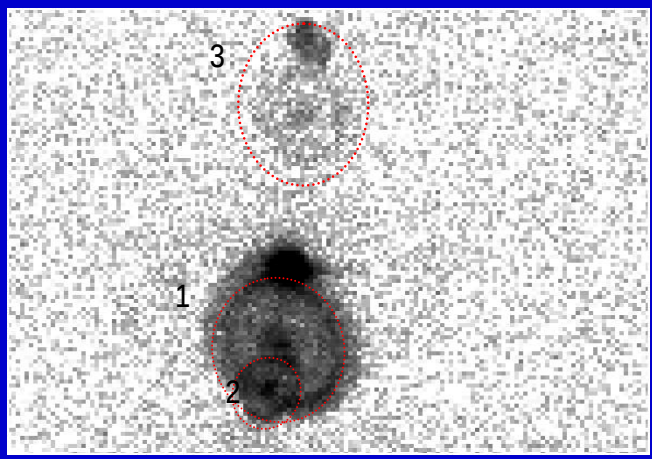
## Hα ancho



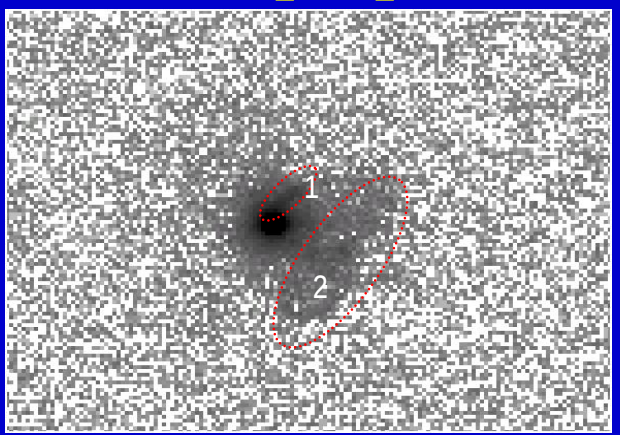

## Hα estrecho



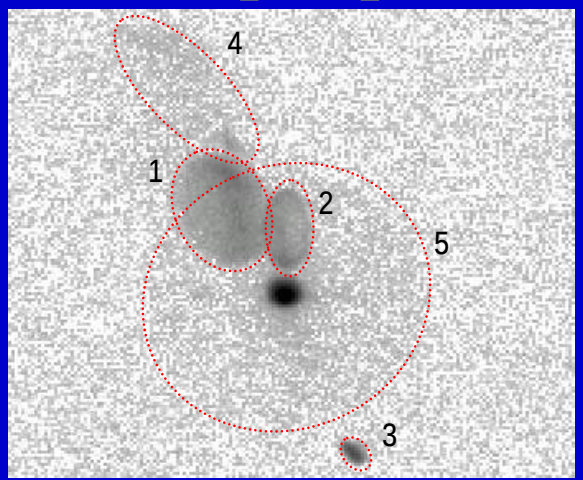
## $H_\beta$



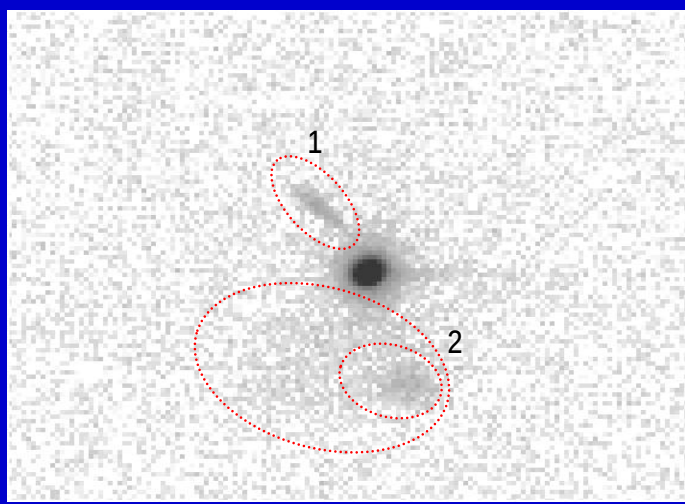

## [OI]




## [OII]

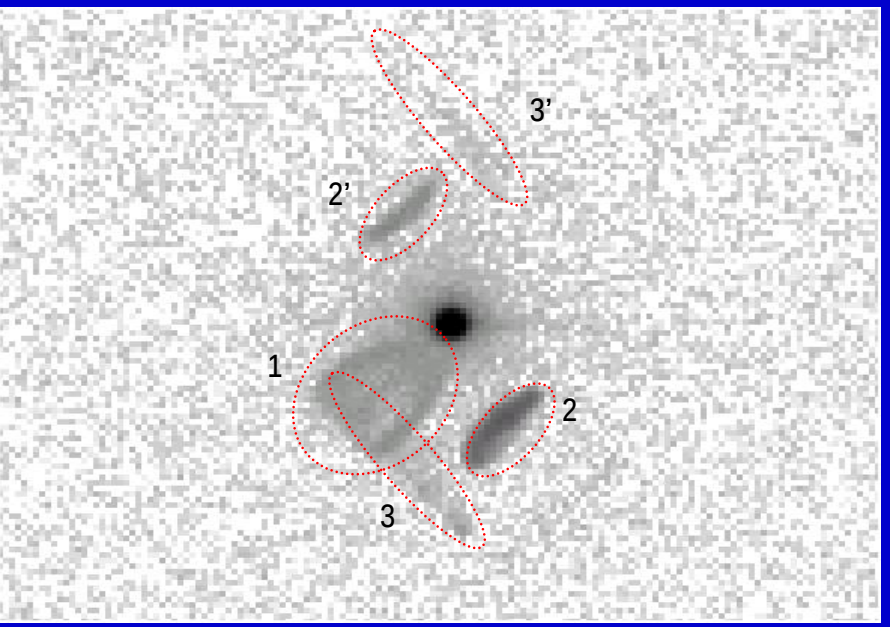



## [OIII]

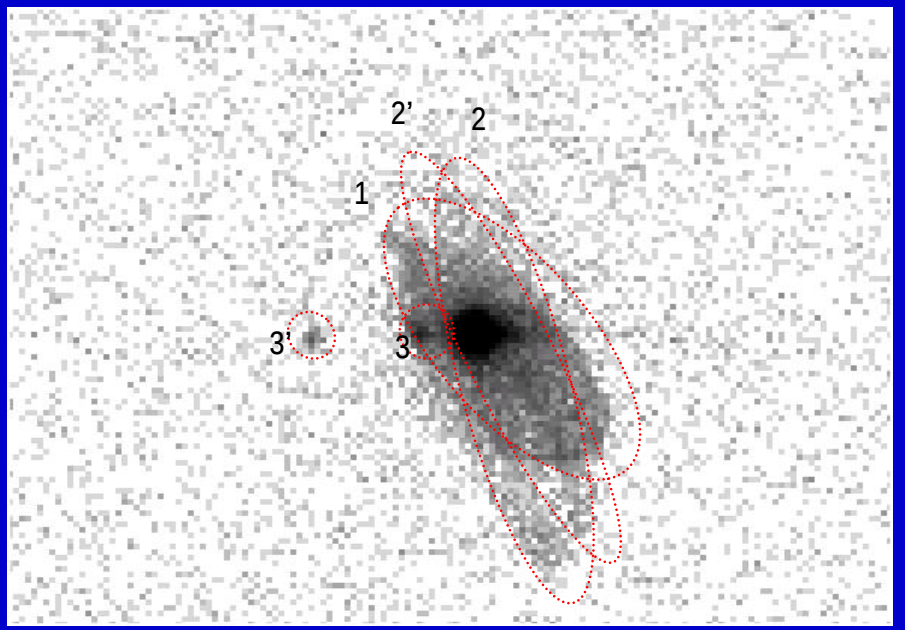


# “The Ghost gallery”: Filtros de Banda Estrecha

## [SII] estrecho

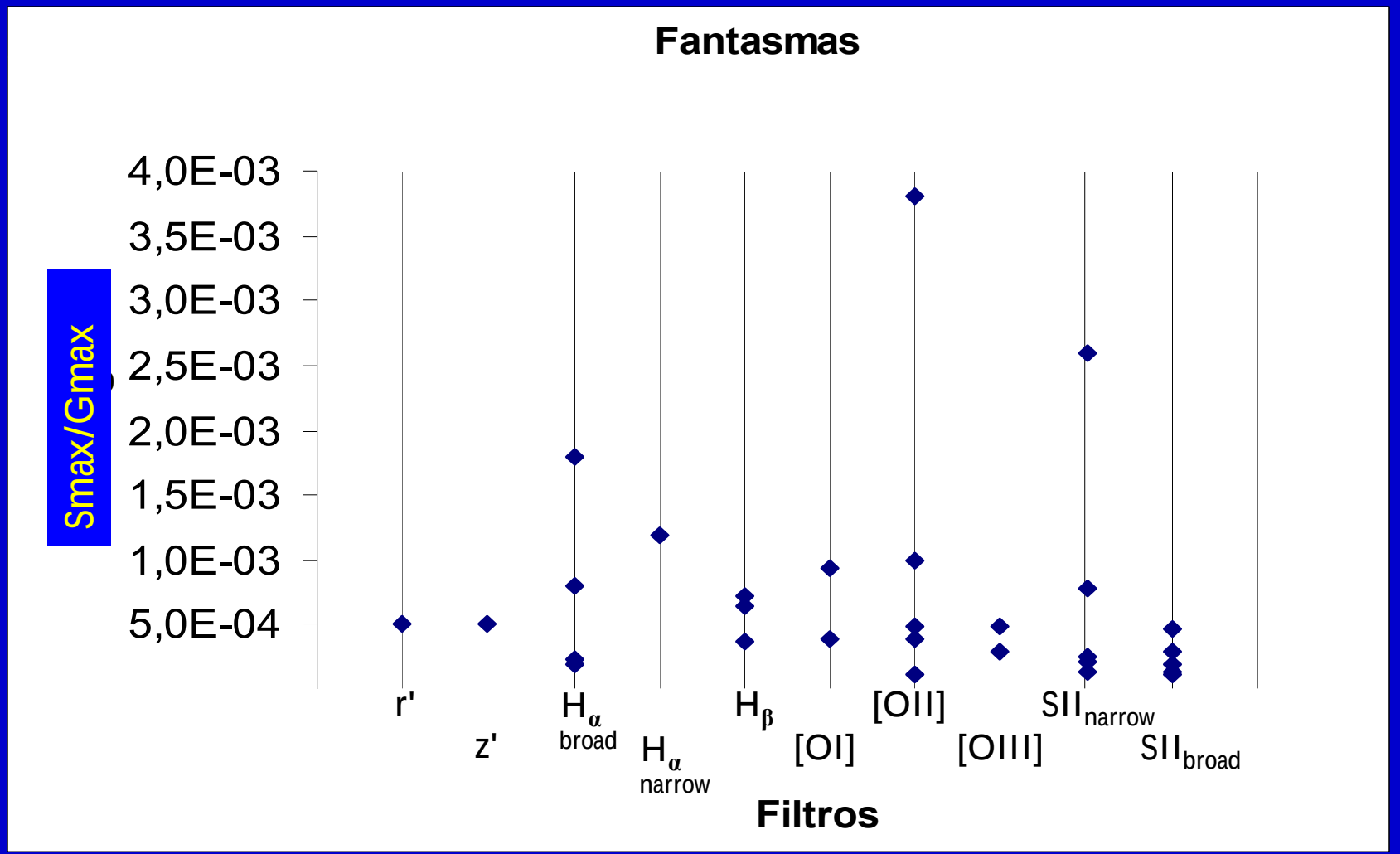



## [SII] ancho




| Ghost | R (pix) | α (º) | $S_{max}$ (counts) | $G_{max}$ (counts) | $G_{max}/S_{max}$ | Major axis (pix) | Minor axis (pix) | B (º) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1** | ----- | 225 | 119092 | 54 | **$7.9 \cdot 10^{-4}$** | 17 | 15 | 45 |
| **2** | (19) | 298 | 119092 | 304 | **$2.6 \cdot 10^{-3}$** | 19 | 6 | 47 |
| **2’** | (20) | 117 | 119092 | 72 | **$6.0 \cdot 10^{-4}$** | 15 | 3 | 45 |
| **3** | (27) | 287 | 119092 | 25 | **$2.1 \cdot 10^{-4}$** | 35 | 6 | 135 |
| **3’** | (37) | 92 | 119092 | 16 | **$1.3 \cdot 10^{-4}$** | 34 | 4 | 130 |

# Resultados - Fantasmas




- No-conformidad
- No se puede hacer nada salvo caracterizar la posición e intensidad del fantasma.
- Los filtros son muy grandes y los fantasmas se deben a efectos de “wedge” en la fabricación

# Foco y Calidad de Imagen

- Requisito: $EER_{80} \leq 17.6\mu m$ Objetivo: $EER_{80} \leq 15.0\mu m$

(requisito para los filtros anchos)

Sistema de Enfoque → Colimador → Recorrido 27mm → 238.64µm en el CCD

Colimador → Precisión 0.1 mm → 0.88µm en el CCD

Factor de Magnificación axial:
1mm en el Colimador equivale a 8.84 µm en el CCD

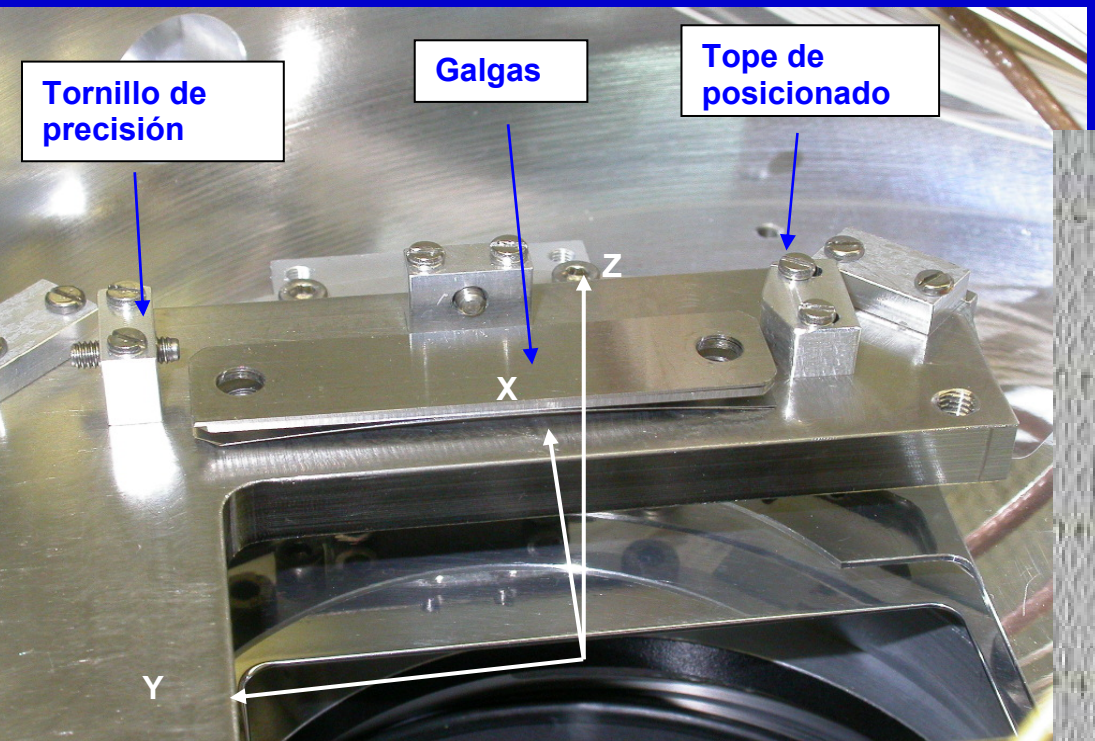
# Compensador de Foco

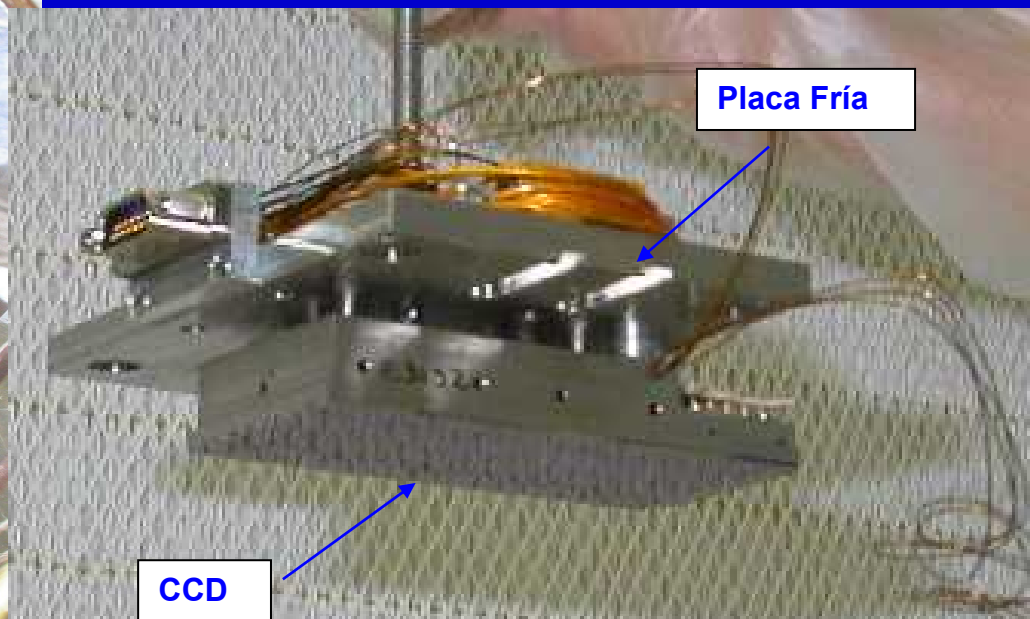
Soporte del CCD ➡ Placa fría

Sistema de centrado XY ➡ Tornillos de precisión, Topes mecánicos

Sistema movimiento en Z ➡ Galgas (1mm, 0.5mm, 0.1mm, 0.02mm y 0.008mm)

(Sistema de medida en sala limpia precisión 20µm)



- Análisis: Para un filtro
- Calcular foco óptimo para cada una de las 55 aperturas
  (Estimamos directamente sobre la imagen radio contiene 80% Energía)
- Obtener foco óptimo para ese filtro
  (Promedio de los focos óptimos en todas las aperturas, en todo el FOV)
- Verificar requisito: medir $EER_{80}$ en el FOV enfocado
  Estimamos $EER_{80}$ forma más precisa:
  Respuesta sistema óptico Elmer (PSF) => Gaussiana
  Gaussiana que convolucionada con cada apertura da el mejor $EER_{80}$ en la apertura
  (σ (pix) de 0.5 a 1.2 en incrementos de 0.05. Usamos medidas reales de aperturas)
  Promediamos el valor de las σ en todas las aperturas, en todo el FOV
  A partir de ese σ obtenemos el valor del $EER_{80}$ para ese enfoque ($EER_{80}$=1.739 σ).

- Repetir proceso con todos los filtros (1188 imágenes RAW)

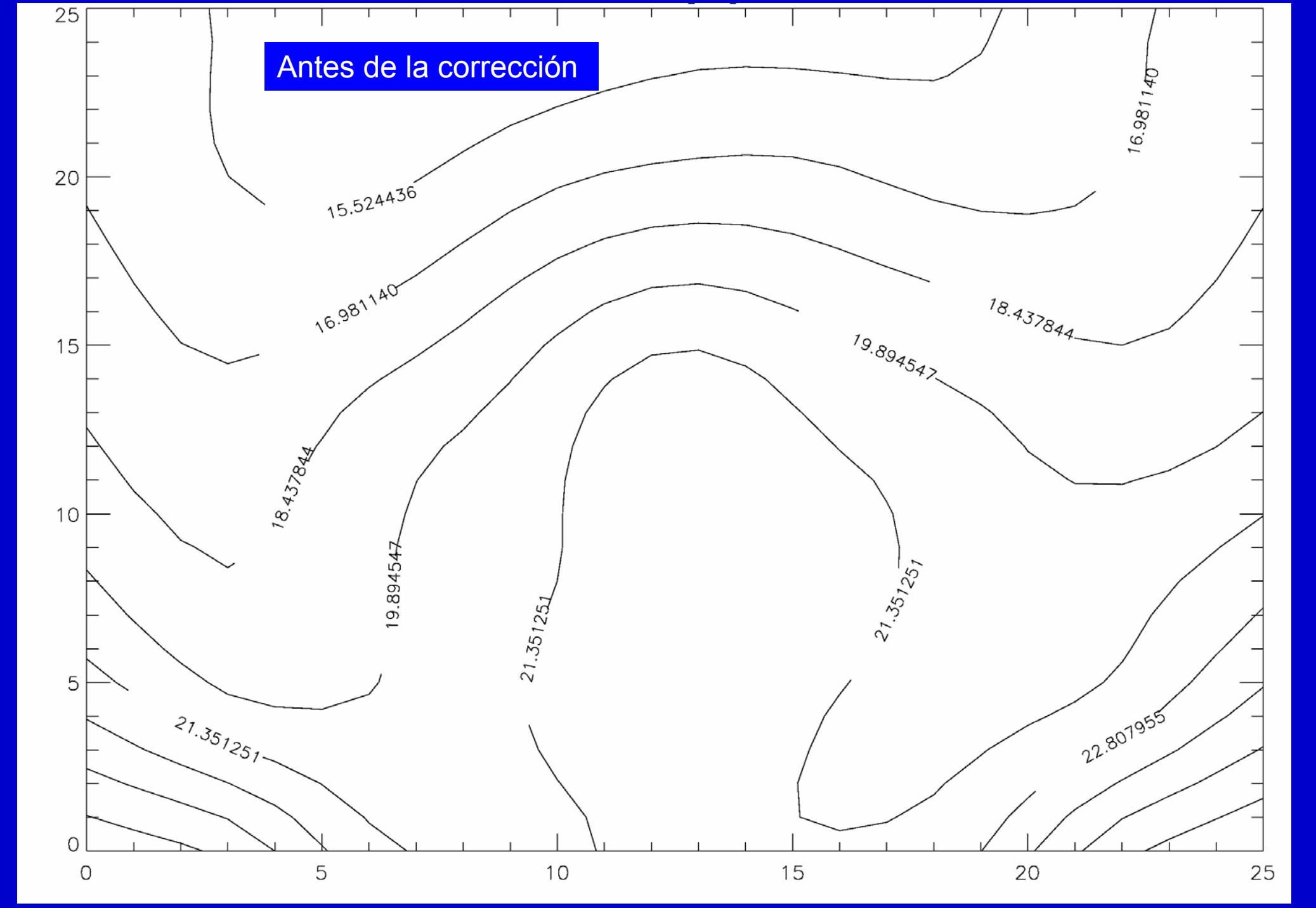
# Pasos hasta conseguir un buen enfoque

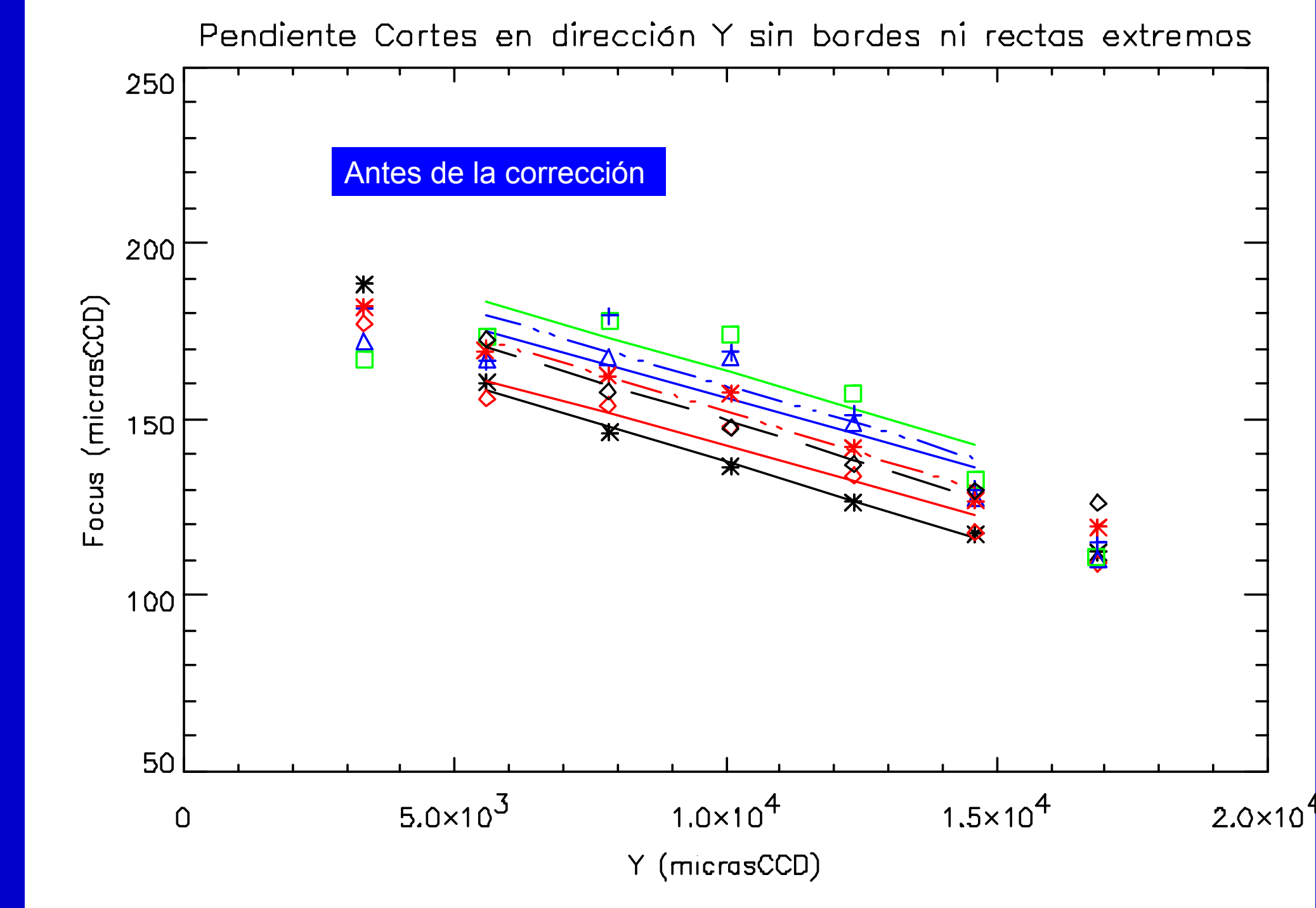
- Inicialmente instrumento fuera de foco → Existe un *piston* (267μm)
- Tras corrección *piston* (260μm) → Elmer enfocado
- Cumple requisito $EER_{80}$ localmente
- No cumple requisito $EER_{80}$ en FOV
- No uniformidad del $EER_{80}$ en FOV

