

Receptores VGOS de última generación y sistema de control criogénico

G. Gómez-Molina, O. García-Perez, F. Tercero

⁽¹⁾ Observatorio de Yebes, Instituto Geográfico Nacional (IGN), 19141 Yebes-SPAIN.

g.gomez@oan.es

Índice

- Receptores VGOS
 - Introducción
 - Diseño del receptor
 - Receptores en funcionamiento e instalaciones previstas
- Sistema de monitorización y control
 - Estructura hardware
 - Servidor de control y servicio web
 - Compatibilidad con diferentes dispositivos
- Nuevas líneas de desarrollo
 - Filtros de IR para ventanas de gran tamaño
 - Soluciones estructurales para ventanas de vacío delgadas
 - Criostatos refrigerados a 4K

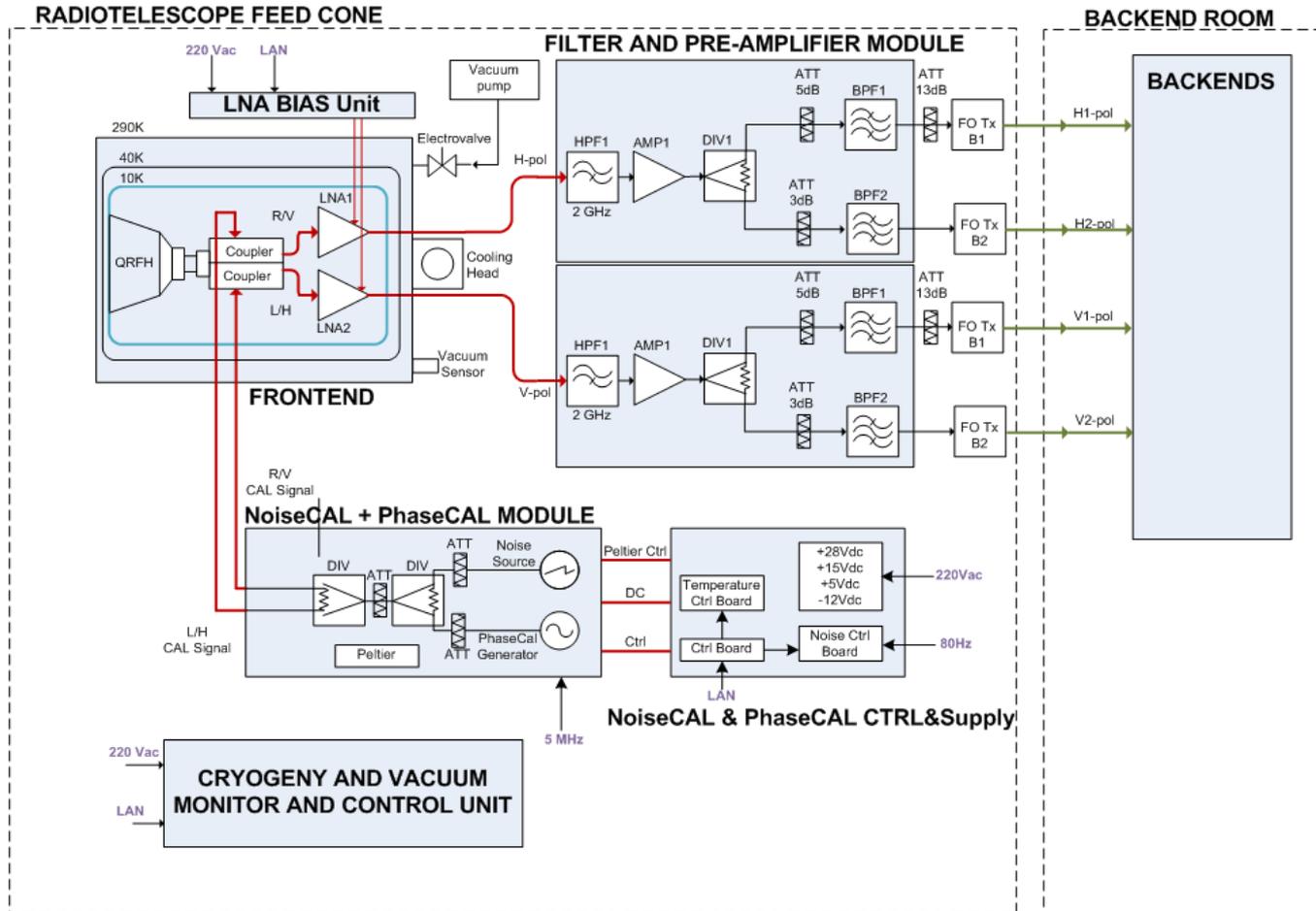
Receptores VGOS

Introducción

- Los receptores VGOS (VLBI Global Observing System) operan en la banda radio de 2 – 14 GHz y se utilizan principalmente en observaciones VLBI (Very Long Baseline Interferometry) para aplicaciones de geodesia espacial.
- El front-end de dicho receptor se compone de un criostato con el alimentador, acopladores direccionales y LNAs (Low Noise Amplifiers) y están diseñados y fabricados en el Observatorio de Yebes.
- Actualmente hay dos generaciones de receptores VGOS. Estando la nueva generación, que describe esta presentación, instalada ahora mismo únicamente en el Observatorio de Yebes, en su radiotelescopio de 13.2m.
- Hay un total de 5 receptores VGOS instalados en diferentes estaciones y observatorios del planeta y 3 con fecha de instalación próxima.

