



Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón

**PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARA EL
CONTRATO DE SUMINISTRO DE LOS FILTROS DE
AUTOGUIADO Y SENSADO DE FRENTE DE ONDA DE JPCam**

Exp. 2016/03

INDICE

1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	4
2. LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	5
3. DEFINICIONES	5
4. INTRODUCTION	6
5. ALCANCE DEL DOCUMENTO Y ALCANCE DEL CONTRATO	8
6. REQUERIMIENTOS GENERALES	9
6.1. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	9
6.1.1. Curvas de transmisión de los pares WFS-Intra y WFS-Extra	9
6.1.2. Longitud de onda "cut-on"	9
6.1.3. Tolerancia absoluta en longitud de onda "cut-on"	10
6.1.4. Tolerancia relativa en longitud de onda "cut-on" para filtros WFS.	10
6.1.5. Pendiente "cut-on"	10
6.1.6. Longitud de onda "cut-off"	10
6.1.7. Tolerancia absoluta en longitud de onda "cut-off"	10
6.1.8. Tolerancia relativa en longitud de onda "cut-off" para filtros WFS.	10
6.1.9. Pendiente "cut-off"	10
6.1.10. Uniformidad en la longitud de onda central	11
6.1.11. Transmisión máxima (Tmax)	11
6.1.12. Uniformidad de la transmisión máxima	11
6.1.13. Planitud de la función de transmisión	11
6.1.14. Intervalo de bloqueo "Short-Wave"	11
6.1.15. Intervalo de bloqueo "Long-Wave"	11
6.1.16. Transmisión máxima dentro de los intervalos de bloqueo (Tb)	11
6.2. REQUERIMIENTOS FÍSICOS	11
6.2.1. Material para el sustrato de los filtros	11
6.2.2. Índice de refracción efectivo de los filtros	11
6.2.3. Reflectividad total de los filtros	12
6.2.4. Reflexión interna	12
6.2.5. Tamaño de los filtros	12
6.2.6. Tolerancia en el tamaño de los filtros	13
6.2.7. Tolerancia en el espesor de los filtros	13
6.2.8. Biselado ("bevel")	13
6.2.9. Tolerancia en el biselado ("bevel")	13
6.2.10. Biselado en las esquinas ("corner chamfer")	13

6.2.11.	Apertura libre	13
6.2.12.	Rugosidad de la superficie	13
6.2.13.	Imperfecciones de la superficie	13
6.2.14.	Restricción de poros ("pinhole")	13
6.2.15.	Restricción de burbujas	14
6.2.16.	Máxima cuña	14
6.2.17.	Error total de frente de onda transmitido	14
6.3.	REQUERIMIENTOS OPERACIONALES	14
6.3.1.	Requerimientos de entorno	14
6.3.2.	Autofluorescencia	14
6.3.3.	Marcado del borde	15
6.3.4.	Empaquetado, manejo, almacenamiento y transporte.	15
6.3.5.	Entrega	15
6.4.	REQUERIMIENTOS DE FIABILIDAD	16
6.4.1.	Vida útil de los filtros	16
6.4.1.	Durabilidad de los recubrimientos AR	16
6.5.	DOCUMENTACIÓN	16
7.	PLAN DE TRABAJO	16
8.	PLAN DE VERIFICACIÓN	17

1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

	Título del Documento	Número de Documento
<i>RD1</i>	OAJ T250 Optical Analysis	OAJ-TRE-AMO-1000-009-is5.pdf
<i>RD2</i>	Update on JPCam window prescription	2126_01_04_is3.pdf

2. LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

CEFCA	Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón
JPCAM	Instrumento científico para el JST/T250.
FoV	Campo de Visión (Field of View)
OAJ	Observatorio Astrofisico de Javalambre
J-PAS	Javalambre PAU Astrophysical Survey
JST/T250	Telescopio de 2.5m del OAJ
FWHM	Anchura a media altura (Full Width Half Maximum)
AG	Autoguiado
WFS	Sensado de frente de onda

TBC: "Debe ser Confirmado" por el CEFCA durante las negociaciones del contrato o en una fecha acordada durante la duración del contrato.

TBD: "Debe ser Definido" y acordado entre el CEFCA y el contratista en el momento de la firma del contrato o en una fecha acordada durante la duración del contrato.

3. DEFINICIONES

<u>Contratista</u>	Se refiere a la empresa a la que se confía el diseño y construcción JPAS-PF.
<u>Temperatura de Referencia</u>	La temperatura de referencia para el cálculo de todas las dimensiones y tolerancias será de 21° C, salvo que se especifique algo diferente.

