Radioastronomía en la Argentina: 50 Años del IAR

LLAMA, SU PERSPECTIVA TECNOLÓGICA E INNOVADORA

Autores

Todo el personal técnico del IAR, a lo largo de una rica historia de Desarrollo Tecnológico

LA LÍNEA DEL TIEMPO...

Basada en la Historia del IAR, E. Bajaja,

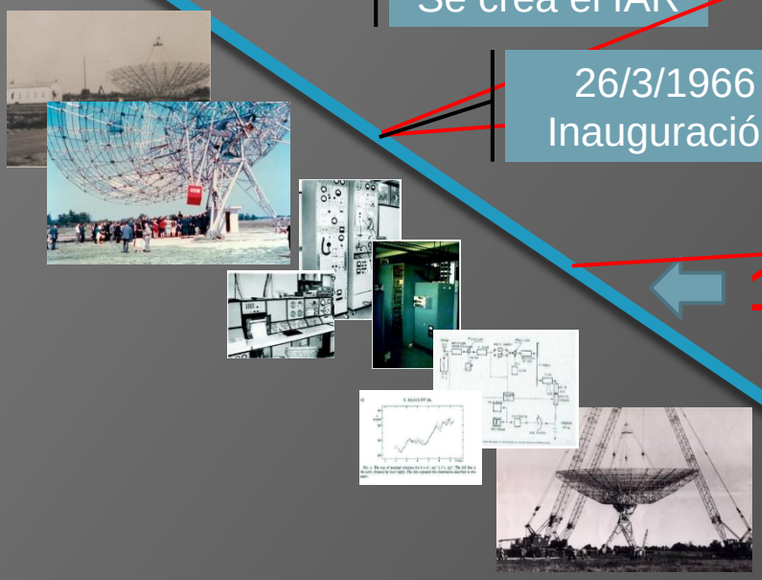
1960

27/4/1962
Se crea el IAR

26/3/1966
Inauguración

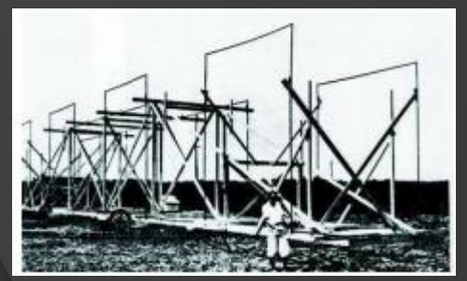
25/6/1966
Golpe Militar

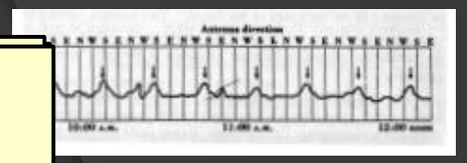
29/7/1966
La Noche de los Bastones Largos

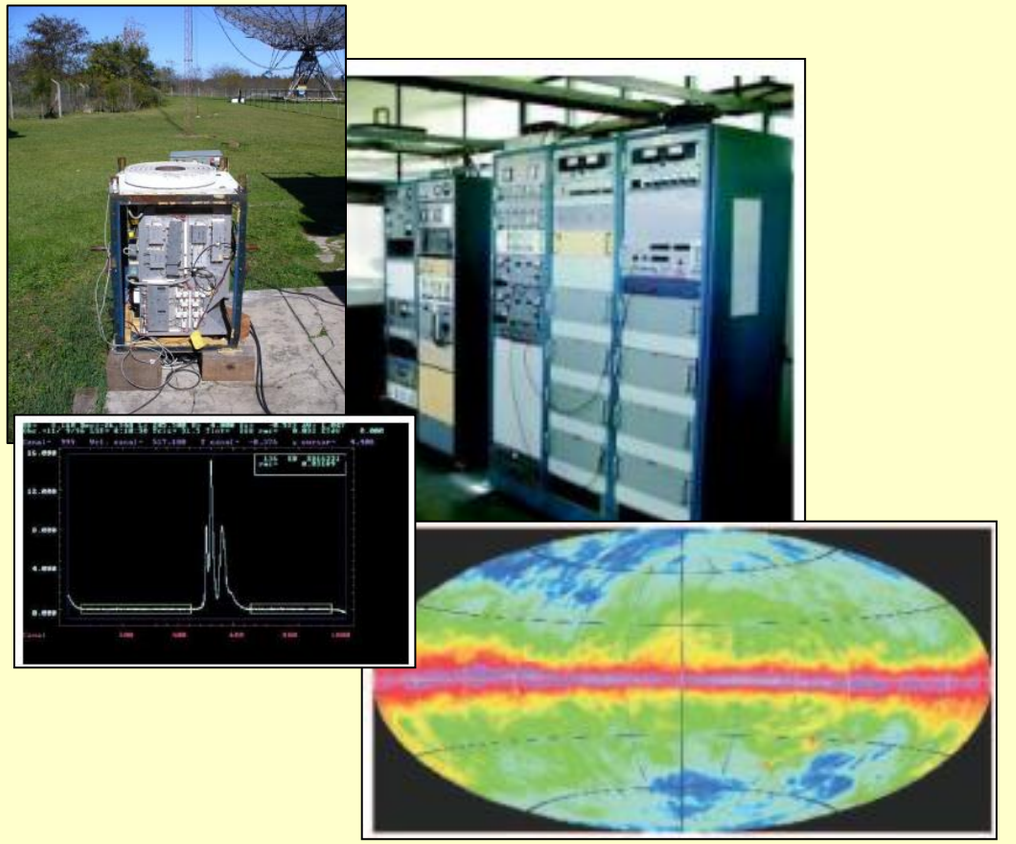


En 1931 Nace la Radioastronomía

A partir de los trabajos



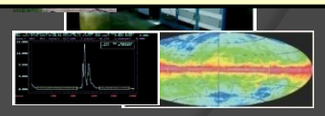




Relevamiento HI
12/10/1990

1990-2000
Período
Neoliberal

2000



LA LÍNEA DEL TIEMPO…

Basada en la Historia del IAR, E. Bajaja,

2000

20/12/2001
Crisis del 2001

- **2000:** Como consecuencia del Taller de Trabajo del año 2000 el IAR se comprometió ante el CONICET a presentar un plan para la instalación de un instrumento argentino-brasileño que operara en las bandas de longitudes de ondas milimétricas y sub-milimétricas.

- Por otro, el IAR ha … onder a las pautas de lo que luego se … actividad científica, *además de su va… ía adquirir un valor estratégico*, en fun… ada.

2001: Tras casi 40 … ección del IAR y los referentes de su Área…

Formalizar, inter… l IAR en el sistema de …

2020

QUÉ ES LLAMA ?

Desde el punto de vista de la ingeniería, se puede afirmar que LLAMA constituye una estructura mecánica precisamente ajustada de 120 toneladas de peso, equipada con electrónica superconductora enfriada criogénicamente, que permite recibir y procesar señales muy débiles provenientes del cosmos, controlada y monitoreada remotamente en tiempo real desde el centro de operaciones, operando en las alturas montañosas de Los Andes.

