



SUMINISTRO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA COMPLETO DE CABECEO PERIÓDICO, WOBBLER SWITCH, PARA EL RADIOTELESCOPIO 40M DEL OBSERVATORIO DE YEBES, EN EL MARCO DEL PROYECTO YNART COFINANCIADO CON FONDOS FEDER

Pliego de Prescripciones Técnicas

TABLA DE CONTENIDOS

SECCIÓN I. INTRODUCCIÓN	3
1. Descripción del reflector secundario.....	3
2. Objeto del contrato.....	3
3. Alcance del contrato.....	4
4. Derechos de propiedad industrial.....	4
5. Definiciones.....	5
5.1. Sistema de coordenadas.....	5
5.2. Posición de foco secundario del reflector secundario.....	5
5.3. Parámetros del subsistema de cabeceo.....	6
SECCIÓN II. TRABAJOS A REALIZAR.....	8
1. Planificación.....	8
2. Diseño y análisis.....	8
3. Fabricación.....	9
4. Pruebas en fábrica.....	9
5. Integración en el radiotelescopio.....	10
6. Pruebas de aceptación.....	10
7. Documentación.....	11
8. Gestión y calidad.....	11
SECCIÓN III. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS.....	12
1. Requerimientos generales.....	12
2. Requerimientos del sistema.....	13
2.1. Requerimientos del subsistema de cabeceo.....	13
2.2. Requerimientos del subsistema de centrado del foco.....	13
2.3. Funcionalidades requeridas.....	14
2.3.1. Interface con el usuario.....	14
2.3.2. Señalización de la posición de cabeceo.....	14



2.3.1.	Estados de funcionamiento.....	15
2.3.2.	Modo de servicio.....	16
2.3.3.	Enclavamiento y seguridad.	17
2.3.1.	Interface con el servosistema del radiotelescopio.	17
3.	Interface de comandos.	18
3.1.	Definición del paquete de comunicación.....	18
3.2.	Lista de comandos.	18
3.3.	Reconocimiento de comando.....	21
4.	Mensaje de estado.	22
4.1.	Definición del paquete de comunicación.....	22
4.2.	Datos del estado.....	22
4.3.	Mensaje de estado del cabeceo.....	24
5.	Posicionado del reflector secundario.	25
SECCIÓN IV. OTRAS CONDICIONES.....		26



SECCIÓN I. INTRODUCCIÓN

1. Descripción del reflector secundario.

El radiotelescopio de 40m del Observatorio de Yebes es un radiotelescopio típico de montura altacimutal con un reflector principal de 40 metros de diámetro y un reflector secundario de más de 3 metros de diámetro. El reflector secundario está situado enfrente del principal, unido a una cabina accesible desde el exterior. Dicha cabina está acoplada a una estructura octaédrica de sujeción. Al conjunto formado por el reflector secundario, la cabina y la estructura octaédrica se le denomina subreflector. La estructura octaédrica está unida a la estructura del reflector principal mediante cuatro patas denominadas "tetrápodo".

El reflector secundario consiste en un espejo de aluminio sujeto a una estructura que incluye un tubo central solidario donde se coloca el receptor de foco primario. El espejo de aluminio dispone de un orificio central sellado que permite el paso de la radiación hacia el receptor. La unión a la cabina se realiza mediante un accionamiento compuesto por seis husillos controlados por un servosistema, denominado sistema de centrado del foco. Este sistema dota al reflector de una pequeña capacidad de movimiento de cinco grados de libertad que permite situarlo en el foco óptimo durante las observaciones.

La cabina del subreflector puede moverse en el eje óptico del radiotelescopio respecto de la estructura octaédrica, pudiendo colocar el reflector secundario en foco primario o en foco secundario. En foco primario, la radiación reflejada por el reflector principal es colectada por el receptor situado en el interior del subreflector, solidario al reflector secundario. En foco secundario se hace coincidir los focos de ambos reflectores, de manera que la radiación reflejada por el principal rebota en el secundario y entra en la cabina de receptores situada detrás del reflector principal a través de un tubo central. Unos espejos Nasmyth situados en el interior de la cabina redirigen la radiación hacia los receptores allí instalados. El cambio de foco se realiza con un accionamiento controlado por el servosistema. Unos fuelles cierran herméticamente por delante y por detrás el espacio entre la estructura octaédrica y la estructura móvil formada por la cabina y el reflector.

Las dimensiones del reflector secundario son:

Diámetro:	3280 mm
Peso:	600 kg

2. Objeto del contrato.

El Observatorio de Yebes, en el marco del Proyecto YNART, cofinanciado con fondos FEDER, tiene proyectado llevar a cabo la instalación de un sistema de cabeceo del reflector secundario del radiotelescopio de 40 metros. Este sistema dotará al reflector secundario de un accionamiento de conmutación rápida entre dos posiciones finales resultantes de girar el



reflector un pequeño ángulo en ambos sentidos respecto de su eje "y", y de un accionamiento de centrado de foco. Esto permitirá realizar observaciones rápidas de conmutación en posición on-off con mayor eficacia, aumentando la sensibilidad del radiotelescopio a altas frecuencias y eliminando las variaciones de ganancia rápidas producidas por la atmósfera.

El movimiento de cabeceo debe realizarse con el reflector enfocado. Por ello es necesario instalar el accionamiento de cabeceo entre el accionamiento de centrado del foco y el reflector.

La instalación del sistema de cabeceo es incompatible con la presencia del tubo central para el receptor en el reflector secundario. Por lo tanto, las observaciones en foco primario dejarán de ser posibles, y el sistema de cambio entre foco primario y foco secundario deberá deshabilitarse. Además, será necesario eliminar el tubo de la estructura del reflector.

Es condición indispensable que, tras la ejecución de los trabajos, el reflector secundario quede posicionado en foco secundario con el sistema de cabeceo en posición de reposo (accionamientos con una posición adoptada nula).