4. INTRODUCCIÓN

El Observatorio Astrofísico de Javalambre (OAJ) es una nueva instalación astronómica instalada en la Sierra de Javalambre (Teruel, Spain) cuyo objetivo principal es el de llevar a cabo cartografiados astronómicos. El OAJ cuenta con dos telescopios de gran campo: el JST/T250, un telescopio de 2.55-m de apertura con un campo de visión (FoV) de 3° de diámetro, y el JAST/T80, un telescopio de 0.83-m de apertura con un FoV de 2° de diámetro. La definición, construcción, operación y explotación científica del OAJ es responsabilidad del CEFCA.

El telescopio JST/T250 cuenta con una escala de placa de $22.67''/\text{mm}$ y un $f/\# = 3.6$. Los 3° de FoV corresponden a 476.4mm [RDI]. El instrumento científico principal de JST/T250 es JPCam (figura 1), una cámara equipada con un mosaico de 14 CCDs de gran formato y nuevo desarrollo. Se trata de los nuevos sensores de $9k \times 9k$ pixeles de $10\mu\text{m}$ fabricados por e2v. El plano focal se completa con un conjunto de 12 detectores auxiliares: 4 de autoguiado (AG) y 8 de sentido de frente de onda (WFS). JPCam se instalará en el foco cassegrain del JST/T250 y cubrirá gran parte del FoV del telescopio con una escala de pixel de $0.2267''/\text{pixel}$.

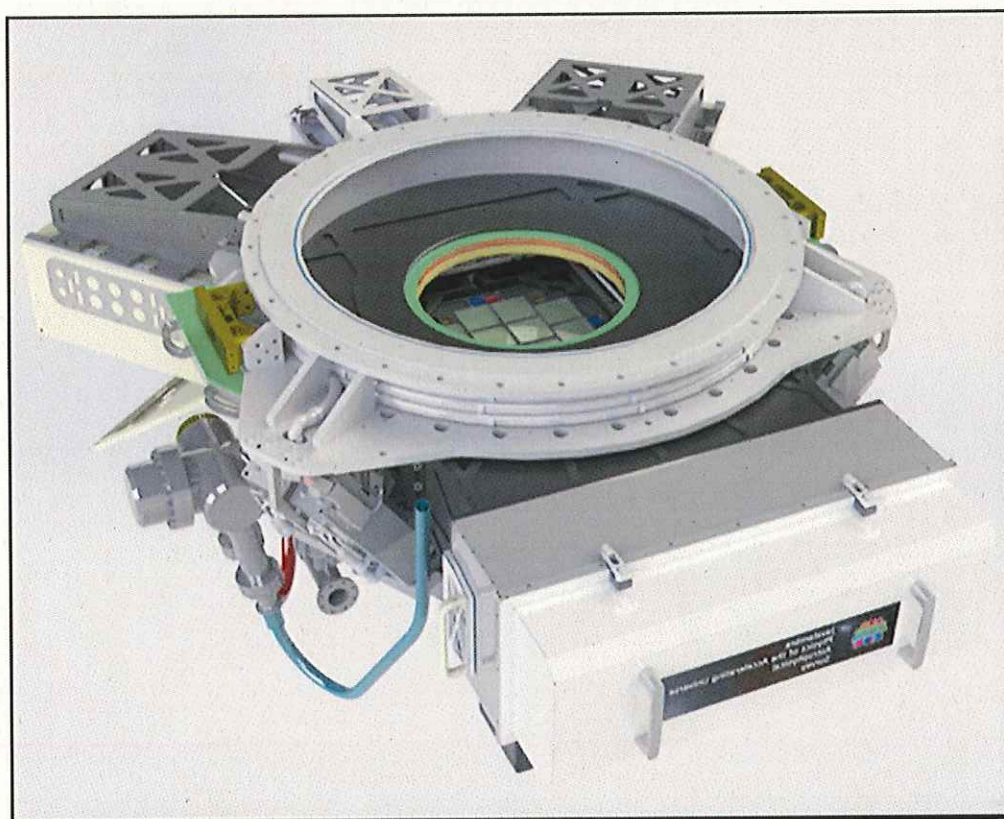


Figura 1: Diseño mecánico de JPCam.

JPCam se está formado por cuatro subsistemas principales (figura 2), a saber: sistema de actuadores (suministrado por *Sener*, España), unidad de obturador y filtros (FSU, designed by *Astro-EME*, USA, and supplied by *The Vacuum Projects*, Spain), los ensamblados de bandeja de filtros (*Jaguar Precision Mechanics*, EEUU) y el subsistema criogénico (*e2v Technologies*, Reino Unido). Los cuatro subsistemas han superado con éxito las distintas

revisiones de diseño final y se encuentran finalizando las diferentes fases de fabricación, integración y pruebas.

