



## SUMINISTRO DE CUATRO CALIBRADORES DE FASE PARA LOS RADIOTELESCOPIOS DE RAEGE

### *Pliego de Prescripciones Técnicas*

#### 1. Objeto

El presente expediente tiene por objetivo la adquisición de CUATRO Calibradores de fase (Phase Cal) que cumplan las características descritas en el siguiente pliego.

#### 2. Descripción del suministro

Se suministrarán CUATRO sistemas Phase Cal cuyas especificaciones se describen a continuación.

##### 2.1. Funcionamiento general

El sistema Phase Cal tiene dos objetivos:

1. Inyectar una señal de microondas de referencia de baja potencia con fase estable a la entrada del receptor. Esta señal está enganchada a la referencia del máser y permite monitorizar las variaciones de fase del sistema y determinar la fase relativa entre los osciladores locales (OL) de los BBCs (*Base Band Converter*). La fase del sistema es distinta en cada punto de observación ya que depende de la ionosfera, la troposfera y la instrumentación utilizada (distintos receptores, másers, etc.)
2. Monitorizar variaciones de fase producidas en el cable (debidas a la temperatura y cambios de flexión) que transmite la señal de 5 MHz de referencia del máser desde la sala de control hasta el *front end*.

Se divide en dos unidades:

- **Ground unit (GU):** Situado en la sala de control (*back end*). Su misión es transmitir la señal de referencia (5MHz) a la AU y medir el retardo introducido por el cable que conecta el máser con el receptor. Dicho cable es del mismo tipo, tamaño y características que el que une los dos módulos que forman el *Phase Cal* (GU y AU).
- **Antenna unit (AU):** Ubicada en la sala de receptores (*front end*) y controlada en temperatura a 36°C. Su objetivo es generar la señal del *Phase Cal* (tren de pulsos). Como misión adicional, prepara y devuelve parte de la señal de referencia al GU para poder medir el retardo de fase en el cable. Este subsistema se agrupará con el módulo *Noise Cal* en un único rack, haciendo el sistema mucho más compacto. El *Noise Cal* permite, mediante la inyección de una señal de potencia controlada, calibrar la ganancia del receptor.

El sistema *Phase Cal* genera, a partir de una señal de 5 MHz procedente del máser de hidrógeno, líneas espectrales equiespaciadas 5 MHz desde 2 a 14 GHz simultáneamente y permite



la monitorización continua de la fase de la señal de 5 MHz en su recorrido entre la sala del máser y la sala de receptores.

El tren de pulsos generados se inyecta en la trayectoria de la señal a través de un acoplador direccional situado antes del amplificador criogénico de bajo ruido del receptor, y es detectado, junto a la señal recibida, por el sistema de procesamiento del VLBI.

Además, la *Antenna Unit* devuelve al *Ground Unit* parte de la señal de referencia (5MHz) modulada para poder monitorizar las variaciones de fase del cable que va del máser de referencia a la *Antenna Unit*. Esta señal se compara con la señal de referencia original para calcular el desfase introducido. La modulación se realiza para poder distinguir la señal reflejada por la *Antenna Unit* de otras señales reflejadas.

El módulo *Noise Cal* inyecta la señal de un diodo de ruido de banda ancha en el criostato, a través del mismo acoplador direccional por el que se inyecta la señal del *Phase Cal*, para poder calibrar la ganancia del sistema. Los diodos se pueden activar o desactivar a través de una tarjeta de control.

## 2.2. Diseño y Arquitectura General

El sistema *Phase Cal*, como se ha indicado anteriormente, se divide en dos partes claramente diferenciadas: *Ground Unit (GU)* y *Antenna Unit (AU)*. En las siguientes figuras se presenta el diagrama de bloques de cada una de ellas.