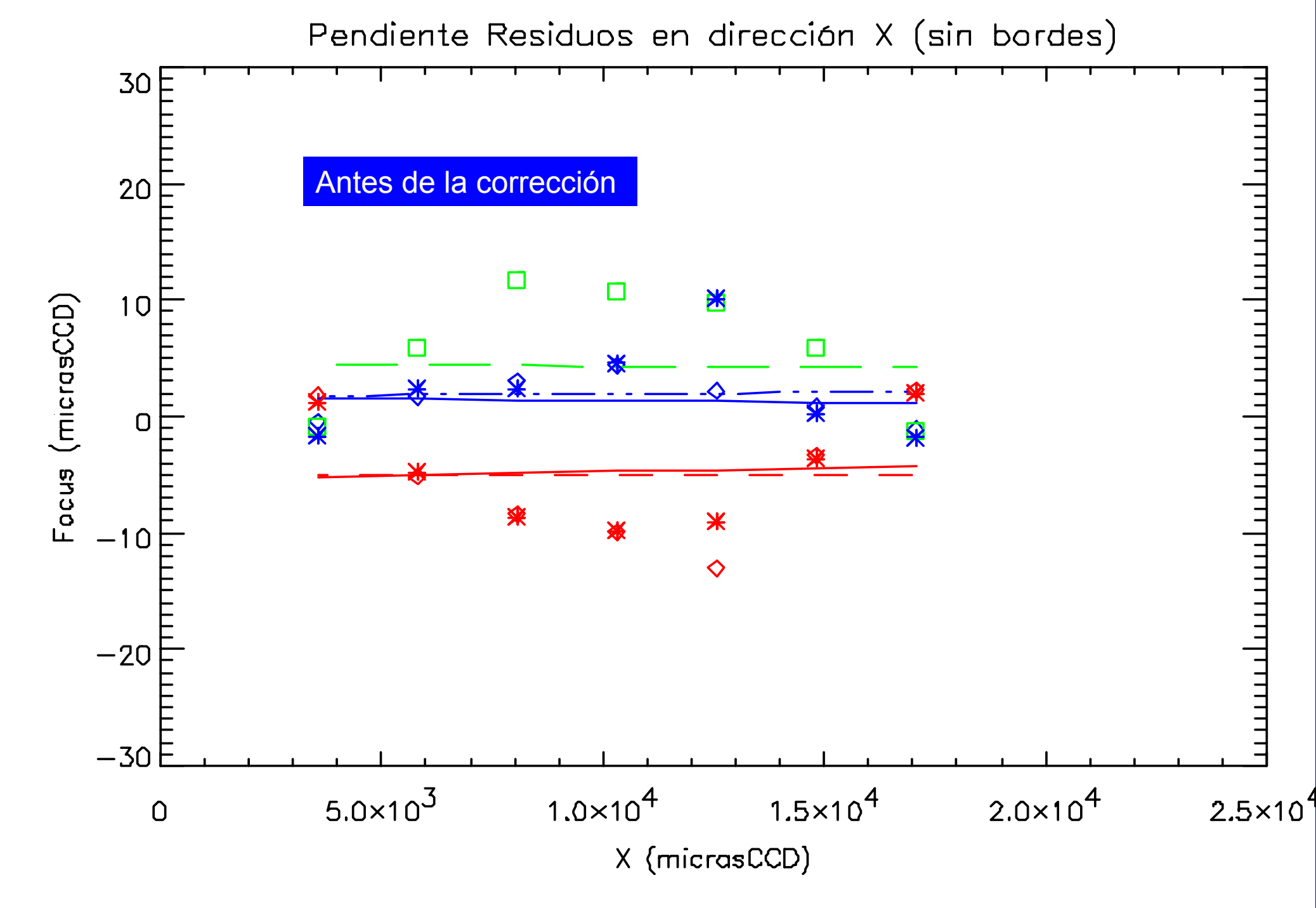
→ Existe un *tilt* (0.283º)

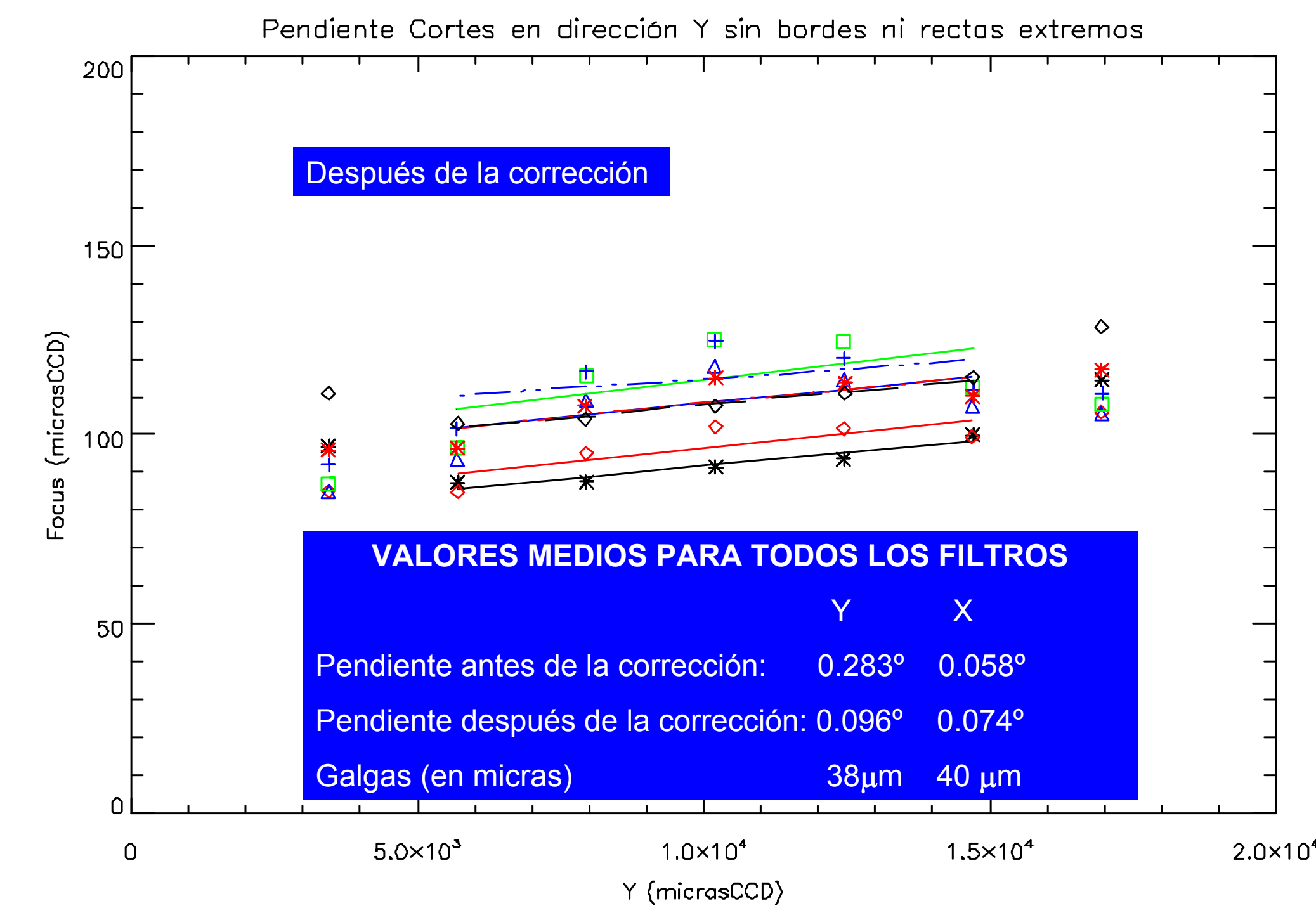
- Tras corrección de *tilt*

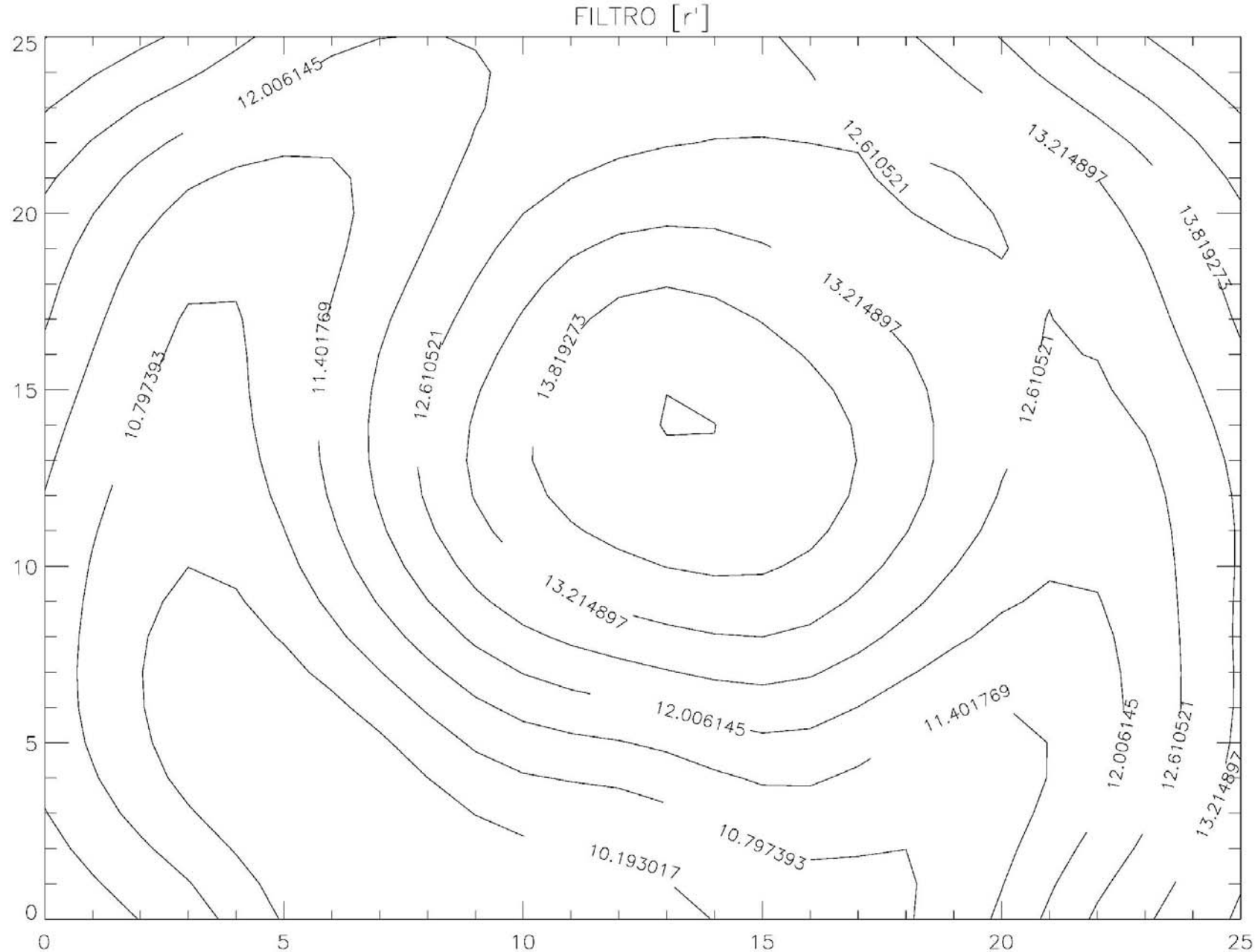
  ESPERAMOS →
  - Cumplimos Requisito $EER_{80}$
  - Cumplimos Objetivo $EER_{80}$ (en algunos filtros)
  - $EER_{80}$ uniforme en FOV
  - Degradación seeing (0.6”) < 10%

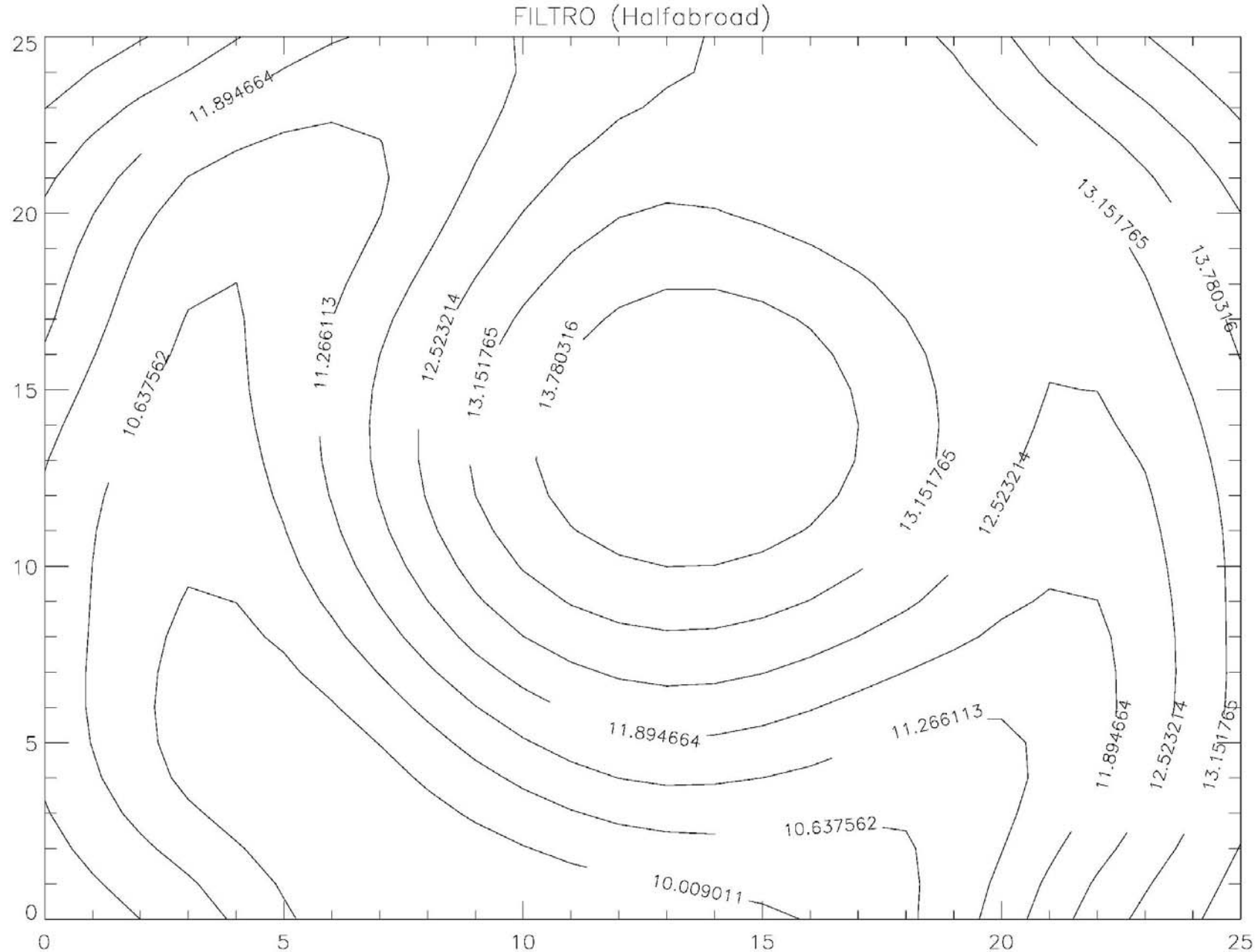

Antes de la corrección
15.524436
16.981140
16.981140
18.437844
18.437844
19.894547
19.894547
21.351251
21.351251
21.351251
22.807955
0
5
10
15
20
25

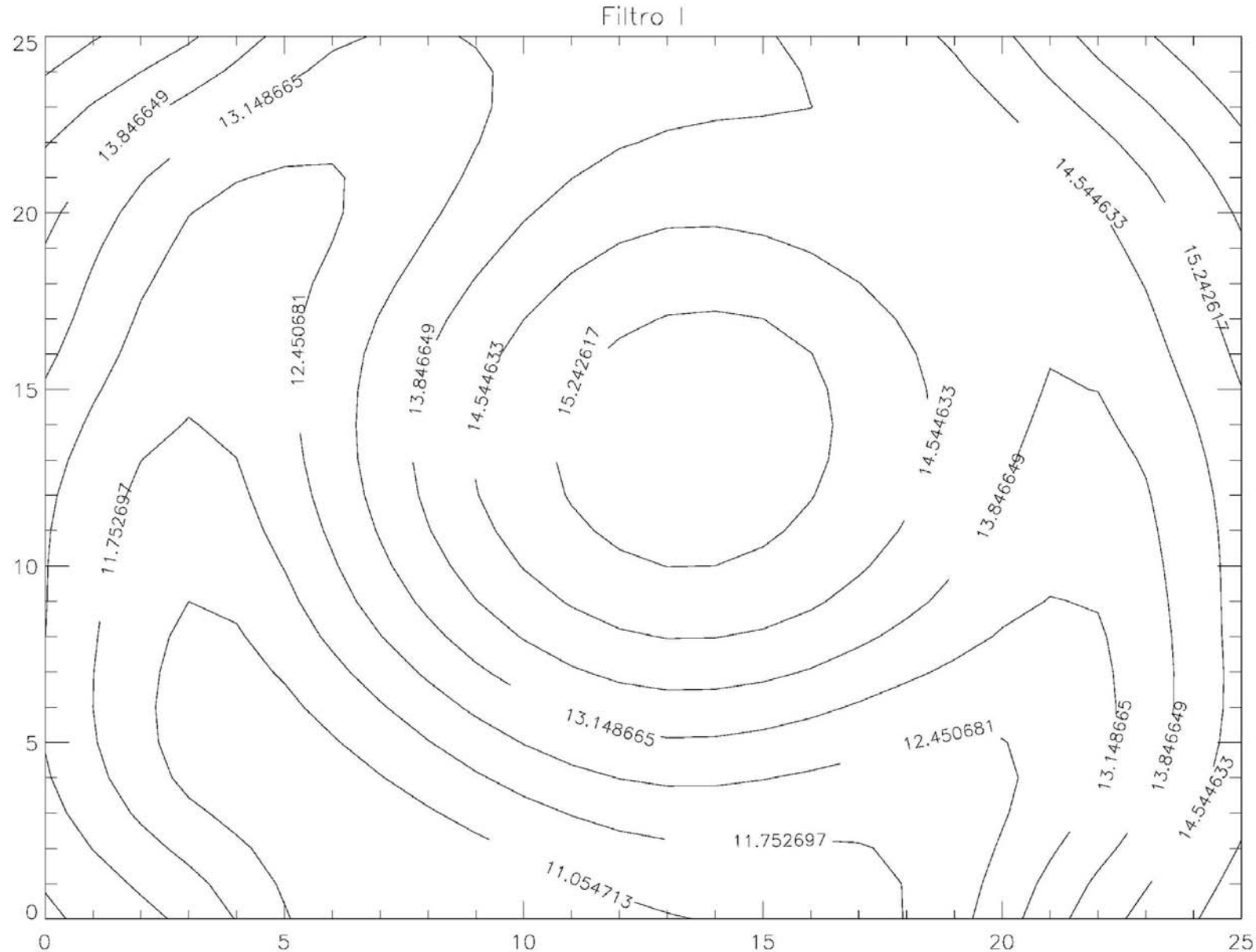

Pendiente Cortes en dirección Y sin bordes ni rectas extremos
Antes de la corrección
Focus (micrasCCD)
Y (micrasCCD)
250
200
150
100
50
0
5.0×10^3
1.0×10^4
1.5×10^4
2.0×10^4


Pendiente Residuos en dirección X (sin bordes)
Antes de la corrección
Focus (micrasCCD)
X (micrasCCD)
30
20
10
0
−10
−20
−30
0
5.0×10^3
1.0×10^4
1.5×10^4
2.0×10^4
2.5×10^4


Pendiente Cortes en dirección Y sin bordes ni rectas extremos
Después de la corrección
VALORES MEDIOS PARA TODOS LOS FILTROS
Y X
Pendiente antes de la corrección: 0.283º 0.058º
Pendiente después de la corrección: 0.096º 0.074º
Galgas (en micras) 38µm 40 µm
Focus (micrasCCD)
Y (micrasCCD)
200
150
100
50
0
0
5.0×10³
1.0×10⁴
1.5×10⁴
2.0×10⁴

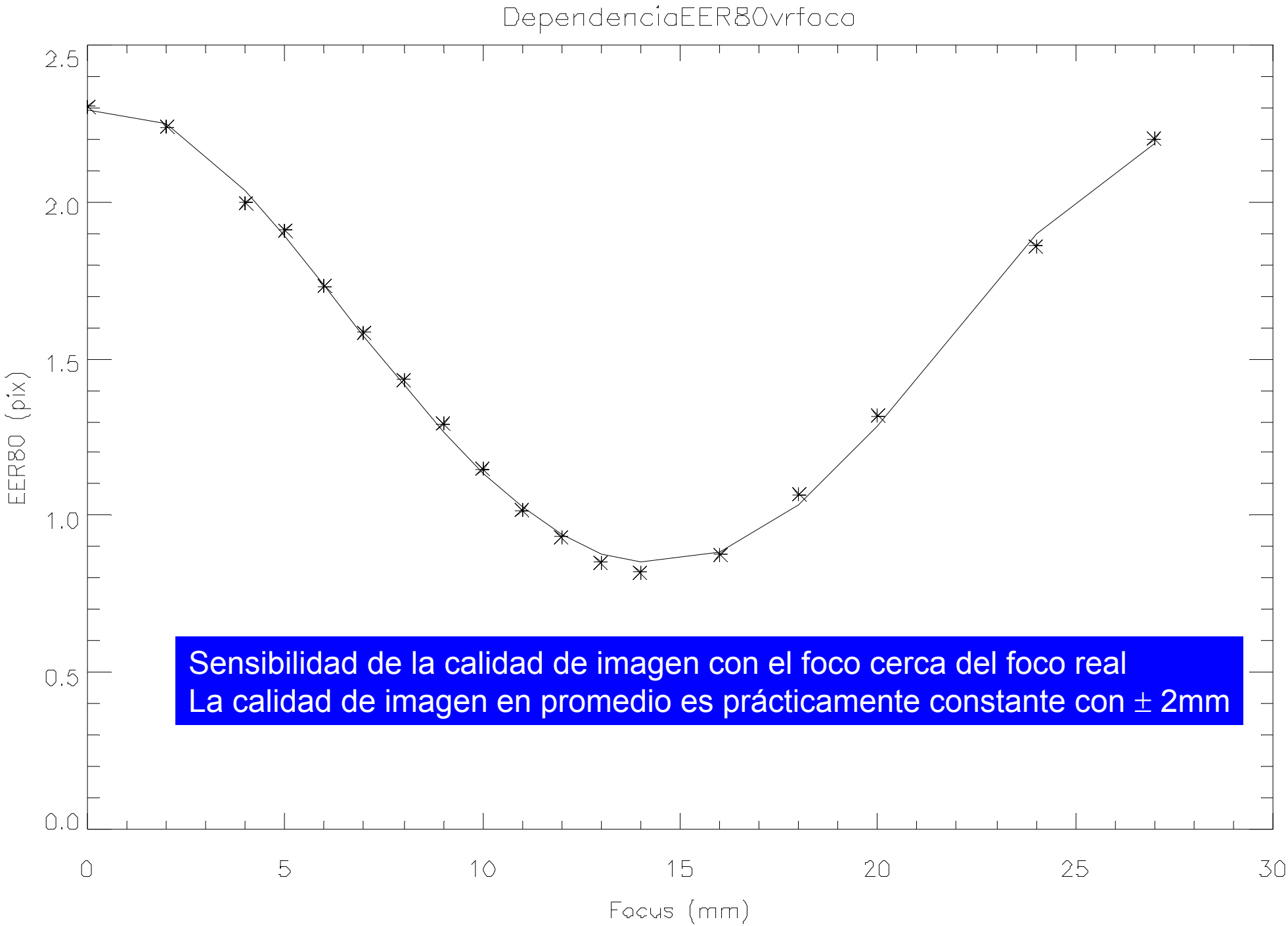

FILTRO [r']
25
20
15
10
5
0
0
5
10
15
20
25
12.006145
12.610521
13.214897
13.819273
10.797393
11.401769
12.610521
13.819273
13.214897
12.610527
13.214897
12.006145
11.401769
12.006145
12.610521
13.214897
10.797393
10.193017