La unidad de filtros está diseñada para admitir hasta 5 bandejas de filtros. Cada bandeja montará 14 filtros científicos, 4 de AG y 8 de WFS correspondientes a los 14 CCDs científicos, los 4 de AG y los 8 de WFS del plano focal, respectivamente. Cada detector observará a través de un filtro. La figura 3 muestra el diseño preliminar de una de las bandejas de filtros.

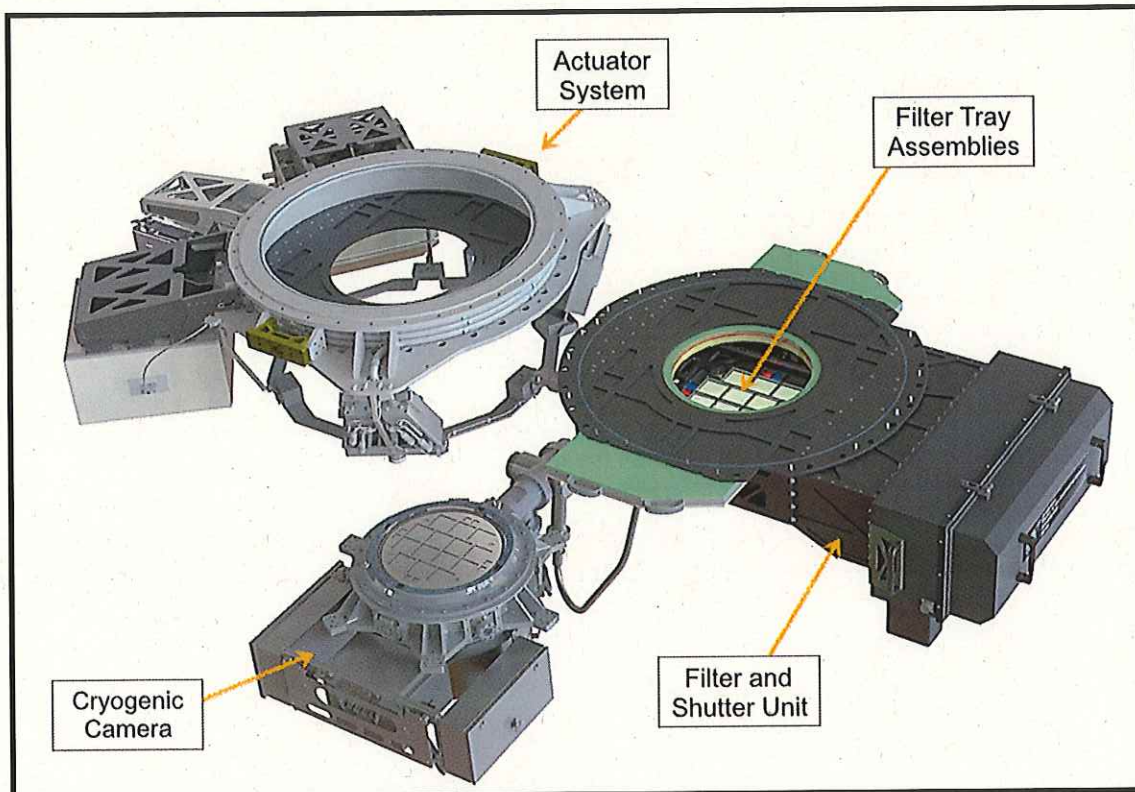


Figure 2: JPCam main subsystems.

JPCam se ha diseñado para llevar a cabo el proyecto J-PAS ([Javalambre-PAU Astrophysical Survey](#)), un innovador cartografiado fotométrico de más de 8000 grados cuadrados utilizando en siguiente conjunto de filtros científicos, los filtros J-PAS:

- 56 filtros principales, 54 estrechos (FWHM=14.5 nm) que recubren de manera continua el espectro óptico entre 370 y 920 nm con pasos de 10.0 nm, mas 2 filtros anchos.
- Un filtro ancho u_{J-PAS}, optimizado para este proyecto.
- Dos filtros standard de Sloan (g_{SDSS} y r_{SDSS}).

Además de los filtros de J-PAS, cada una de las bandejas de filtros montará un conjunto de 4 filtros de AG y 8 filtros de WFS (4 “intra” y 4 “extra”). Los filtros de AG y WFS se situarán fuera del criostato, pero cerca de su ventana de entrada. Operarán en haz convergente F/3.6.