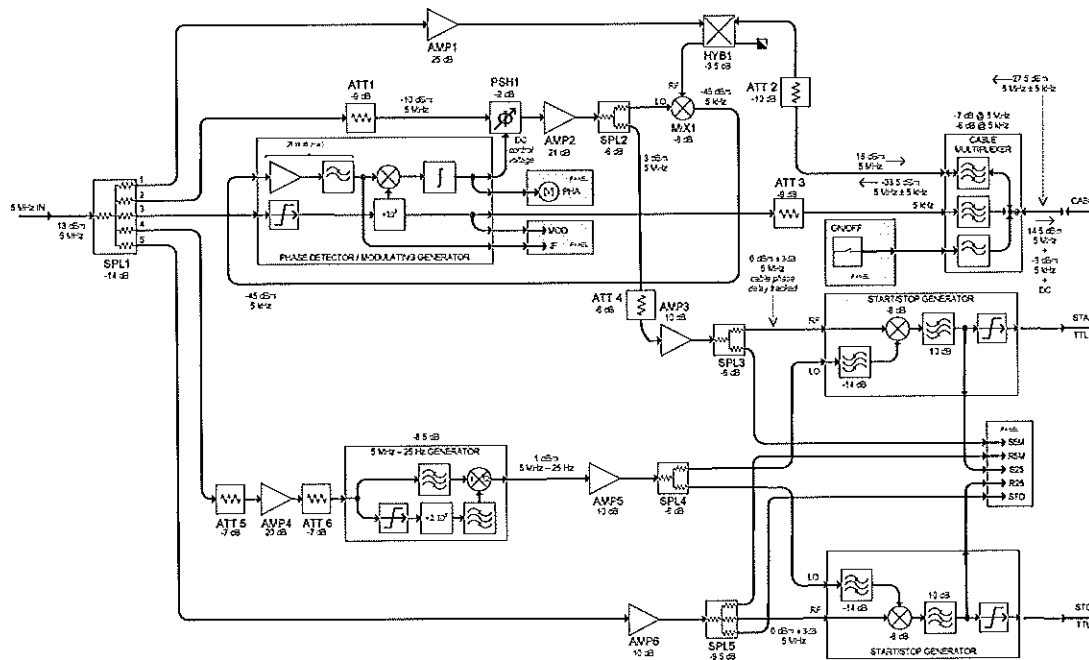


Figura 1.- Ground Unit Phase Cal

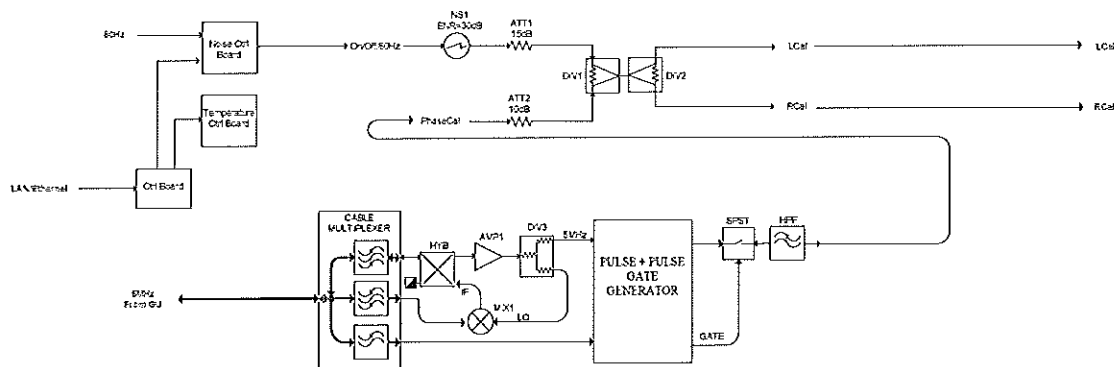


Figura 2.- Antenna Unit Phase Cal & Noise Cal

### Módulo Ground Unit

#### Diagrama de Bloques

El diagrama de bloques del módulo *PhaseCal-Ground Unit* puede verse en la Figura 1.- Ground Unit Phase Cal.