3. Alcance del contrato.

Los trabajos a realizar por la empresa adjudicataria incluyen:

1. Diseño, análisis, fabricación, verificación en fábrica, integración en el radiotelescopio, pruebas de funcionamiento y documentación de un nuevo subsistema de cabeceo.
2. Diseño, análisis, fabricación, verificación en fábrica, integración en el radiotelescopio, y pruebas de funcionamiento y documentación de un nuevo subsistema de centrado del foco.
3. Posicionamiento del reflector secundario en foco secundario, incluyendo el diseño, fabricación e instalación en el subreflector de la estructura metálica que sea necesaria.
4. Adaptación de las estructuras del reflector secundario y del subreflector para la instalación del nuevo sistema.
5. Desmontaje, retirada y deshabilitación del actual sistema de centrado del foco.
6. Deshabilitación del actual sistema de cambio entre foco primario y foco secundario.

4. Derechos de propiedad industrial.

EL Observatorio de Yebes tiene acuerdos de confidencialidad con las empresas que realizaron trabajos en la construcción del radiotelescopio para la protección de los derechos de propiedad industrial. No se podrá suministrar información ni permitir el acceso a terceras

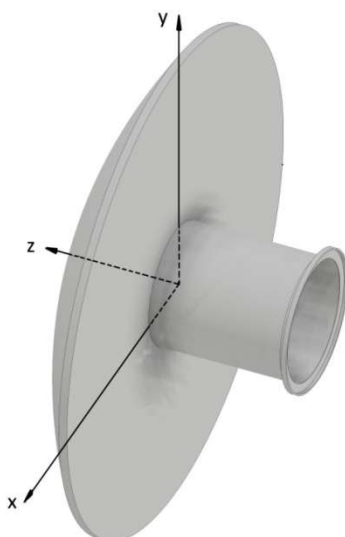
personas al código fuente del servosistema así como a la configuración y programación de cualquier elemento o aplicaciones software del servosistema.

Será por cuenta del adjudicatario todos los costes adicionales que suponga la ejecución de cualquiera de los trabajos que deban subcontratar debido a los derechos de propiedad industrial.

5. Definiciones.

5.1. Sistema de coordenadas.

La siguiente figura muestra el sistema de coordenadas utilizado en el reflector secundario. Cuando la antena está apuntando al horizonte, el eje "y" es vertical apuntando al cenit, el eje "x" es horizontal apuntando a la izquierda, y el eje "z" es horizontal apuntando al frente hacia el reflector principal.



5.2. Posición de foco secundario del reflector secundario.

El foco geométrico del reflector secundario se encuentra a una distancia " z " = -1.204 mm de su vértice. Para poder realizar correctamente observaciones en foco secundario, dicho foco debe estar situado en el eje óptico de la antena a una distancia de 15.000 mm del vértice del reflector principal.

Debido a la deformación de la estructura metálica del radiotelescopio, y especialmente del tetrápodo, la posición del reflector secundario cambia principalmente en el eje "y" con la posición de elevación de la antena.



Teniendo en cuenta lo anterior, se considera que el reflector secundario está correctamente posicionado en foco secundario cuando, estando el sistema completo de cabeceo en reposo, y estando la antena con una elevación de 45 grados, el eje z coincide con el eje óptico de la antena y el foco geométrico del reflector está situado a una distancia de 15.000 mm del vértice del reflector principal.

5.3. Parámetros del subsistema de cabeceo.

Eje de cabeceo.

Eje alrededor del cual el espejo secundario rota en los movimientos de cabeceo.

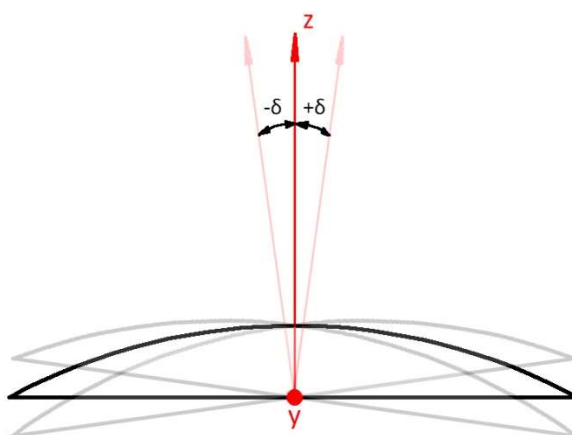
El eje de cabeceo es un eje paralelo al eje " y " que cruza el eje " z ". Teóricamente, el eje de cabeceo debería estar situado en el foco del reflector secundario. Sin embargo, por razones de construcción, se admite que esté situado en otra posición del eje " z " que deberá quedar bien definida por la empresa adjudicataria.

Ángulo de cabeceo (δ).

Ángulo que gira el espejo hacia cada lado para alcanzar las posiciones positiva y negativa de cabeceo.

Durante el cabeceo, el reflector secundario gira alternadamente en ambos sentidos. El ángulo es positivo cuando gira en sentido de las agujas del reloj, y es negativo cuando lo hace en sentido contrario.

La siguiente figura muestra el ángulo suponiendo que el eje de cabeceo coincide con el eje " y " del sistema de coordenadas.

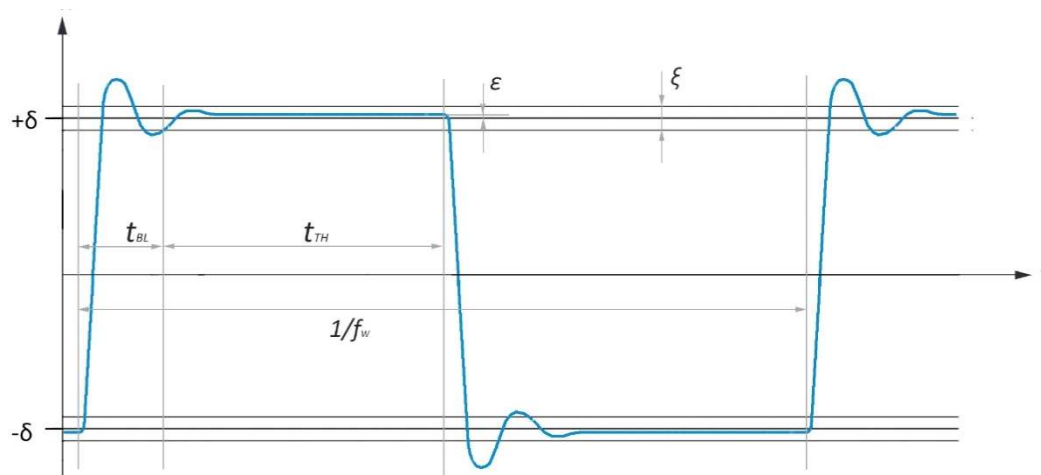


Tiempo en blanco (blanking time) (t_{BL}).