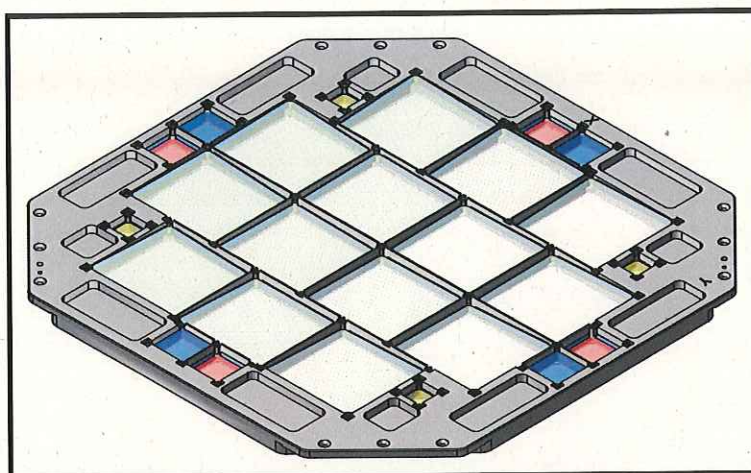


Figure 3: Diseño de la bandeja de filtros de JPCam. Se muestran en todo verde claro los 14 filtros científicos. Los filtros de AG aparecen en amarillo, mientras los filtros de WFS aparecen en azul y rojo. JPCam está equipada con 5 bandejas de filtros.

5. ALCANCE DEL DOCUMENTO Y ALCANCE DEL CONTRATO

En este documento se presentan los requerimientos del sistema de filtros de AG/WFS de JPCam y el alcance del presente contrato, así como su coste y plazo máximos. Con el presente contrato se pretende dotar de los filtros auxiliares requeridos para la correcta operación de JPCam a las 5 bandejas de J-PAS más dos bandejas adicionales concebidas para la posible integración de filtros adicionales en el futuro. Por tanto, el conjunto de filtros de AG/WFS que se requiere se compone de 84 filtros, 28 de AG y 56 de WFS. Se incluyen además en el presente contrato un total de 6 filtros de repuesto, dos de cada tipo (AG, WFS-Intra y WFS-Extra), tal y como se muestra en la tabla 1. El contratista deberá diseñar, fabricar, verificar y suministrar los filtros AG/WFS de JPCam especificados en el presente documento. Estos filtros se enviarán empleando paquetes apropiados para el transporte y junto a las cajas o soportes necesarios para almacenar los filtros.

Nombre del filtro	Número de filtros por bandeja	Total
AG	4	28 (+2 repuesto)
WFS-Intra	4	28 (+2 repuesto)
WFS-Extra	4	28 (+2 repuesto)
Número total de filtros requeridos		90

Tabla 1: Número de filtros AG + WFS requeridos para JPCam.

6. REQUERIMIENTOS GENERALES

6.1. Requerimientos funcionales

La temperatura de referencia para todas las dimensiones y tolerancias durante el proceso de fabricación de los componentes será de 21 °C.

La figura 4 muestra la curva de transmisión genérica para un filtro AG/WFS de JPCam. Los filtros especificados en este documento deberán ser del tipo Sloan r-SDSS. En Fukugita et al (1996), AJ, 111, 1748 se pueden encontrar la definición y algunas notas de diseño. La curva de transmisión detallada se especifica a continuación.

Una vez instalados en JPCam, los filtros operarán cerca del detector en un haz convergente. La tecnología de capas interferenciales deberá optimizarse para minimizar la dependencia de la longitud de onda central con el ángulo de incidencia.

El diseño mecánico de los filtros deberá ser optimizado para minimizar tensiones inducidas por cambios y/o gradientes de temperatura.

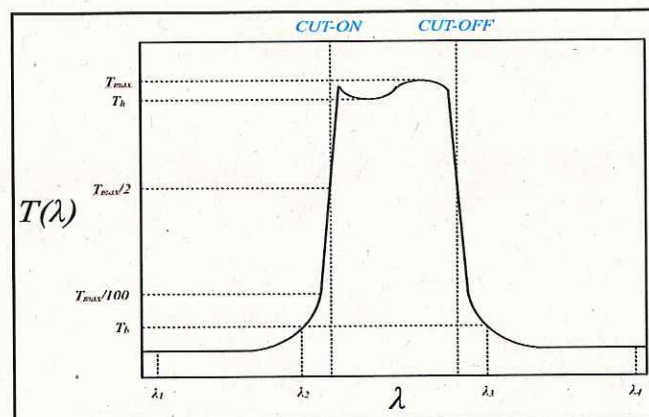


Figura 4: Curva de transmisión genérica para un filtro ancho.

6.1.1. Curvas de transmisión de los pares WFS-Intra y WFS-Extra

En la medida de lo posible, cada par de filtros WFS-intra y WFS-Extra tendrá curvas de transmisión idénticas. En este sentido se recomienda el uso de sustratos procedentes del mismo lote de producción.