El GU se divide en:

- Phase Detector / Modulating Generator: Obtiene una señal a la salida de frecuencia igual a la estándar y con una fase estable que sea proporcional a la fase introducida por el cable entre el *Ground Unit* y la *Antenna Unit*. Se pretende seguir el retardo de fase a la entrada del sistema. Además, este módulo genera la señal moduladora de 5KHz a partir de la señal de referencia (5MHz del máser).
- 5MHz-25Hz Generator: Consigue la señal de 5MHz-25Hz para mezclarla posteriormente con la señal procedente de la antena y con la señal de referencia, y poder establecer una comparación de las señales resultantes para calcular el desfase introducido. La señal de 25Hz se obtiene escalando la señal de referencia de 5MHz.
- Start/Stop Generator: Son dos módulos iguales cuya función es generar una señal cuadrada de 25Hz con el fin de poder comparar una con otra. Para ello, se lleva una copia de la señal de referencia a uno de los módulos (*Stop*) y una versión de la misma señal pero desfasada en función de la longitud del cable al otro módulo (*Start*). El retardo entre ambas señales es registrado por un contador de frecuencia y es proporcional al retardo introducido por el cable que une el *Ground Unit* y la *Antenna Unit*.
- Cable Multiplexer: Une las señales (control en DC para activar y desactivar los pulsos, 5kHz y 5MHz) que deben llegar a la *Antenna Unit* desde el *Ground Unit* por el mismo cable. Está formado por tres filtros en paralelo, diseñados para evitar intermodulación entre las señales de 5MHz y 5kHz.

Además, estos subsistemas están interconectados entre sí por amplificadores y atenuadores



para adecuar el nivel de la señal a la entrada de cada uno de ellos. Se emplean divisores de señal resistivos para obtener varias muestras de una misma señal y poder llevarla a distintos puntos del circuito.

### Alimentación

Para proporcionar la alimentación en continua se emplearán fuentes de alimentación lineales duales de 2A y tensiones  $\pm 15V$  y  $+5V$ .

### Hardware de control

La monitorización y el control de los parámetros de este módulo se realizará por medio de LAN/Ethernet. Un adaptador de interfaz Ethernet a puerto serie RS-232 (modelo Lantronix XPort) recibe comandos mediante sockets por la red LAN que son enviados a un microcontrolador.

### Software de control

El software de control estará programado en lenguaje C y compilado para el microcontrolador con ayuda del entorno de programación PCWH de CCS Inc.

El software permitirá un control local o remoto mediante conexión con un HyperTerminal en modo TCP/IP (Winsock). Se podrá controlar la activación y desactivación de pulsos del *Phase Cal*.

Los comandos que podrán enviarse son los siguientes:

#### -setremote:

Activa el modo remoto para controlar el módulo mediante comandos Ethernet.

La respuesta del programa será:

OK

#### -setlocal:

Permite activar el control local del programa.

Muestra por pantalla:

OK.

#### -menu

Muestra todos los comandos disponibles en el programa.

#### - pulse\_on:

Activa un switch que permite pasar una señal de 5V para activar los pulsos. Esta señal viaja por el cable que uno los módulos Control Unit y Antenna Unit.

Muestra por pantalla:

OK.

#### - pulse\_off

Cierra el switch que permite pasar una señal de 5V y así se desactivan los pulsos

Muestra por pantalla:

OK.

### Implementación

El montaje final del módulo se implementará en un rack diseñado por el contratista.



### Módulo Antenna Unit & Noise Cal

Los módulos *Antenna Unit* del *Phase Cal* y el módulo *Noise Cal* se integrarán en la misma caja. El diseño será responsabilidad del contratista.

#### **Diagrama de bloques**

El diagrama de bloques del módulo *Phase Cal-Antenna Unit & Noise Cal* puede verse en la Figura 2.- *Antenna Unit Phase Cal & Noise Cal*.

#### **Noise Cal**

La parte correspondiente al sistema *Noise Cal* está formada por un diodo de ruido de banda ancha con su correspondiente tarjeta de control, que permite activar y desactivar los pulsos y también activarlos con una frecuencia de 80Hz.