FILTRO (Halfabroad)
25
20
15
10
5
0
0
5
10
15
20
25
11.894664
10.637562
11.266113
12.523214
13.151765
13.780316
13.151765
12.523214
11.894664
11.266113
10.637562
10.009011
11.894664
12.523214
13.151765
13.780316


Filtro I
25
20
15
10
5
0
0
5
10
15
20
25
13.846649
13.148665
12.450681
11.752697
11.054713
14.544633
15.242617

| Filtro | Foco (mm) | $EER_{80}$ Promedio (μm) | $EER_{80}$ min (μm) | $EER_{80}$ central (μm) |
|---|---|---|---|---|
| **g'** | 10 | **17.1 ± 2.2** | **12.7** | **15.8** |
| **r'** | 12 | **15.0 ± 2.9** | **8.1** | **14.0** |
| **I'** | 13 | **13.3 ± 2.5** | **8.6** | **10.1** |
| **z'** | 13 | **17.3 ± 2.5** | **12.4** | **16.6** |
| **$H_{\alpha broad}$** | 12 | 15.2 ± 2.7 | 9.2 | 11.9 |
| **$H_{\alpha narrow}$** | 15 | 19.2 ± 2.5 | 16.3 | 15.6 |
| **$H_{\beta}$** | 10 | 18.1 ± 1.7 | 13.4 | 18.7 |
| **[OI]** | 11 | 16.6 ± 2.3 | 10.4 | 15.4 |
| **[OII]** | 10 | 20.6 ± 1.6 | 17.0 | 20.5 |
| **[OIII]** | 9 | 18.2 ± 1.8 | 13.7 | 14.1 |
| **$[SII]_{broad}$** | 17 | 15.6 ± 2.3 | 11.9 | 12.4 |
| **$[SII]_{narrow}$** | 11 | 15.4 ± 2.4 | 10.1 | 13.3 |

Requisito: 17.6 μm (objetivo=15 μm), 15 μm = 1 píxel = 0.194"


DependenciaEER80vrfoco
EER80 (pix)
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0
5
10
15
20
25
30
Focus (mm)
Sensibilidad de la calidad de imagen con el foco cerca del foco real
La calidad de imagen en promedio es prácticamente constante con ± 2mm

$$FWHM = 0.74\,EER_{80} = 0.74 \cdot 17.6\,\mu m \cdot \frac{1\,pix}{15\,\mu m} \cdot 0.194\,\frac{''}{pixd} = 0.31''$$

# Degradación del *seeing* natural

- Suponiendo GTC tiene respuesta gaussiana

  Requisito: degradación *seeing* ≤ 10% => FWHM = 0.18”

- Suponemos Elmer tiene respuesta gaussiana

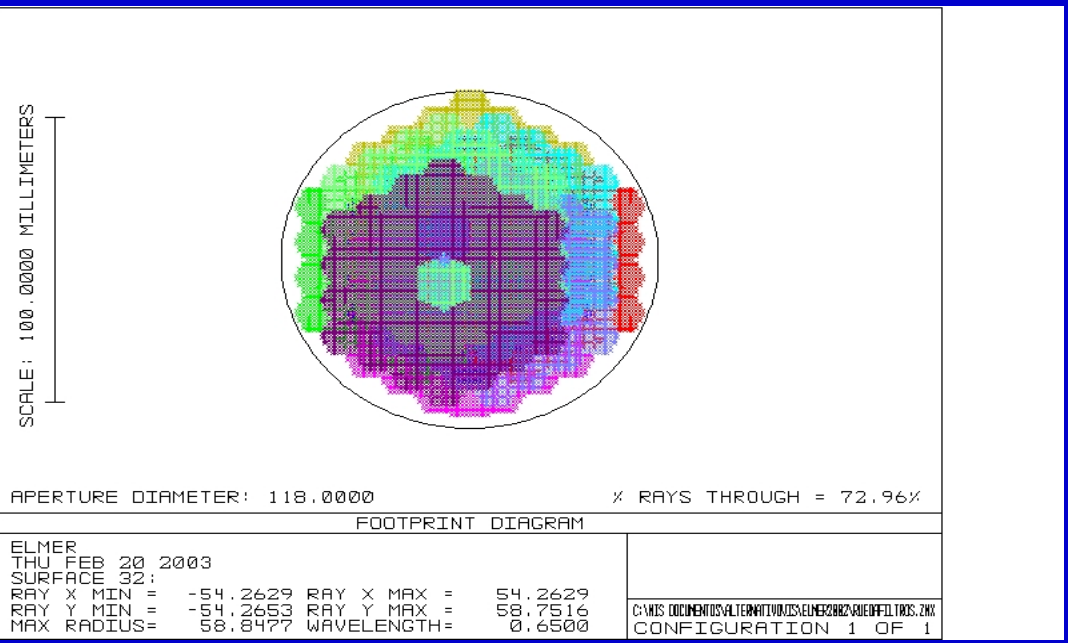
  Requisito: $EER_{80}$ ≤ 17.6μm => FWHM = $EER_{80}$/0.74= 0.31”

  Objetivo: $EER_{80}$ ≤ 15.0μm => FWHM = $EER_{80}$/0.74= 0.26”

**Valores de FWHM en arcsec**

| seeing " | GTC " | seeing+GTC " | seeing + GTC + Elmer requisito = 0,31" | seeing + GTC + Elmer objetivo = 0,26" | Seeing+GTC+Elmer+Filtros g´ | r´ | I´ | z´ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,40 | 0,18 | 0,44 | 0,54 | 0,51 | 0,53 | 0,51 | 0,50 | 0,53 |
| 0,50 | 0,18 | 0,53 | 0,62 | 0,59 | 0,61 | 0,59 | 0,58 | 0,61 |
| 0,60 | 0,18 | 0,63 | 0,70 | 0,68 | 0,69 | 0,68 | 0,67 | 0,69 |
| 0,70 | 0,18 | 0,72 | 0,79 | 0,77 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,78 |
| 0,80 | 0,18 | 0,82 | 0,88 | 0,86 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,87 |
| 0,90 | 0,18 | 0,92 | 0,97 | 0,95 | 0,97 | 0,95 | 0,95 | 0,97 |
| 1,00 | 0,18 | 1,02 | 1,06 | 1,05 | 1,06 | 1,05 | 1,04 | 1,06 |
| 2,00 | 0,18 | 2,01 | 2,03 | 2,02 | 2,03 | 2,02 | 2,02 | 2,03 |

# Posición de los filtros / Pupila




*Footprint para los campos extremos. La apertura clara del filtro es mayor que 118mm debido al tilt del filtro.*

Todos los campos del FOV de Elmer pasan por una pupila de 89.2 mm

Los filtros están localizados en la primera rueda, a 20mm de la pupila. El filtro se ve diferente para cada campo. Para permitir un alineado con el secundario y evitar viñeteo los filtros se especificaron con una apertura clara de 126mm (el tamaño del filtro es de 135 mm de diámetro).

Los filtros están inclinados 6º (tras un estudio detallado de fantasmas), lo cual fue incorporado en la montura del filtro y en los diseños de los bafles.

# Problemática de los filtros de banda estrecha en el haz colimado

In general, the amount of wavelength shift is dependent upon the incidence angle and the effective index of the filter. Elmer filters are in the collimated beam, for each position of the entrance field of view the rays (all parallel) come with a different incidence angle. This produces a wavelength shift which is equivalent to tune the filter (or to a variation in transmission for a given wavelength within a given filter). The following formula gives the wavelength shift of a filter in a collimated light

$$\lambda = \lambda_0 \left[ 1 - \left( \frac{Ne}{N*} \right)^2 \operatorname{sen}^2 \theta \right]^{1/2}$$

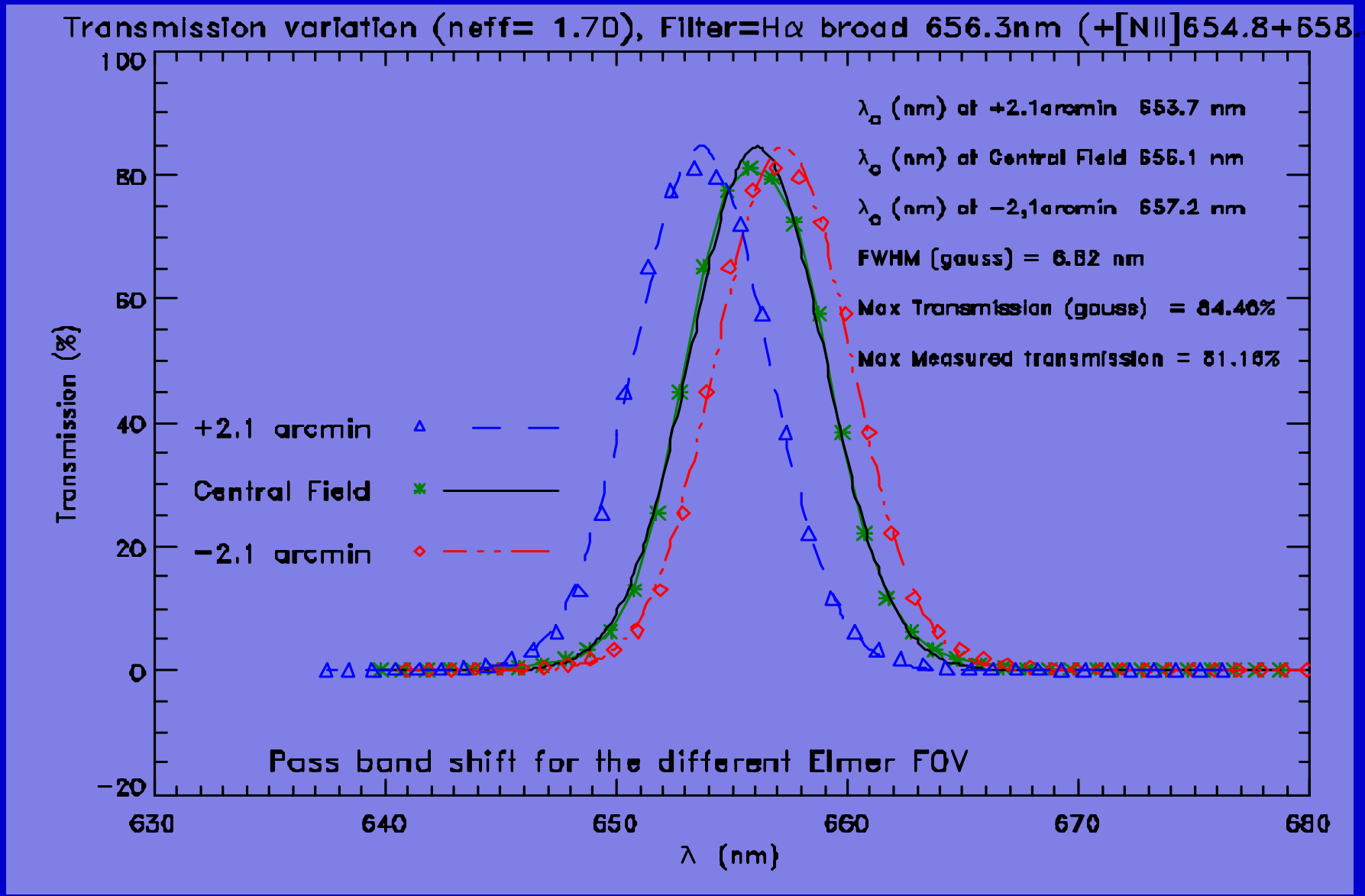
The effective refractive index varies between about 1.95 and 1.55 depending on the specific combinations of dielectric layers. (we have assumed 1.70 ) In Elmer, the nominal position for the central field of view is 6º tilt (to avoid ghost) and the maximum angles between the two extreme positions at the FOV (+2.1arcmin and -2.1arcmin) are 4.3º (equivalent to have incidence angles of 1.7º for the –2.1arcmin and +10.3º for the +2.1arcmin position).

**Wavelength shift dependence with temperature**

The central wavelength of an interference filter will shift linearly with changes in ambient temperature. The average value given by Omega Optical is 0.018 nm/ºC.

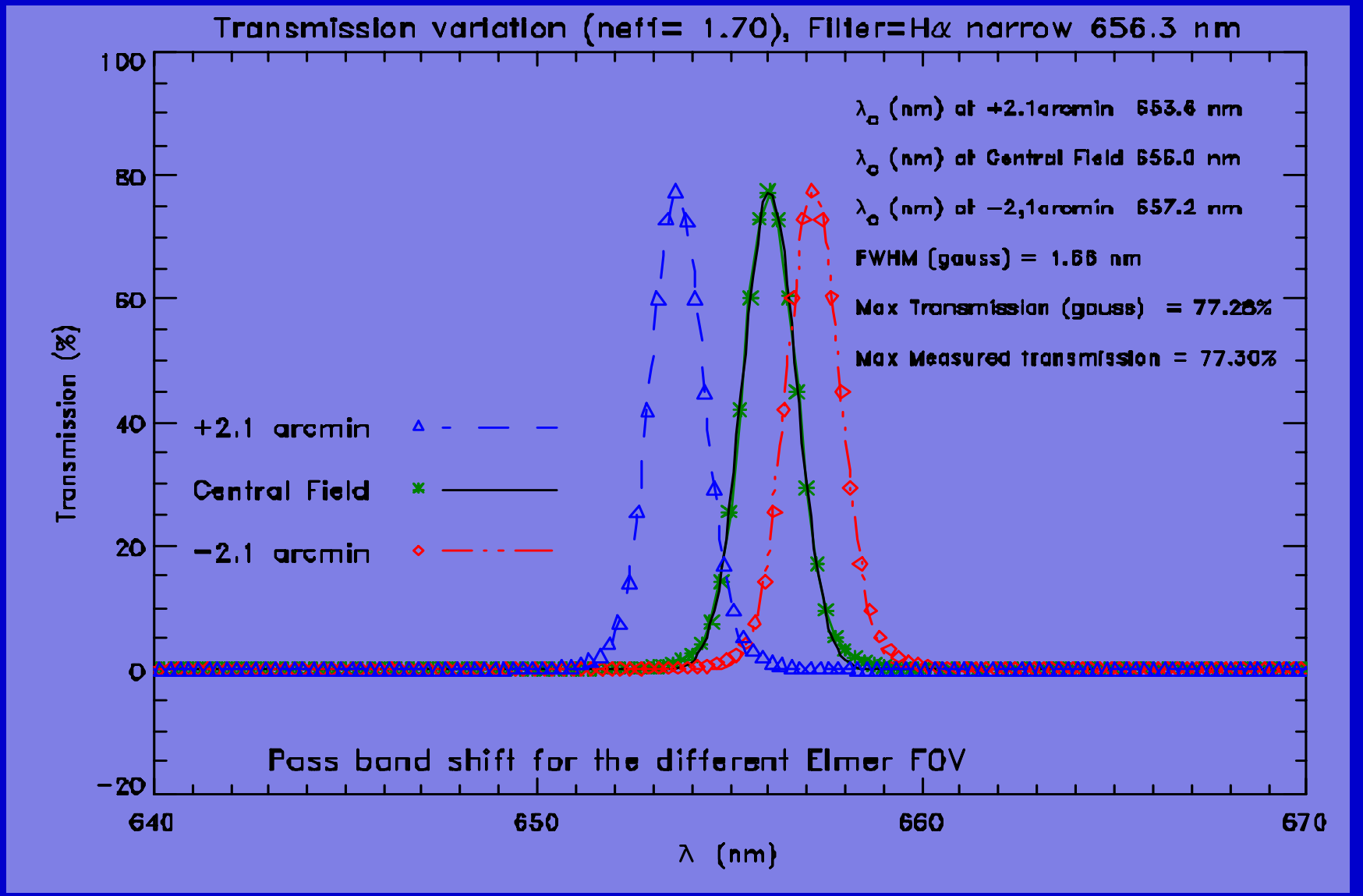
The GTC nominal operation temperature ranges between –2ºC and +19ºC. The total operation range (the telescope can operate but with degraded performance) is –6º - +35ºC. Therefore, the maximum wavelength shift (assuming 0.018nm/ºC) is +0.27 nm (at +35ºC) and –0,47 (at -6ºC).

# Filtro visto según el ángulo de incidencia



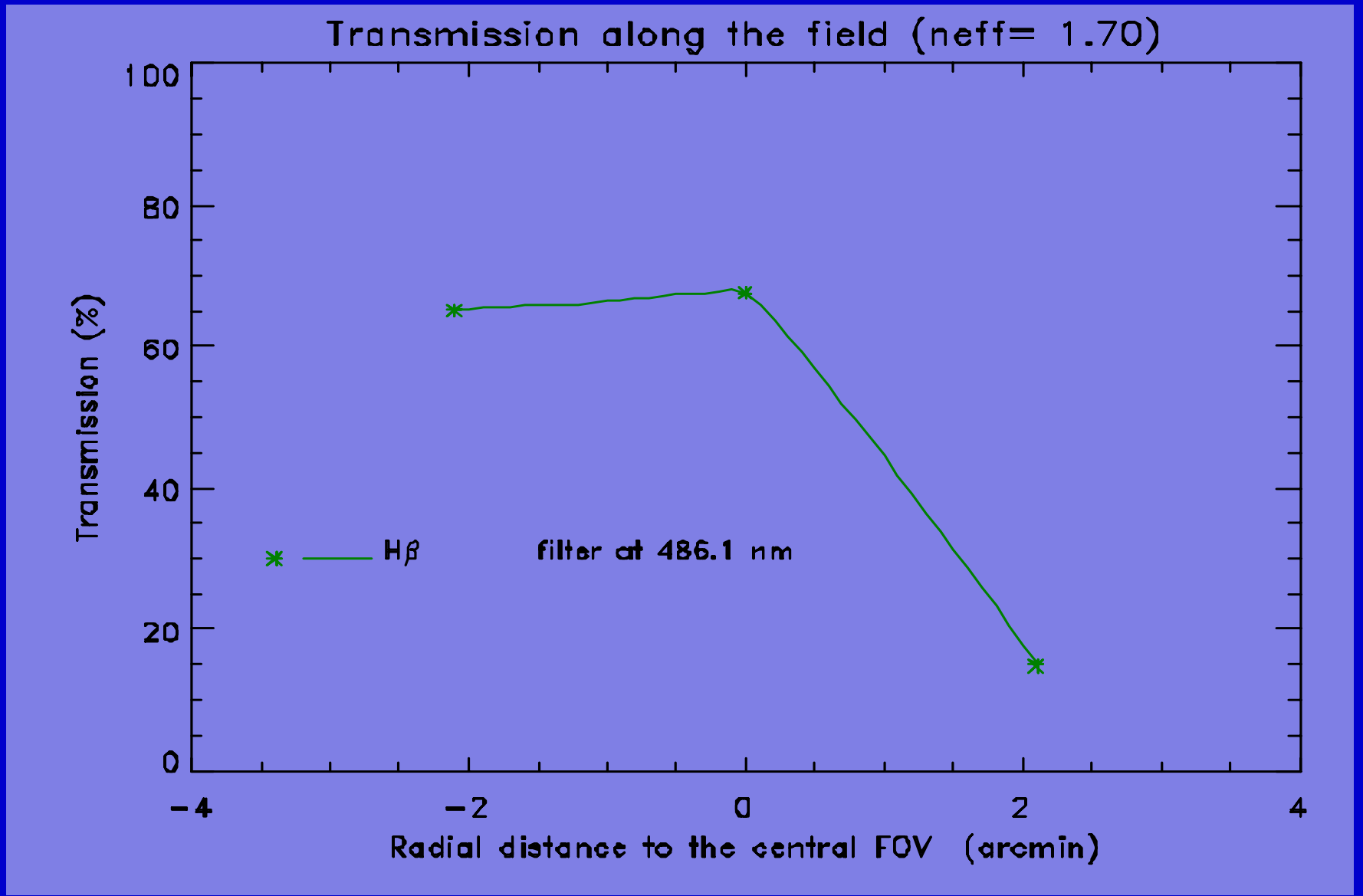

*$H_\alpha$ broad filter band shift due to the incidence angle. Filter tuning with the FOV position. Transmission curves at central, -2.1arcmin and +2.1arcmin are plotted.*

# Filtro visto según el ángulo de incidencia

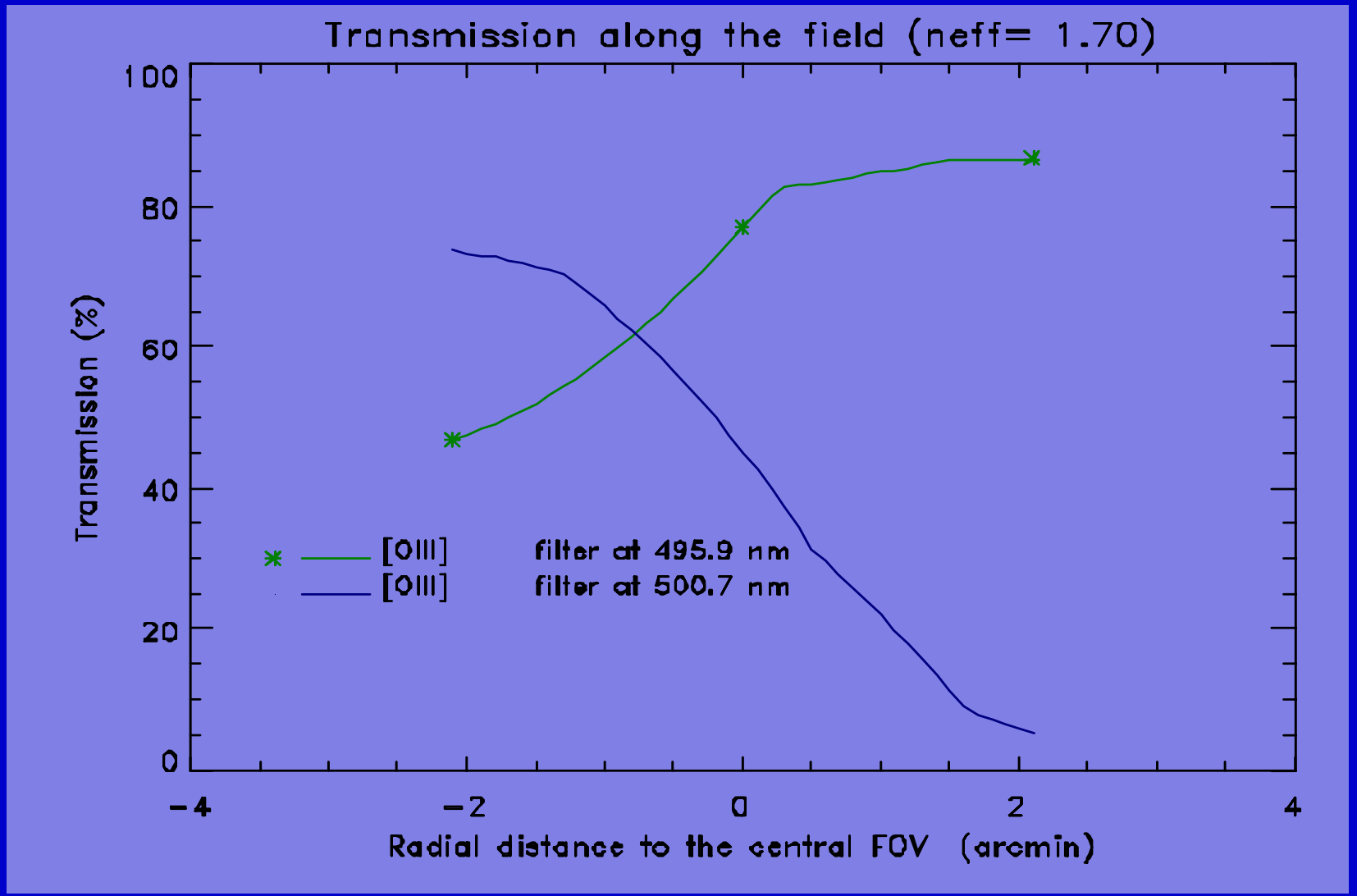



*$H_\alpha$ narrow filter band shift due to the incidence angle. Filter tuning with the FOV position. Transmission curves at central, -2.1arcmin and +2.1arcmin are plotted.*