6.1.2. Longitud de onda "cut-on"

La tabla 2 muestra las longitudes de onda "cut-on" requeridas para los filtros AG y WFS de JPCam.

Nombre del Filtro	CUT-ON (nm)	CUT-OFF (nm)	Comentarios
AG	550	700	Filtro r-SDSS

Nombre del Filtro	CUT-ON (nm)	CUT-OFF (nm)	Comentarios
WFS-Intra	550	700	Filtro r-SDSS
WFS-Extra	550	700	Filtro r-SDSS

Tabla 2: Longitudes de onda “cut-on” y “cut-off” requeridas para los filtros AG y WFS de JPCam.

6.1.3. Tolerancia absoluta en longitud de onda “cut-on”

La tolerancia absoluta en longitud de onda “cut-on” será de $\pm 15\text{nm}$.

6.1.4. Tolerancia relativa en longitud de onda “cut-on” para filtros WFS.

Los filtros WFS trabajarán por pares (Intra y Extra). Los dos filtros de cada par deberán tener la misma longitud de onda “cut-on”, con una tolerancia de $\pm 3\text{nm}$.

6.1.5. Pendiente “cut-on”

La pendiente “cut-on”, definida como $ABS[\lambda_{80\%(\text{peak})} - \lambda_{5\%(\text{peak})}] / \lambda_{5\%(\text{peak})} * 100$, será del 5% aproximadamente. El valor final de esta pendiente será acordado durante la fase de diseño.

6.1.6. Longitud de onda “cut-off”

La tabla 2 muestra las longitudes de onda “cut-off” requeridas para los filtros AG y WFS de JPCam.

6.1.7. Tolerancia absoluta en longitud de onda “cut-off”

La tolerancia absoluta en longitud de onda “cut-off” será de $\pm 15\text{nm}$.

6.1.8. Tolerancia relativa en longitud de onda “cut-off” para filtros WFS.

Los filtros WFS trabajarán por pares (Intra y Extra). Los dos filtros de cada par deberán tener la misma longitud de onda “cut-off”, con una tolerancia de $\pm 3\text{nm}$.

6.1.9. Pendiente “cut-off”

La pendiente “cut-off”, definida como $ABS[\lambda_{80\%(\text{peak})} - \lambda_{5\%(\text{peak})}] / \lambda_{5\%(\text{peak})} * 100$, será del 5% aproximadamente. El valor final de esta pendiente será acordado durante la fase de diseño.

6.1.10. Uniformidad en la longitud de onda central

La longitud de onda central deberá ser uniforme a lo largo de la superficie útil del filtro, con una tolerancia de $\pm 1.25\text{nm}$.

6.1.11. Transmisión máxima (T_{\max})

La transmisión máxima de cada filtro será mayor del 85% (objetivo $>90\%$).

6.1.12. Uniformidad de la transmisión máxima

La transmisión máxima T_{\max} variará menos de $\pm 4\%$ (con un objetivo de $\pm 2.5\%$) a lo largo de la superficie útil del filtro.

6.1.13. Planitud de la función de transmisión

La planitud de la función de transmisión dentro de W1 tendrá una variación (pico-a-valle) menor del 7% de T_{\max} (con un objetivo del 5%), es decir, $T_{\max} - T_h < 0.07 * T_{\max}$.

6.1.14. Intervalo de bloqueo "Short-Wave"

Los filtros deberán bloquear la luz cuya longitud de onda esté dentro del intervalo $[\lambda_1, \lambda_2]$, donde $\lambda_1 = 250\text{ nm}$ y $\lambda_2 = \lambda_{100} - 0.5\text{ nm}$, siendo λ_{100} la longitud de onda en la cual la transmisión del filtro es $T_{\max}/100$, con $\lambda_{100} < \text{CW}$.

6.1.15. Intervalo de bloqueo "Long-Wave"

Los filtros deberán bloquear la luz cuya longitud de onda esté dentro del intervalo $[\lambda_3, \lambda_4]$, donde $\lambda_4 = 1050\text{ nm}$ (con un objetivo de 1050 nm) y $\lambda_3 = \lambda'_{100} + 0.5\text{ nm}$, siendo λ'_{100} la longitud de onda en la cual la transmisión del filtro es $T_{\max}/100$, con $\lambda'_{100} > \text{CW}$.

6.1.16. Transmisión máxima dentro de los intervalos de bloqueo (T_b)

La transmisión máxima dentro de los intervalos de bloqueo "short-wave" y "long-wave" (T_b) será menor de $3 * 10^{-4} * T_{\max}$ en promedio.