Receptores VGOS

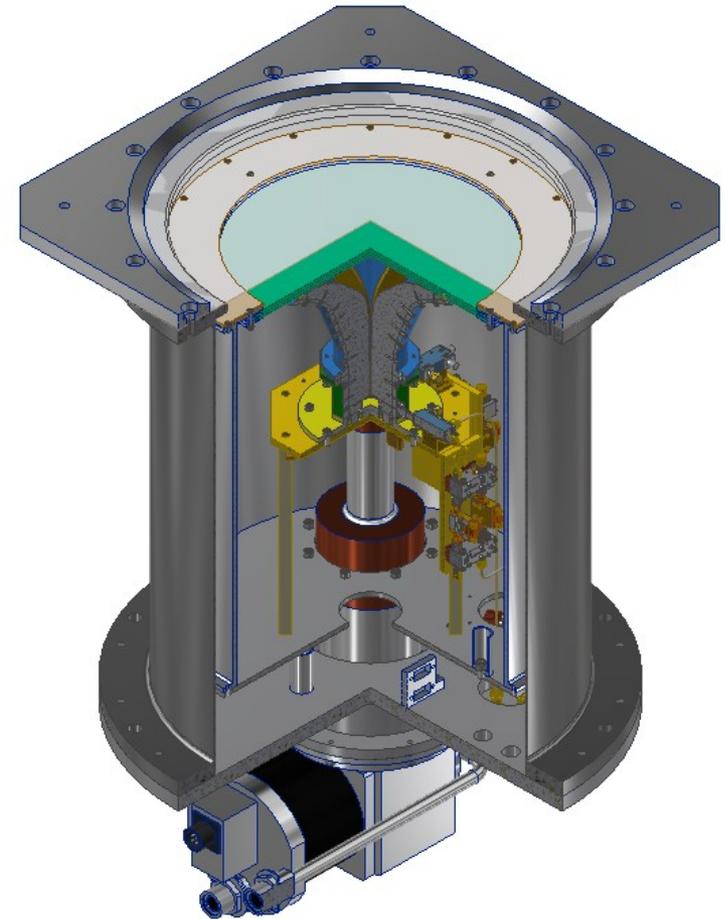
Diseño del receptor



Receptores VGOS

Diseño del receptor

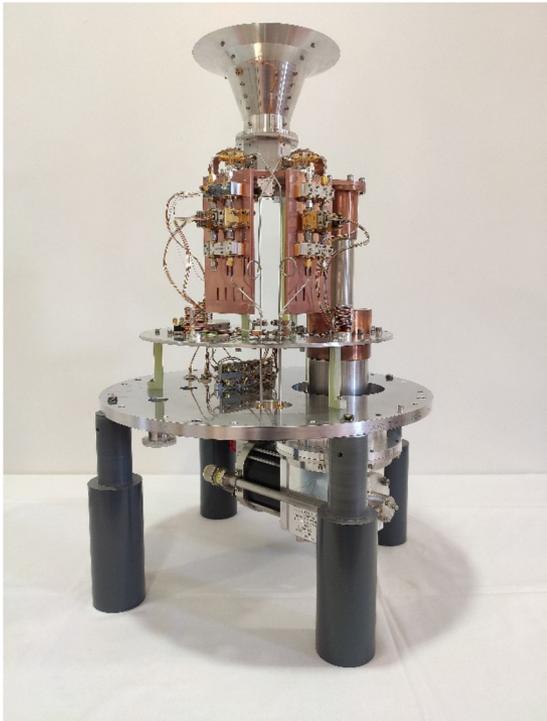
Banda de frecuencia	2-14 GHz
Temperatura física	< 35 K Etapa intermedia < 10 K Etapa fría
Presión	< 10^{-5} mbar
Tasa de fugas	< $1 \cdot 10^{-5}$ mbar·l/sec
Ganancia	> 25 dB
Temperatura de ruido	< 30 K (~15K de 4 - 14 GHz)
Entrada	<ul style="list-style-type: none"> • Ventana de vacío de Mylar de 0.5mm hacia el alimentador QRFH • Calibración de fase a través de acopladores direccionales: SMA
Salida	2 polarizaciones lineales: SMA 50 Ω (2 puertos)
Cabeza refrigeradora	Sumitomo RDK-408S2 de dos etapas