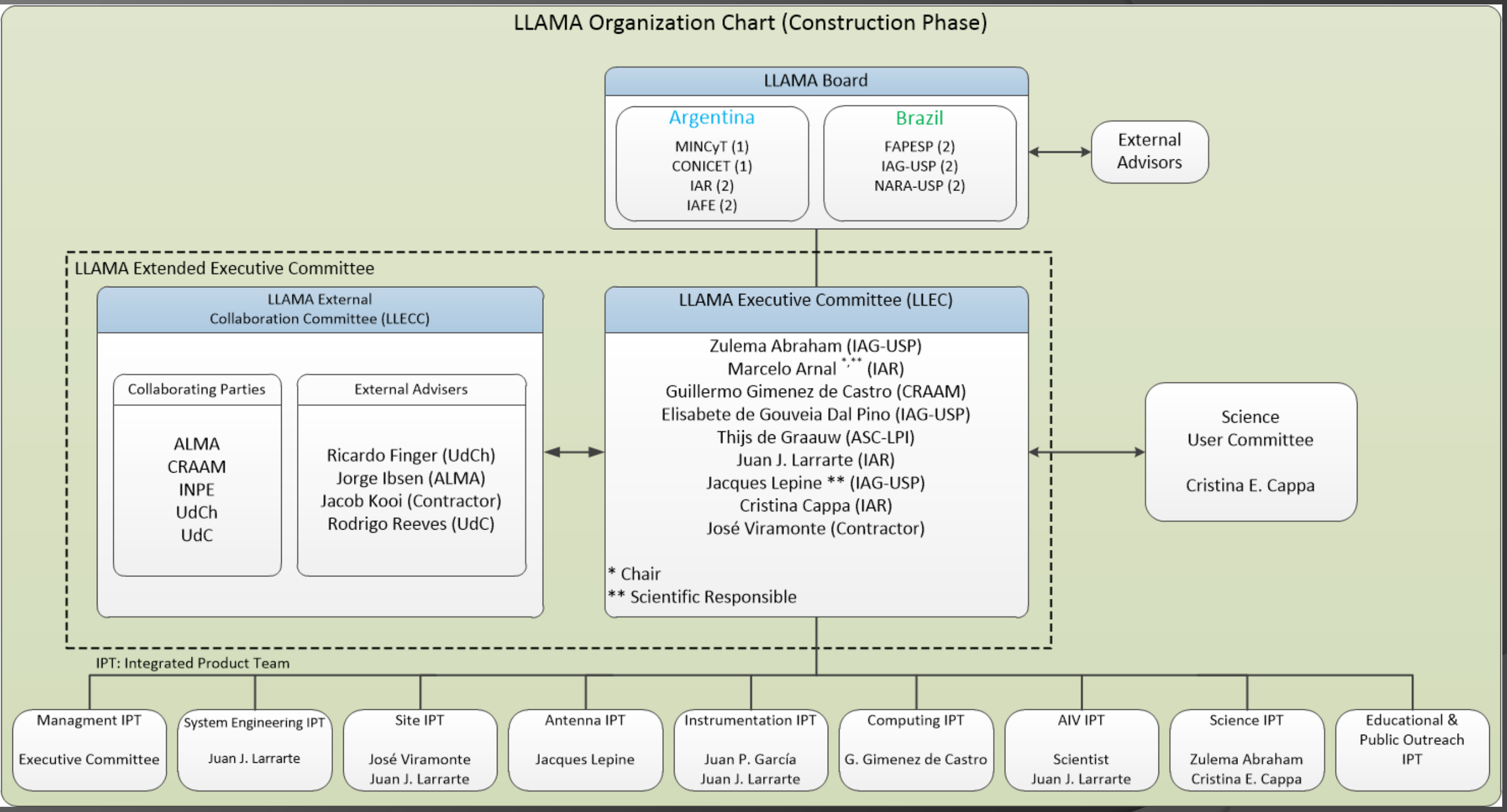
EL PROYECTO

Es un emprendimiento científico-tecnológico en el campo de la Astronomía, impulsado por Argentina y Brasil, sobre la base de una contribución igualitaria por parte de ambos países.

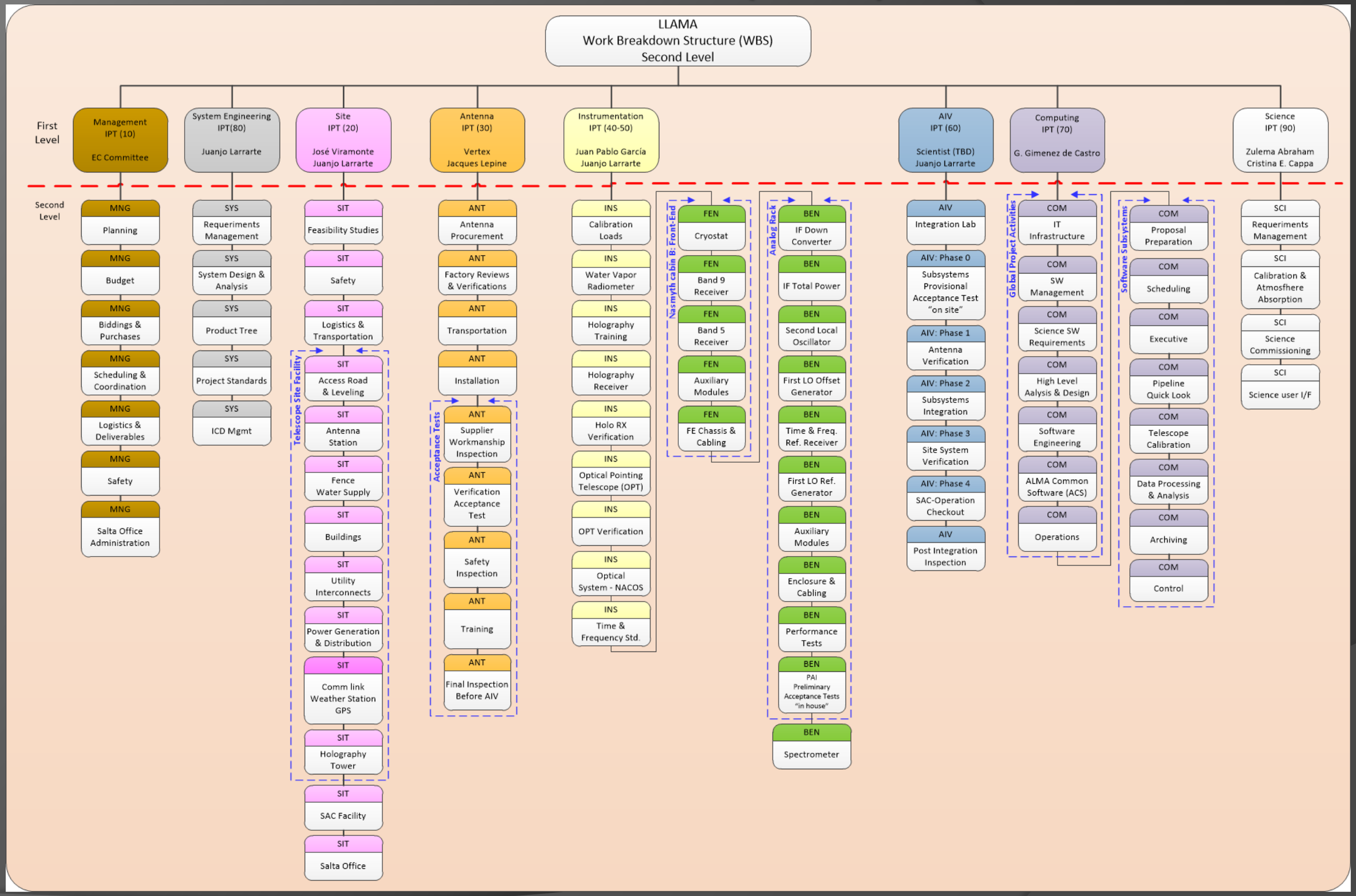
Sus objetivos son la generación de conocimientos nuevos y aplicables.

- Multidisciplinario y Multicultural
  - Los distintos problemas planteados se abordan utilizando el contenido conceptual de varias disciplinas, pero conservando las características específicas distintivas de cada una de ellas.
  - Para alcanzar el objetivo se producen interacciones entre personas que poseen “distintos programas mentales” a partir de los cuales construyen diferentes percepciones de lo que sucede.
- Alienta y se nutre del Trabajo en Grupo
  - La complejidad de los problemas a resolver obliga a formar grupos de individuos en los que cada uno hace su parte.

LA ORGANIZACIÓN



LA ESTRUCTURA DE TRABAJO (WBS)



EL SITIO

IAR-Taller de Trabajo del Año 2000

- El Dr. Felix Mirabel recomendaba que se investigara La Puna Salteña a la altura de Chajnantor del lado chileno.

- Las ventajas del sitio a priori eran:
  - ❖ La probabilidad de contar con valores de opacidad similares a los existentes del lado chileno donde se estaban instalando grandes telescopios submilimétricos: APEX, ALMA, ASTE.
  - ❖ La posibilidad de realizar interferometría con los mencionados instrumentos.
  - ❖ La cercanía a la ciudad de Salta que cuenta con una Universidad e Institutos del CONICET, incluido un CCT.

EL SITIO

2. Búsqueda y Caracterización

La campaña de búsqueda de sitio en el NOA se inició en el año 2004 con las mediciones efectuadas en Macón a partir de la decisión de los *Dres. Marcelo Arnal y Ricardo Morras*, que luego serían los líderes del proyecto del lado argentino. Teniendo en cuenta distintos aspectos tales como:

- Transparencia atmosférica en la banda milimétrica y sub milimétrica.
- Características sísmicas de la zona
- Características meteorológicas de la zona e impacto de las eventuales "mega-tormentas".
- Infraestructura existente en las cercanías del sitio (caminos, energía eléctrica, comunicaciones, etc).
- Líneas de base con ALMA, APEX, ASTE (mayores a 100 Km).
- Presencia de potenciales fuentes de interferencia
- Probable contribución de gobiernos provinciales (Salta, Jujuy)
- Conectividad:
  - ❖ Entre el sitio y centro urbano que posea Universidad Nacional.
  - ❖ Frecuente conectividad aérea con la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Posibilidad de instalación de Centro Científico-Tecnológico (CCT) de CONICET

Luego de seis años de monitoreo y estudio, se concluye que el mejor sitio para la instalación de LLAMA sería la zona de Altos de Chorrillo, en Salta.