Tiempo empleado en pasar de la posición de cabeceo positiva a la negativa o viceversa. Durante este tiempo, la señal captada por la antena no es válida.

Se considera que la posición final ha sido efectivamente alcanzada cuando la posición real del reflector permanece en un rango de $\xi = 2\%$ de la posición final.

La siguiente figura muestra una representación a modo de ejemplo del movimiento.



Tiempo de integración (Throw time) (t_{TH}).

Tiempo en el que el subsistema permanece estable en una de las posiciones de cabeceo. Durante este tiempo, la señal captada por la antena es válida.

Error de posición (ε).

Es el error permanente de posición definido como la diferencia entre la posición deseada y la posición estable finalmente alcanzada.

Frecuencia de cabeceo (f_w).

Frecuencia del movimiento cíclico de cabeceo, incluyendo el tiempo en blanco.



SECCIÓN II. TRABAJOS A REALIZAR.

1. Planificación.

El adjudicatario preparará una planificación detallada de todos los trabajos y tareas a ejecutar durante el desarrollo del proyecto, incluyendo la duración de las mismas y la conexión entre ellas e identificando las tareas críticas y los hitos.

Se planificarán junto con el Observatorio de Yebes reuniones para el seguimiento del proyecto y supervisión de determinadas tareas. En ellas se comunicará al Observatorio de Yebes el progreso de los trabajos, se detallarán determinados trabajos y se plantearán posibles problemas y soluciones a adoptar.

2. Diseño y análisis.

El adjudicatario diseñará unos subsistemas de cabeceo y de centrado del foco teniendo en cuenta las especificaciones técnicas descritas en la sección III y el diseño mecánico del subreflector. El sistema completo se diseñará para una operación y mantenimiento sencillos. La vida útil será de al menos 15 años para los componentes eléctricos y electrónicos y 30 años para los componentes mecánicos.

El diseño incluirá esquemas eléctricos a nivel de componente y planos mecánicos de detalle, incluyendo listas de componentes y piezas. También incluirá el diseño del software de control y la programación del sistema de seguridad.

El adjudicatario también diseñará la estructura metálica que sea necesaria para el posicionamiento del reflector secundario en foco secundario con todos los accionamientos del sistema completo instalados en el subreflector (ver apartado 5.2 de la sección I).

Se incluirán los análisis y simulaciones mecánicas (resistencia de materiales, temperatura), análisis del sistema de control (análisis del sistema de regulación, compatibilidad electromagnética), comprobación de prestaciones de componentes, etc. También se desarrollarán modelos matemáticos que permitan verificar el cumplimiento de las prestaciones técnicas requeridas.

Se definirán las pruebas en fábrica y de aceptación a desarrollar durante el proceso de los trabajos. El listado de dichas pruebas será aprobado junto con el Observatorio de Yebes. También se actualizará la planificación global de tareas.

El adjudicatario elaborará una lista de repuestos para garantizar el funcionamiento del sistema durante al menos 30 años, teniendo en cuenta el tiempo medio entre fallos y la disponibilidad futura de los componentes.



La fase de diseño será documentada en un documento de diseño que incluirán los esquemas, planos, lista de componentes, descripción de los mecanismos, resultados de los análisis y simulaciones y lista de repuestos recomendados.

3. Fabricación.

El adjudicatario se aprovisionará de los componentes mecánicos y electrónicos necesarios para la fabricación del sistema y de la estructura adicional. Tanto los componentes como los procesos de fabricación y montaje deberán cumplir todas las normativas europeas vigentes que sean aplicables.

Se realizarán los planos de taller detallados para la fabricación de los componentes mecánicos, y los planos definitivos del sistema de control, incluyendo planos eléctricos y planos de montaje.

4. Pruebas en fábrica.

El adjudicatario llevará a cabo las pruebas en fábrica definidas en la fase de diseño, que deberán ser aceptadas previamente por el Observatorio de Yebes. El propósito de dichas pruebas será la comprobación del funcionamiento del sistema y subsistemas críticos antes de su integración, permitiendo detectar y solucionar posibles incumplimientos de los requerimientos.

Las pruebas deberán incluir la comprobación de las especificaciones de los materiales, componentes mecánicos y componentes electrónicos en la fase de aprovisionamiento. Estas pruebas no serán destructivas. Para la verificación de especificaciones que requieran la destrucción del elemento bastará con un análisis matemático de su comportamiento.

Una vez fabricado un subsistema, se realizarán las pruebas funcionales previstas que permitan asegurar el cumplimiento de las especificaciones requeridas, las condiciones de funcionamiento y los márgenes de seguridad para los que han sido diseñados. Se verificarán el cumplimiento de los márgenes de movimiento, el error de posicionamiento, el comportamiento dinámico en los márgenes de funcionamiento, el comportamiento ante fallos y el funcionamiento de las interfaces de comunicación con el usuario.

Las pruebas mecánicas se desarrollarán simulando la carga prevista para los accionamientos, teniendo en cuenta el margen de seguridad establecido.

Tras la ejecución de las pruebas, el adjudicatario elaborará los pertinentes informes, describiendo las pruebas realizadas, las condiciones en las que fueron ejecutadas, y los resultados obtenidos.



El adjudicatario comunicará al Observatorio de Yebes la planificación y el procedimiento de ejecución de las pruebas a realizar con antelación. El Observatorio de Yebes podrá asistir a dichas pruebas cuando lo considere oportuno, y deberá dar el visto bueno a los resultados antes de continuar con la siguiente fase.

5. Integración en el radiotelescopio.

El adjudicatario realizará todos los necesarios para la integración completa del sistema en el siguiendo la planificación diseñada. Estos trabajos se realizarán siguiendo las normativas nacionales y europeas de seguridad.