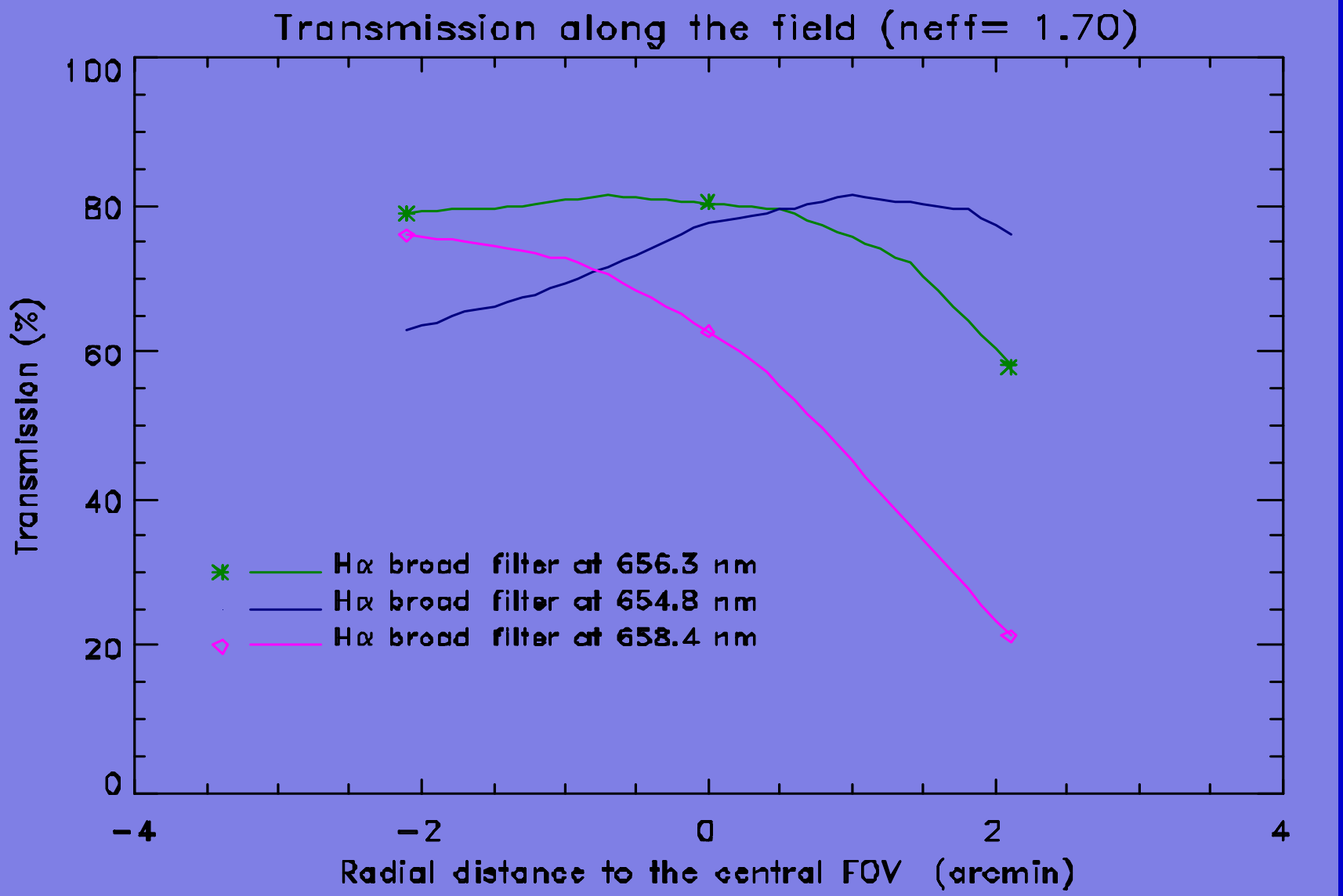
# Ejemplo: Hβ en el filtro de Hβ



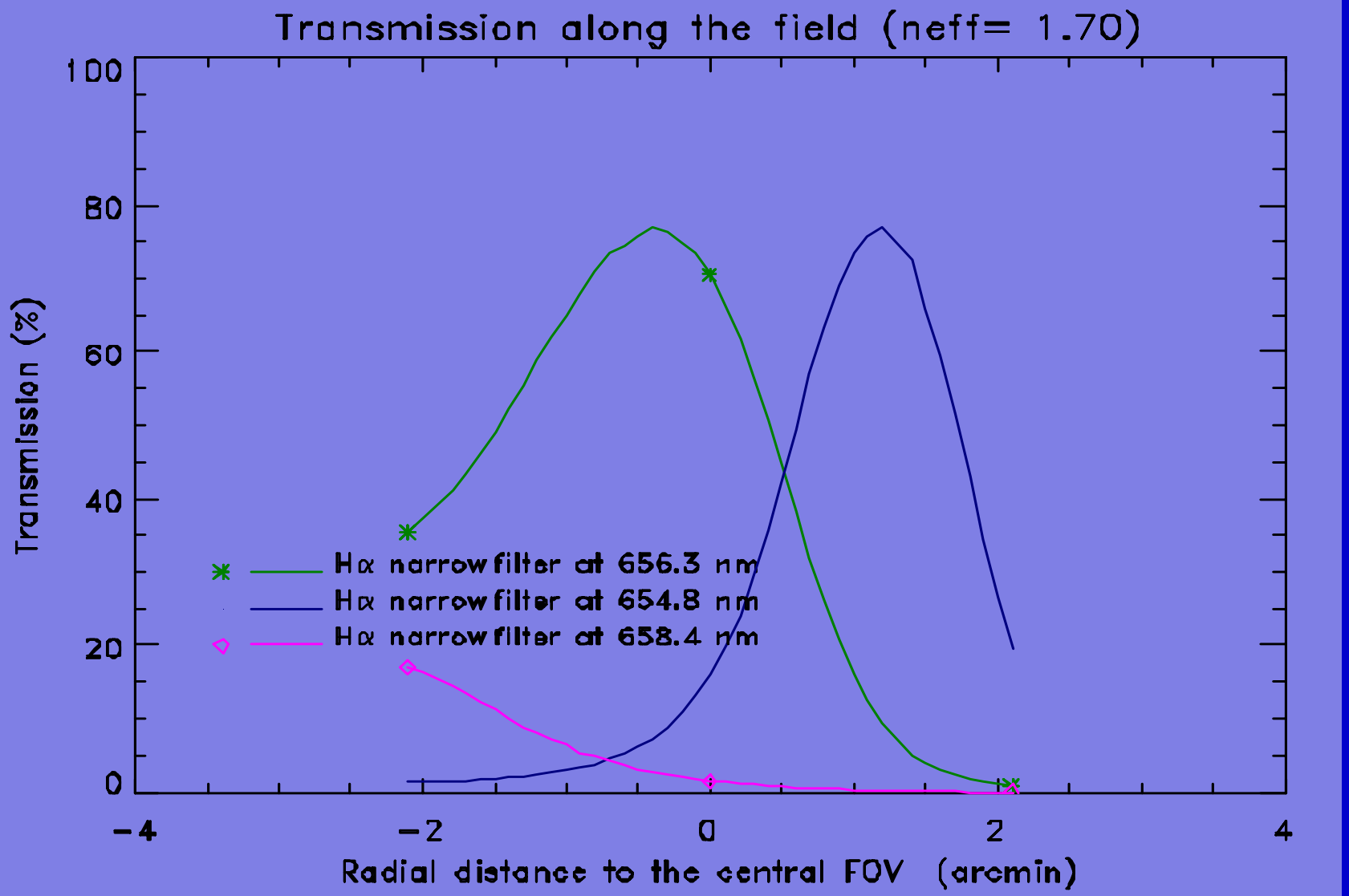
# Ejemplo: 4959, 5007 en el filtro de [OIII]




*Transmission at 495.9nm and 500.7 (the two [OIII] lines at z=0) for the [OIII] filter as a function of the FOV. It is clear that the contribution of the two lines is different along the FOV. As far as these two lines have a theoretical ratio, this calibration would allow the [OIII]measurement in the whole FOV.*




*Transmission at 656.3, 654.8 and 658.4 nm ($H_\alpha$ and the two [NII] lines at z=0) when observing with the $H_\alpha$ broad filter. The contribution of the three lines is different along the FOV. $H_\alpha$ can be detected along the whole FOV with a maximum over 80% in half of the field and a loss of 20% when observed at one of the extreme fields. The two [NII] lines are seen but with 654.8 transmission increasing while 658.4 transmission decreasing as we observe out of the central field. These curves (or the final ones taking at the GTC with Elmer) should be included when calibrating the Elmer data.*




*Transmission at 656.3, 654.8 and 658.4 nm respectively when observing with the $H_\alpha$ narrow filter as a function of the FOV. Lines correspond to $H_\alpha$ and the two [NII] lines at z=0. It is clear that the line at 658.4 is really out of the pass-band for the whole FOV, but the line at 654.8 becomes important for fields beyond +0.5 arcmin, reaching the same weight than $H_\alpha$ around this value. $H_\alpha$ can be detected with good transmission between –1.5 and +1.0arcmin. These curves (or the final ones taking at the GTC with Elmer) should be included when calibrating the Elmer data for a correct interpretation of the images*

# *Magnitudes Límites @ Imagen*

**Magnitudes Límite**
**5 sigma 1 hora (1” seeing)**

Banda Ancha SDSS
**g** **28.1** r 27.5 i 26.6

Banda Estrecha
**[OIII] 26.5** **Hα broad 25.7**

| Filter | t=1s | t =60s | t=3600s | Filter | t=1s | t =60s | t=3600s |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **g´** | 23.08 | 25.87 | 28.11 | **Hβ** | 18.75 | 22.94 | 25.67 |
| **r´** | 22.81 | 25.28 | 27.50 | **[OI]** | 19.56 | 22.77 | 25.05 |
| **I´** | 22.05 | 24.39 | 26.61 | **[OII]** | 16.57 | 20.99 | 24.63 |
| **z´** | 21.08 | 23.42 | 25.65 | **[OIII]** | 20.13 | 24.06 | 26.53 |
| **H α broad** | 19.85 | 23.41 | 25.74 | **[SII] broad** | 20.10 | 23.73 | 26.08 |
| **H α narrow** | 18.12 | 22.19 | 24.77 | **[SII] narrow** | 18.47 | 22.61 | 25.21 |

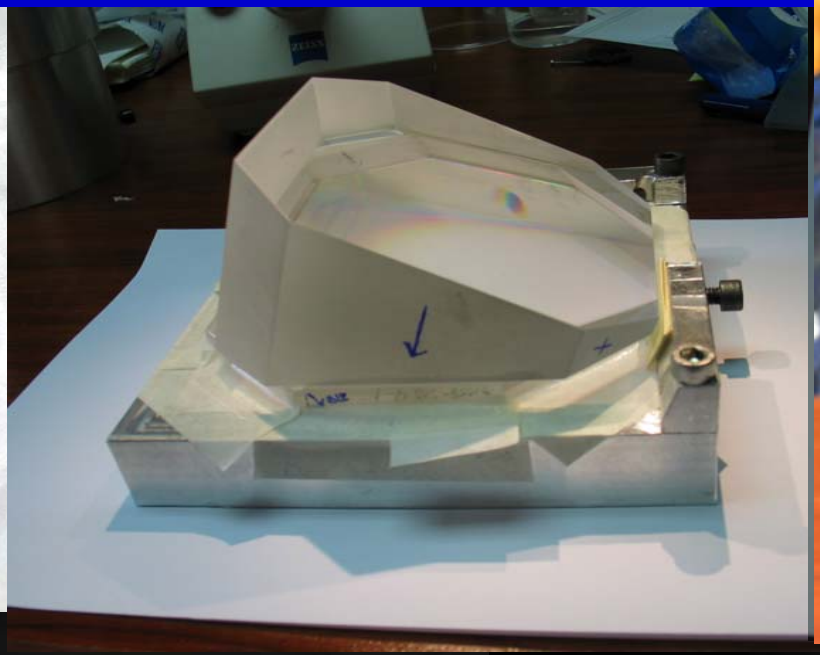
*Magnitudes límites con Elmer en el GTC en el Modo Imagen para los filtros disponibles. Los números asumen 5σ. Las columnas dan los cálculos para 1 segundo, 1 minuto y 1 hora. Cuando se está limitado por el fondo, la diferencia en magnitudes para un factor 60 en el tiempo de exposición es de 2.22 mag mientras que cuando se está limitado por el detector es de 4.44 mag.*

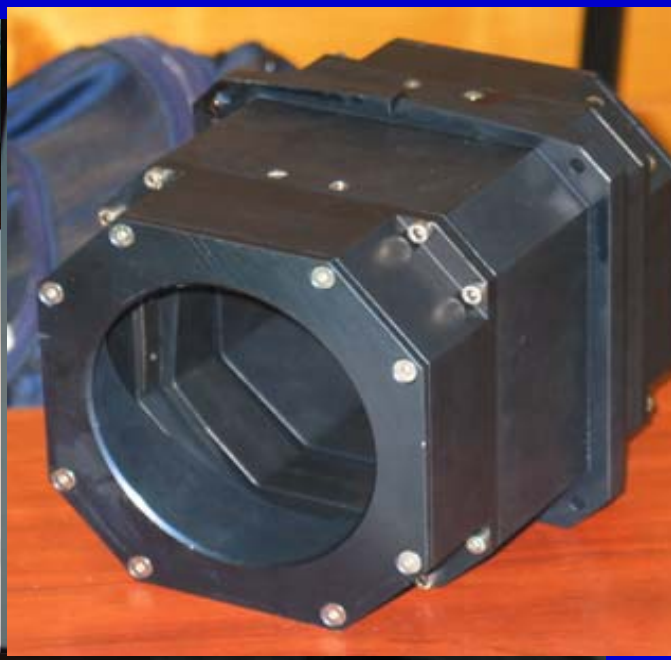
# Espectroscopía de Rendija Larga

- Transmisión de los elementos
- Dispersión
- Cobertura Espectral
- Flexión (pendiente análisis)
- Foco y Calidad de Imagen (pendiente análisis)
- Mapas de eficiencia para cada elemento (principalmente para las VPHs)
  (pendiente de análisis)
- Iniciándose la toma de datos para el análisis del modo multi-objeto

# Prismas/Grismas/VPHs

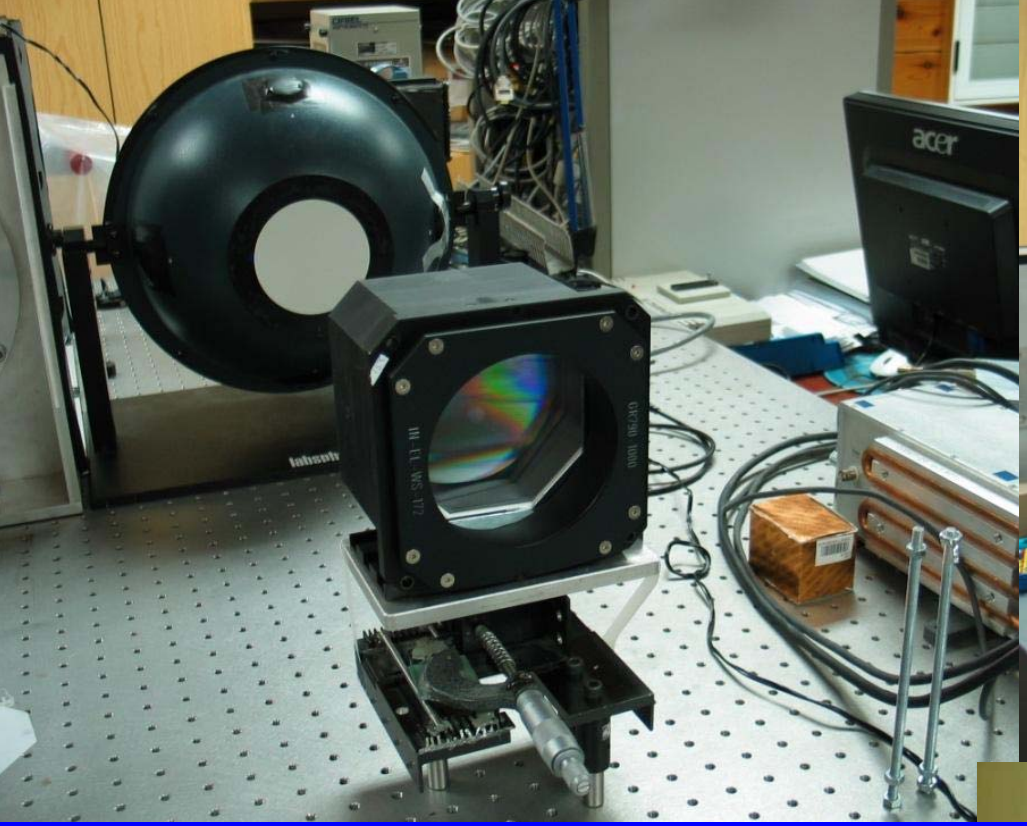






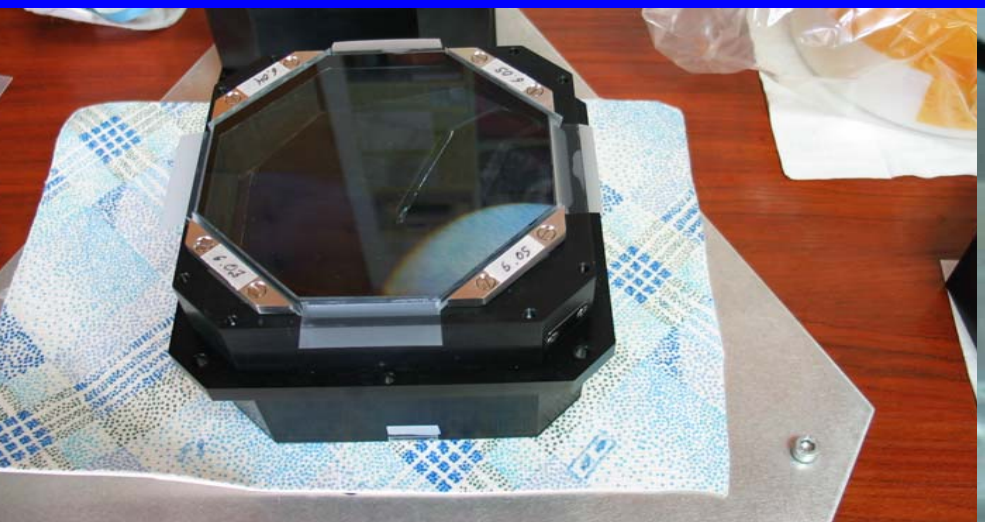









## *Ensamblaje y pruebas de grismas y VPHs en laboratorio*





Offsets de imagen de cada rendija para cada elemento respecto a no introducir en el haz ningún elementos dispersivo

| Elemento | **Δy (centro de la rendija larga respecto a slit viewing sin elemento dispersivo)** |
|---|---|
| GR760-700 | + 13 |
| GR760-700 | - 2 |
| VP410-2500 | + 8 |
| VP480-2400 | - 39 |
| VP610-2300 | + 3 |
| VP660-2500 | -17 |
| VP730-2500 | + 23 |
| VP880-2500 | + 53 |

Si no se corrigiera en el caso peor se podría cometer un error de casi 18” entre dos de los VPHs

# Grismas

## Prestaciones en Laboratorio

- Grismas disponibles
- Transmisión
- Espectros con Grismas y Rendija Larga
  - Cobertura espectral
  - Dispersión

# Grismas disponibles en Elmer

***(Los datos han sido medidos sobre el instrumento completamente integrado)***

***Los valores se mantienen en la dirección espacial con un $\varepsilon < 10^{-3}$***

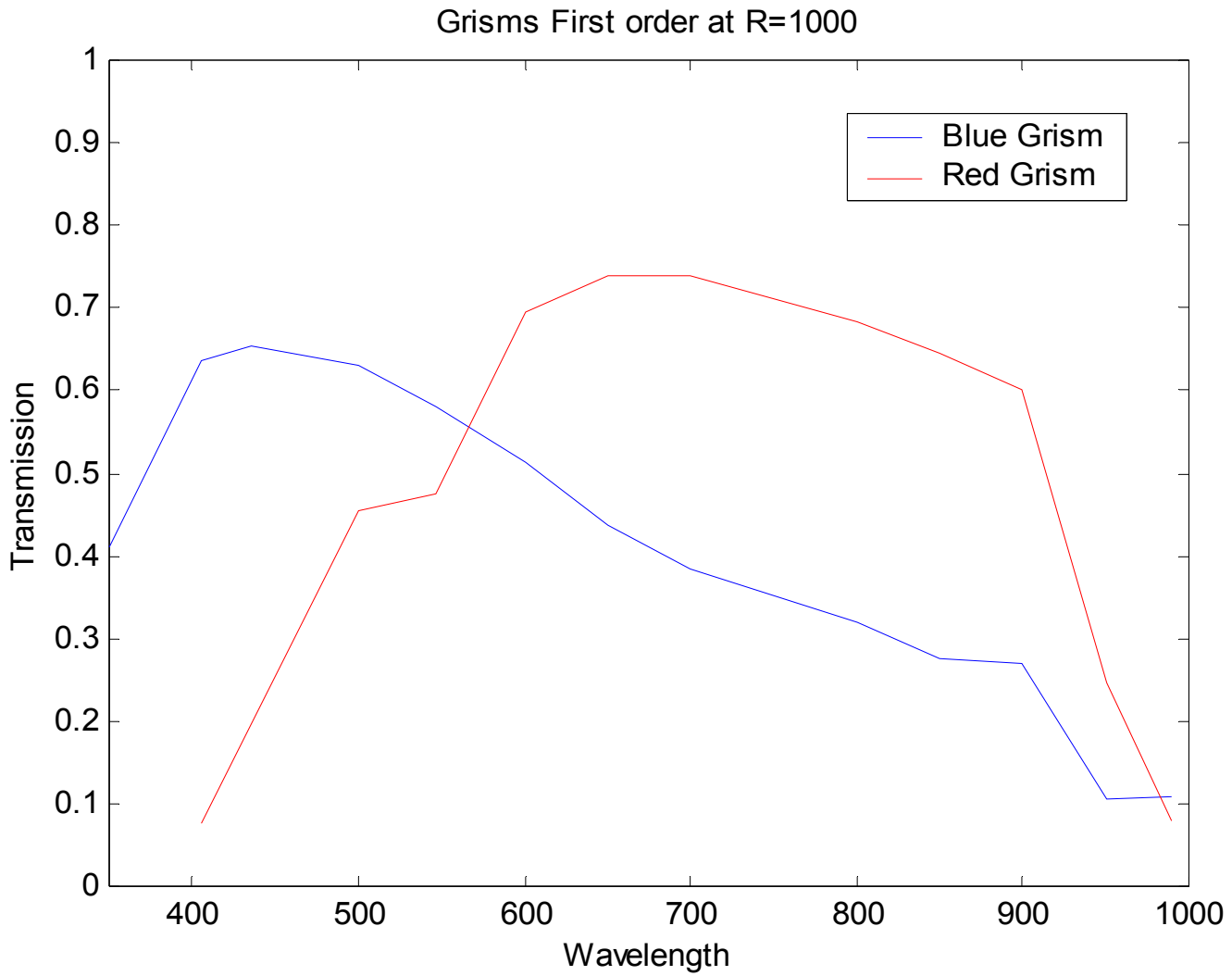
| Id Grisma | GR520-1000 | GR760-0700 |
|---|---|---|
| Intervalo espec. (2000 pix) | 3464 - 6900 | 5200 - 10000 |
| Intervalo espec. (1800 pix) | 3619 - 6714 | 5200 - 10000 |
| $\lambda_c$ (Å) | 5122 | 7600 |
| R @ λ(Å) | 831 @ 4000<br>984 @ 5175 $\varepsilon < 10^{-3}$<br>1191 @ 6650 | 552 @ 5850<br>714 @ 7950 $\varepsilon < 10^{-3}$<br>876 @ 9950 |
| Disp (Å/pix) @ λ(Å) | 1.60 @ 4000<br>1.75 @ 5175 $\varepsilon < 10^{-3}$<br>1.86 @ 6650 | 3.53 @ 5850<br>3.71 @ 7950 $\varepsilon < 10^{-3}$<br>3.79 @ 9950 |
| Lámparas | Xe , HgAr, Ne | Xe, HgAr, Ne |