El diodo de ruido a emplear dispondrá de los siguientes valores de ENR aproximados:

f (GHz)	ENR (dB)
1.00	30.96
2.00	30.74
4.00	30.23
8.00	29.60
12.00	29.72
18.00	30.17

#### **Phase Cal - Antenna Unit**

La *Antenna Unit* contiene los bloques principales del *Phase Cal*. Consta fundamentalmente de los siguientes subsistemas:

- **Multiplexor:** Separa las señales procedentes del Control Unit (control en DC para activar y desactivar los pulsos, 5 kHz y 5 MHz) que llegan a este módulo por el mismo cable, y transmite la señal de 5 MHz modulada con la de 5 kHz de nuevo hacia el Control Unit. Está compuesto por tres filtros en paralelo.
- **Modulador:** Modula la señal de 5 MHz con la de 5 kHz. La señal de 5MHz se divide en un híbrido de 180° y una parte pasa a la siguiente etapa (Pulse + Pulse Gate Generator) y otra vuelve hacia este módulo para ser modulada con la señal de 5kHz en un mezclador.
- **Pulse + Pulse Gate Generator:** Genera el tren de pulsos equiespaciados 5MHz en el rango de frecuencias de 2 a 14GHz mediante un comparador ultrarápido (modelo ADCMP572BCPZ-R2 de *Analog Devices*) y puertas lógicas de gran velocidad (modelo HMC722LC3C de *Hittite-Analog Devices*). El tren de pulsos puede activarse y desactivarse mediante una señal de control generada en el *Control Unit*.
- **Tarjeta de control de la temperatura:** Mantiene el sistema a una temperatura estable de 36° C. Para ello tiene un sensor térmico y una resistencia calefactora.



### Alimentación

La fuente de alimentación a diseñar cumplirá los siguientes requisitos.

Componente	Tensión de alimentación
Diodo de ruido	+15V
Amplificador	+15V
Tarjeta de control de temperatura	$\pm 15V$ (independientes del resto)
Tarjeta de control	+7.5V
Pulse + Pulse Gate Generator	+5V
Switch	+5V

Para proporcionar estos niveles se implementará un módulo de alimentación independiente.

### Hardware de control.

Al igual que en el módulo *Control Unit*, la monitorización y el control de los parámetros de este módulo se realizará por medio de LAN/Ethernet. Un adaptador de interfaz Ethernet a puerto serie RS-232 (modelo Lantronix XPort) recibe comandos mediante sockets por la red LAN que son enviados a un microcontrolador.

### Software de control

El software de control estará programado en lenguaje C y compilado para el microcontrolador con ayuda del entorno de programación PCWH de CCS Inc.

El software permitirá un control local o remoto mediante conexión con un HyperTerminal en modo TCP/IP (Winsock).

Se pueden controlar y monitorizar el estado de los diodos (ON/OFF/80Hz), el estado de los pulsos (ON/OFF), la temperatura del sistema y el modo de la resistencia calefactora.

Los comandos que pueden enviarse son los siguientes:

#### **-setremote:**

Activa el modo remoto para controlar el módulo mediante comandos Ethernet. La respuesta del programa será:

OK

#### **-setlocal:**

Permite activar el control local del programa.

Muestra por pantalla:

OK.

#### **-help (o menu)**

Muestran todos los comandos disponibles en el programa.

#### **- getpulsestatus:**

Indica el estado de los pulsos mostrando por pantalla:



*ON u OFF*

**- setdiodeon**

Activa el diodo y muestra por pantalla:  
*OK.*

**- setdiodeoff**

Apaga el diodo y muestra por pantalla:  
*OK.*

**- setdiode80Hz**

Pone el diodo a conmutar a 80 Hz y muestra por pantalla:  
*OK.*

**- getdiodestatus**

Indica el estado del diodo mostrando por pantalla:  
*ON/OFF/80*

**- gettemp**

Muestra la temperatura del sistema monitorizada con una PT100

**- getHeater**

Indica si el sistema calefactor del sistema se encuentra encendido o apagado mediante un mensaje:  
*ON u OFF*

**Implementación**

El montaje final del módulo será responsabilidad del contratista y se valorará las dimensiones reducidas. Dispondrá de:

- Entrada DC
- LAN
- ICSP
- 5 MHz del Ground Unit
- 80 Hz
- Salida RF en conector K para polarización vertical
- Salida RF en conector K para polarización horizontal



### 2.3. Medidas y Verificación de Funcionamiento

Una vez suministrados debe procederse a las pruebas de aceptación que se especifican a continuación. Las pruebas se realizarán en el Observatorio de Yebes bajo la supervisión de los ingenieros del CDT.