EL SITIO

2. Caracetrísticas de Alto Chorrillos

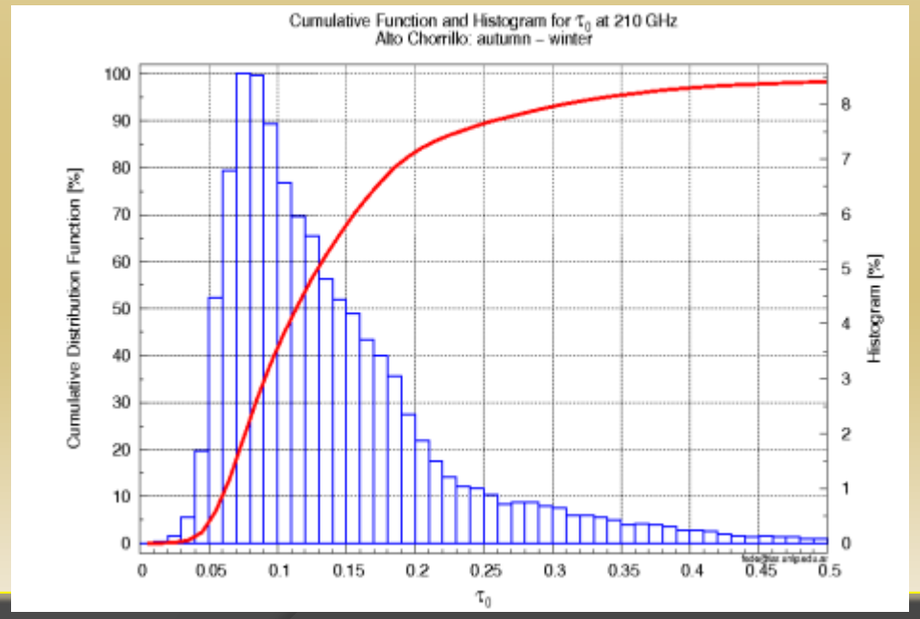
- Tipo de Clima General: Desértico de Altura.
- Según la norma IRAM 11.603: Zona V: Fría.
- Temperaturas media en invierno: 4°C con mímimas por debajo de 0°C
- Temperatura media en verano: < 16°C
- Lluvias: 104 mm en el año, que se concentran entre Diciembre y marzo por el invierno boliviano.
- Vientos:

80% del tiempo soplan con velocidades de 10/m/seg
99,65% con velocidades debajo de 20 m/seg y
Sólo un 0,35% muestran valores mayores a 20 m/seg.

Punto 0 LLAMA

Coordenadas Posgas 97	Coordenadas Geográficas
X: 7325323.16	Longitud: 66º 28´ 29.4"
Y: 3451756.47	Latitud: -24º 11´ 31.4"