# Eficiencia de los grismas en laboratorio

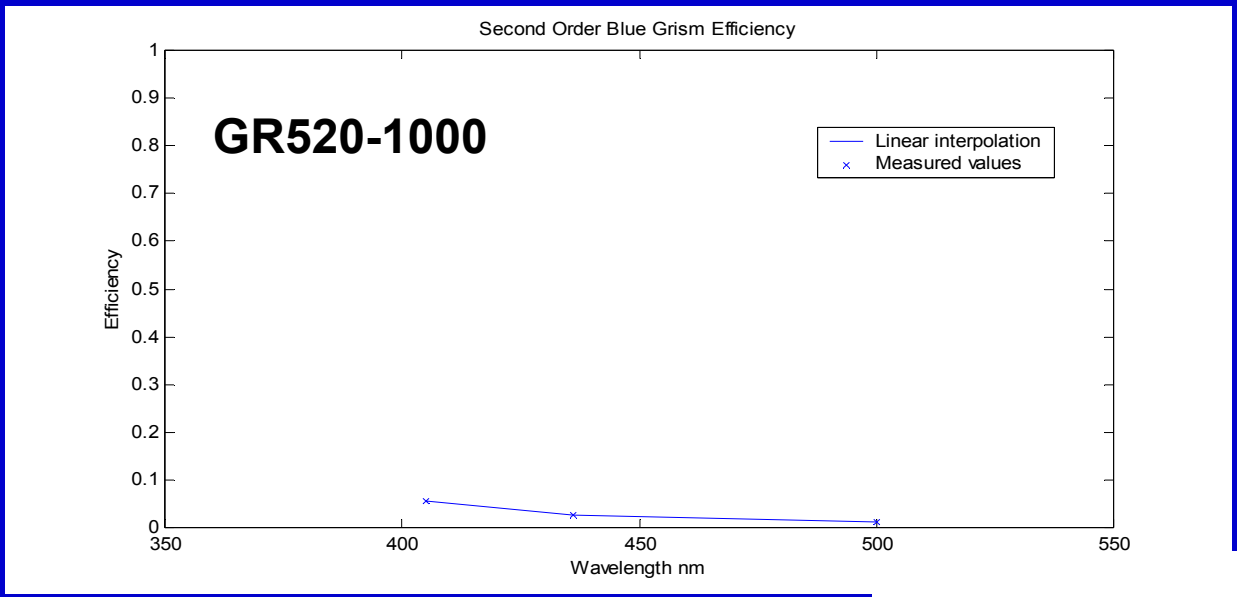
- Hemos medido la transmisión de las unidades integradas en el banco de pruebas del laboratorio, lo que permite una calibración absoluta en determinadas longitudes de onda

- Transmisión medida mayor que la esperada
  - 0.65 (medida) versus 0.57 (experada) para el grisma azul, GR520-1000
  - 0.74 (medida) versus 0.67 (experada) para el grisma rojo, GR760-0700

# Transmisión de los grismas. Primer orden. Resultados experimentales



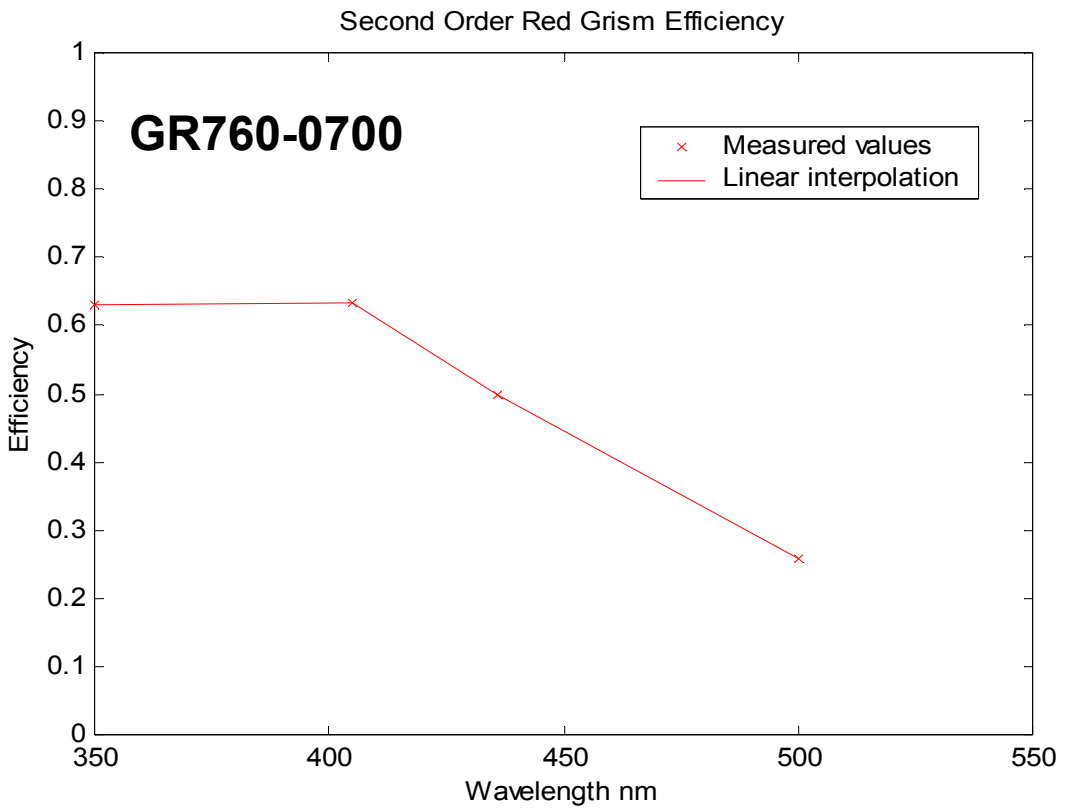

| λ (Å) | GR520 | GR760 |
|---|---|---|
| 350 | 0.4105 | 0.0000 |
| 405 | 0.6362 | 0.0770 |
| 436 | 0.6540 | 0.1977 |
| 500 | 0.6296 | 0.4552 |
| 546 | 0.5810 | 0.4758 |
| 600 | 0.5130 | 0.6938 |
| 650 | 0.4362 | 0.7397 |
| 700 | 0.3849 | 0.7393 |
| 800 | 0.3187 | 0.6824 |
| 850 | 0.2743 | 0.6450 |
| 900 | 0.2684 | 0.6023 |
| 950 | 0.1064 | 0.2469 |
| 990 | 0.1076 | 0.0794 |



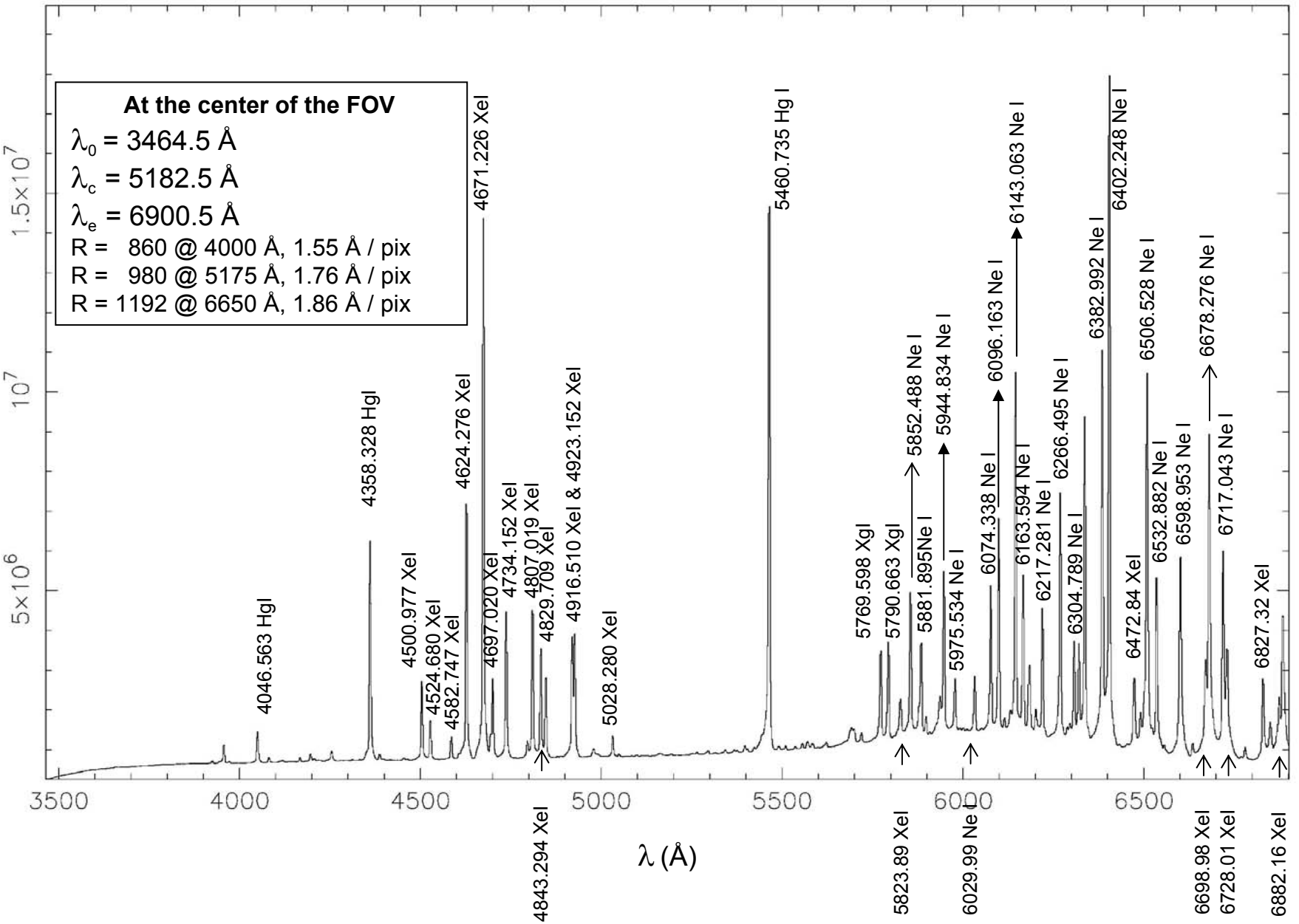

| λ | Transmisión (2° orden) |
|---|---|
| 405 | 0.0570 |
| 436 | 0.0252 |
| 500 | 0.0114 |

# Transmisión de los grismas.
## 2º orden. Resultados experimentales.

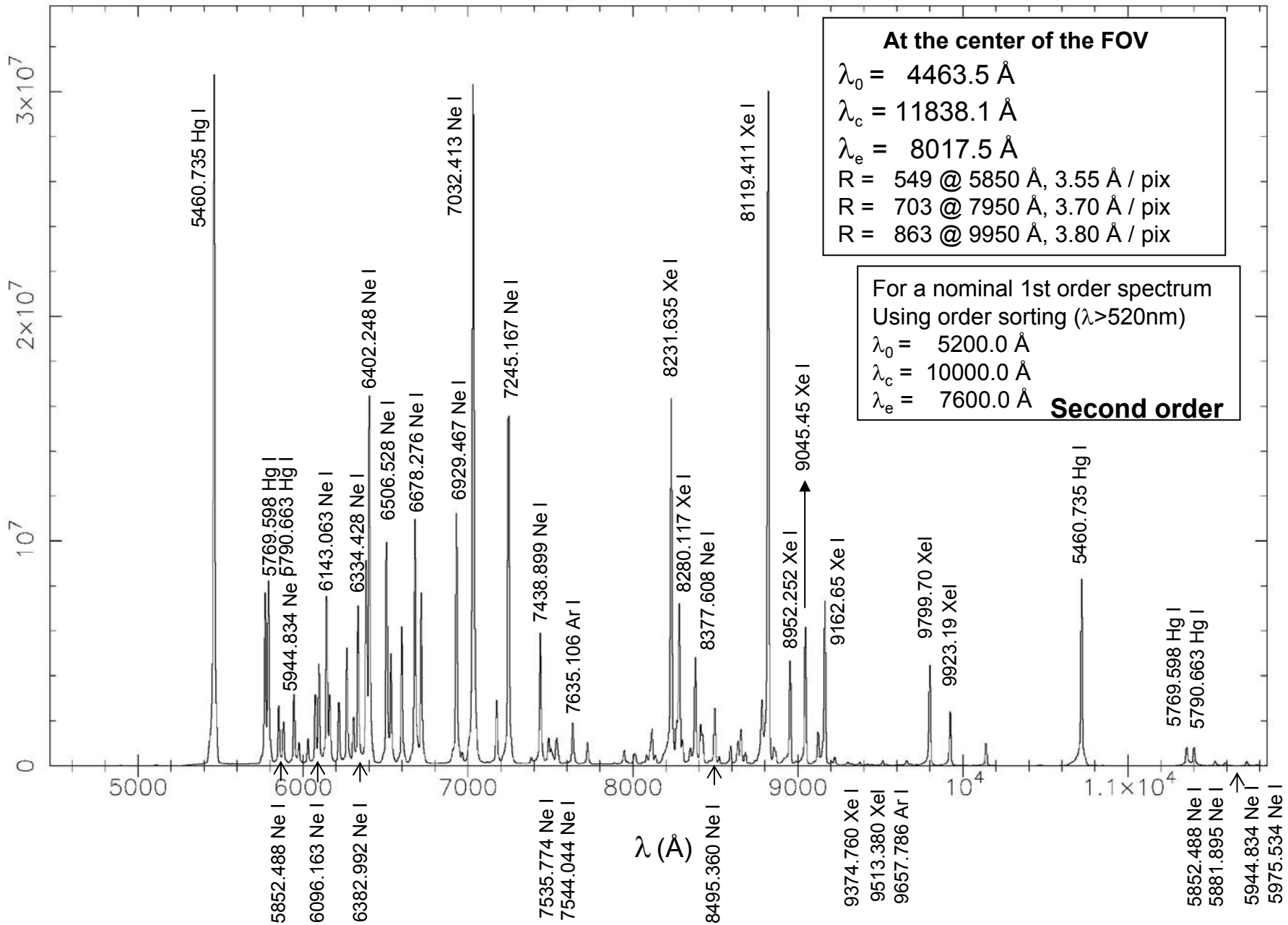
| λ | Transmisión (2° orden) |
|---|---|
| 350 | 0.6307 |
| 405 | 0.6325 |
| 436 | 0.4972 |
| 500 | 0.2592 |



# Elmer: Blue Grism, GR520-1000 HgAr + Xe + Ne calibration lamps



# Elmer: Red Grism, GR760-0700 HgAr + Xe + Ne calibration lamps



# Grismas: λ central, Cobertura espectral, y Poder de Resolución

- Hemos obtenido espectros con Elmer en su configuración final, antes de ser enviado al Observatorio.

- Los espectros se tomaron con rendija larga de 0.6” en el campo central

- Las lámparas de calibración (Ne, Xe y HgAr) son la finales que tendrá el módulo de Calibración de GTC

- Los espectros que se muestran tienen la máxima cobertura espectral posible (2000 píxeles sobre el detector). Para tener una cobertura espectral garantizada en los 3 arcmin sin viñeteo ni luz difusa procedente del bafle de la cámara debemos sustraer unos 100 píxeles a cada lado. Se están haciendo mapas detallados.

- Se presentan dos tablas: una con las especificaciones de diseño y otra con los resultados (hemos tomado el espectro de 1800 píxeles para la comparación).

- Las especificaciones se cumplen con una tolerancia mejor que el 5%

# Grismas: Prestaciones medidas

Nota: Resoluciones espectrales para una rendija nominal de **0.6”**

| **Grisma Azul R1000 (GR520-1000)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Intervalo espectral** | | 3619-6714 Å | |
| **λ Central** | | 5182 Å | |
| **R@ λc (λc/Δλ)** | | 980 | |
| Prestación del Poder de Resolución | | | |
| λ | 3700 Å | 5175 Å | 6650 Å |
| R | 831 | 984 | 1191 |
| **Grisma Rojo R1000 (GR760-0700)** | | | |
| **Intervalo espectral** | | 5200-10000 Å (1$^{er}$ orden) | |
| **λ Central** | | 7600 Å | |
| **R@ λc (λc/Δλ)** | | 703 | |
| Prestación del Poder de Resolución | | | |
| λ | 5850 Å | 7950 Å | 9950 Å |
| R | 552 | 714 | 876 |

**Prestación de la Eficiencia**

Max: 0.65 @ 4500 Å

**Prestación de la Eficiencia (Incluido corta-orden)**

Max: 0.74 @ 6500 Å

**FOV:**

3’ x 3’ con rendija

# VPHs
# Prestaciones en Laboratorio

- VPHs disponibles
- Transmisión
- Espectros con VPHs y Rendija Larga
  - Cobertura espectral
  - Dispersión

# VPHs disponibles en Elmer

***(Los datos han sido medidos sobre el instrumento completamente integrado)***

| VPH Id | VP410-2500 | VP480-2400 | VP610-2300 | VP660-2500 | VP730-2500 | VP880-2500 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Intervalo esp. (2000 pix) | 3568-4689 | 4192-5571 | 5227-7046 | 5713-7470 | 6372-8365 | 7682-10105 |
| Intervalo esp. (1800 pix) | 3620-4630 | 4258-5500 | 5314-6952 | 5800-7379 | 6468-8262 | 7799-9980 |
| $\lambda_c$ (Å) | 4107 | 4871 | 6114 | 6570 | 7346 | 8870 |
| R @ λ(Å) | 2387 @ 3700<br>2389 @ 4100<br>2541 @ 4450 | 2159 @ 4300<br>2328 @ 4850<br>2522 @ 5400 | 2064 @ 5400<br>2224 @ 6100<br>2543 @ 6800 | 2315 @ 5850<br>2476 @ 6550<br>2641 @ 7250 | 2277 @ 6550<br>2452 @ 7350<br>2633 @ 8150 | 2236 @ 7850<br>2418 @ 8850<br>2627 @ 9850 |
| Disp (Å/pix) @ λ(Å) | 0.52 @ 3700<br>0.57 @ 4100<br>0.58 @ 4450 | 0.66 @ 4300<br>0.69 @ 4850<br>0.71 @ 5400 | 0.87 @ 5400<br>0.91 @ 6100<br>0.94 @ 6800 | 0.84 @ 5850<br>0.88 @ 6550<br>0.91 @ 7250 | 0.96 @ 6550<br>1.00 @ 7350<br>1.03 @ 8150 | 1.17 @ 7850<br>1.22 @ 8850<br>1.25 @ 9850 |
| Lámparas | Xe , HgAr | Xe, HgAr, Ne | Ne, HgAr | Ne, HgAr | HgAr, Ne | HgAr, Ne |

# VPHs: Transmisión

| | VP410-2500 | VP480-2400 | VP610-2300 | VP660-2500 | VP730-2500 | VP880-2500 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 350 | 0,3235 | | | | | |
| 365 | 0,4550 | | | | | |
| 380 | 0,6000 | | | | | |
| 405 | 0,7515 | | | | | |
| 436 | 0,7744 | 0,6733 | | | | |
| 500 | | 0,8560 | | | | |
| 546 | | 0,7063 | 0,5828 | | | |
| 600 | | | 0,7743 | 0,6840 | | |
| 650 | | | 0,8259 | 0,8142 | 0,6343 | |
| 700 | | | 0,7500 | 0,8550 | 0,7782 | |
| 800 | | | | | 0,8334 | 0,7530 |
| 850 | | | | | 0,7400 | 0,8350 |
| 900 | | | | | | 0,8838 |
| 950 | | | | | | 0,8603 |
| 990 | | | | | | 0,7790 |
| 1000 | | | | | | 0,7200 |

*Medidas tomadas en el banco de pruebas del laboratorio. Calibrado en flujo absoluto.*
*Los valores en rosa pueden estar subestimados*

# VPH: Eficiencia en laboratorio

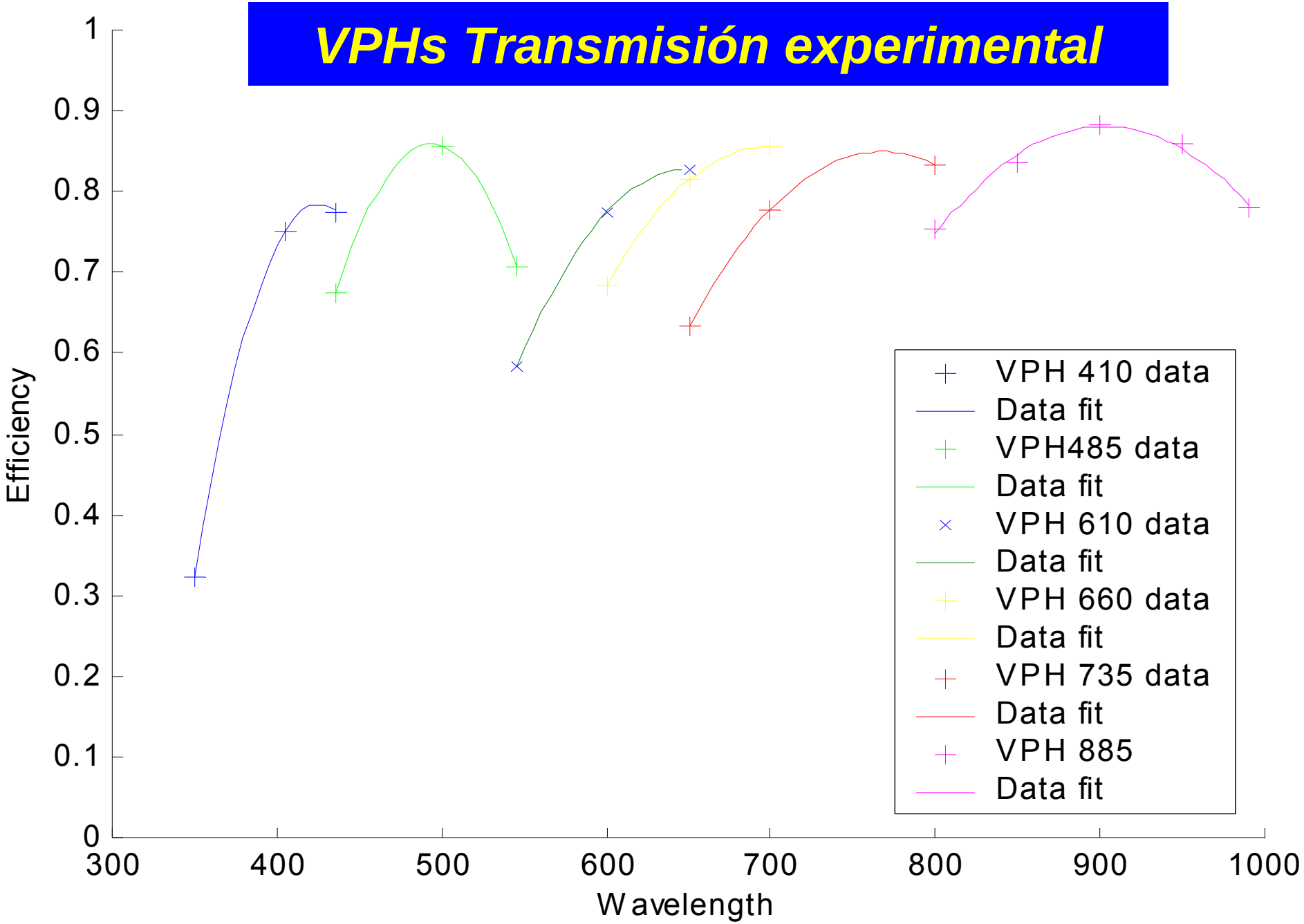
- Hemos medido la transmisión de las unidades ensambladas en el banco de pruebas del laboratorio, lo que permite una calibración absoluta en flujo en determinadas longitudes de onda.

- La transmisión medida está dentro de los valores esperados.

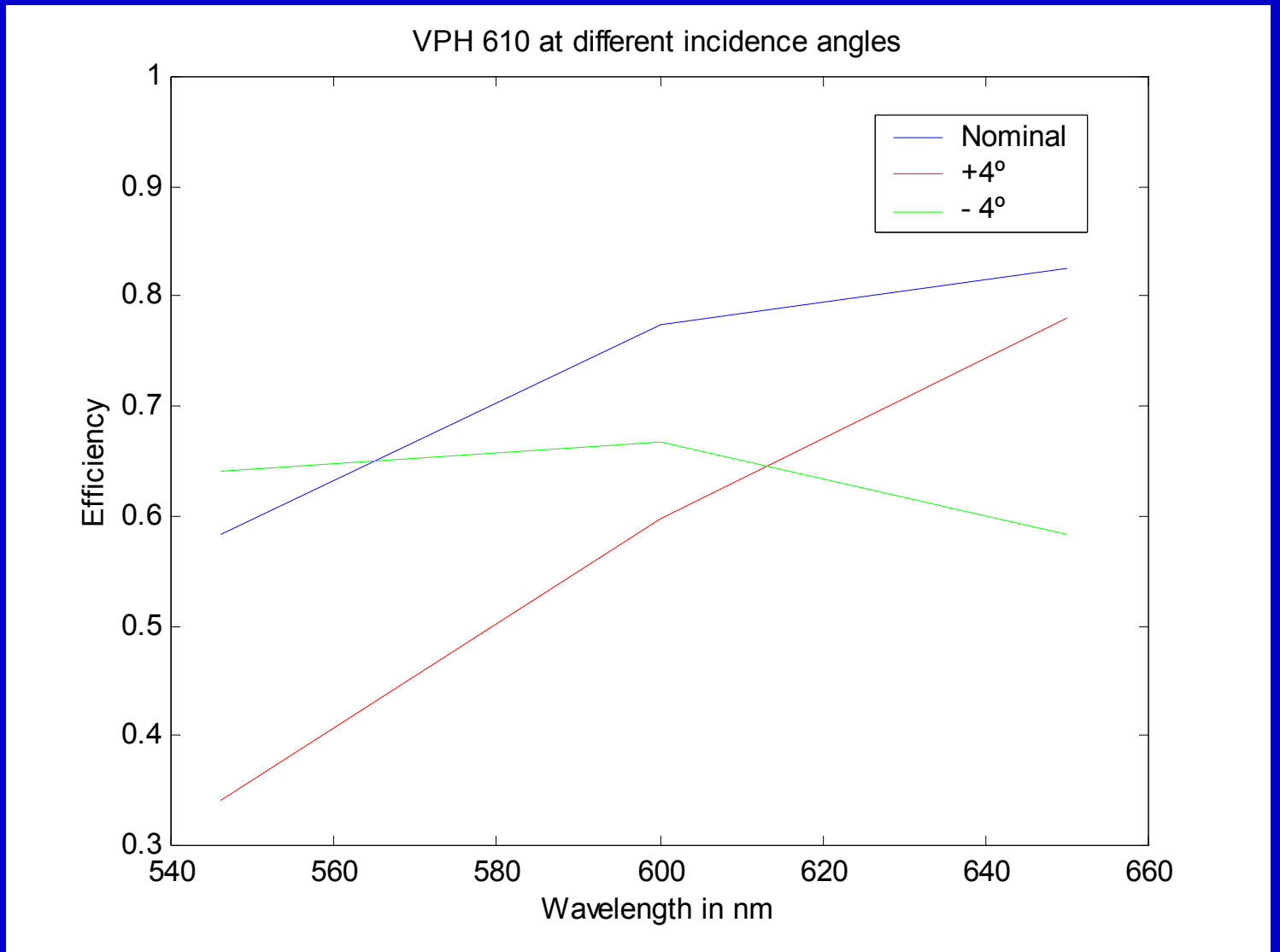
- Además, la eficiencia en laboratorio puede estar ligeramente subestimada debido a que en las VPHs la eficiencia está fuertemente dominada por la geometría y la longitud de onda. Nuestro sistema del laboratorio no nos permite un muestreo completo en $\lambda$.