Los trabajos a realizar incluyen el desmontaje y la retirada para su reciclaje de aquellos componentes mecánicos y electrónicos que sean sustituidos o descartados con la instalación del nuevo sistema. También incluye la deshabilitación del sistema de cambio entre foco primario y secundario, así como del antiguo sistema de centrado del foco. La deshabilitación será tanto del hardware como del software, de manera que los drivers sean desmontados y desconfigurados del servosistema del radiotelescopio, y los comandos para el movimiento de dichos sistemas sean rechazados por el servosistema.

Se tomarán todas las medidas oportunas para evitar daños en el radiotelescopio y en el sistema a instalar durante estas operaciones, incluyendo daños por colisiones o por exposición a las condiciones meteorológicas. Se tendrá especial cuidado para no dañar las superficies de los espejos reflectoras (principal y secundario) y las patas del tetrápodo protegiendo convenientemente aquellas superficies y elementos que puedan colisionar durante los trabajos. Todas las partes a transportar serán convenientemente embalados y protegidos previamente. Los trabajos solo se podrán ejecutar durante unas condiciones ambientales favorables.

Será por cuenta del adjudicatario el transporte, la mano de obra, la maquinaria y las herramientas necesarias para la ejecución de todos los trabajos.

6. Pruebas de aceptación.

Las pruebas de aceptación tendrán como objetivo verificar el correcto funcionamiento del sistema completo una vez haya sido instalado en el radiotelescopio. Se comprobará entre otros, la comunicación entre el usuario y el sistema, la correcta ejecución de comandos, los subsistemas de seguridad, el comportamiento ante fallos. También se verificará la ausencia de interferencias mecánicas y el correcto sellado del subreflector.

El adjudicatario verificará, además del funcionamiento del sistema, el correcto posicionamiento del reflector secundario en foco secundario, haciendo para ello las medidas que se estimen oportunas.



El Observatorio de Yebes podrá realizar observaciones de prueba con el radiotelescopio para verificar el comportamiento de los subsistemas de centrado del foco y de cabeceo.

El adjudicatario comunicará al Observatorio de Yebes la planificación y el procedimiento de ejecución de las pruebas a realizar con antelación. El Observatorio de Yebes podrá asistir a dichas pruebas cuando lo considere oportuno, y deberá dar el visto bueno a los resultados.

7. Documentación.

Tras la aceptación del sistema, el adjudicatario actualizará toda la documentación generada durante las fases anteriores, que será entregada al Observatorio de Yebes. Además, redactará y hará entrega de un manual de operación y otro de mantenimiento. El manual de operación incluirá una descripción general del sistema y las instrucciones necesarias para su manejo desde la interface del usuario. El manual de mantenimiento incluirá un plan de mantenimiento preventivo e instrucciones de mantenimiento correctivo para la sustitución de elementos fungibles y de los elementos electrónicos y mecánicos principales, incluyendo los accionamientos de los subsistemas.

También se hará entrega del código fuente del programa de control, así como las librerías y herramientas de desarrollo utilizadas. El código fuente estará convenientemente comentado en español o inglés, y se incluirá una descripción en un documento aparte. También se entregarán las herramientas de acceso al código en ejecución y de diagnóstico de los subsistemas instalados. El software adquirido a terceros tendrá una licencia a nombre del Observatorio de Yebes, y se entregará junto con toda su documentación.

8. Gestión y calidad.

La empresa adjudicataria será la encargada de llevar a cabo todas las actividades administrativas y de gestión para llevar a cabo las tareas anteriormente indicadas.

Se llevará a cabo un control de calidad de los trabajos realizados, que deberá cumplir con la norma ISO 9001. El desarrollo y documentación del software se realizarán bajo los criterios de la norma ISO 900-3.



SECCIÓN III. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS.

1. Requerimientos generales.

El sistema debe tener una vida útil de al menos 15 años para los componentes eléctricos y 30 años para los componentes mecánicos. Valores inferiores deberán ser aprobados por el Observatorio de Yebes.

Se deberá cumplir la normativa aplicable en el lugar de instalación referente a la seguridad para las instalaciones y para el personal.

El diseño y la instalación de los componentes eléctricos se harán siguiendo los estándares de compatibilidad electromagnética de las normas EN 50081-1 y EN 50082-1.

El sistema deberá funcionar bajo las siguientes condiciones medioambientales:

Condiciones exteriores de total operatividad:

Temperatura:	-20°C a + 50°C
Humedad relativa:	≤ 100%
Viento:	≤ 10 m/s
Lluvia:	Si (300 l/seg/ha)
Radiación solar:	Si.

Condiciones de supervivencia:

Temperatura:	-20°C a + 50°C
Humedad relativa:	≤ 100%
Viento:	≤ 56 m/s
Lluvia:	Si (300 l/seg/ha)
Aceleración sísmica:	0,04 g

Condiciones interiores de total operatividad:

Temperatura:	0°C a + 40°C
Humedad relativa:	≤ 50 %

Todas las partes estructurales y mecanismos suministrados estarán protegidos convenientemente contra la corrosión. Cuando la protección se realice con capa de pintura, se utilizará varias capas de imprimación antioxidante y pintura RAL 9010.

Todos los componentes eléctricos y electrónicos suministrados que se sitúen en el exterior o en el interior del subreflector tendrán una protección mínima IP65.

Todos los componentes eléctricos y electrónicos suministrados deben ser nuevos y estar en fase de producción activa. No se admitirán componentes cuyo ciclo de vida haya expirado o se haya anunciado su descatalogación.



El subreflector está dotado con una acometida eléctrica segura (suministro desde un Sistema de Alimentación Ininterrumpida) trifásica con neutro de 12,5kVA, disponible para el suministro de energía al sistema.

2. Requerimientos del sistema.

2.1. Requerimientos del subsistema de cabeceo.

Este subsistema tiene como objetivo principal dotar al reflector de un movimiento cíclico entre dos posiciones resultantes de girarlo en el eje "y" un pequeño ángulo en ambos sentidos. Con ello se consigue realizar observaciones con desapuntados rápidos que permitan eliminar la influencia de la atmosfera en la señal de la fuente.

Parámetro	Valor	Observaciones
Angulo de cabeceo máximo	0,5 grados	El rango completo de movimiento es ± 0.5 grados.
Máximo tiempo en blanco permitido	100 ms	Para un movimiento de -0,5 a +0,5 grados o viceversa.
Máxima frecuencia de cabeceo.	1 Hz	
Error máximo de posición	0,005 grados	

2.2. Requerimientos del subsistema de centrado del foco.

Este subsistema tiene como objetivo hacer pequeñas correcciones de la posición del reflector secundario para mantener enfocado el conjunto óptico del radiotelescopio. Las correcciones se pueden realizar en el transcurso de una observación.