Altura elipsoidica WGS84=4790m

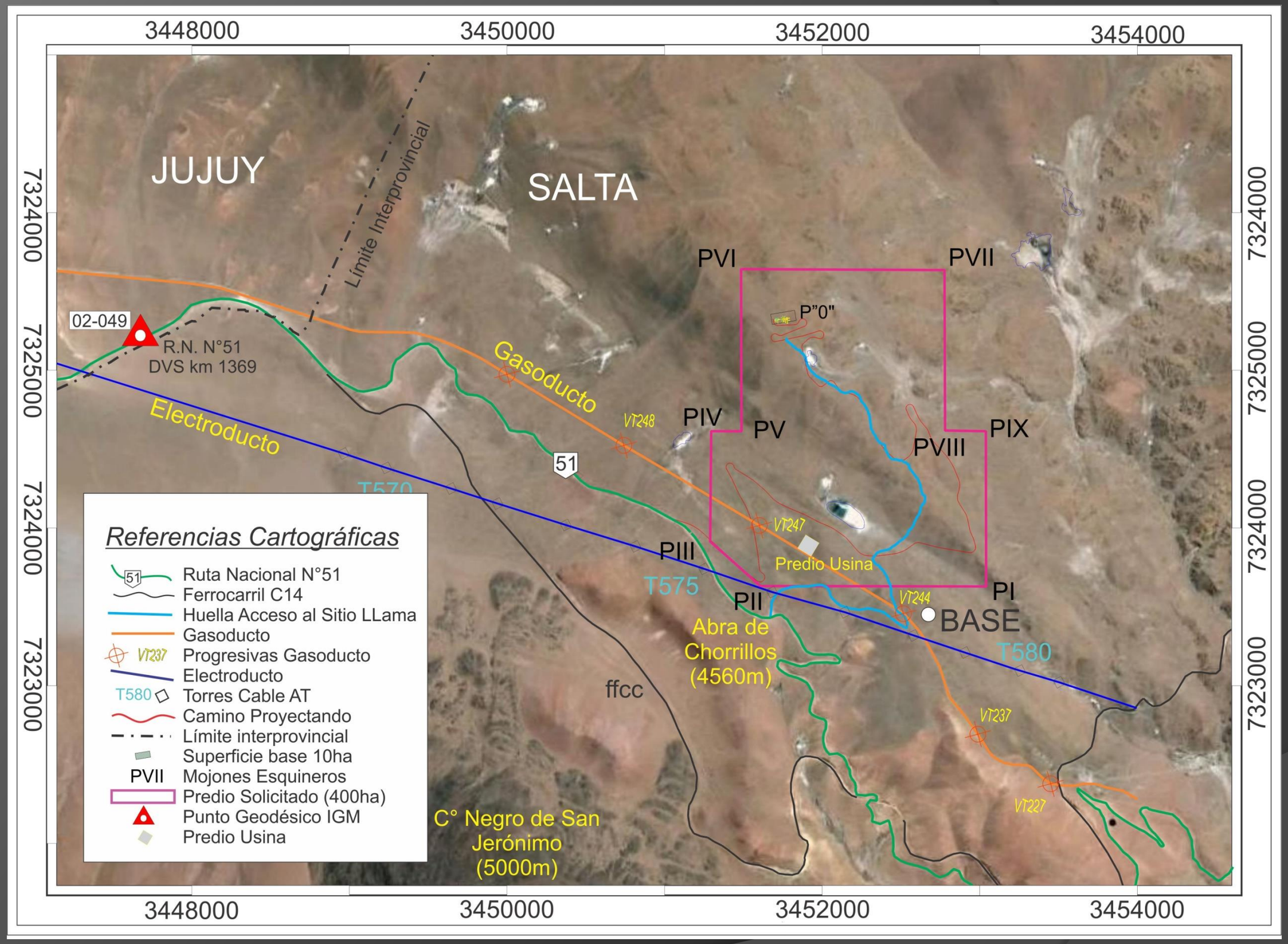


EL SITIO

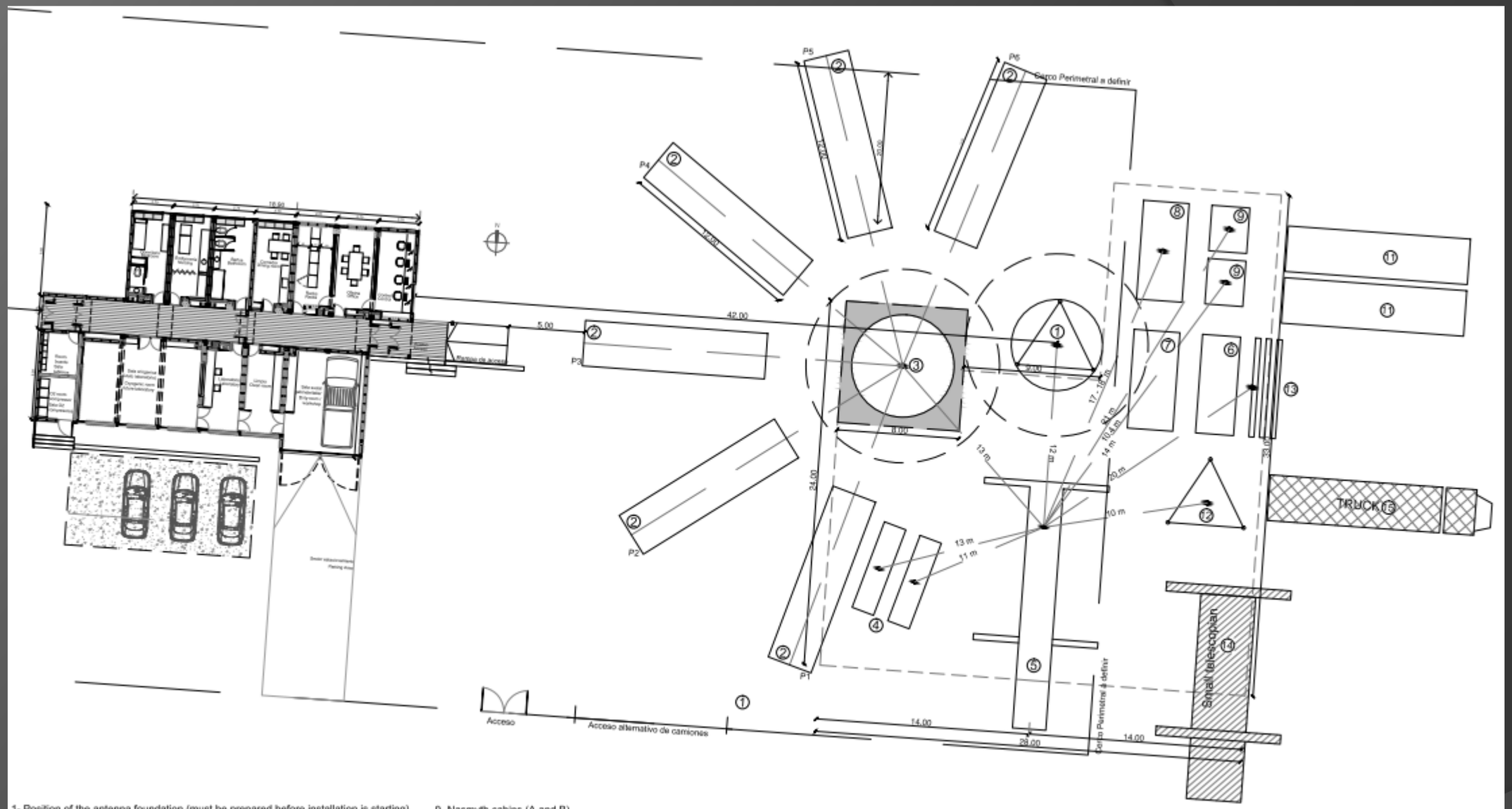
3. Estudios de Factibilidad

- Camino de Transporte de la antena.
- Camino de acceso al sitio.
- Estudio planialtimétrico en el sitio.
- Construcción edilicia en el sitio y el centro de operaciones.
- Estudio geológico del suelo.
- Provisión de energía.
- Provisión de agua potable y agua industrial.
- Provisión de comunicaciones.
- Estudio isoceráunico.
- Impacto Ambiental.

EL SITIO


3448000
3450000
3452000
3454000
7324000
7325000
7323000
JUJUY
SALTA
Límite Interprovincial
02-049
R.N. N°51
DVS km 1369
Gasoducto
Electroducto
VT248
51
PVI
PVII
P"0"
PIV
PV
PVIII
PIX
VT247
Predio Usina
PIII
T575
PII
VT244
PI
BASE
T580
Abra de
Chorrillos
(4560m)
ffcc
VT237
VT227
C° Negro de San
Jerónimo
(5000m)
Referencias Cartográficas
Ruta Nacional N°51
Ferrocarril C14
Huella Acceso al Sitio LLama
Gasoducto
Progresivas Gasoducto
Electroducto
Torres Cable AT
Camino Proyectando
Límite interprovincial
Superficie base 10ha
Mojones Esquineros
Predio Solicitado (400ha)
Punto Geodésico IGM
Predio Usina

EL SITIO: ALTO CHORRILLOS



1- Position of the antenna foundation (must be prepared before installation is starting)
2- P1...P6 Back up segment (bus) container.
3- Installation postion fur pre assembly of the bus
4- Counter weights (each 12t)
5- Crane (minimum 160 to crane with max. Ballast (39to) Axle load 12t
6- Az - basis for the mounting (19t)
7- El cabine incl. side arms of the mounting (24t)
8- Equipment Shelter (incl. switch cabinets etc.)
9- Nasmyth cabins (A and B)
10- Quadleg
11- Installations material for the antenna
12- Support cone. (temp. stand place 15t)
13- Plattform, stairs etc
14- Additional (smale crane) will be also used for bus installation
15- Place for unload the trucks

EL SITIO: SAN ANTONIO DE LOS COBRES - SAC

SECTOR LABORATORIOS Sala de Observación. Oficina Director. Oficina Investigadores.Laboratorio. Sala limpia y sucia. Depósito. Servicios.

SECTOR DORMITORIOS Dormitorios. Estar íntimo. Circulación. Galería.

ZONIFICACION

Proyecto LLAMA (Large Latin American Millimeter Array)
Centro de Operaciones - SAC
(Memoria Técnico-descriptiva)

CONICET

LA ANTENA

Caracetrísticas Generales

Proveedor: Vertex Antennentechnik GmbH, de Alemania

Diámetro: 12 metros.
Montura: Alta Azimutal.
Configuración óptica: Cassegrain + Nasmyth.
Exactitud en el Apuntamiento: 2 arcsec (absoluto).
Exactitud en la superficie del reflector: < 25 rms
Distancia focal del primario: 4.80 m
Relación fp/D del primario: 0.4
Apertura Secundario: 0.75 m
Relación fp/D final: 8
Factor de magnificación: 20

Velocidad Azimuth: 6°/seg
Aceleración en Azimuth: 3°/seg2
Velocidad Elevación: 3°/seg
Aceleración en Azimuth: 1.5°/seg2
Máxima velocidad del viento: 20 m/s

Potencia Consumida: 20 KW en la peor condición.
Potencia Consumida con equipamiento: 80 KW
Peso: 120 Tn
Ciclo de vida garantizado: 20 años.