- La máxima eficiencia en el pico (>88%) ha sido medida para la VPH880 mientras que la mínima (77%) se obtiene para la unidad más azul, VP410-2500. Todas las demás tienen una eficiencia en pico por encima del 80%.

- Finalmente, hemos medido la transmisión como función del ángulo de incidencia para los valores extremos en la pupila, para una de las VPHs. Se han hecho mapas espaciales de eficiencia del instrumento con cada VPH. Deben reconfirmarse durante el commissioning.


VPHs Transmisión experimental
Efficiency
Wavelength
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
300
400
500
600
700
800
900
1000
VPH 410 data
Data fit
VPH485 data
Data fit
VPH 610 data
Data fit
VPH 660 data
Data fit
VPH 735 data
Data fit
VPH 885
Data fit

# Transmisión en diferentes ángulos de incidencia




**VP610-2300**

*-4º y +4º son los ángulos de incidencia de la luz, vistos desde la pupila, para los extremos del FOV de 4.2arcmin*

# VPHs: λ central, Cobertura espectral, y Poder de Resolución

- Hemos obtenido espectros con Elmer en su configuración final, antes de ser enviado al Observatorio.

- Los espectros se tomaron con rendija larga de 0.6” en el campo central

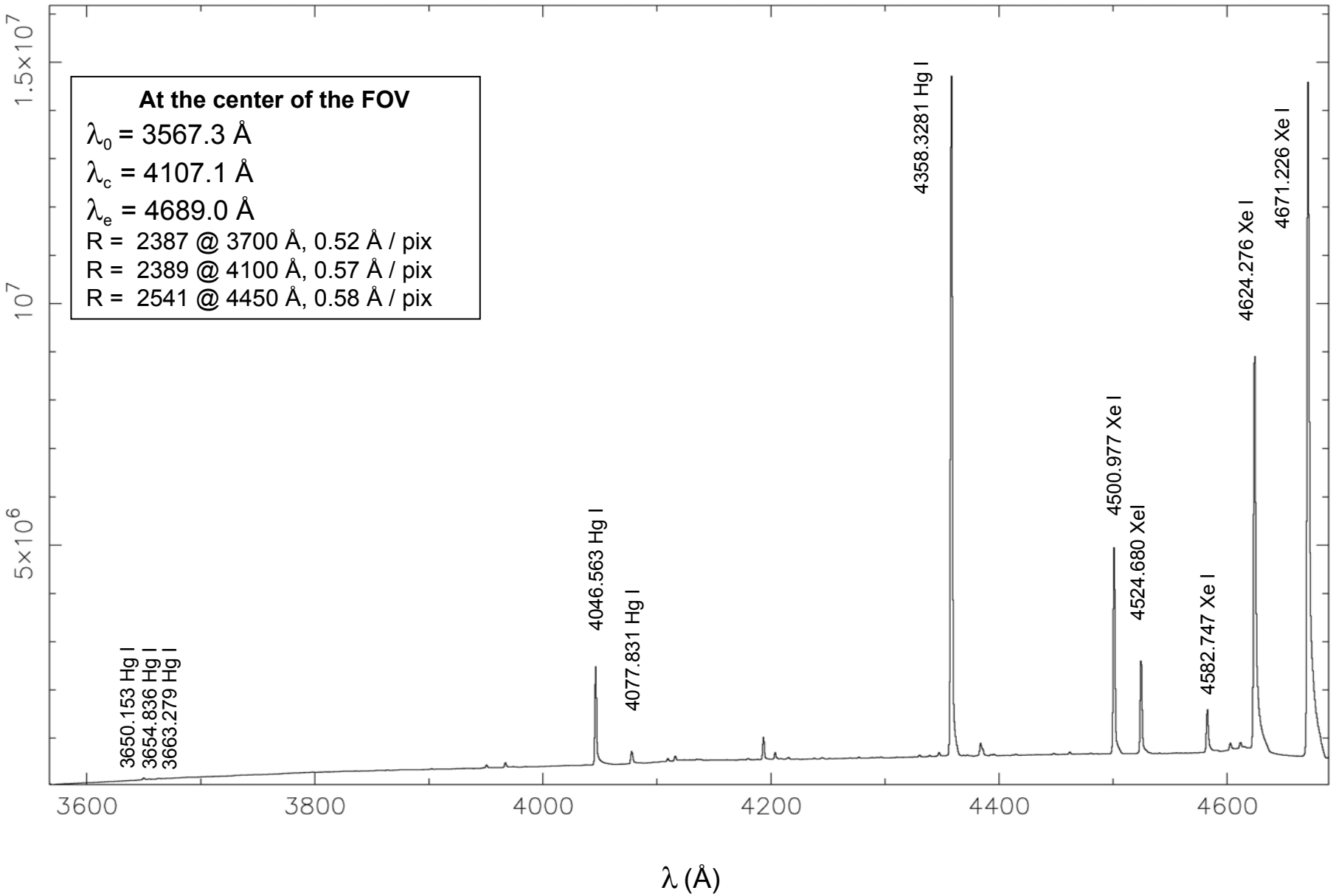
- Las lámparas de calibración (Ne, Xe y HgAr) son la finales que tendrá el módulo de Calibración de GTC

- Los espectros que se muestran tienen la máxima cobertura espectral posible (2000 píxeles sobre el detector). Para tener una cobertura espectral garantizada en los 3 arcmin sin viñeteo ni luz difusa procedente del bafle de la cámara debemos sustraer unos 100 píxeles a cada lado. Se están haciendo mapas detallados.

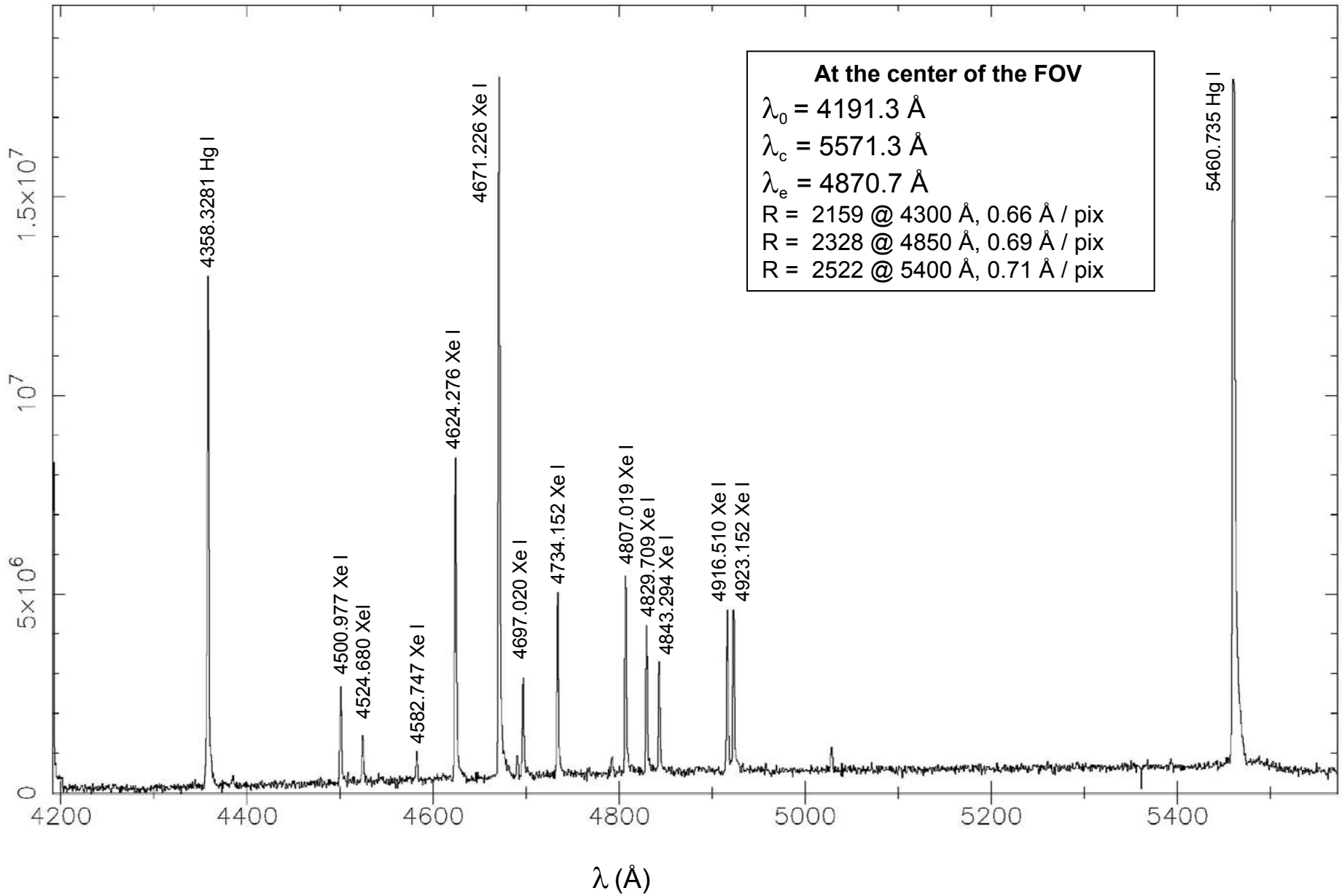
- Se presentan dos tablas: una con las especificaciones de diseño y otra con los resultados (hemos tomado el espectro de 1800 píxeles para la comparación).

- Las especificaciones se cumplen con una tolerancia mejor que el 5%

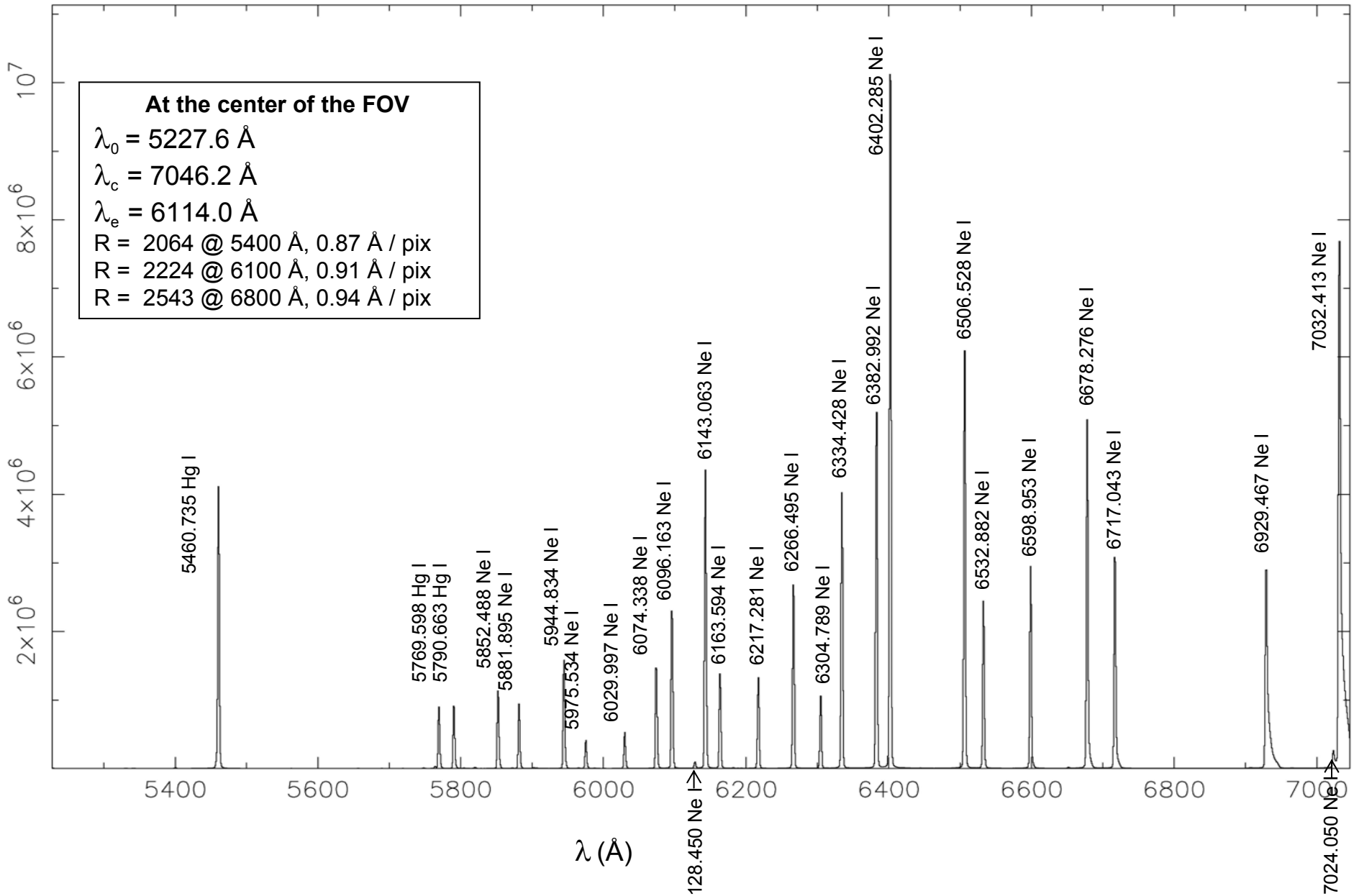
# Elmer: VPH, VP410-2500 Xe + HgAr calibration lamps



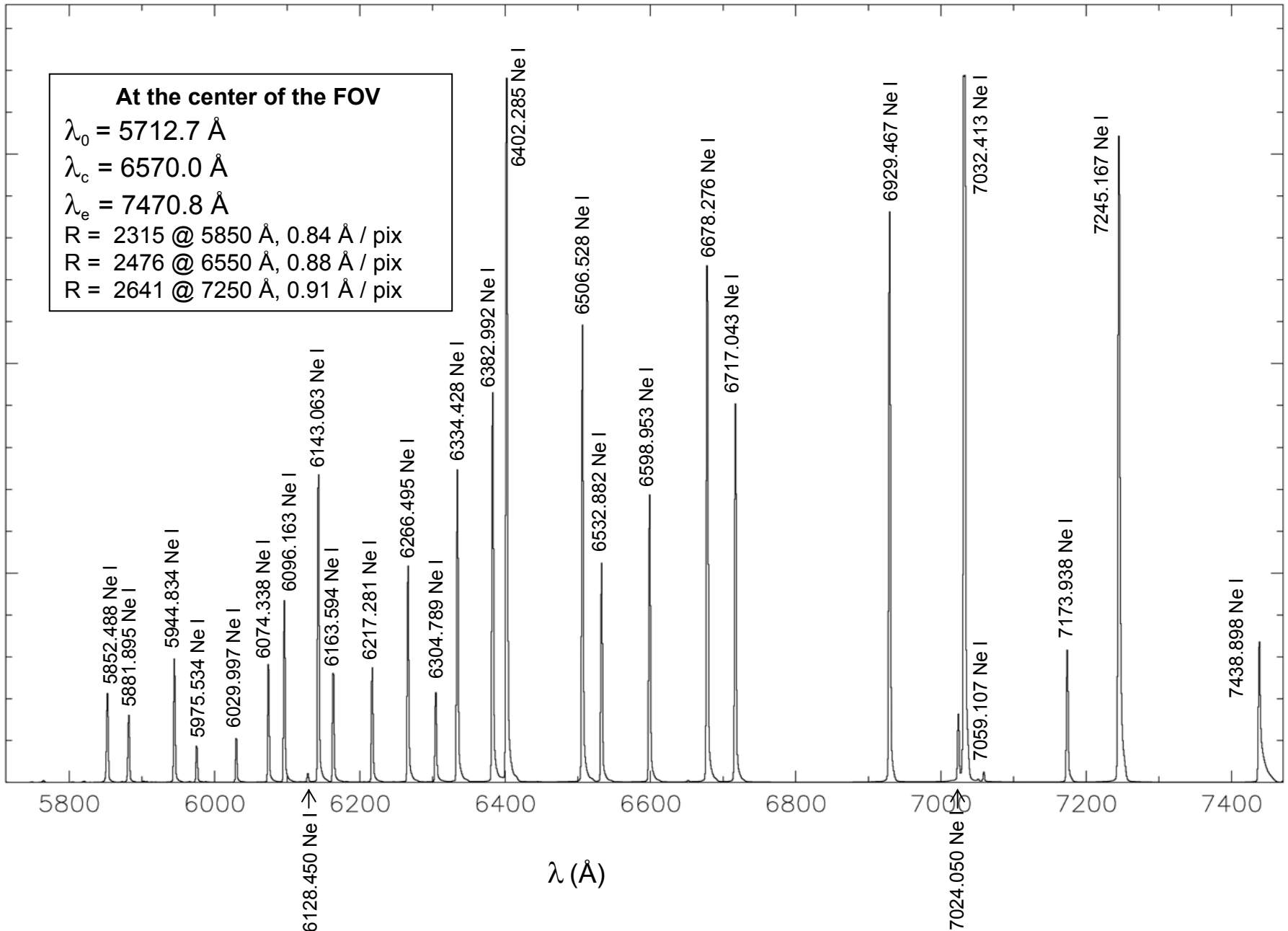
# Elmer: VPH, VP480-2400 Xe + HgAr calibration lamps



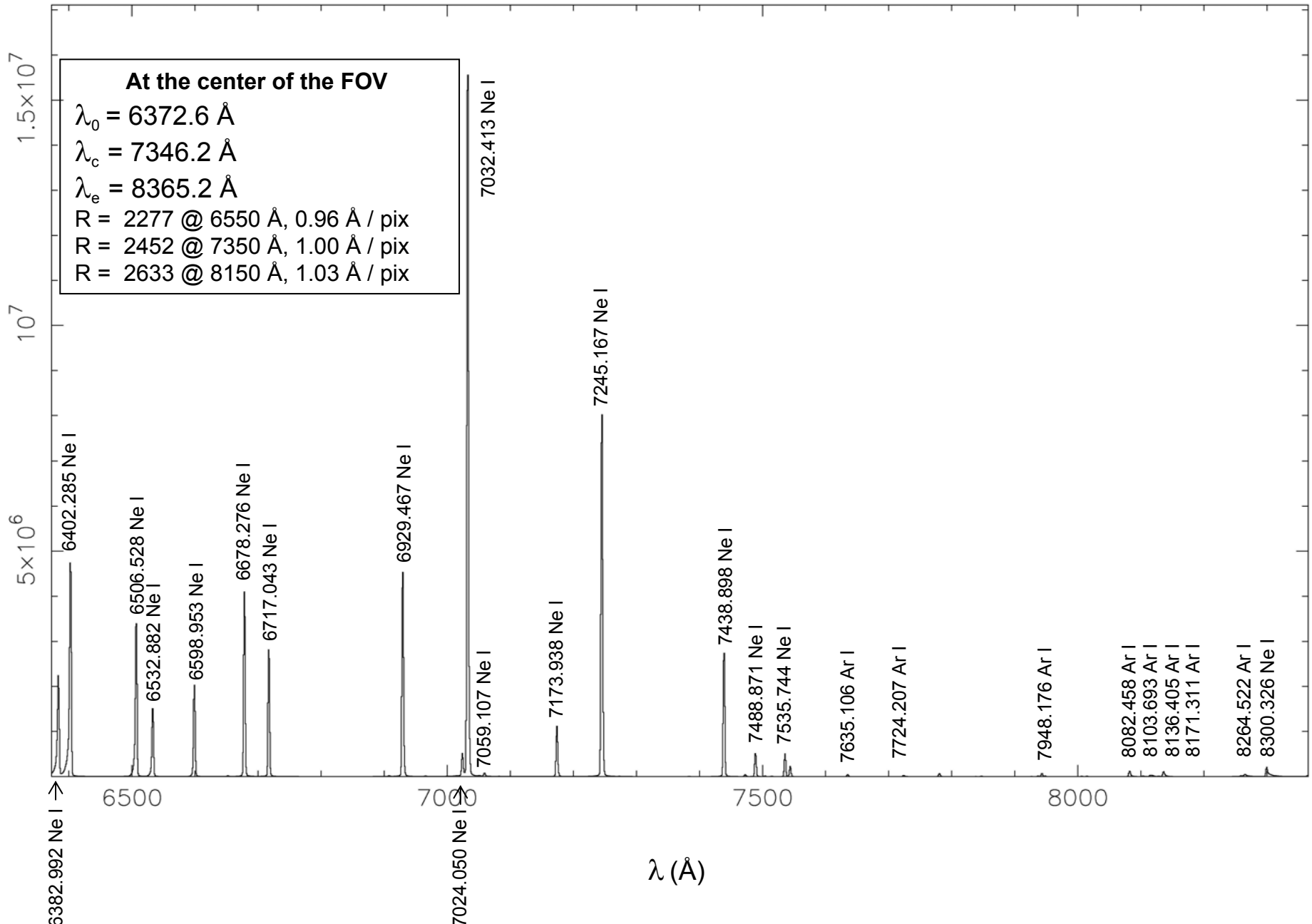
# Elmer: VPH, VP610-2300 Ne + HgAr calibration lamps



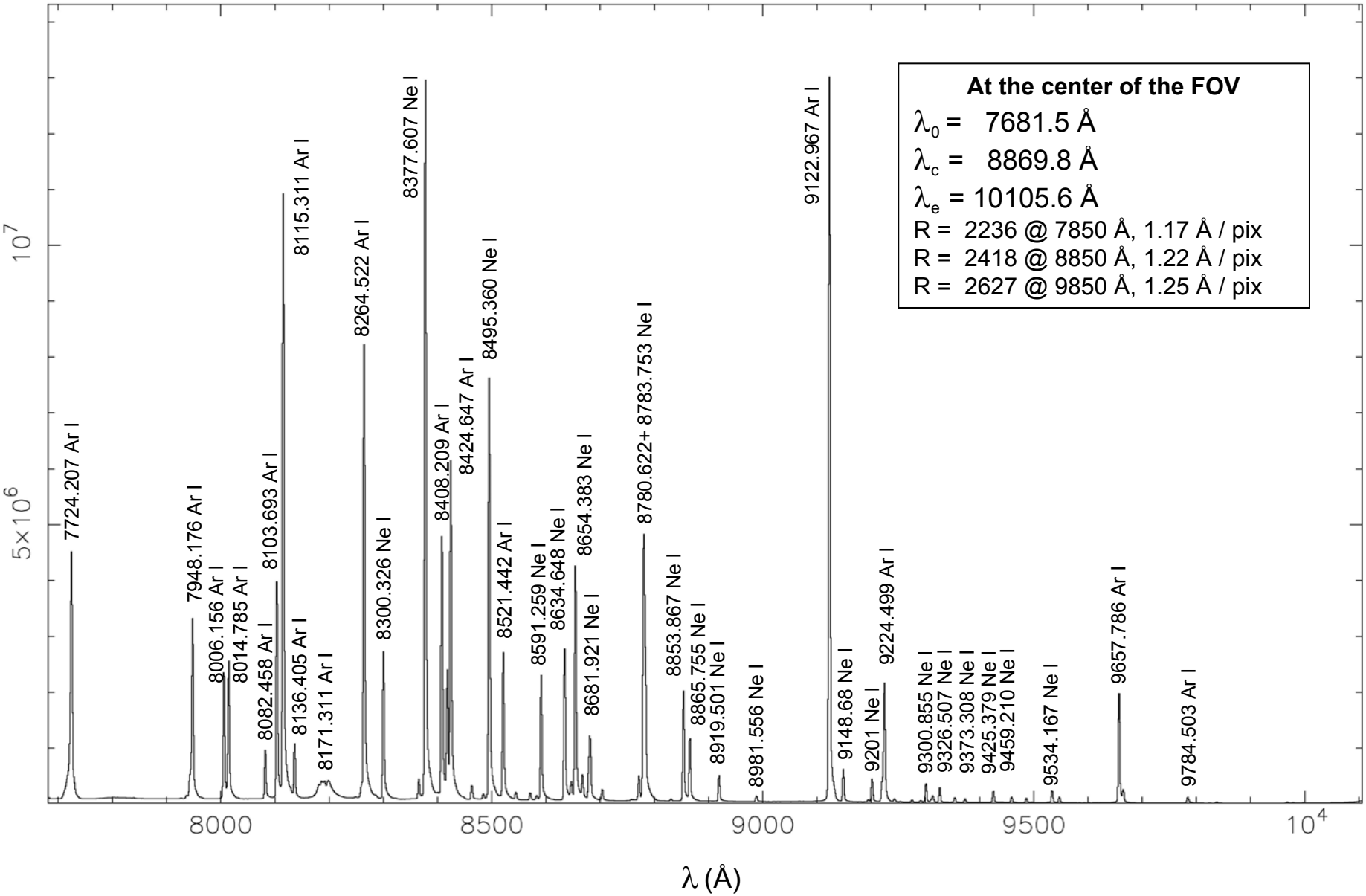
# Elmer: VPH, VP660-2500 Ne calibration lamp