El posicionamiento del reflector se podrá realizar en cinco grados de libertad: movimiento lineal en x, movimiento lineal en y, movimiento lineal en z, giro alrededor de x y giro alrededor de y.

Parámetro	Valor requerido
Movimiento lineal en eje z	
Rango	± 50 mm
Incremento mínimo	$\leq 0,03$ mm
Error de posicionamiento	$\leq \pm 0,03$ mm



Parámetro	Valor requerido
Velocidad mínima	0,05 mm/s
Velocidad máxima	1 mm/s
Movimiento lineal en ejes x e y.	
Rango	± 75 mm
Incremento mínimo	$\leq 0,05$ mm
Error de posicionamiento	$\leq \pm 0,05$ mm
Velocidad mínima	0,05 mm/s
Velocidad máxima	1 mm/s
Giro en ejes x e y	
Rango	± 2 grados
Incremento mínimo	$\leq 5''$
Error de posicionamiento	$\leq \pm 5''$
Velocidad de giro	4 '/s
Ancho de banda de los lazos de posición	≥ 1 Hz

2.3. Funcionalidades requeridas.

2.3.1. Interface con el usuario.

El usuario se comunicará con el sistema a través de Ethernet. Existirá una interface de control local y otra remota según se describe a continuación.

La interface local estará disponible en el ordenador de control del sistema a través de una conexión de escritorio remoto. Consistirá en un programa local con una interface gráfica que permitirá al usuario conocer el estado del sistema y ejecutar los comandos expuestos en el apartado 3 *Interface de comandos*.

La interface remota consistirá en un protocolo de comunicación mediante sockets asíncronos utilizando TCP/IP. La interface dispondrá de un puerto destinado a los comandos (según lo expuesto en el apartado 3 *Interface de comandos*.) y otro puerto destinado al estado del sistema (según lo expuesto en el apartado 4 *Mensaje de estado*.).

2.3.2. Señalización de la posición de cabeceo.

El conocimiento del posicionado del reflector secundario en cualquiera de las posiciones de cabeceo es particularmente importante para determinar si se puede procesar la señal recibida. El sistema debe comunicar este estado lo más rápido posible con un retraso menor de 2 ms.



Esta información estará disponible de las siguientes maneras:

a) Mediante señales digitales.

El sistema dispondrá de dos salidas digitales con las siguientes descripciones:

Señal	Valor	Descripción
Output_OnPos	0	El reflector NO está estable en la posición positiva
	1	El reflector está estable en la posición positiva
Output_OnNeg	0	El reflector NO está estable en la posición negativa
	1	El reflector está estable en la posición negativa

b) Mediante un mensaje de estado corto.

Un mensaje de estado corto será generado con la posición de cabeceo con un retraso menor de 2 ms desde el momento que uno de los siguientes sucesos han ocurrido:

1. El reflector ha alcanzado de forma estable la posición positiva de cabeceo.
2. El reflector ha alcanzado de forma estable la posición negativa de cabeceo.
3. El reflector ha dejado de estar en una de las posiciones de cabeceo.

Este mensaje solo se generará cuando el sistema está cabeceando. El mensaje podrá estar disponible por un puerto diferente al mensaje de estado general.

2.3.1. Estados de funcionamiento.

Subsistema de cabeceo.

Se propone los siguientes estados de funcionamiento para el subsistema de cabeceo:

Estado	Descripción
STANDBY	El subsistema permanece inactivo y fijo en la posición con un ángulo de cabeceo nulo. Es el estado inicial del subsistema.
ACTIVE	El subsistema está activado pero permanece fijo en la posición con un ángulo de cabeceo nulo.
WOBBLING	El subsistema está ejecutando un movimiento cíclico de cabeceo entre las posiciones positivas y negativa.
ON_POS	El subsistema se mueve a la posición de cabeceo positiva y permanece fijo en ella.
ON_NEG	El subsistema se mueve a la posición de cabeceo negativa y permanece fijo en ella.
ERROR	En caso de un error o ante la presencia de un enclavamiento, el subsistema cambia a este estado de seguridad. El subsistema se desactiva, y permanece en este estado ignorando cualquier comando mientras haya un error o enclavamiento presente. El subsistema solo sale de este estado cuando, habiendo desaparecido todo error y enclavamiento, recibe un comando de reset. En este caso, el subsistema cambia al estado STANDBY.



El subsistema podrá cambiar indistintamente entre los estados ACTIVE, WOBBLING, ON_POS y ON_NEG, pudiendo parar de uno de ellos a otro cualquiera mediante comando.

Subsistema de centrado del foco.

Se propone los siguientes estados de funcionamiento para el subsistema de centrado del foco:

Estado	Descripción
STANDBY	El subsistema permanece inactivo y fijo en la posición con un ángulo de cabeceo nulo. Es el estado inicial del subsistema.
ACTIVE	El subsistema está activado y con los lazos de control cerrados. Al pasar de STANDBY a ACTIVE, el subsistema mantiene la misma posición que tenía en la posición de STANDBY. Una vez completada la activación, el subsistema admite comandos de movimiento y de parada incluidos en la interface de comandos.
MOV_POS_EL	El subsistema está activado y se mueve en función de la posición de elevación del reflector principal siguiendo la programación de una tabla.
PRG_TRACK	El subsistema está activado y añade a la posición final un offset en función del tiempo siguiendo la programación de una tabla.
ERROR	En caso de un error o ante la presencia de un enclavamiento, el subsistema cambia a este estado de seguridad. El subsistema se desactiva, y permanece en este estado ignorando cualquier comando mientras haya un error o enclavamiento presente. El subsistema solo sale de este estado cuando, habiendo desaparecido todo error y enclavamiento, recibe un comando de reset. En este caso, el subsistema cambia al estado STANDBY.