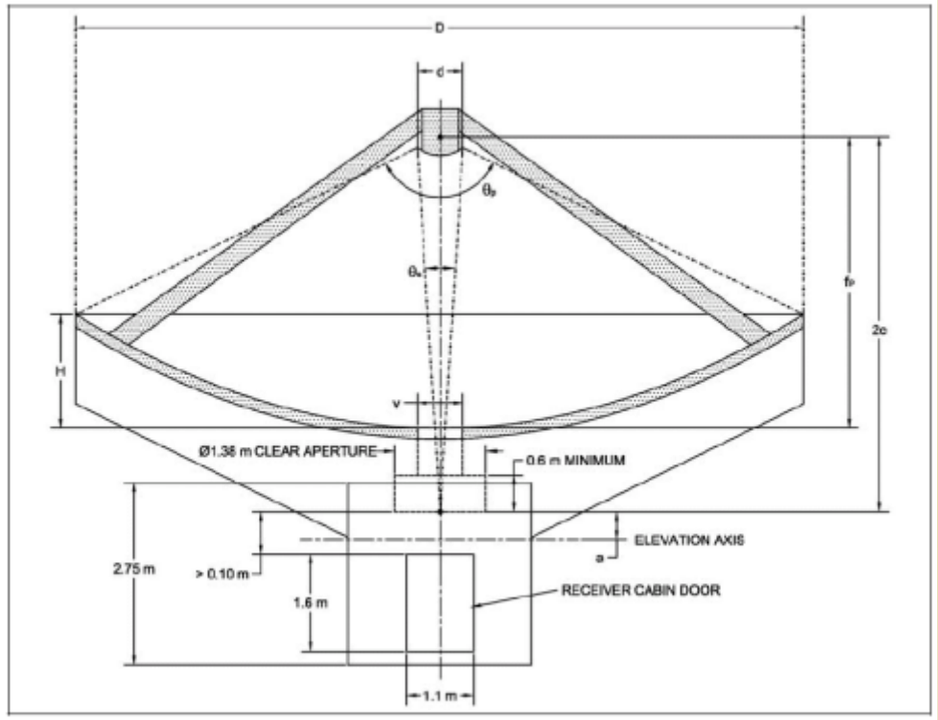
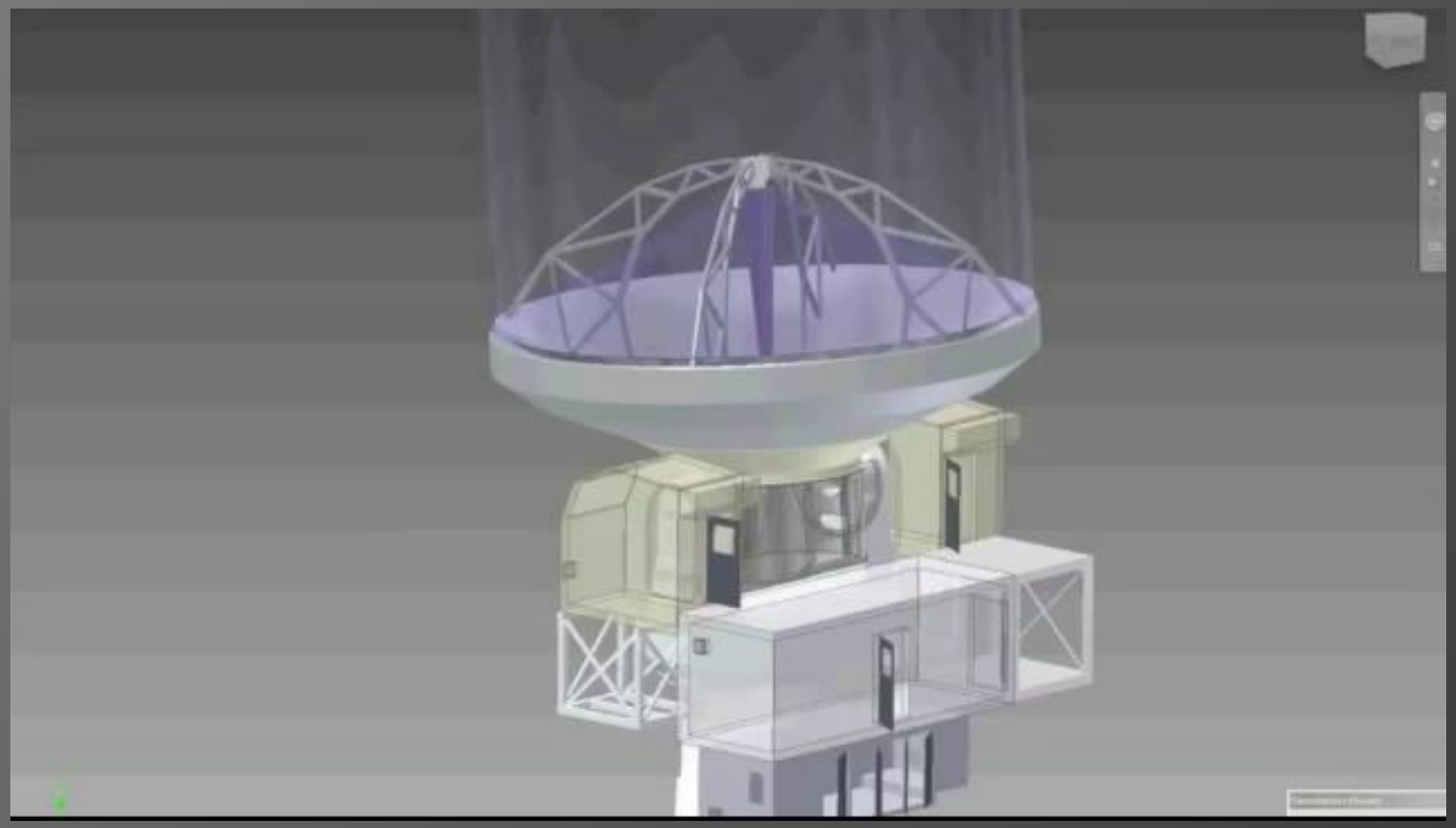
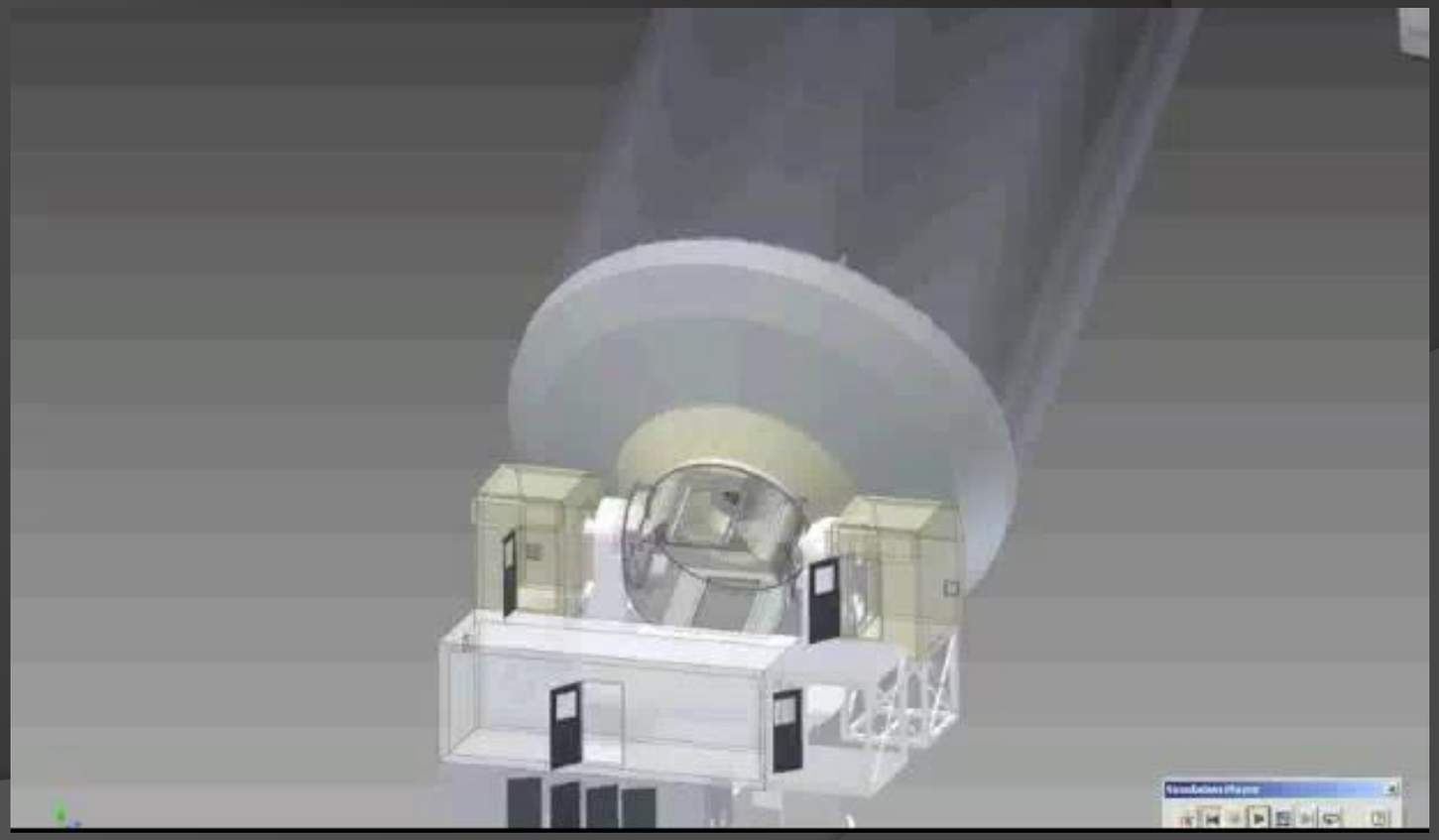


Fig. 3-1: Optical Configuration

LA ANTENA





LA ANTENA: PARÁMETROS OPTICOS

Reflector principal: M1 es el espejo primario parabólico de 12 metros de diámetro que está formado por 264 paneles de aluminio organizados en 8 anillos concéntricos.

Los 2 anillos internos están constituidos por 12 paneles, los dos siguientes por 24 y los restantes 4 por 48 paneles cada.

Cada uno de estos paneles está sujeto a la estructura mediante unos ajustadores, 5 horizontales, en el plano X-Y y otros 3 verticales, en el plano Z, que permiten una precisión de 5 micrones en el posicionamiento.

Subreflector: M2 es el sub reflector, un espejo secundario hiperbólico, de 0,750 metros de diámetro, que está hecho de fibra de carbono con una lámina reflectora de aluminio. Tiene un peso de 215 Kg. Este espejo dispone de un movimiento fino de enfoque basado en un sistema *"hexapod"* que permite hasta 6 grados de libertad..

Espejos Nasmyth: formado por un conjunto de espejos y dicroicos, ubicados por debajo del reflector principal, de allí la configuración Nasmyth, cuya estructura de soporte se mueve solidariamente con la parábola permitiendo dirigir el haz lateralmente hacia los conjuntos de espejos ubicados en las cabinas Nasmyth.A y B dando como resultado la posibilidad de observar en dos colores simultáneamente..