# Elmer: VPH, VP730-2500 HgAr + Ne calibration lamps



# Elmer: VPH, VP880-2500 HgAr + Ne calibration lamps



# Prestaciones medidas de las VPHs (R, Cobertura espectral)

| VPH Id | VP410-2500 | VP480-2400 | VP610-2300 | VP660-2500 | VP730-2500 | VP880-2500 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Δλ (Å) | 3620 - 4630 | 4260 –5500 | 5310 -6950 | 5800 - 7380 | 6470 - 8260 | 7800 - 9980 |
| λ c (Å) | 4110 | 4870 | 6110 | 6570 | 7350 | 8870 |
| **Dentro de especificaciones con un 5% de tolerancia** | | | | | | |
| R@ λc | 2389 | 2328 | 2224 | 2476 | 2452 | 2313 |
| R, @λ | 2387@ 3700<br>2389@ 4100<br>2541@ 4450 | 2159@ 4300<br>2328@ 4850<br>2522@ 5400 | 2064@ 5400<br>2224@ 6100<br>2543@ 6800 | 2315@ 5850<br>2476@ 6550<br>2641@ 7250 | 2277@ 6550<br>2452@ 7350<br>2633@ 8150 | 2234@ 7850<br>2313@ 8850<br>2631@ 9850 |

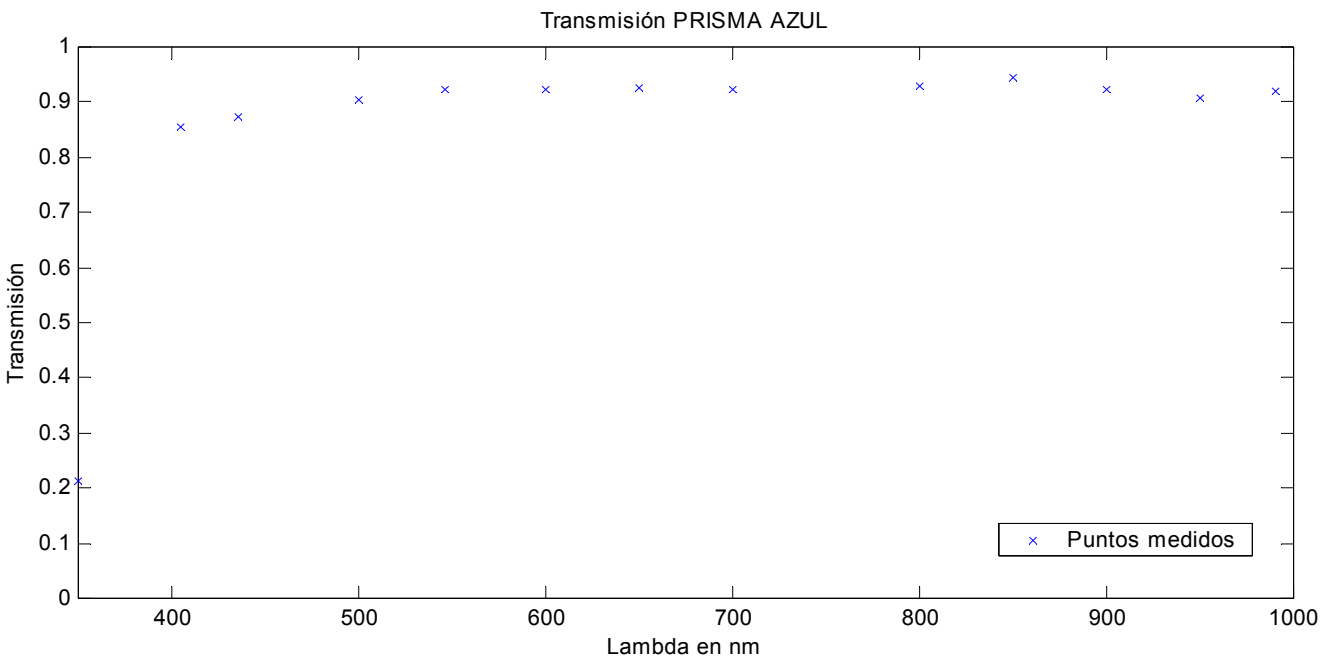
Nota: Resoluciones espectrales para una rendija nominal de **0.6”**

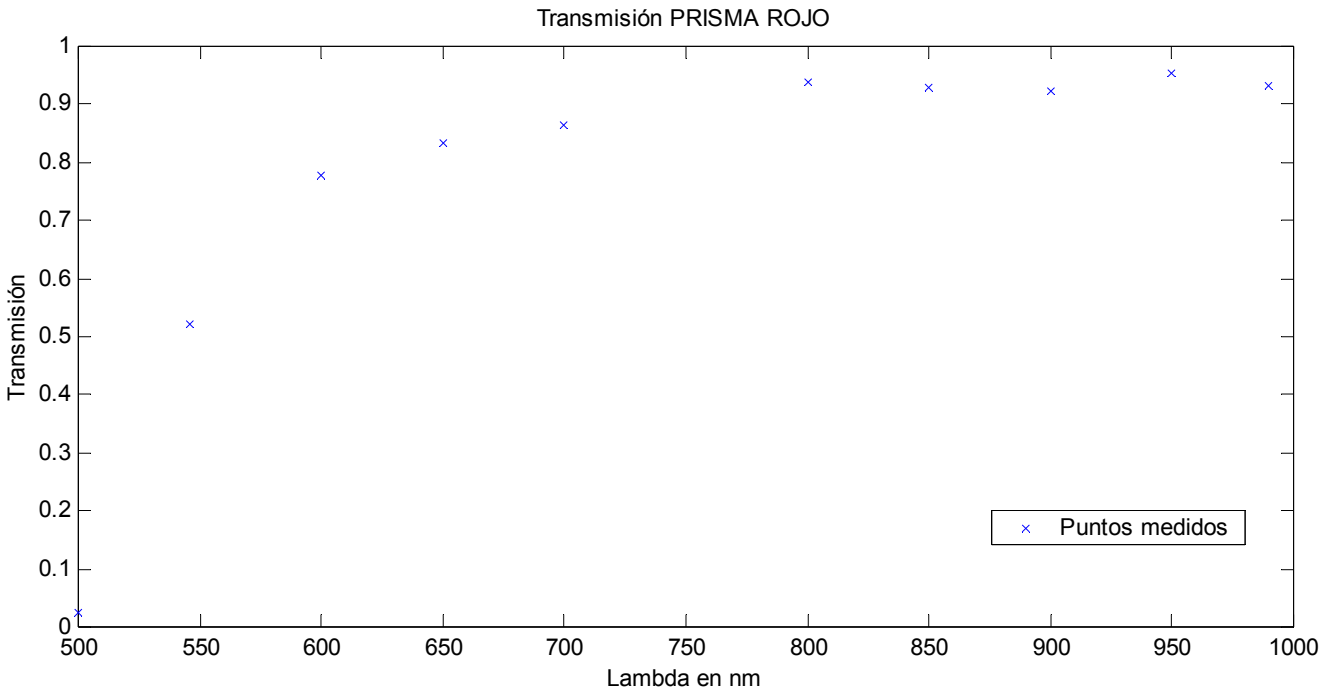
**FOV:**
3’ x 3’ con rendija

# Prismas

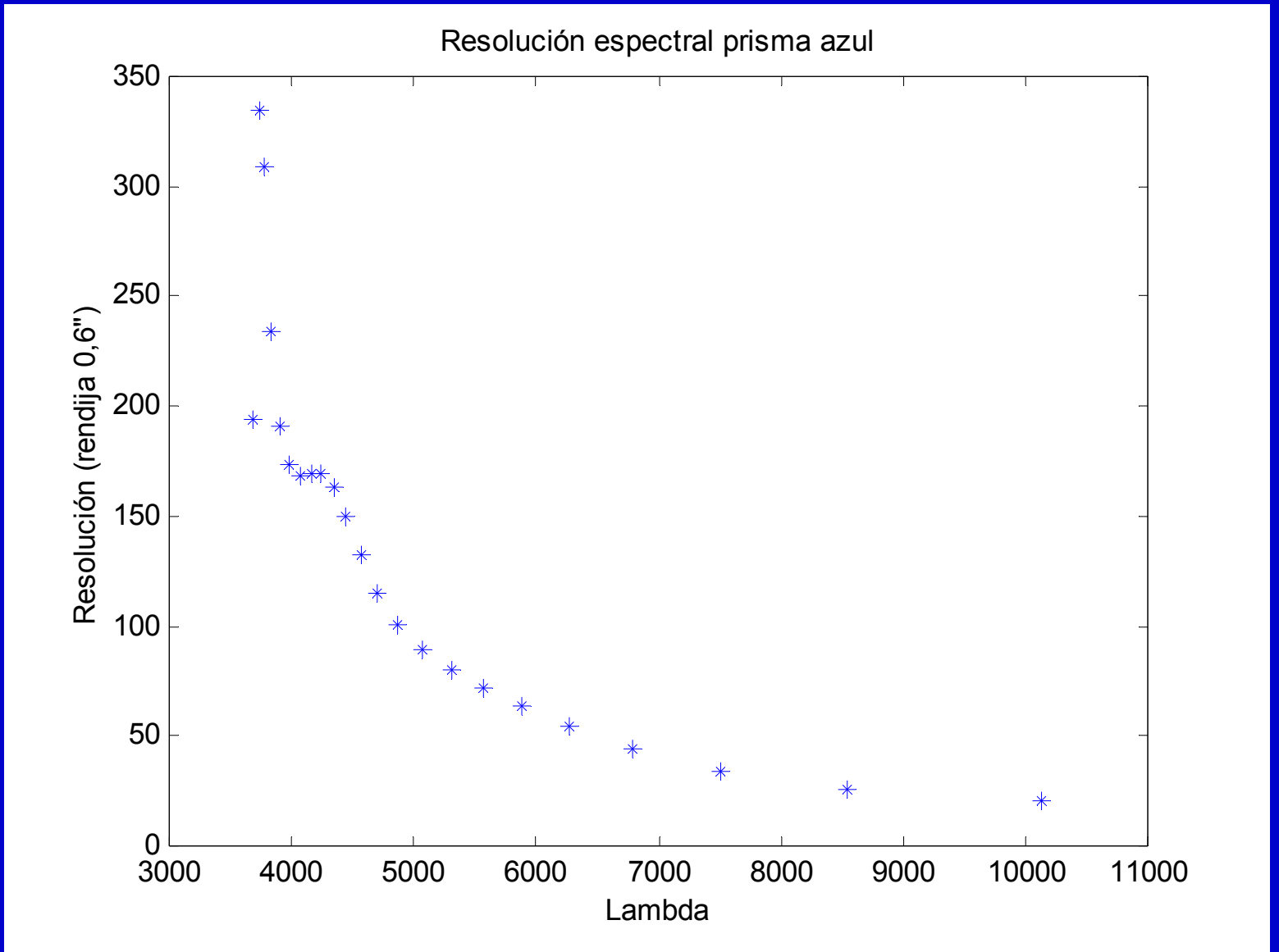
## Prestaciones en Laboratorio

- Prismas disponibles
- Transmisión
- Espectros con Prismas y Rendija Larga
  - Cobertura espectral
  - Dispersión

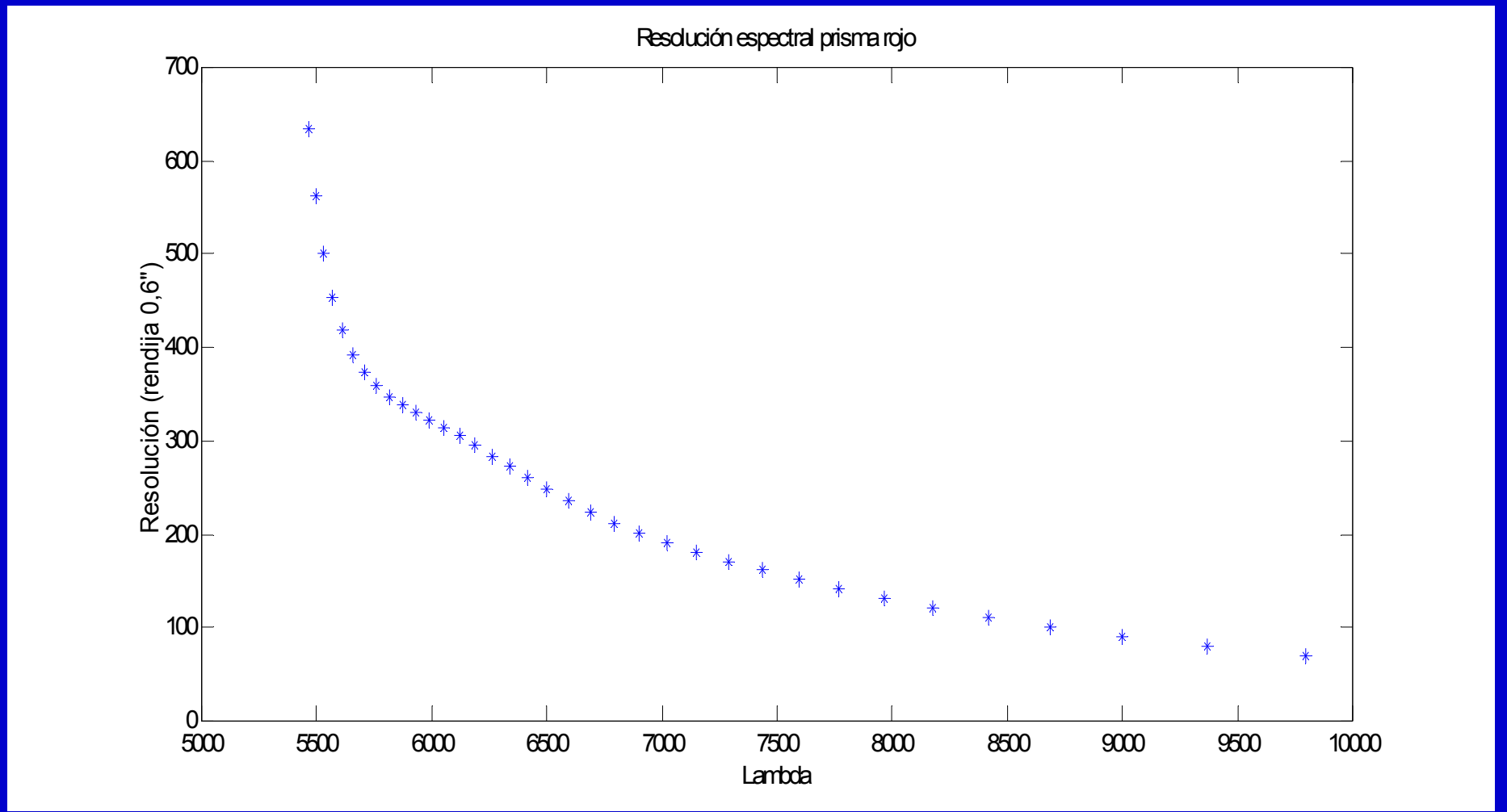

Transmisión PRISMA AZUL
Transmisión
Lambda en nm
Puntos medidos
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
400
500
600
700
800
900
1000

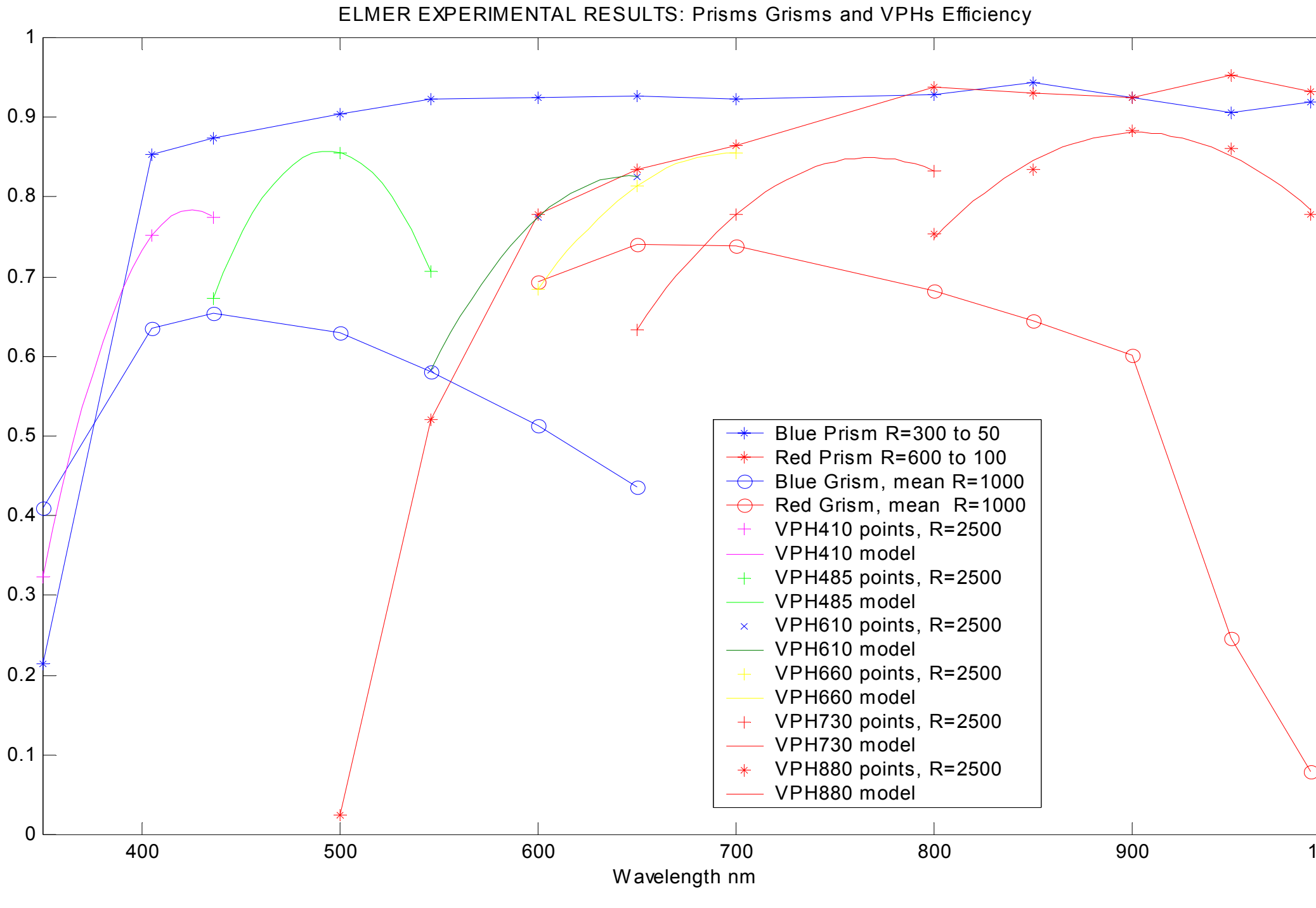

Transmisión PRISMA ROJO
Transmisión
Lambda en nm
Puntos medidos
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
500
550
600
650
700
750
800
850
900
950
1000

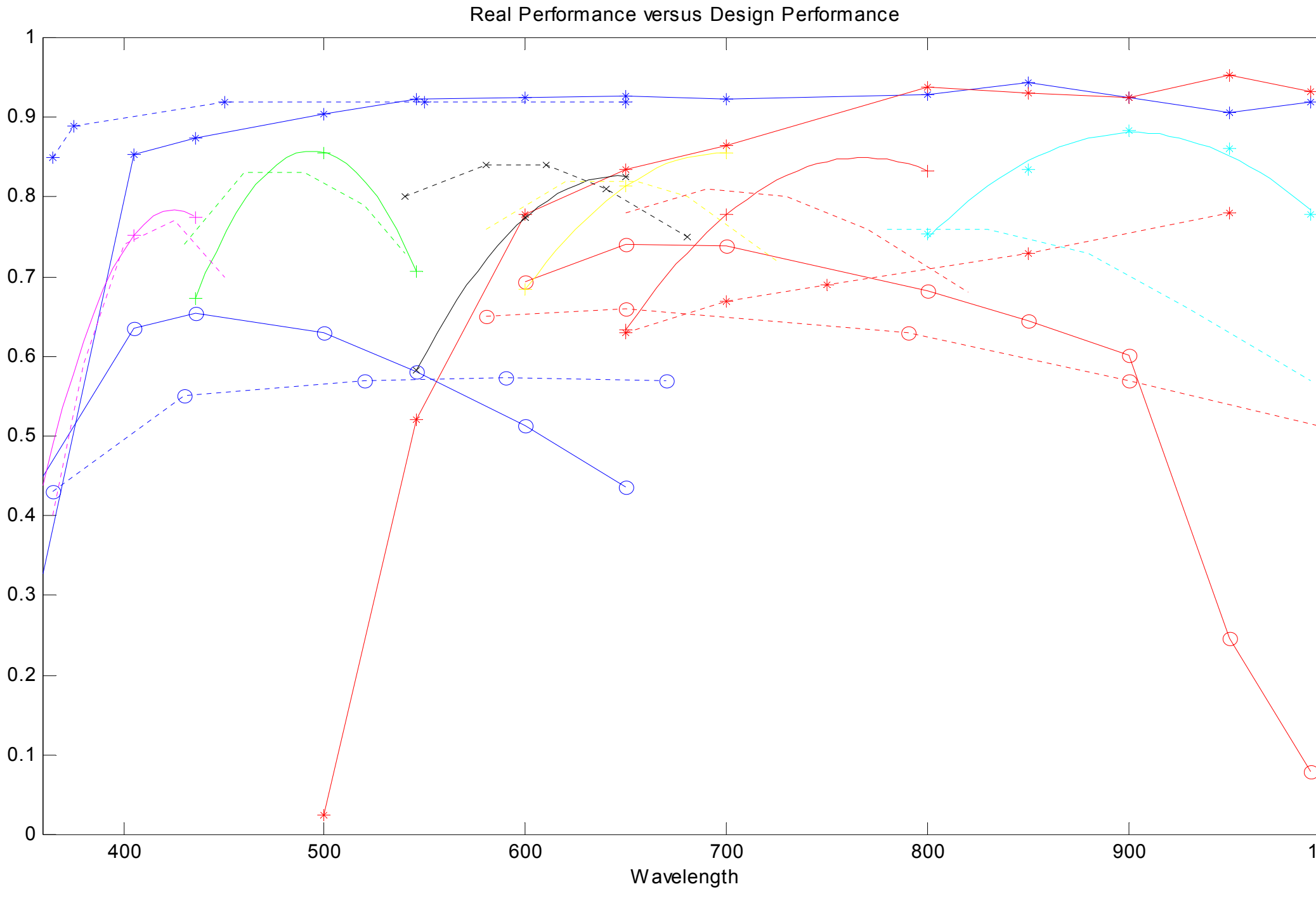
# Resolución espectral para el Prisma Azul