#### 2.3.1. Medida de la amplitud de los pulsos

Procedimiento de la medida:

Será propuesto por el contratista y aprobado por los ingenieros del CDT.

Aceptación:

En la siguiente tabla se muestran los valores aproximados que es necesario obtener para que los sistemas sean aceptados

Frecuencia (MHz)	Pout VCal (dBm)	Pout HCal (dBm)
	-Salida directa Phase Cal-	-Salida criostato-
2005	-99.4	-74.9
3005	-99.5	-67.7
4005	-119	-93.72
5005	-104.5	-76.84
6005	-122.35	-94.94
7005	-112.4	-86.5
8005	-122.8	-97.2
9005	-127.34	-100.2
10005	-120.5	-95.2
11005	-123.8	-98.43
12005	-117	-94.3
13005	-115.2	-90.4
14005	-124.2	-100.8
15005	-125.16	-100.75

#### 2.3.2. Medida de la temperatura del módulo Antenna Unit

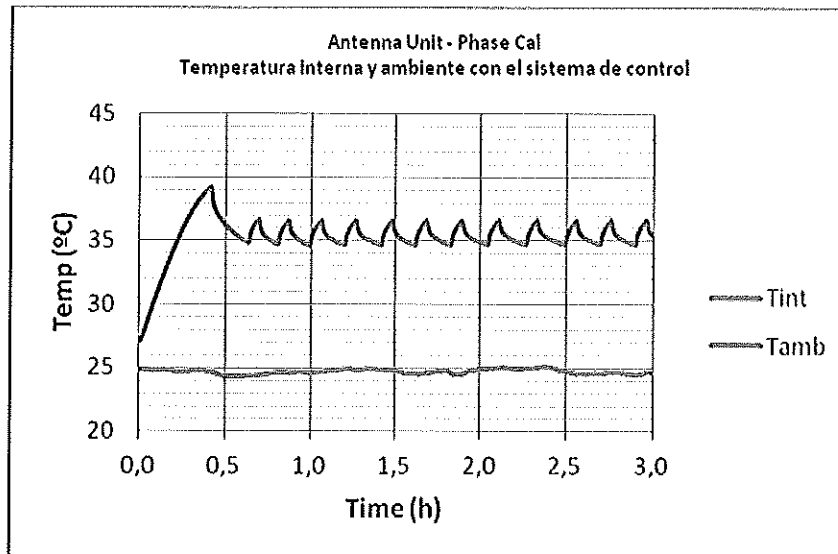
Procedimiento de la medida:

Será propuesto por el contratista y aprobado por los ingenieros del CDT.

Aceptación:

En la siguiente gráfica se muestra el comportamiento aproximado de la temperatura interior para que el sistema sea aceptado.





### 2.3.3. Medida de la temperatura equivalente de ruido de un receptor

#### Procedimiento de la medida:

Será propuesto por el contratista y aprobado por los ingenieros del CDT. El receptor será facilitado por el CDT.

#### Aceptación:

El contratista suministrará un informe con las medidas de temperatura de ruido.

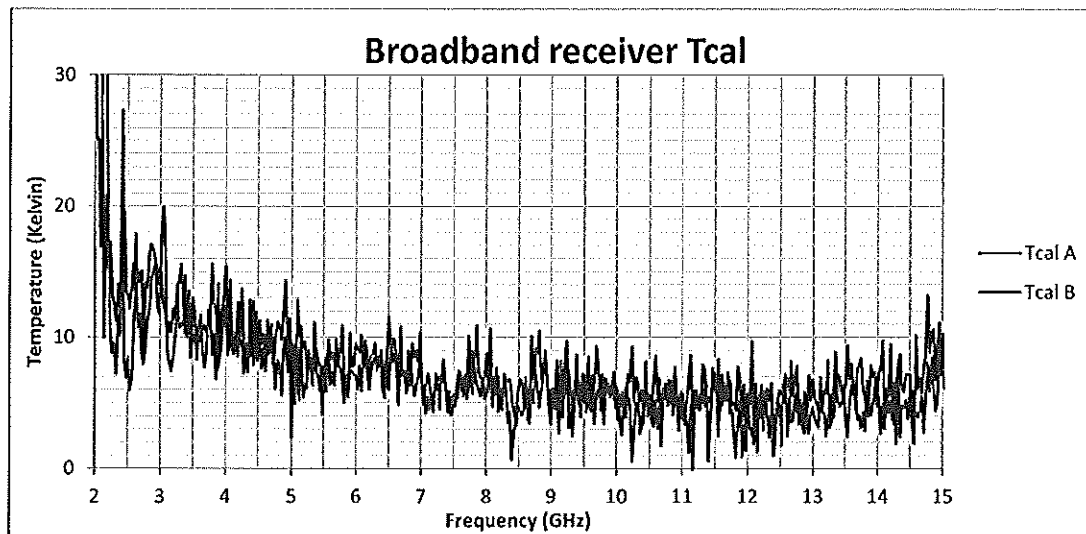
### 2.3.4. Medida de la temperatura equivalente de ruido de calibración