LA INSTRUMENTACION: OPTICA

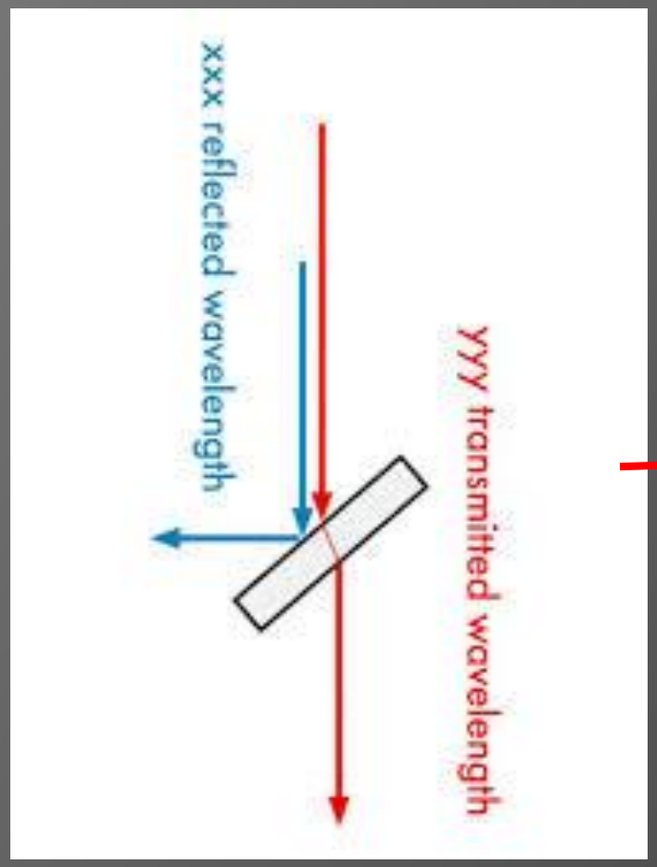
Configuración Final

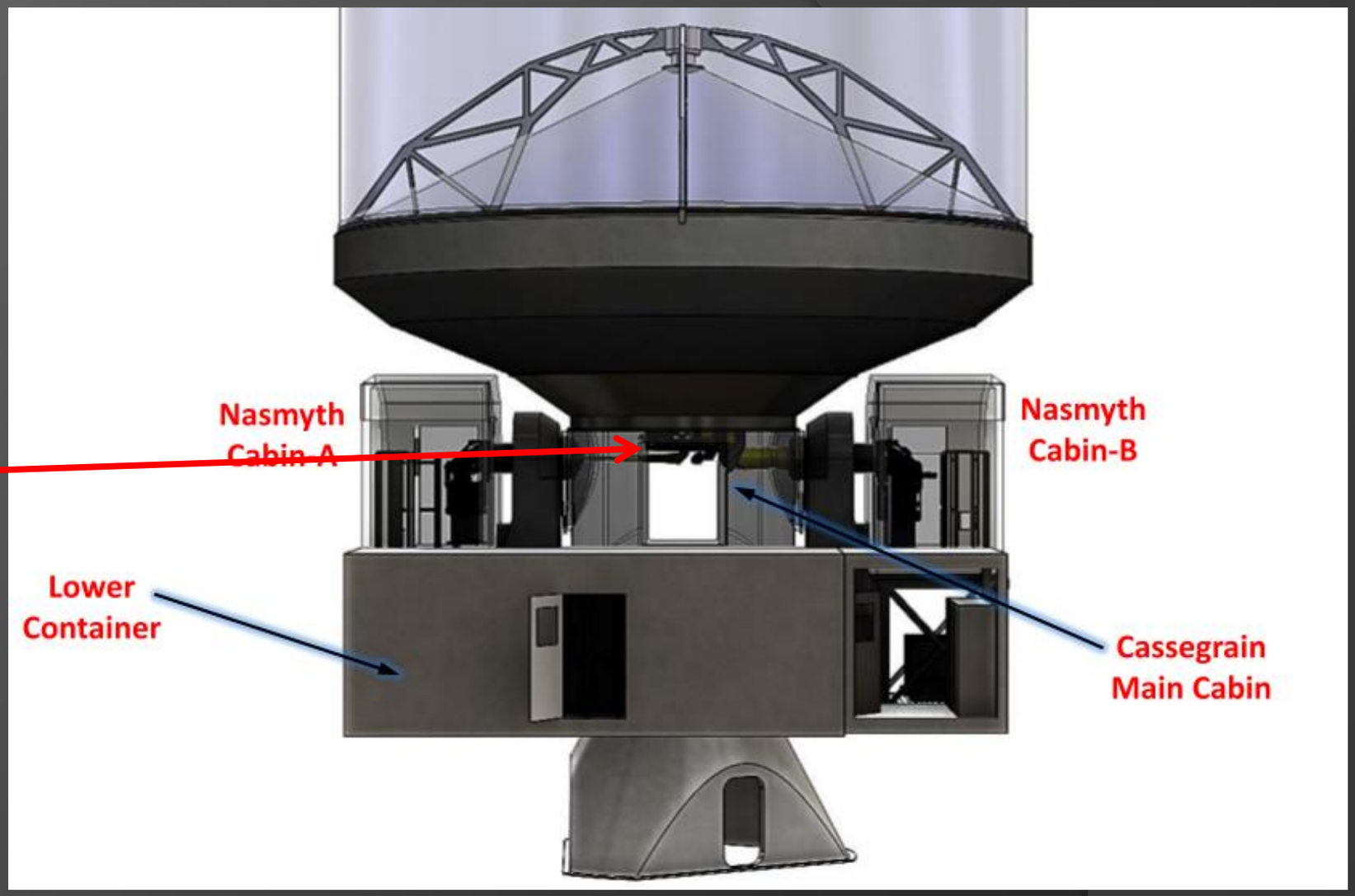
Identificación	Rango de frecuencia	Ancho de Banfa FI	Cabina en la Antena
Band 6	211 GHz – 275 GHz	6 GHz – 10 GHz	Nasmith A
Band 7	275 GHz – 360 GHz	4 GHz – 8 GHz	Nasmith A
Band 9	602 GHz – 720 GHz	4 GHz – 8 GHz	Nasmith A
Band 1	31 GHz – 50 GHz	4 GHz – 12 GHz	Nasmith B
Band 3	89 GHz – 116 GHz	4 GHz – 8 GHz	Nasmith B
Band 5	163 GHz – 211 GHz	4 GHz – 8 GHz	Nasmith B

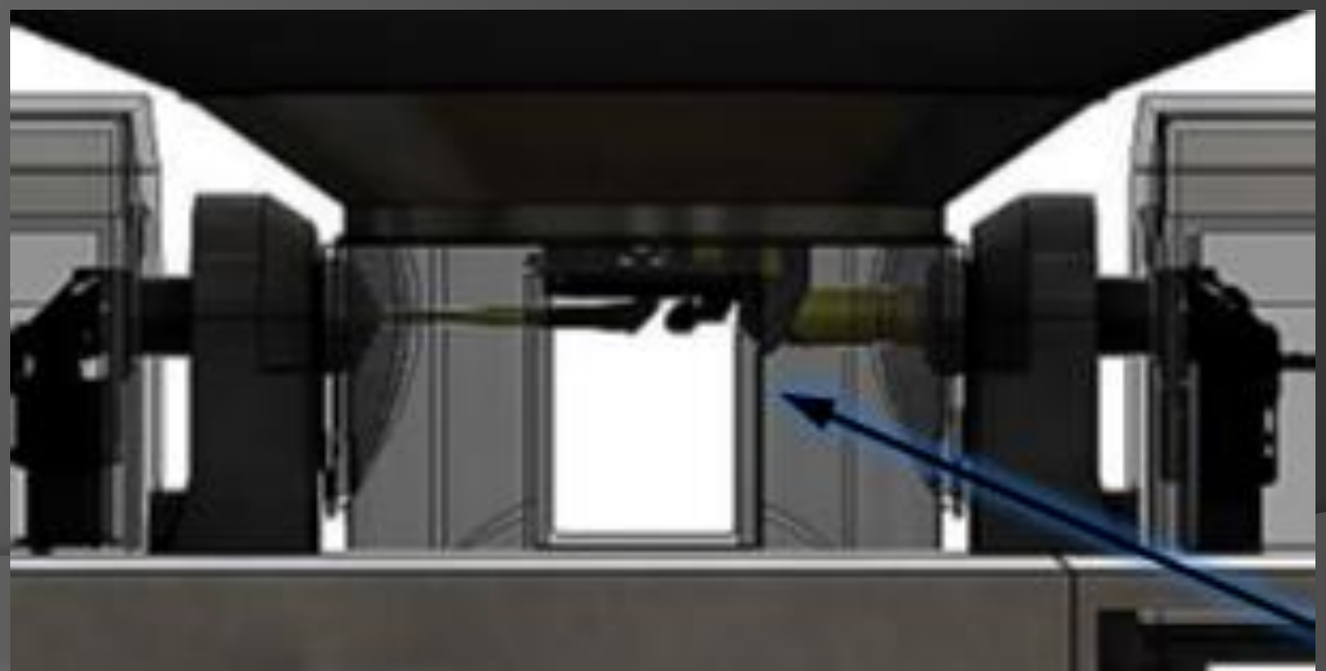
Configuración en First Light

Identificación	Rango de frecuencia	Ancho de Banfa FI	Cabina en la Antena
Band 5	163 GHz – 211 GHz	4 GHz – 8 GHz	Nasmith B
Band 6	211 GHz – 275 GHz	6 GHz – 10 GHz	Nasmith B
Band 9	602 GHz – 720 GHz	4 GHz – 8 GHz	Nasmith B