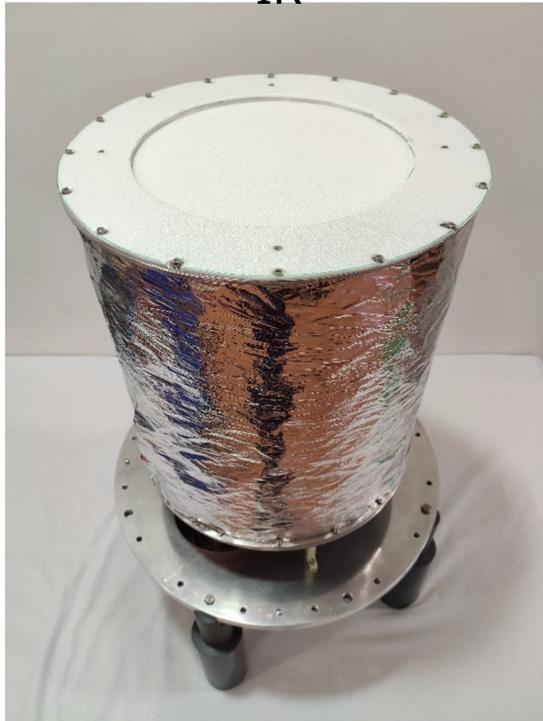
Receptores VGOS

Diseño del receptor

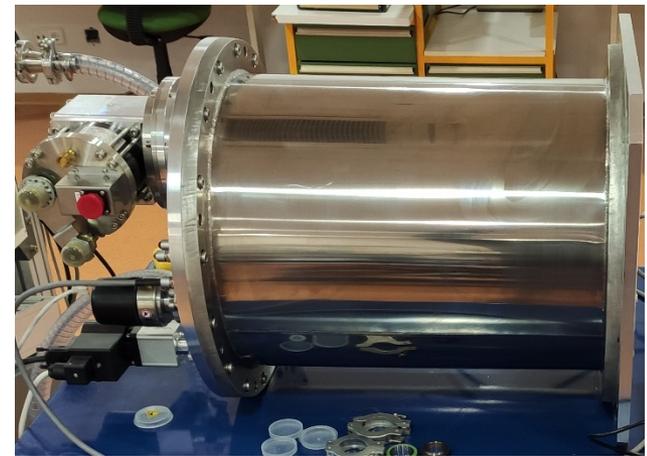
Criostato Abierto



Radiation Shield y Filtro IR

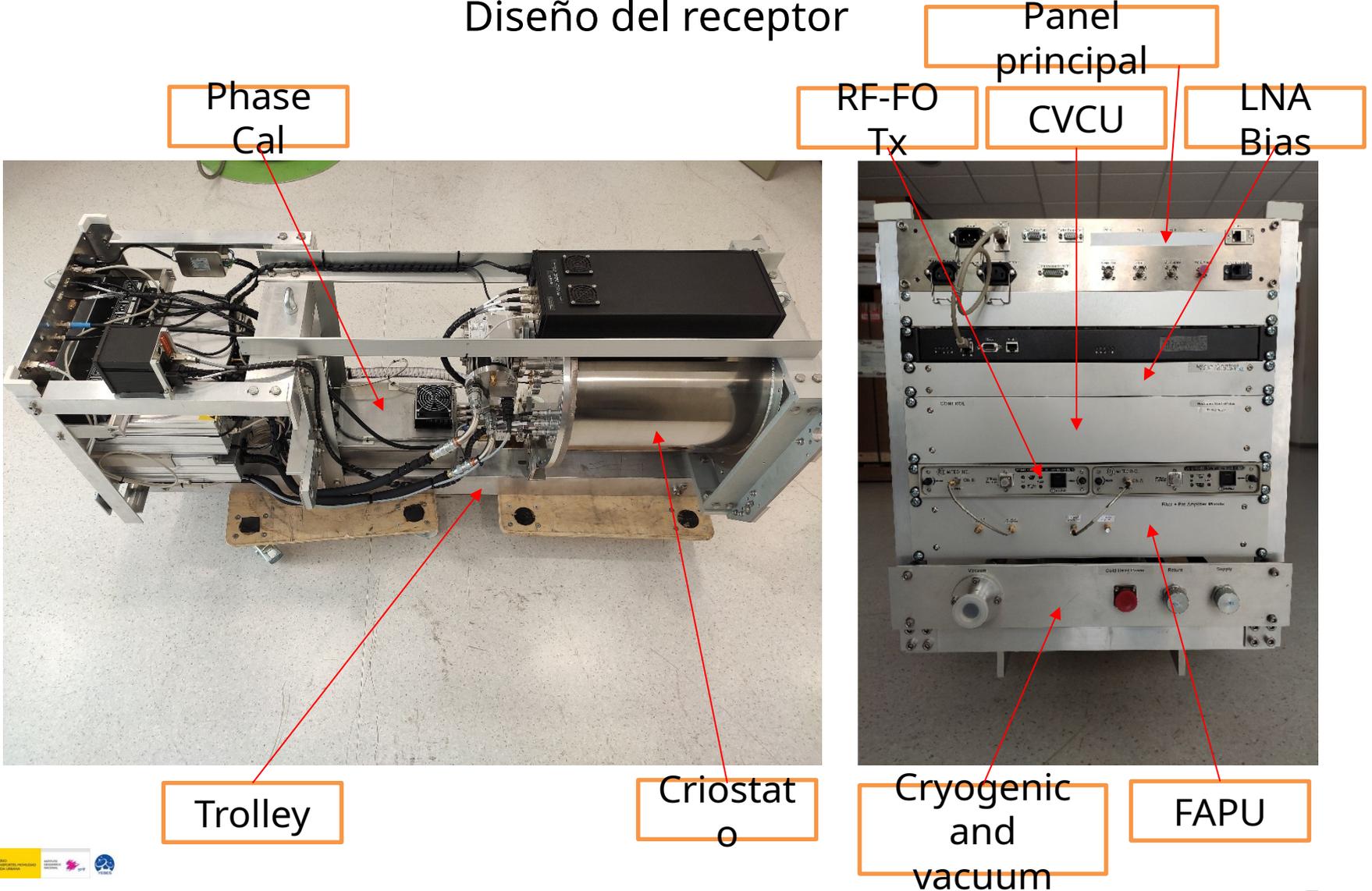


Criostato completo



Receptores VGOS

Diseño del receptor

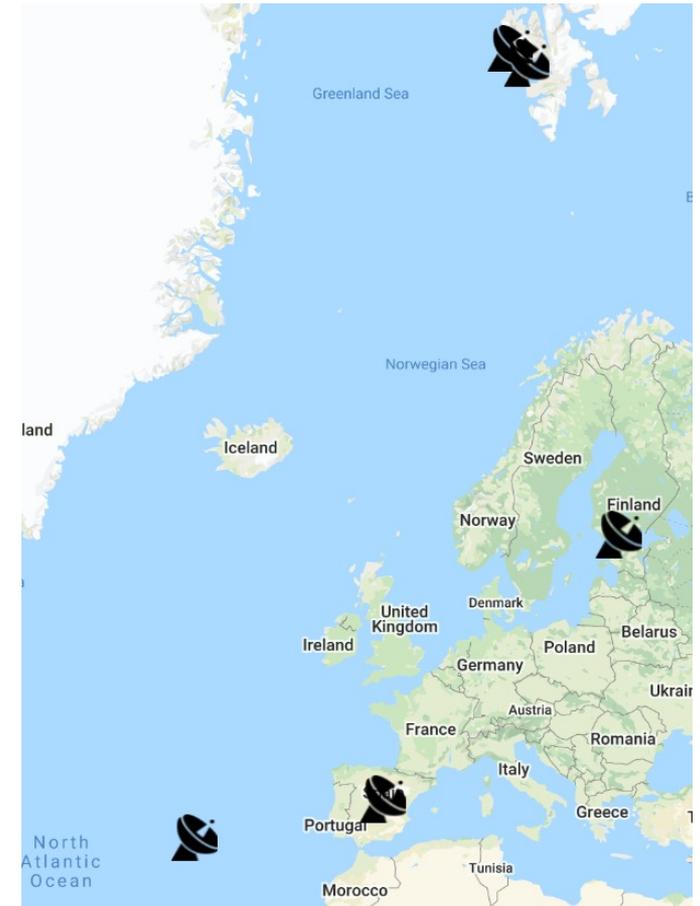


Receptores VGOS

Receptores en funcionamiento y nuevas instalaciones

Localización	Fecha
ING – Observatorio de Yebes (España)	12/2015 - Presente
FGI - Metsähovi (Finland)	08/2019 - Present
NMA1 - Ny-Ålesund (Norway)	09/2019 - Present
NMA2 - Ny-Ålesund (Norway)	11/2021 - Present
IGN – Isla de Santa Maria (Portugal)	06/2023 - Present
Matera (Italia)	Previsto para 01/2024
HartRAO (Sudafrica)	Previsto para 03/2024
NARIT (Tailandia)	Previsto para 2024