2.3.2. Modo de servicio.

El sistema tendrá un modo de servicio para tareas avanzadas de mantenimiento. Este modo permitirá las siguientes funcionalidades adicionales:

- Cambio de los parámetros de control y de la configuración del sistema.
- Acceso al código de control.
- Acceso de servicio a los drivers (parametrización y monitorización de parámetros de funcionamiento)

Este modo estará disponible de forma local en el ordenador de control. Se podrán utilizar diferentes aplicaciones para cada función. Cuando la aplicación lo permita, el acceso o su uso estarán restringidos.



2.3.3. Enclavamiento y seguridad.

El movimiento de centrado del loco estará limitado por sensores de proximidad o de contacto que evite cualquier colisión entre distintos elementos. El recorrido de los actuadores también estará limitado con fines de carrera. La activación de estos elementos provocará un enclavamiento en el sistema. Existirá un mecanismo de seguridad por software que limite el rango de movimiento de centrado de manera que pare el movimiento del reflector secundario antes de llegar a los límites definidos por los sensores y fines de carrera.

Durante la fase de diseño, se estudiará la necesidad y posibilidad de limitar el movimiento de cabeceo con sensores de proximidad o de contacto que evite cualquier colisión entre distintos elementos, y la posibilidad de limitar el recorrido de los actuadores con fines de carrera. La activación de estos elementos provocaría un enclavamiento en el sistema.

Los actuadores deberán disponer de una protección contra sobrecargas mecánicas y eléctricas, además de una limitación por temperatura interna.

Un enclavamiento en el servosistema general del radiotelescopio deberá producir un enclavamiento del sistema a desarrollar. De esta forma, la parada del radiotelescopio producida por la activación de un pulsador de emergencia, la activación de un límite de carrera, la apertura de un acceso restringido u otro enclavamiento de seguridad, parará todo movimiento en el subreflector. Será por parte del adjudicatario la implementación de la señal de enclavamiento necesaria en el servosistema del radiotelescopio.

Esta funcionalidad deberá implementarse siguiendo la normativa de seguridad aplicable mediante una conexión redundante a una señal de enclavamiento del servosistema del radiotelescopio.

Un enclavamiento en el sistema no tendrá repercusiones en el servosistema del radiotelescopio. No obstante, activará una salida de seguridad que quedará disponible para futuras aplicaciones.

Se estudiará la posibilidad de desactivar automáticamente los movimientos de cabeceo y centrado del foco ante un error en los ejes principales o en el espejo Nasmyth M3 del radiotelescopio, puesto que un error en ellos impedirá cualquier observación. Sin embargo, el sistema podrá ser activado posteriormente a pesar de persistir el error del radiotelescopio que lo desactivó.

2.3.1. Interface con el servosistema del radiotelescopio.

Durante las observaciones, la posición del reflector secundario debe ser corregida en función de la elevación del radiotelescopio para compensar el desenfoque que produce la deformación estructural de la estructura trasera del reflector principal y del tetrápodo del



subreflector. Esto se realiza gracias a una tabla que define la corrección necesaria en cada uno de los cinco grados de libertad del reflector secundario para una serie de posiciones de elevación.

Para realizar la corrección, el sistema de control debe conocer en tiempo real la posición de elevación del radiotelescopio para corregir la posición de centrado del foco del reflector secundario. La corrección se calculará mediante una interpolación lineal entre los valores de corrección de cada grado de libertad correspondientes a las dos posiciones de elevación de la tabla entre las que se encuentra la elevación del radiotelescopio.

El adjudicatario deberá implementar un canal de comunicación en tiempo real entre el sistema a desarrollar y el servosistema del radiotelescopio para la lectura de la posición de elevación. Será por cuenta del adjudicatario la implementación de dicho canal en el servosistema del radiotelescopio. Tanto la lectura como la actualización de la corrección se realizarán cada 10 ms.

3. Interface de comandos.

La interface de comandos será definida con detalle durante la fase de diseño del sistema. A continuación se establecen unas características esenciales sobre las que se basará la interface definitiva.

3.1. Definición del paquete de comunicación.

El paquete de recepción de comandos estará formado por los siguientes elementos:

Formato	Elemento	Descripción
UINT32	Marca de inicio	Valor fijo único que indica el inicio del mensaje.
UINT32	Longitud del mensaje	Numero de bytes que conforman el mensaje.
UINT32	Número de serie del comando	Numero asignado al mensaje que será incrementado en una unidad respecto del comando enviado anteriormente.
UINT32	Identificador del comando	Código asignado a cada comando para su identificación.
	Parámetros	Campos con los parámetros necesarios para la ejecución del comando. La cantidad y el formato dependerán del comando.
UNIT32	Marca de final	Valor fijo único que indica el final del mensaje.

3.2. Lista de comandos.



Se incluirán los comandos para realizar al menos las operaciones que se indican a continuación según el subsistema.

Comandos generales del sistema.

1. Establecimiento de la fecha y hora.
Establecerá el año, el día del año y el milisegundo del día.
2. Establecimiento del mando.
Fija quien tiene el control, si el control local o el remoto.

Subsistema de cabeceo.

3. Activación del subsistema.
Pasa el subsistema del estado STANDBY al estado ACTIVE.
4. Desactivación del subsistema.
Pasa el subsistema del estado ACTIVE al estado STANDBY.
5. Movimiento de cabeceo.
Pasa el subsistema al estado WOBBLING. El cambio de estado no es posible desde los estados STANDBY y ERROR.
El comando incluye los siguientes parámetros:
 - Posición positiva del movimiento.
 - Posición negativa del movimiento.
 - Frecuencia de cabeceo.
6. Movimiento a posición positiva.
Pasa el subsistema al estado ON_POS. El cambio de estado no es posible desde los estados STANDBY y ERROR.
El comando incluye el siguiente parámetro:
 - Posición positiva del movimiento.
7. Movimiento a posición negativa.
Pasa el subsistema al estado ON_NEG. El cambio de estado no es posible desde los estados STANDBY y ERROR.
El comando incluye el siguiente parámetro:
 - Posición negativa del movimiento.
8. Anulación de movimientos.
Pasa el subsistema desde los estados WOBBLING, ON_POS o ON_NEG al estado ACTIVE.
9. Reseteo del subsistema.



Reinicia el subsistema. El comando podrá ser enviado desde los estados ERROR, STANDBY o ACTIVE.