6.2. Requerimientos físicos

6.2.1. Material para el sustrato de los filtros

El material de referencia para el sustrato de los filtros deberá ser suprasil o B270.

6.2.2. Índice de refracción efectivo de los filtros

El índice de refracción efectivo de los filtros estará en el rango $[1.45, 1.56]$, siendo el objetivo tener el índice de refracción efectivo lo más próximo posible al del suprasil.

6.2.3. Reflectividad total de los filtros

Con la finalidad de minimizar el riesgo de reflexiones no deseadas en las imágenes finales, los filtros deberán diseñarse para minimizar su reflectividad. En particular, la reflectividad total de los filtros será <4% de media (objetivo 2%) para longitudes de onda menores de 500nm.

6.2.4. Reflexión interna

Los filtros se diseñarán para evitar reflexiones internas susceptibles de crear fantasmas perceptibles en las imágenes finales. La intensidad de luz parásita será al menos seis órdenes de magnitud menor que la intensidad de luz incidente.

6.2.5. Tamaño de los filtros

Los filtros serán cuadrados, con una dimensión que depende del tipo de filtro AG/WFS, tal y como se indica en la table 3 y figura 5:

Tabla 3: Dimensión física de los filtros AG y WFS.

Tipo de filtro	Dimensiones (X * Y * espesor, en mm)
AG	25.0 * 25.0 * 8.05 ⁽ⁱ⁾
WFS-Intra	40.1 * 40.1 * 4.88 ⁽ⁱ⁾
WFS-Extra	40.1 * 40.1 * 11.21 ⁽ⁱ⁾

⁽ⁱ⁾ El espesor de los filtros es válido para el caso de filtros con sustrato de suprasil. Si el índice de refracción efectivo del filtro sea diferente del de suprasil, el espesor del filtro deberá ser calculado de modo que la calidad de imagen final esté garantizada. En este caso, el contratista proporcionará a CEFCa el diseño de los filtros, incluyendo la información detallada sobre los sustratos empleados y su índice de refracción. Con esta información, CEFCa calculará el espesor requerido en cada caso y proporcionará esta información al contratista.

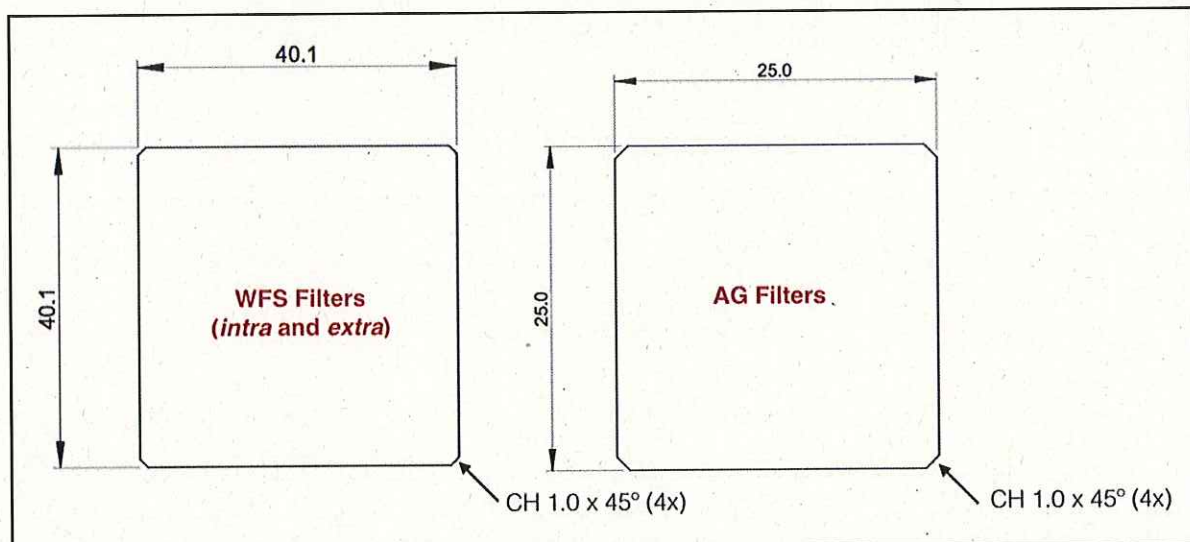


Figura 5: Dimensiones de los filtros AG y WFS

6.2.6. Tolerancia en el tamaño de los filtros

La tolerancia en el tamaño de los filtros es de ± 0.1 mm.

6.2.7. Tolerancia en el espesor de los filtros

La tolerancia en el espesor de los filtros es de ± 0.1 mm (objetivo ± 0.05 mm).