Receptores actuales y
Futuros



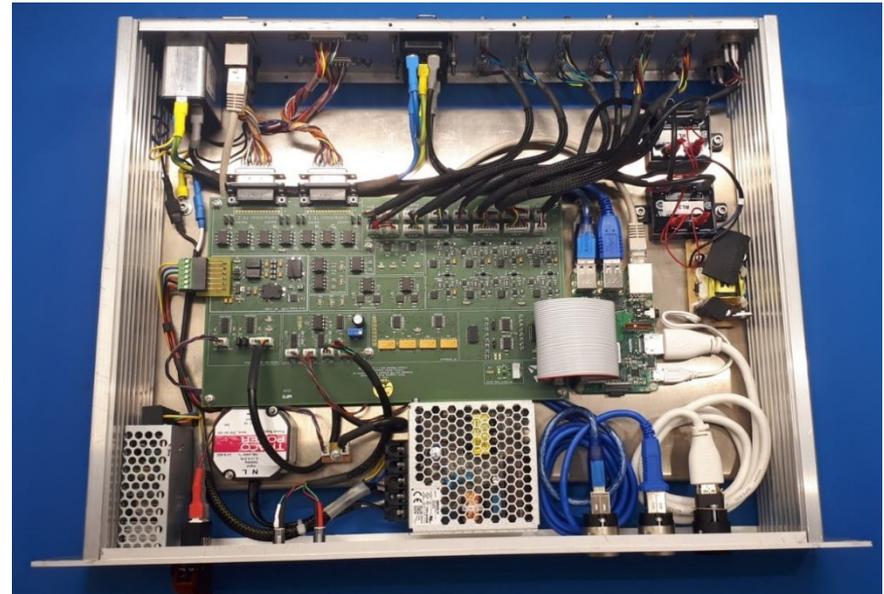
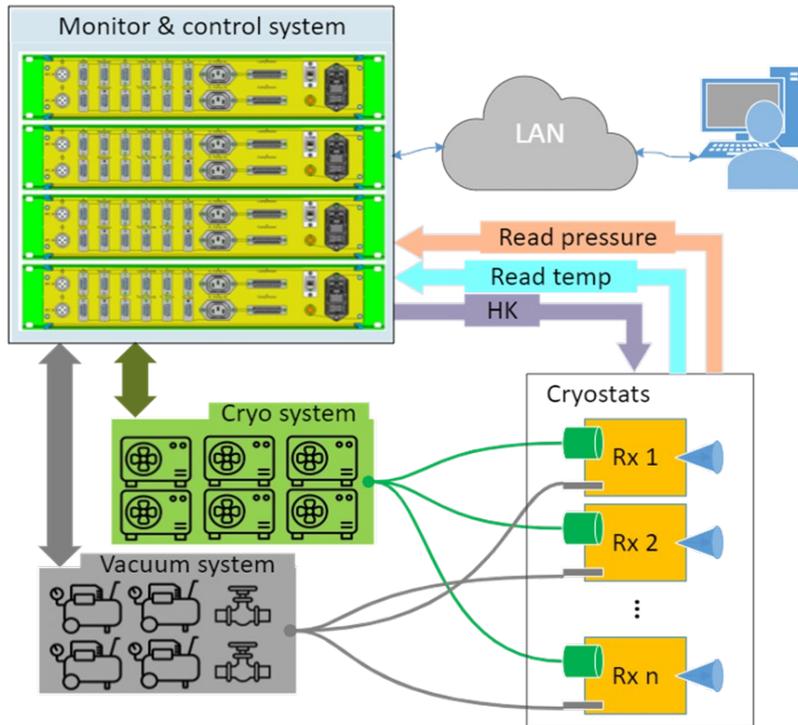
Receptores Instalados
Actualmente

Sistema de monitorización y control

- Para controlar la presión y temperatura en el criostato, los compresores criogénicos, los sistemas de bombeo, etc se utiliza un sistema de control y monitorización, desarrollado en Yebes, para un control manual, semiautomático o automático.
- Este sistema está diseñado para un amplio abanico de compresores, bombas de vacío, electroválvulas, sensores de presión, etc.
- Además, al ser un **sistema escalable** es una solución perfecta para radiotelescopios con más de 2 receptores criogénicos.