Si el reseteo se ejecuta sin problemas, el subsistema queda en estado STANDBY. En caso contrario queda en ERROR.

Subsistema de centrado del foco.

Se incluirán los comandos para realizar al menos las siguientes operaciones:

1. Activación del subsistema.
Pasa el subsistema del estado STANDBY al estado ACTIVE.
2. Desactivación del subsistema.
Pasa el subsistema del estado ACTIVE al estado STANDBY.
3. Centrado en ejes x/y.
Comanda un movimiento lineal en los ejes "x" e "y" a una posición y con una velocidad independiente para cada eje.
El movimiento podrá ser nulo (no se mueve a pesar de los parámetros), absoluto o relativo.
4. Enfoque en eje z.
Comanda un movimiento lineal en el eje "z" a una posición y con una velocidad.
El movimiento podrá ser nulo (no se mueve a pesar de los parámetros), absoluto o relativo.
5. Giro en ejes x/y
Comanda un giro sobre los ejes "x" e "y" a una posición y con una velocidad independiente para cada eje.
El giro podrá ser nulo (no se mueve a pesar de los parámetros), absoluto o relativo.
6. Parada de movimiento.
Para el movimiento en los grados de libertad del reflector especificados.
7. Offset.
Aplica un offset a la posición final del reflector secundario, indicando un valor para cada uno de los grados de libertad.
El offset podrá ser absoluto, relativo, o anularse.
8. Corrección con la elevación.
Carga una tabla con la corrección requerida para cada grado de libertad en función de la elevación del reflector principal. La tabla tendrá un número de entradas entre 5 y 50.
Permitirá cargar, reemplazar o borrar la tabla.



9. Control de la corrección con la elevación.

Activa o desactiva la aplicación de la corrección con la elevación.

10. Programa de offset.

Carga una tabla de posiciones en los cinco grados de libertad en función del tiempo. La tabla podrá tener un máximo de 50 entradas. Cada entrada especificará un incremento de tiempo con respecto a la anterior junto con las posiciones.

La interpolación entre entradas podrá ser nula (salto a escalones), Newton o Lagrange. El comando permitirá cargar, reemplazar o borrar la tabla.

11. Control del programa de offset.

Inicia o para la ejecución del programa de offset.

El inicio podrá ser inmediato o en un momento especificado (año, día y milisegundo del día).

12. Reset.

Reinicia el subsistema. El comando podrá ser enviado desde los estados ERROR, STANDBY o ACTIVE.

Si el reseteo se ejecuta sin problemas, el subsistema queda en estado STANDBY. En caso contrario queda en ERROR.

13. Activación/desactivación de ventilación.

Activación o desactivación de los ventiladores existentes en el subreflector para la ventilación de su interior.

3.3. Reconocimiento de comando.

Tras la recepción de un comando, el sistema responderá con un mensaje de reconocimiento para que el emisor tenga la certeza de que ha sido recibido. El mensaje se enviará por el mismo puerto que el utilizado para la recepción de comandos.

El paquete del mensaje de reconocimiento tendrá los siguientes elementos:

Formato	Elemento	Descripción
UINT32	Marca de inicio	Valor fijo único que indica el inicio del mensaje.
UINT32	Longitud del mensaje	Numero de bytes que conforman el mensaje.
UINT32	Número de serie del comando	Número de serie del comando recibido y al que hace referencia el mensaje.
UINT32	Identificador del mensaje	Valor fijo que identifica este mensaje.
UINT32	Estado	Código identificativo del estado de la recepción.
UNIT32	Marca de final	Valor fijo único que indica el final del mensaje.



El estado podrá tomar los siguientes valores:

1:	Aceptado. El comando se acepta y es ejecutado.
2:	Comando no definido. El identificador del comando no está en la lista de comandos.
3:	Error de parámetros. Alguno de los parámetros tiene un valor fuera de rango.
4:	Error de mensaje. Existe un error en el formato del mensaje, como por ejemplo un valor erróneo en las marcas o en la longitud del mensaje.
5:	Modo incorrecto. El comando es correcto pero no se puede ejecutar en el estado actual del sistema o del subsistema al que va dirigido.

4. Mensaje de estado.

El sistema pondrá a disposición del usuario el estado del sistema completo para su conocimiento. Dicho estado se materializará en un mensaje que será actualizado periódicamente cada 200 ms. La interface del estado será definida con detalle durante la fase de diseño del sistema. A continuación se establecen unas características esenciales sobre las que se basará la interface definitiva.

4.1. Definición del paquete de comunicación.

El paquete de envío del estado estará formado por los siguientes elementos:

Formato	Elemento	Descripción
UINT32	Marca de inicio	Valor fijo único que indica el inicio del mensaje.
UINT32	Longitud del mensaje	Numero de bytes que conforman el mensaje.
UINT32	Número de serie del mensaje	Numero asignado al mensaje que será incrementado en una unidad respecto del comando enviado anteriormente.
	Datos del mensaje	Campos con los datos que conforman el estado del sistema.
UNIT32	Marca de final	Valor fijo único que indica el final del mensaje.

4.2. Datos del estado.

Se incluirán los datos que se consideren necesarios para conocer el estado del sistema. Entre dichos datos, deberán encontrarse los siguientes:



Datos generales del sistema.

1. Fecha y hora actual del sistema.
Indicará el año, el día y el milisegundo del día actual.
2. Mando del sistema.
Indicará si el mando lo tiene el control local o el remoto.
3. Avisos generales activos en el sistema.
Serán definidos durante el desarrollo del sistema de control.
4. Errores generales activos en el sistema.
Serán definidos durante el desarrollo del sistema de control.
5. Enclavamientos activos en el sistema.
Serán definidos durante el desarrollo del sistema de control.

Subsistema de cabeceo.