LA INSTRUMENTACION: OPTICA

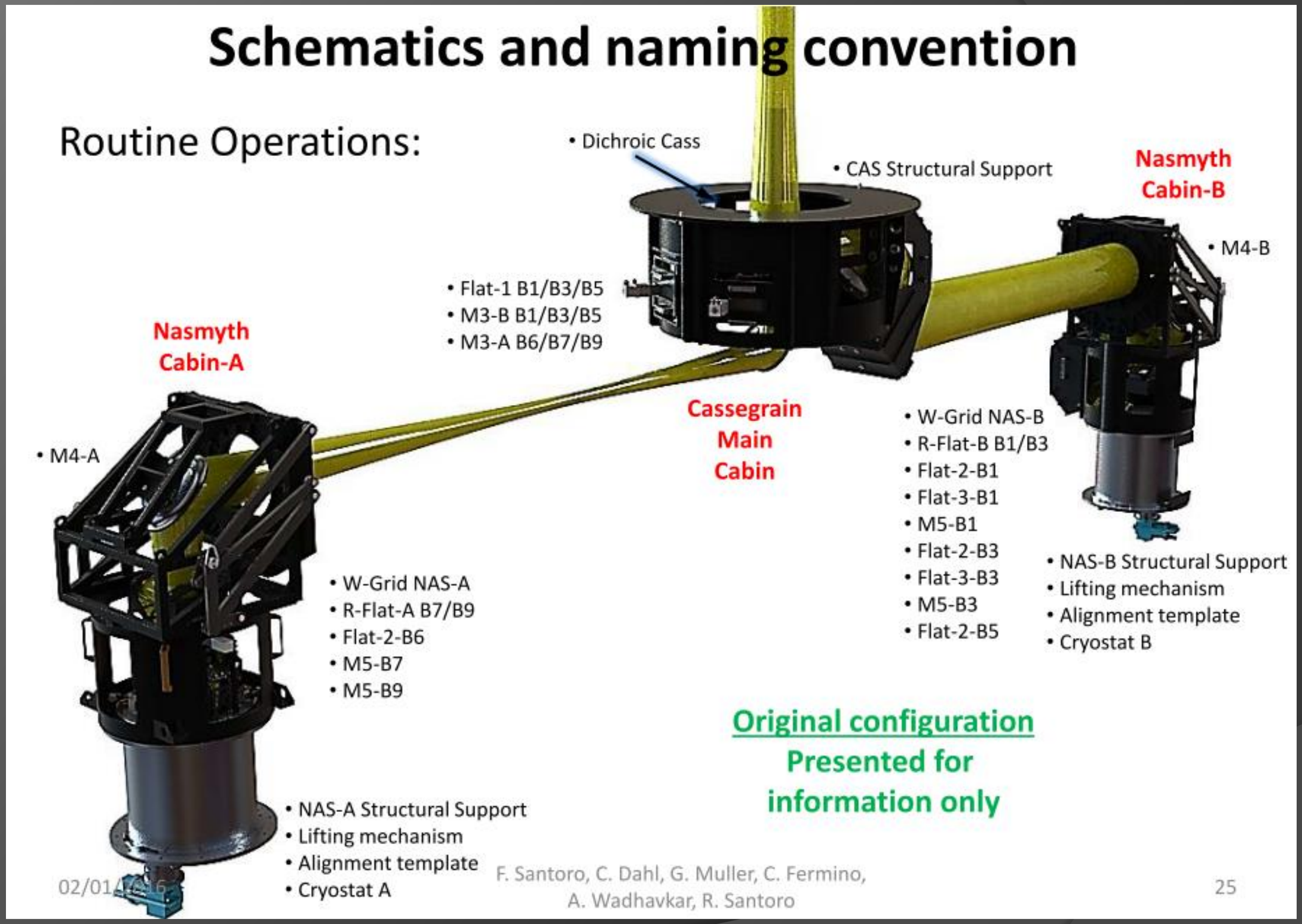




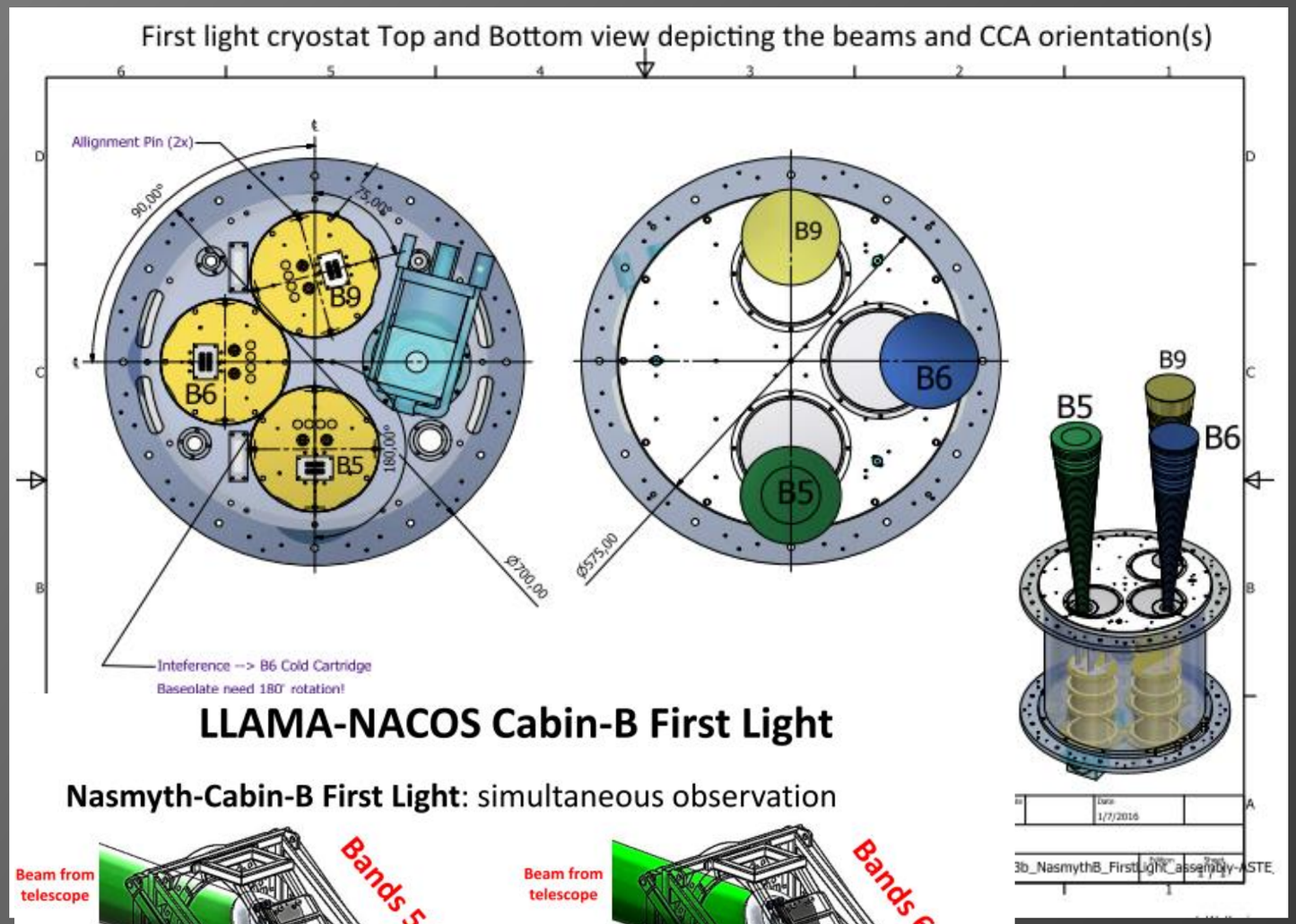


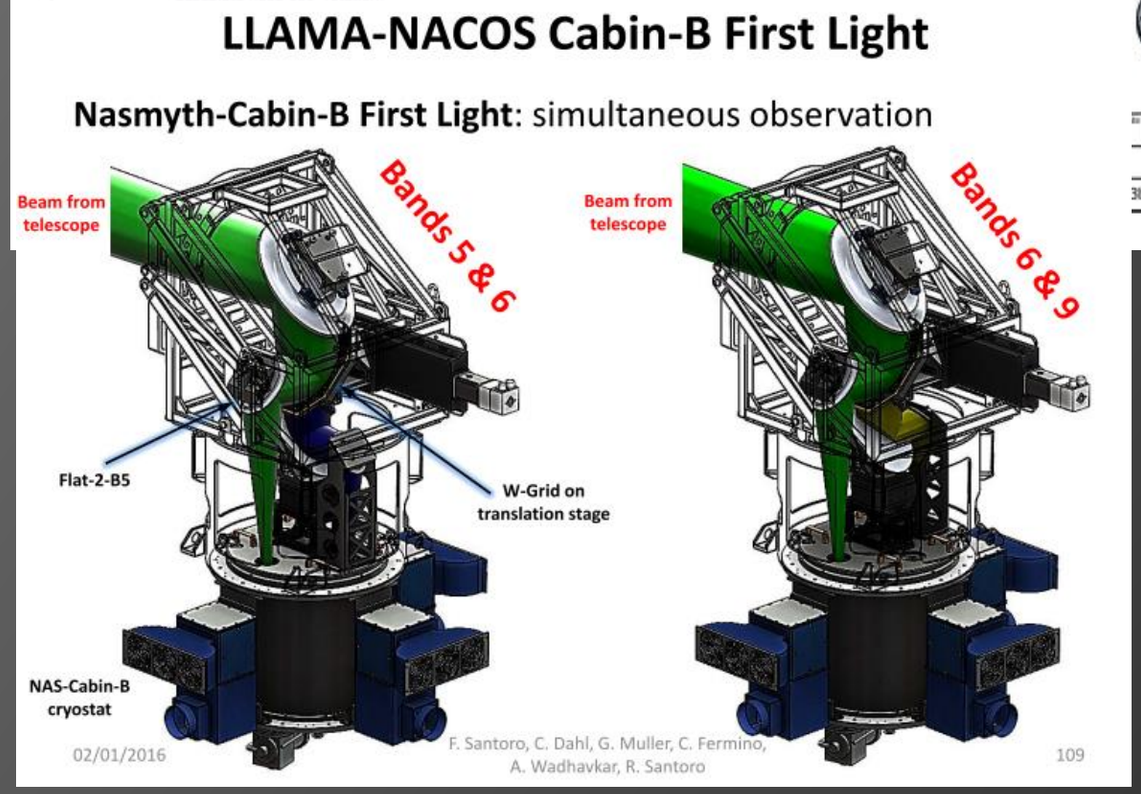
Nasmyth Optics

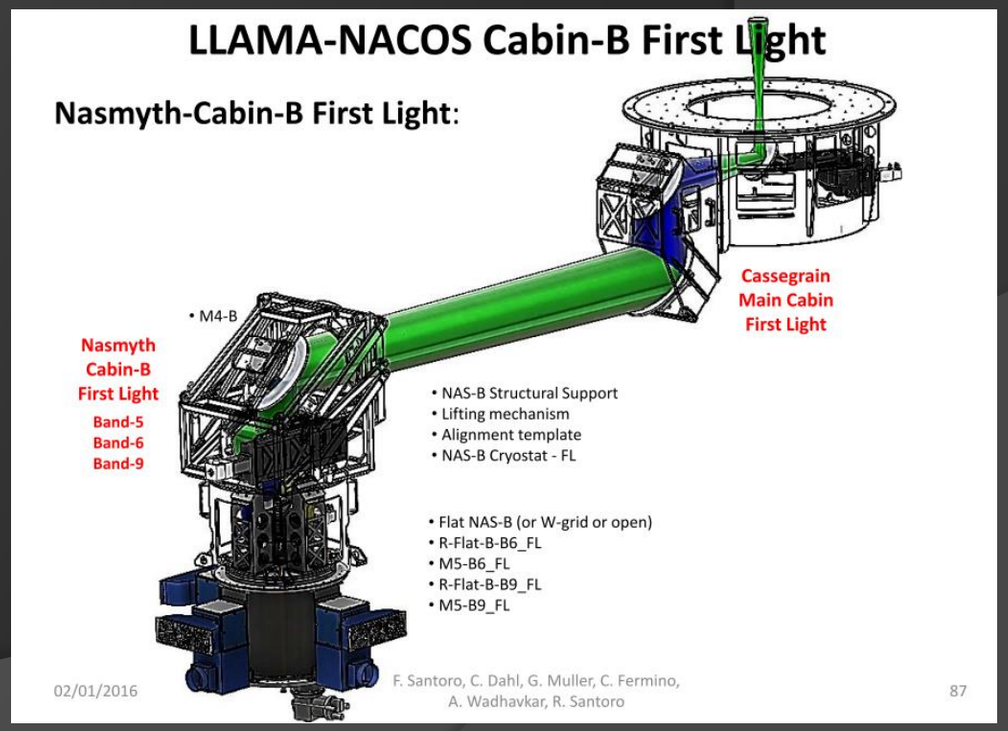
LA INSTRUMENTACION: OPTICA



LA INSTRUMENTACION: OPTICA







LA CALIBRACION

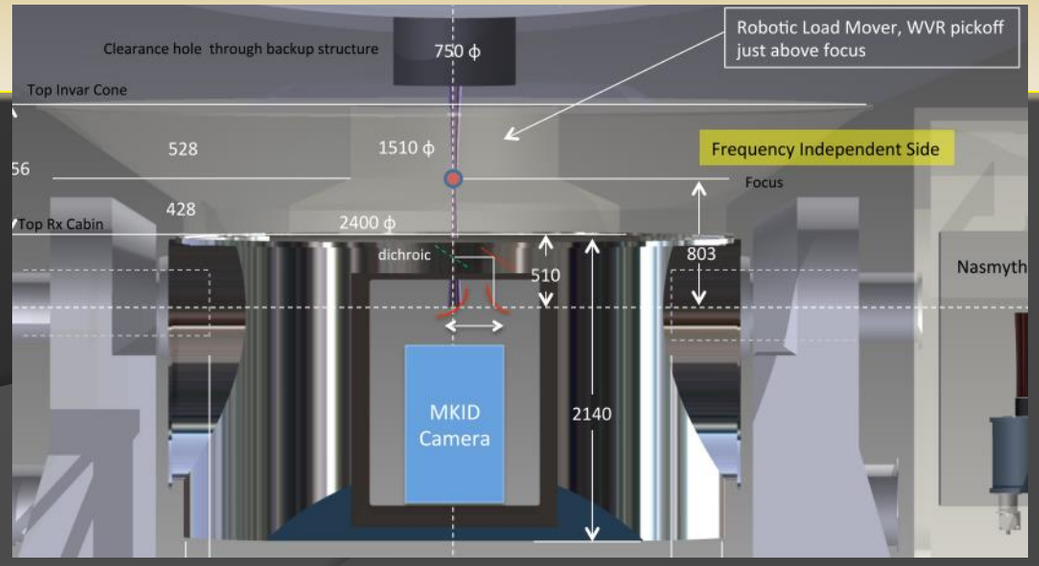
Proveedor: Universidad de Concepción, Chile. Líeder: Rodrigo Reeves.

Como consecuencia de la disponibilidad de cargas de calibración internas, LLAMA debe implementar un sistema en el cual se introducen en el camino de la señal dos cargas a distintas temperaturas, que se comportan como cuerpos negros.

Introduciendo secuencialmente ambas cargas se puede caracterizar la sensibilidad del receptor aplicando el Método de la Y.