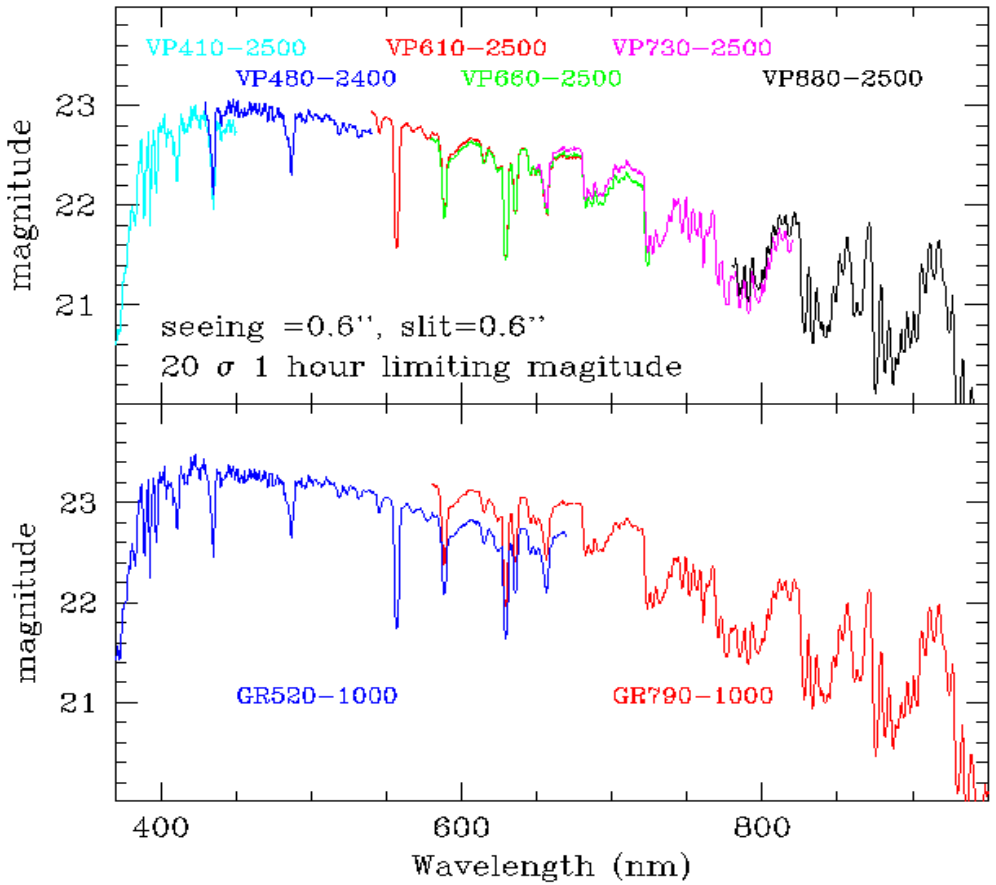
# Resolución espectral para el Prisma Rojo

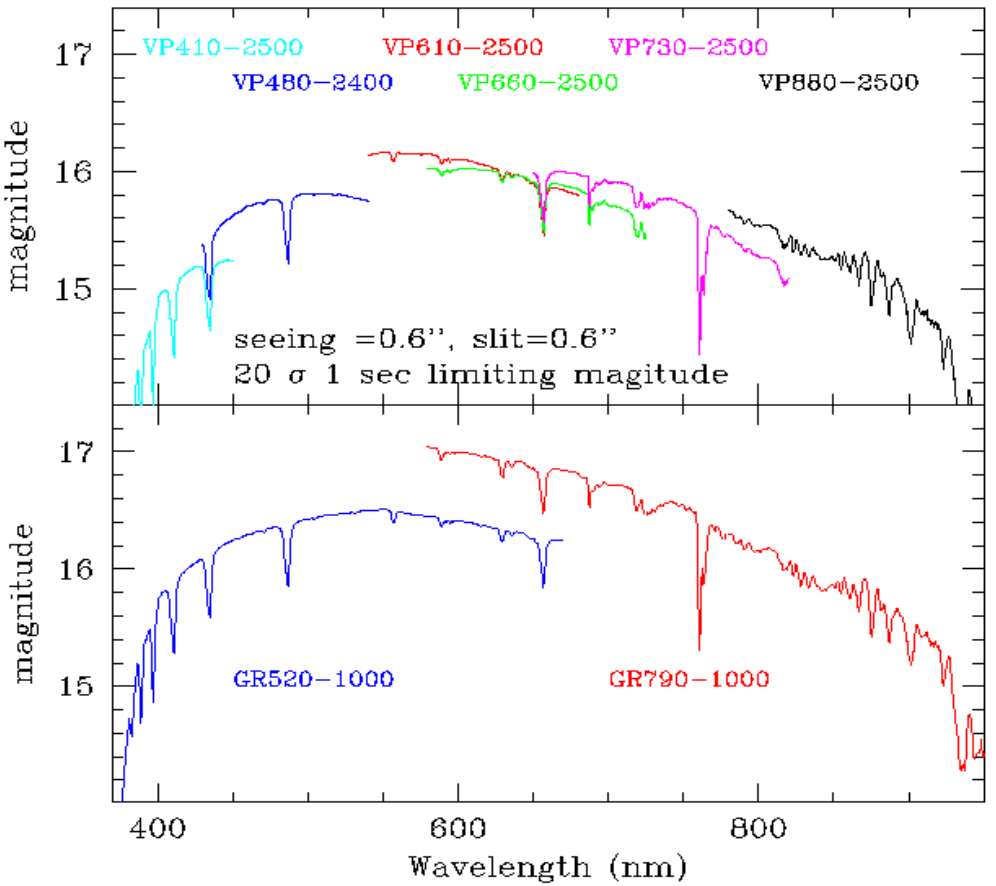



ELMER EXPERIMENTAL RESULTS: Prisms Grisms and VPHs Efficiency
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
400
500
600
700
800
900
1
Wavelength nm
Blue Prism R=300 to 50
Red Prism R=600 to 100
Blue Grism, mean R=1000
Red Grism, mean R=1000
VPH410 points, R=2500
VPH410 model
VPH485 points, R=2500
VPH485 model
VPH610 points, R=2500
VPH610 model
VPH660 points, R=2500
VPH660 model
VPH730 points, R=2500
VPH730 model
VPH880 points, R=2500
VPH880 model


Real Performance versus Design Performance
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
400
500
600
700
800
900
1
Wavelength

# Magnitudes Límites @ Espectroscopía

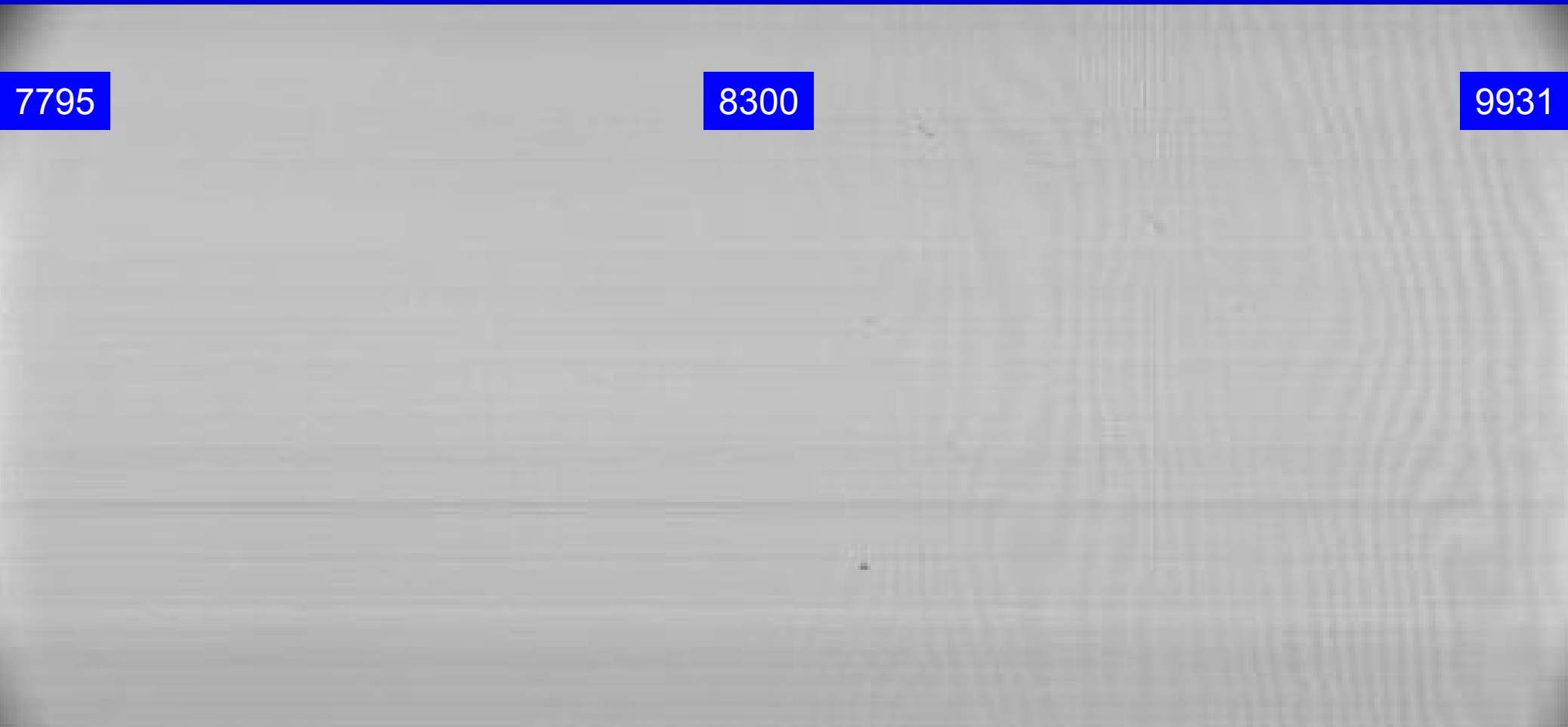



*Magnitudes límites con Elmer en el GTC en Espectroscopía para los elementos disponibles, Los números se han calculado para S/N = 20 y seeing y rendija de 0.6". El tiempo de exposición de estas simulaciones es de 1 hora (izquierda) y 1 segundo (a la derecha).*

# Estudio de Flats

Flats en Azul
Flats en Rojo (Fringing)
Estudio con diferentes orientaciones del instrumento



# PLAN DE CALIBRACION

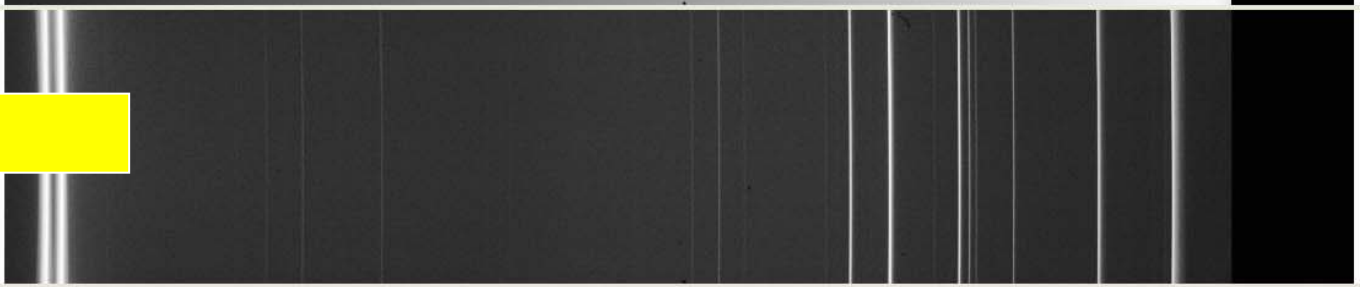
## VP660-2500

**Azul** | **Rojo**

**Halógeno, Flat**



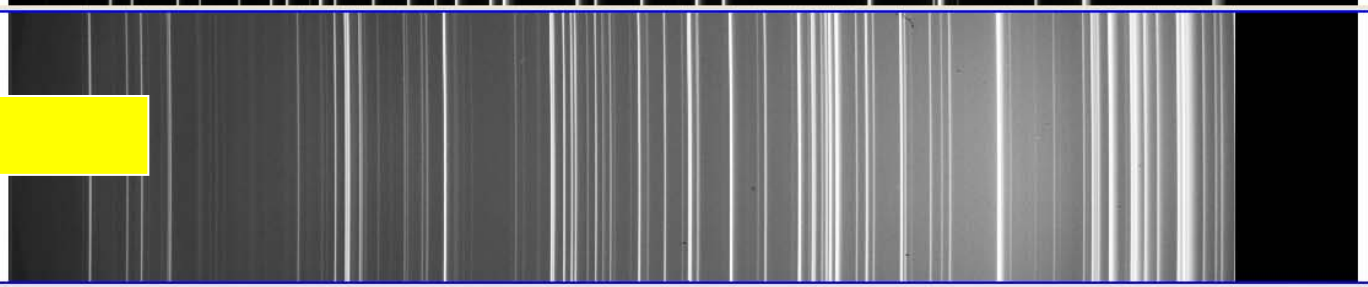
**HgAr, Arco**



**Ne, Arco**



**Xe, Arco**

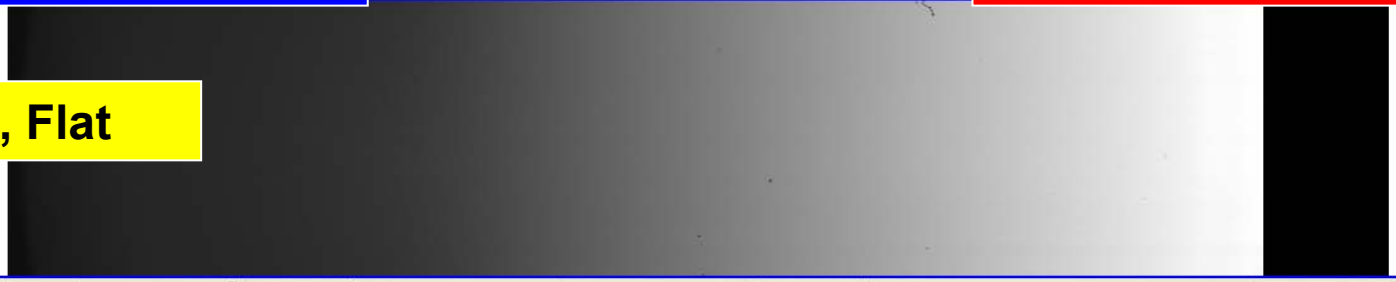


# PLAN DE CALIBRACION

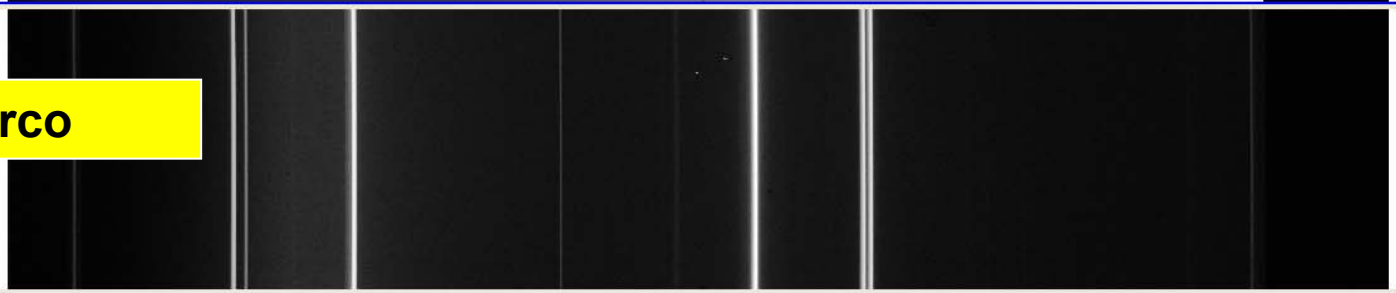
## Grisma Azul, R=1000

**Azul** | **Rojo**

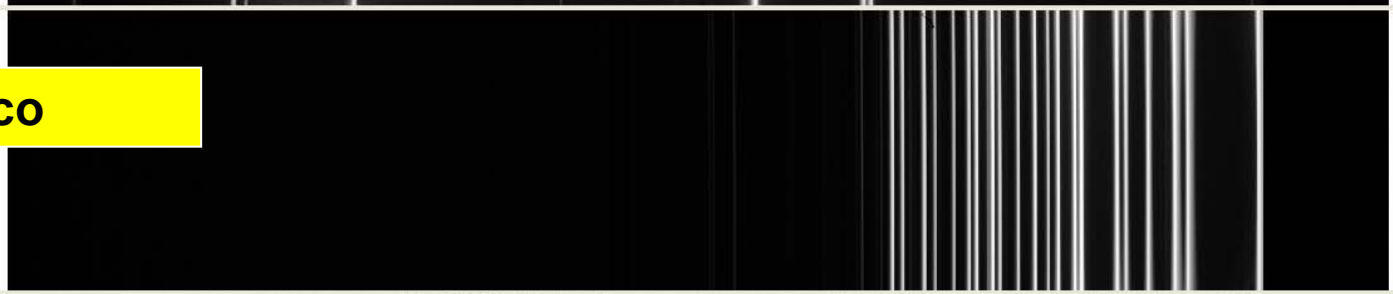
**Halógeno, Flat**



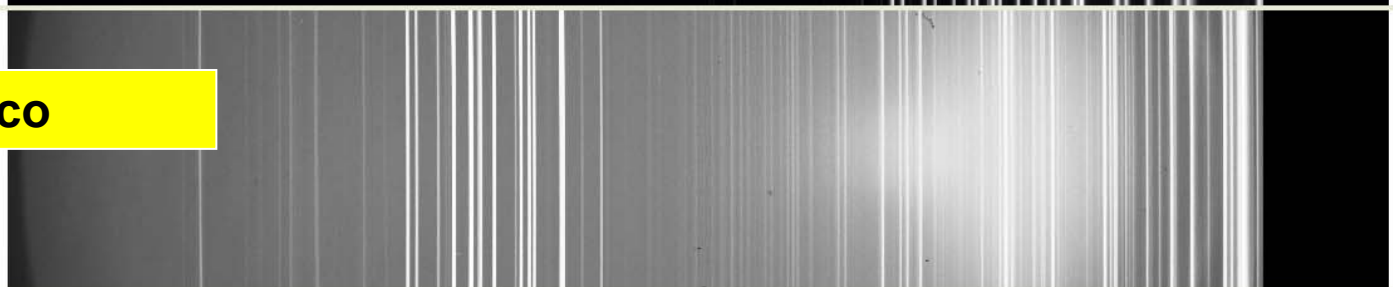
**HgAr, Arco**



**Ne, Arco**



**Xe, Arco**

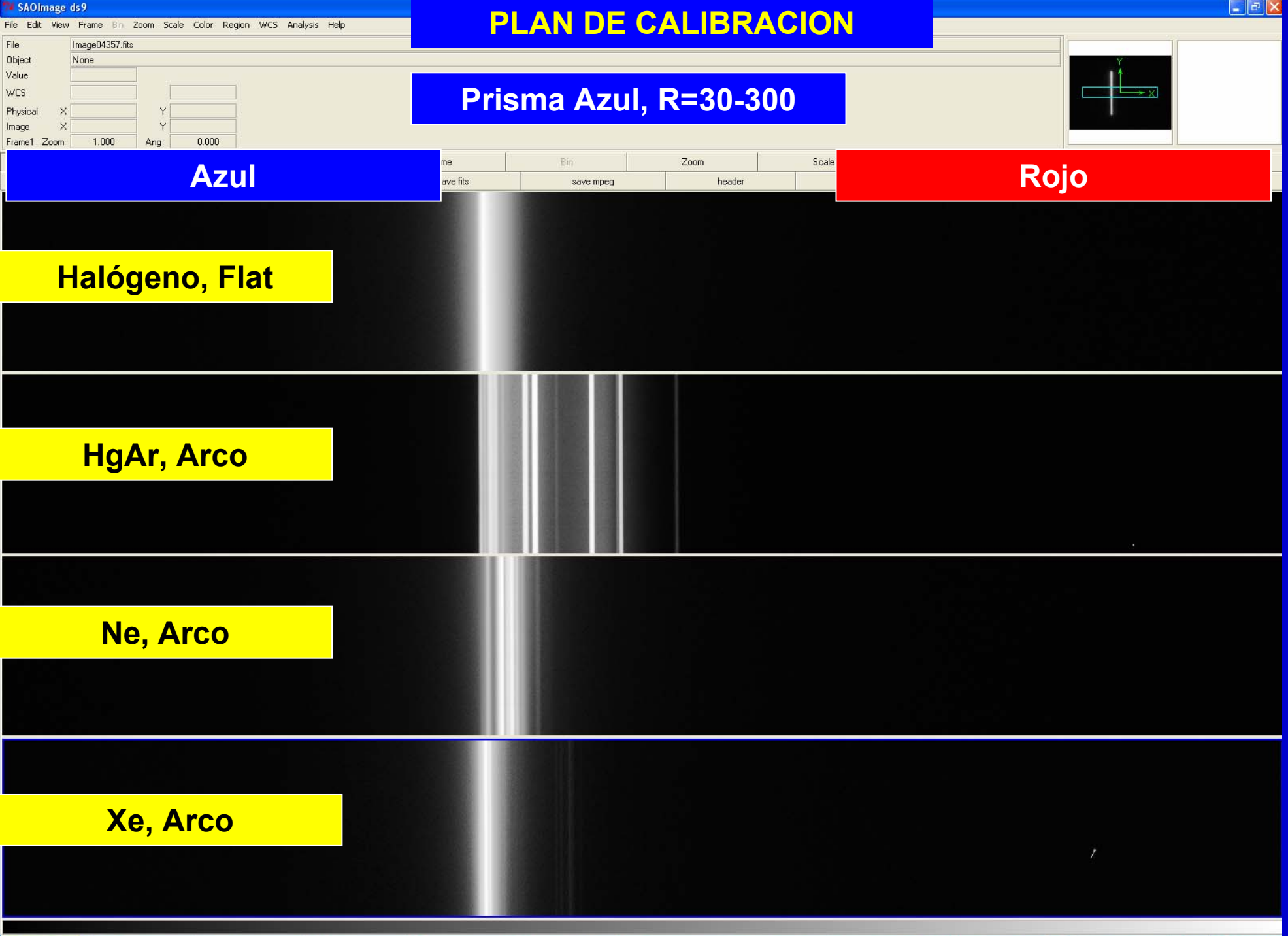


# PLAN DE CALIBRACION

## Prisma Azul, R=30-300

**Azul**

**Rojo**



# Conclusiones

- Elmer está listo para ir al GTC
- Elmer se ha caracterizado completamente en el laboratorio en el Modo Imagen y está muy avanzada la caracterización en el modo de Rendija Larga
- Las prestaciones científicas son excelentes
- Este trabajo está siendo posible gracias al apoyo de Casiana y José Miguel y del proyecto Estallidos
- En el próximo Congreso de Ciencia con el GTC (Florida, Junio 2006) se presentarán los resultados. Además, se discutirán todos los aspectos de su uso en un workshop específico que se celebrará tras la conferencia.

# Grismas: prestaciones por diseño

Nota: Resoluciones espectrales para una rendija nominal de **0.6”**

| **Grisma Azul R1000 (GR520-1000)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Intervalo espectral** | | 3650-6700 Å | |
| **λ Central** | | 5175 Å | |
| **R@ λc (λc/Δλ)** | | 962 | |
| Prestación de la Resolución espectral | | | |
| λ | 3700 Å | 5175 Å | 6650 Å |
| R | 805 | 962 | 1188 |
| **Grisma Rojo R1000 (GR760-0700)** | | | |
| **Intervalo espectral** | | 5200-10000 Å | |
| **λ Central** | | 7600 Å | |
| **R@ λc (λc/Δλ)** | | 701 | |
| Prestación de la Resolución espectral | | | |
| λ | 5850 Å | 7950 Å | 9950 Å |
| R | 544 | 701 | 866 |

**Prestación de la Eficiencia**

| λ (Å) | T |
|---|---|
| 3650 | 0.430 |
| 4300 | 0.550 |
| 5200 | 0.570 |
| 5900 | 0.573 |
| 6700 | 0.570 |

**Prestación de la Eficiencia (Incluido corta-orden)**

| λ (Å) | T |
|---|---|
| 5800 | 0.650 |
| 6500 | 0.660 |
| 7900 | 0.630 |
| 9000 | 0.570 |
| 10000 | 0.510 |

**FOV:**

3’ x 3’ con rendija

# Prestaciones por diseño de las VPHs (R, Cobertura espectral)

| **VPH Id** | VP410-2500 | VP480-2400 | VP610-2300 | VP660-2500 | VP730-2500 | VP880-2500 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Δλ (Å)** | **3650 - 4500** | **4250 –5450** | **5350 -6850** | **5800 - 7300** | **6500 - 8200** | **7800 - 9900** |
| **λ Bragg (Å)** | **4100** | **4850** | **6100** | **6550** | **7350** | **8850** |
| **α Bragg ( º)** | 16.2734 | 16.0165 | 15.7749 | 17.3437 | 17.2711 | 17.1436 |
| **líneas/mm** | 1736 | 1445 | 1132 | 1156 | 1026 | 846 |
| **R@ λc** | **2463** | **2350** | **2255** | **2510** | **2481** | **2448** |
| **R, @λ** | 2400@ 3700<br>2463@ 4100<br>2584@ 4450 | 2246@ 4300<br>2350@ 4850<br>2540@ 5400 | 2119@ 5400<br>2255@ 6100<br>2461@ 6800 | 2381@ 5850<br>2510@ 6550<br>2719@ 7250 | 2340@ 6550<br>2481@ 7350<br>2698@ 8150 | 2292@ 7850<br>2448@ 8850<br>2679@ 9850 |

Nota: Resoluciones espectrales para una rendija nominal de **0.6”**

**FOV:**
3’ x 3’ con rendija