Sistema de monitorización y control

Diseño hardware



Sistema de monitorización y control

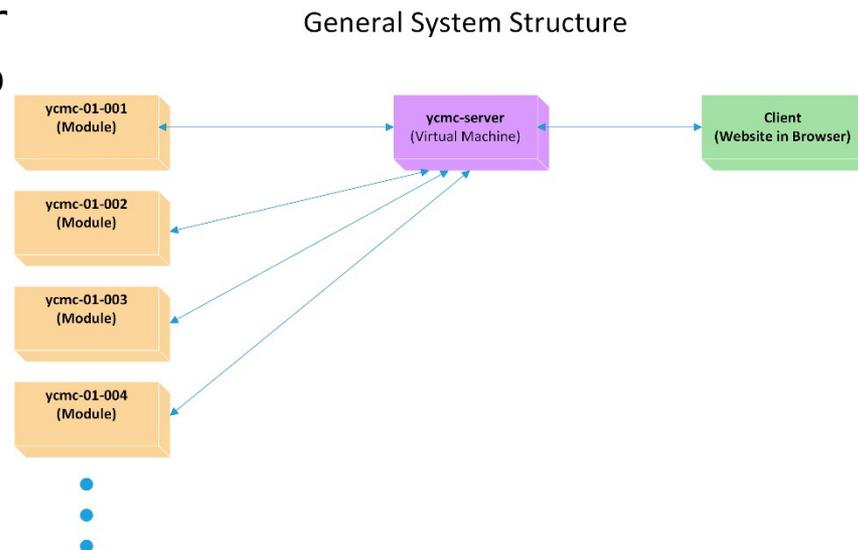
Diseño hardware

- Monitorización y control de 2 criostatos completos:
 - Medida de temperatura en el interior del criostato: hasta 4 sensores por criostato
 - Medida de presión del criostato: compatible con salida analógica 0-10V y digital RS232 o RS485
 - Control y monitorización de electroválvula 24V DC: hasta 2 electroválvulas por criostato.
 - Control y monitorización de bomba de vacío previa: RS232, RS485, contactos.
 - Control y monitorización de bomba de vacío turbomolecular: RS232, RS485.
 - Control y monitorización de resistencias calefactores y regeneradoras del criostato: 24V DC y 5V DC
 - Control de alimentación de equipo externo de 230V/5^a
 - Control y monitorización del compresor criogénico: RS232, RS485, contactos.
- Alimentación única de 230V con filtro EMI
- Interfaz Ethernet
- Control de dispositivos con un sistema basado en Raspberry Pi 3B+ con sistema operativo Raspbian y software de control programado en Python 3

Sistema de monitorización y control

Servidor de control y servicio web

- Cada uno de los módulos (si hay más de uno) mandan la información a un servidor de control usando multicast UDP.
- Este servidor escribe en una base de datos MySQL los datos y tiene una interfaz restfull (Flask) por la que recibe comandos de control de un servicio web.
- El servicio web (actualmente un prototipo) muestra al usuario los valores de cada uno de los parámetros leídos de la base de datos y proporciona un comando simple y acción



Sistema de monitorización y control

Servidor de control y servicio web

CRYOGENICS



Temperatures: ❄️

Intermediate

30.3 K

Cold

7.3 K

LNA

7.8 K

Feed

11.4 K



Compressor ⚙️

Sumitomo CNA-61 (C1)

Status: **ON**

Stop

VACUUM



Pressure:

1.40E-8 mbar

E-valve: **CLOSED**

Open



Turbo pump

Pfeiffer Hipace 80 (TP1)

Status: **OFF** (0 Hz)

Start

Power supply: **ON**

Switch Off

Venting valve: **CLOSED**

Open



Backing pump 🗑️

Pfeiffer ACP15 (BP1)

Status: **OFF** (0 Hz)

Start

Power supply: **OFF**

Switch On

E-valve (aux): **CLOSED**

Open

HOUSE KEEPING



House keeping

Power supply: **OFF**

Start

Heating:	<input type="text" value=""/>	V	<input type="text" value=""/>	mA	<input type="text" value=""/>	W
Regeneration:	<input type="text" value=""/>	V	<input type="text" value=""/>	mA	<input type="text" value=""/>	W

Sistema de monitorización y control

Compatibilidad con diferentes dispositivos

- **Sensores de presión:** MKS Quadmag794B, Leybold PTR900, Pfeiffer MPT200
- **Sensores de temperatura criogénicos:** Lakeshore DT670 (10uA)
- **Bombas de vacío previas:** Pfeiffer ACP15, Pfeiffer Hiscroll 18, Leybold Ecodry 40 Plus, etc
- **Bombas de vacío turbomoleculares:** Pfeiffer Hipace 80, Leybold 90iX, Varían Turbo81AG, etc.
- **Electroválvulas:** VAT Series 264, VAT Series 111
- **Compresores criogénicos:** Trillium (CTI) M600, Sumitomo CNA-61D, Sumitomo F-50, Sumitomo F-70, Sumitomo FA-70