6.2.8. Biselado ("bevel")

Los filtros tendrán un biselado de 0.3 mm (a 45°) en todos sus lados

6.2.9. Tolerancia en el biselado ("bevel")

La tolerancia en el biselado será de ± 0.2 mm.

6.2.10. Biselado en las esquinas ("corner chamfer")

Los filtros tendrán un biselado de 1 mm (a 45°) en sus esquinas.

6.2.11. Apertura libre

La apertura libre de los filtros será igual o mayor que:

- Filtros AG: 23.5 x 23.5 mm (centrado).
- Filtros WFS: 38.6 x 38.6 mm (centrado).

6.2.12. Rugosidad de la superficie

El sustrato de los filtros deberá pulirse hasta conseguir una rugosidad de la superficie de 2 nm R.M.S. o mejor a lo largo de toda la superficie útil del filtro. Los recubrimientos deberán estar incluidos en este requerimiento.

6.2.13. Imperfecciones de la superficie

La calidad de la superficie de los filtros deberá cumplir con las especificaciones 60/40 scratches/digs MIL-C-13830A. Los recubrimientos deberán estar incluidos en este requerimiento.

6.2.14. Restricción de poros ("pinhole")

Ningún poro deberá ser visible a simple vista tal y como se define en Mil-O-13830A. Los recubrimientos deberán estar incluidos en este requerimiento.

6.2.15. Restricción de burbujas

La sección eficaz total de todas las burbujas/inclusiones mayores de ≥ 0.03 mm deberá ser menor que 0.5 mm^2 por 100 cm^3 de volumen de cristal.

6.2.16. Máxima cuña

La máxima cuña del filtro será menor de 60 arcsec.

6.2.17. Error total de frente de onda transmitido

El error RMS de frente de onda transmitido RMS deberá ser de $\lambda/2$ a 632.8 nm en toda la apertura libre del filtro.

6.3. Requerimientos operacionales

6.3.1. Requerimientos de entorno

Los filtros estarán diseñados para operar y sobrevivir en las condiciones generales del OAJ. En particular, deberán operar en las condiciones mostradas en la siguiente tabla.

	Nominal conditions	Limit of operation	Survival limit
Temperature	-15°C to +10°C	-20°C to +20°C	-25°C to +25°C
Thermal variation (at night) in 15 minutes	0°C to 0.9°C	N/A	N/A
Thermal variation (at night) in 1 hour	0°C to 1.8°C	N/A	N/A
Thermal variation (at night) in 2 hours	0°C to 2.4°C	N/A	N/A
Relative humidity	2% to 90%	95% (or condensation)	0% to 100% with condensation

Los filtros deberán cumplir los requerimientos cuando operen en condiciones nominales, así mismo, deberán poder operar dentro de los límites de operación establecidos aunque no necesariamente cumpliendo con los requerimientos. En condiciones de supervivencia no se espera que los filtros estén operando.

6.3.2. Autofluorescencia

Si los filtros muestran autofluorescencia, esta deberá ocurrir en una longitud de onda que esté fuera del intervalo de sensibilidad de los CCDs [250nm, 1050nm] (con un objetivo de

[200nm, 1100nm]). La figure 10 muestra la curva de sensibilidad de los CCDs. Si algún filtro mostrase autofluorescencia en longitudes de onda dentro del rango de sensibilidad de los CCDs, el diseño del filtro deberá bloquear esta autofluorescencia para evitar que incida sobre los CCDs.

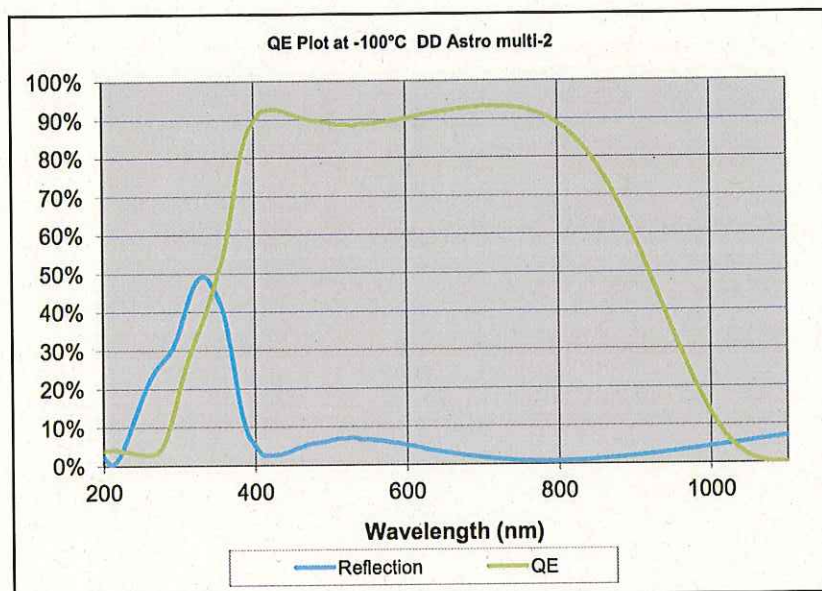


Figura 6: Curva de eficiencia cuántica del CCD.