#### Procedimiento de la medida:

Será propuesto por el contratista y aprobado por los ingenieros del CDT.

#### Resultados de la medida:

En la siguiente gráfica se representan los valores aproximados de la temperatura equivalente de ruido de calibración en toda la banda para que el sistema sea aceptado.



### 3. Documentación a entregar por los licitadores

Las empresas licitadoras presentarán una oferta técnica lo más detallada posible que permita realizar la valoración técnica correspondiente. En esta oferta deben incluirse:

- Descripción detallada del Phase Cal a suministrar
- Procedimientos de medida y verificación propuestos

El transporte hasta las instalaciones en Yebes (Guadalajara) y todos los impuestos aplicables será por cuenta del contratista.

Madrid, 7 de julio de 2017

EL SUBDIRECTOR GENERAL DE ASTRONOMÍA,  
GEOFISICA Y APLICACIONES ESPACIALES

Fdo: José Antonio López Fernández



**SUMINISTRO DE CUATRO CALIBRADORES DE FASE PARA LOS  
RADIOTELESCOPIOS DE RAEGE**

*Presupuesto*

El presupuesto total para la realización de SUMINISTRO DE CUATRO CALIBRADORES DE FASE PARA LOS RADIOTELESCOPIOS DE RAEGE, tal y como figura en el Pliego de Prescripciones Técnicas, asciende a CIENTO VEINTICINCO MIL OCHOCIENTOS CUARENTA euros (125.840 €). Esta cantidad incluye todos los impuestos aplicables y el transporte al Observatorio de Yebes.

CONCEPTO	IMPORTE
Calibrador de Fase según PPT CUATRO unidades	104.000 €
TOTAL NETO	104.000 €
IVA (21%):	21.840 €
<b>Total presupuestado:</b>	<b>125.840 €</b>

El precio unitario del Calibrador de Fase es de 26.000 € neto.

La estimación del precio se ha hecho a tanto alzado en base a los precios actuales de mercado de éstos y de suministros similares efectuados con anterioridad. El pago se hará por certificaciones.

2017

Una certificación por un importe de 94.380 € (Neto: 78.000 €, IVA: 16.380 €) tras la entrega de: Las TRES primeras unidades de Calibrador de Fase según PPT.

2018

Una certificación por un importe de 31.460 € (Neto: 26.000 €, IVA: 5.460 €) tras la entrega de La CUARTA unidad de Calibrador de Fase según PPT.

Madrid, 7 de julio de 2017

EL SUBDIRECTOR GENERAL DE ASTRONOMÍA,  
GEOFISICA Y APLICACIONES ESPACIALES

Fdo: José Antonio López Fernández



De conformidad con lo dispuesto en el Art. 116 del Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público.

**Se resuelve:**

Aprobar el Pliego de Prescripciones Técnicas (PPT) del expediente SUMINISTRO DE CUATRO CALIBRADORES DE FASE PARA LOS RADIOTELESCOPIOS DE RAEGE, 171817000142 a realizar en este Centro Directivo

Madrid, 24 de julio de 2017

EL DIRECTOR GENERAL

P.D. (OM.23-07-2012)

Fdo.: Amador Elena Córdoba