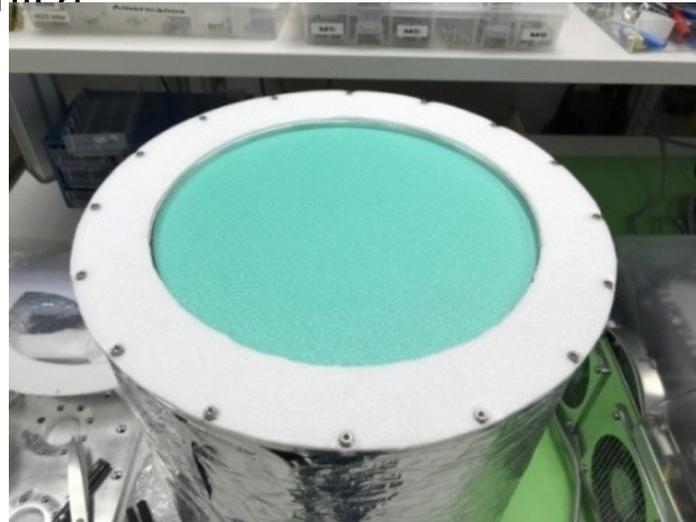
Nuevas líneas de desarrollo

- Varios de los problemas con los que nos encontramos en los criostatos actuales son:
 - Reducción de carga térmica por radiación en criostatos con membranas grandes (>300 mm de diámetro) con la mejora de los filtros de infrarrojos internos del criostato.
 - Solución estructural a la deformación de ventanas de vacío de espesores reducidos y diámetros grandes.
 - Reducción o mitigación de las vibraciones producidas por las cabezas refrigeradoras que pueden provocar problemas de estabilidad de ganancia y fase en los receptores.
 - Uso de cabezas refrigeradoras de 4K que puedan permitir el uso de dispositivos superconductores que funcionan a temperaturas de 4K.

Nuevas líneas de desarrollo

Filtros IR para ventanas de gran tamaño

- Los filtros que actualmente utilizamos son de Poliestireno extruido de baja densidad de 3 mm de espesor. Debido a que tiene una conductividad térmica muy baja, no se enfría lo suficiente.
- Se busca una mejora basada en otros tipos de materiales con pocas pérdidas a las frecuencias de uso de los receptores y con mejor conductividad térmica

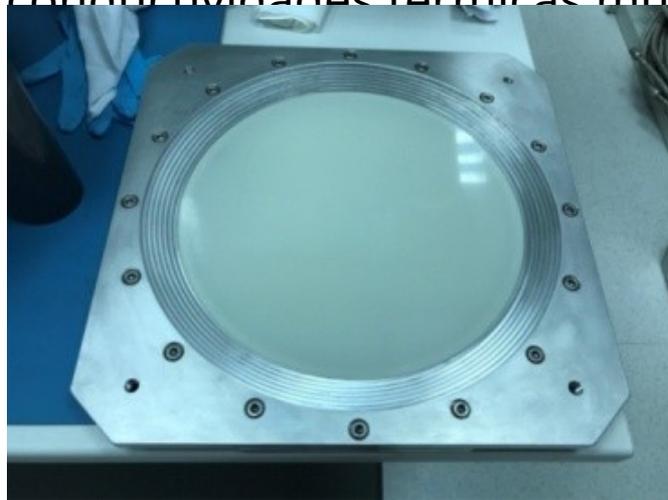


Filtro IR criostato
VGOS

Nuevas líneas de desarrollo

Soluciones estructurales para ventanas de vacío delgadas

- Las ventanas de vacío como la de la imagen, de 335 mm de diámetro y 0.5 mm de espesor, se deforman por la presión atmosférica al hacer el vacío en el criostato y pueden llegar a hacer contacto con partes internas del criostato.
- Se buscan soluciones estructurales para poder minimizar esa deformación, como por ejemplo, estructuras internas que la soporten con materiales con conductividades térmicas muy bajas.



Ventana de vacío criostato VGOS

Nuevas líneas de desarrollo

Criostatos refrigerados a 4K

- Por último, una de las posibles mejoras a tener en cuenta en los próximos años es la utilización de cabezas refrigeradoras de 4K para poder usar dispositivos superconductores.
- Para ello haría falta minimizar aún más los aportes térmicos por radiación, sobre todo si se diseñan receptores a bajas frecuencias con ventanas muy grandes.

Preguntas