6. Estado de funcionamiento.
Estado en el que se encuentra el subsistema según descrito en el apartado 2.3.1.
7. Ángulo de la posición del reflector.
Valor del ángulo de giro del reflector incluyendo el signo.
8. Frecuencia de cabeceo actual.
Valor calculado como una media de un número a definir los últimos ciclos medidos.
Tendrá sentido en caso de encontrarse en el estado WOBBLING.
9. Tiempo en blanco durante el cabeceo.
Valor calculado como una media de un número a definir de los últimos cambios de posición completos.
Tendrá sentido en caso de encontrarse en el estado WOBBLING.
10. Ángulo positivo comandado.
Tendrá sentido en caso de encontrarse en los estados WOBBLING o ON_POS.
11. Ángulo negativo comandado.
Tendrá sentido en caso de encontrarse en los estados WOBBLING o ON_NEG.
12. Estado de los drivers.
Datos relevantes sobre el funcionamiento del accionamiento del subsistema. Será definido durante el desarrollo del sistema de control.



13. Avisos activos en el subsistema.

Serán definidos durante el desarrollo del sistema de control.

14. Errores activos en el subsistema.

Serán definidos durante el desarrollo del sistema de control.

Subsistema de centrado del foco.

Se incluirán los datos que se consideren necesarios para conocer el estado del subsistema. Entre dichos datos, deberán encontrarse los siguientes:

1. Estado de funcionamiento.
Estado en el que se encuentra el subsistema según descrito en el apartado 2.3.1.
2. Posiciones actuales del reflector.
Valor actual de la posición en los cinco grados de libertad, incluyendo el signo.
3. Posiciones comandadas del reflector.
Valor comandado de la posición en los cinco grados de libertad, incluyendo el signo.
4. Offset de las posiciones actuales del reflector.
Valor actual del offset en los cinco grados de libertad, incluyendo el signo.
5. Velocidad actual del reflector.
Valor actual de la velocidad en los cinco grados de libertad.
6. Velocidad comandada del reflector.
Valor comandado de la velocidad en los cinco grados de libertad.
7. Estado de los husillos del subsistema.
Se indicará el estado de funcionamiento del driver, la posición y la velocidad actuales para cada uno de los husillos del subsistema.
8. Avisos activos en el subsistema.
Serán definidos durante el desarrollo del sistema de control.
9. Errores activos en el subsistema.
Serán definidos durante el desarrollo del sistema de control.

4.3. Mensaje de estado del cabeceo.



Mientras el subsistema de cabeceo se encuentra en el estado WOBBLING, el sistema de control enviará un mensaje corto del estado comunicando la posición actual del reflector según se describe a continuación.

El mensaje será enviado por un puerto diferente para evitar colisiones con el mensaje de estado general. El mensaje será enviado con un retraso máximo de 2 ms con respecto al cambio real de posición.

El paquete del mensaje estará formado por los siguientes elementos:

Formato	Elemento	Descripción
UINT32	Marca de inicio	Valor fijo único que indica el inicio del mensaje.
UINT32	Longitud del mensaje	Numero de bytes que conforman el mensaje.
UINT32	Número de serie del mensaje	Numero asignado al mensaje que será incrementado en una unidad respecto del comando enviado anteriormente.
UNIT32	Posición de cabeceo	0: Posición intermedia. 1: Estable en la posición positiva. 2: Estable en la posición negativa.
UNIT32	Marca de final	Valor fijo único que indica el final del mensaje.

5. Posicionado del reflector secundario.

Es condición indispensable que el reflector secundario quede situado en la posición de foco secundario tras la instalación del sistema de cabeceo completo, y el sistema en reposo. Se considera que el sistema está en reposo cuando la posición de todos los movimientos posibles es cero.

La posición teórica del foco secundario se describe en el apartado 5.2 de la Sección I. El error del posicionamiento será ≤ 10 mm en dichas circunstancias.



SECCIÓN IV. OTRAS CONDICIONES.

El idioma de comunicación con la empresa será el español o el inglés.

El sistema a suministrar se instalará en el radiotelescopio de 40 metros del Observatorio de Yebes, situado en:

Cerro de la Palera s/n
19141, Guadalajara ESPAÑA

Plazo de ejecución: hasta 30 de mayo de 2023.

Plazo de garantía: 1 año

Obligaciones de información y publicidad:

La entidad adjudicataria estará obligada a cumplir las obligaciones de información establecidas en el Anexo XII, sección 2.2 del Reglamento (UE) 1303/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de diciembre de 2013.

Presupuesto y pago: En las siguientes tablas se indica el cronograma del presupuesto, con su plan de pagos, con todos los impuestos incluidos:

Concepto	2022	2023
1.Diseño preliminar	250.000,00 €	
2.Diseño crítico final	400.000,00 €	
3.Adquisición de materiales y componentes	300.000,00 €	
4.Finalización de pruebas en fábrica		450.000,00 €
5.Finalización de todos los trabajos		460.00,00 €
TOTAL NETO	950.000,00€	910.000,00 €
IVA	199.500,00 €	191.100,00 €
TOTAL	1.149.500,00 €	1.101.100,00 €
TOTAL ACUMULADO	1.149.500,00 €	2.250.600,00 €



	Trabajo	Pago (con IVA)
1:	Diseño preliminar.	302.500,00 €
2:	Diseño crítico final.	484.000,00 €
3:	Adquisición de materiales y componentes.	363.000,00 €
4:	Finalización de pruebas en fábrica.	544.500,00 €
5:	Finalización de todos los trabajos.	556.600,00 €
	TOTAL	2.250.600,00 €

La ejecución de los trabajos se justificará de la siguiente manera:

1, 2 :	Mediante un informe que contenga una descripción detallada del diseño, los cálculos y análisis realizados, los planos mecánicos y esquemas eléctricos y la planificación actualizada del proyecto.
3 :	Mediante la entrega de la lista de materiales y componentes adquirida junto con la justificación correspondiente o junto con la declaración responsable de un representante legal de la empresa de haberlos adquirido.
4:	Mediante la entrega de los informes correspondientes documentando el desarrollo de las pruebas en fábrica y los resultados obtenidos, incluyendo fotos de los montajes realizados.
5:	Mediante la entrega de: <ul style="list-style-type: none">Los informes correspondientes documentando el desarrollo de las pruebas de aceptación y los resultados obtenidos, incluyendo fotos de los montajes realizados.Toda la documentación solicitada en este pliego.

Los pagos parciales se realizarán mediante factura tras la correcta finalización de los trabajos indicados.

Variantes: *No se admiten variantes al Pliego de Prescripciones Técnicas.*

El Director del O.A. CNIG

Fdo. Emilio López Romero