6.3.3. Marcado del borde

El borde de los filtros deberá estar marcado con el nombre del cliente, descripción del filtro, orientación del filtro y el código de fabricación correspondiente.

6.3.4. Empaquetado, manejo, almacenamiento y transporte.

El equipo suministrado como resultado del presente contrato deberá ser limpiado y preparado para su envío en las dependencias del contratista. El embalaje se diseñará para soportar las condiciones normales de transporte por aire y mar. Además, el embalaje se diseñará para permitir su uso en tareas de mantenimiento preventivo y reparación. Deberá permitir al menos 10 procesos de empaquetado y desembalaje manteniendo todas sus prestaciones.

Los filtros se entregarán junto con las cajas o soportes necesarios para almacenar los filtros largos periodos de tiempo. El diseño de estas cajas o soportes deberá evitar que los filtros dañen bajo las condiciones de la sala limpia del OAJ durante un periodo de tiempo superior a 5 años.

6.3.5. Entrega

El contratista deberá entregar el conjunto de filtros auxiliares AG/WFS J-PAS en la sede central del CEFCA, situada en Plaza San Juan 1, planta 2, E44001, Teruel.

6.4. Requerimientos de fiabilidad

6.4.1. Vida útil de los filtros

Los filtros deberán estar diseñados para tener una vida útil mínima de 10 años.

6.4.1. Durabilidad de los recubrimientos AR

La durabilidad mínima de los recubrimientos AR deberá cumplir con la especificación MIL-C-48497A.

6.5. Documentación

Para cada filtro se deberá proporcionar la siguiente documentación:

- Fichero ASCII con la curva de transmisión del filtro bajo condiciones de operación ($f/\# = 3.64$) en %T. Los datos de transmisión se medirán en varias posiciones a lo largo de la superficie útil del filtro (ver plan de verificación).
- Fichero ASCII con la curva de reflectividad del filtro bajo condiciones de operación ($f/\# = 3.64$) en %R. Los datos de reflectividad se medirán en varias posiciones a lo largo de la superficie útil del filtro (ver plan de verificación).
- Certificado de aceptación.
- Procedimiento de limpieza de los filtros.

7. PLAN DE TRABAJO

El plazo de ejecución es de 14 semanas, con el siguiente plan de trabajo:

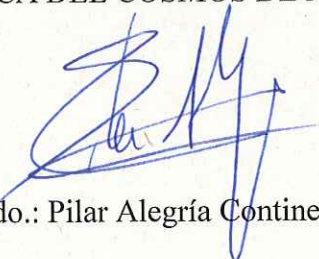
- **Fase 1. Diseño.** Durante esta fase el contratista producirá el diseño detallado de los filtros de modo que cumplan con los requerimientos. Este diseño detallado deberá ser acordado y aprobado por CEFCA.
- **Fase 2: Fabricación y verificación.** Durante esta fase, el contratista fabricará los filtros. La funcionalidad de los filtros se verificará en las instalaciones del contratista. Se invitará a personal del CEFCA a asistir a las pruebas de verificación para que certifiquen el cumplimiento de los requerimientos. Este proceso finalizará con la aceptación preliminar de los filtros.
- **Fase 3: Empaquetado, envío al CEFCA y verificación.** Tras la aceptación preliminar, los filtros se empaquetarán y enviarán a la sede del CEFCA, en Teruel. Los filtros se enviarán limpios. El contratista será responsable tanto del coste como del riesgo del envío de los filtros desde sus instalaciones al CEFCA. CEFCA realizará todas las pruebas necesarias para verificar la integridad y funcionalidad de los filtros. Este proceso terminará con la aceptación final de los filtros.

8. PLAN DE VERIFICACIÓN

Los requerimientos de los filtros se demostrarán y validarán en las instalaciones del contratista. El contratista propondrá una matriz de verificación diseñada para demostrar el cumplimiento de los requerimientos. Esta matriz de verificación deberá ser acordada y aprobada por en CEFCA. Las pruebas de verificación se realizarán siguiendo los métodos de verificación acordados.

En Teruel a 8 de abril de 2016

LA PRESIDENTA DEL PATRONATO DE LA
FUNDACIÓN CENTRO DE ESTUDIOS
DE FÍSICA DEL COSMOS DE ARAGÓN



Fdo.: Pilar Alegría Continente