Características:
El sistema de calibración se ubicaría 25 cm por encima del foco en la cabina Cassegrain.

Constaría de dos cargas, montadas sobre un brazo robótico, una de ellas 100°C y la otra a temperatura ambiente de la cabina o estabilizada en temperatura.

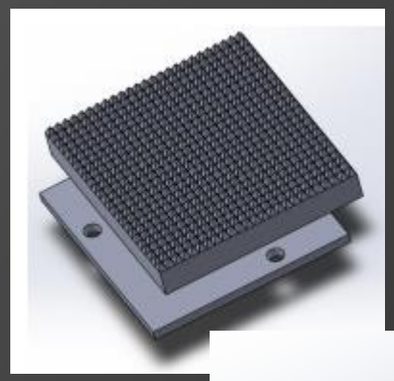


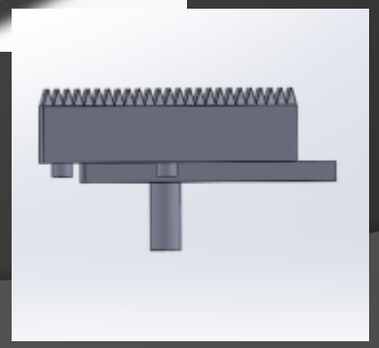
LA CALIBRACION

La implementación de realizaría a partir de la aplicación de un PID, Proporcional, Integral y derivativo, como algoritmo de control térmico de un material absorbente con muy baja reflectividad a las señales incidentes conocido como Tesselating TeraHertz RAM-Radar Absorbing Material, fabricado por TK Instruments, hecho a partir de polipropileno.

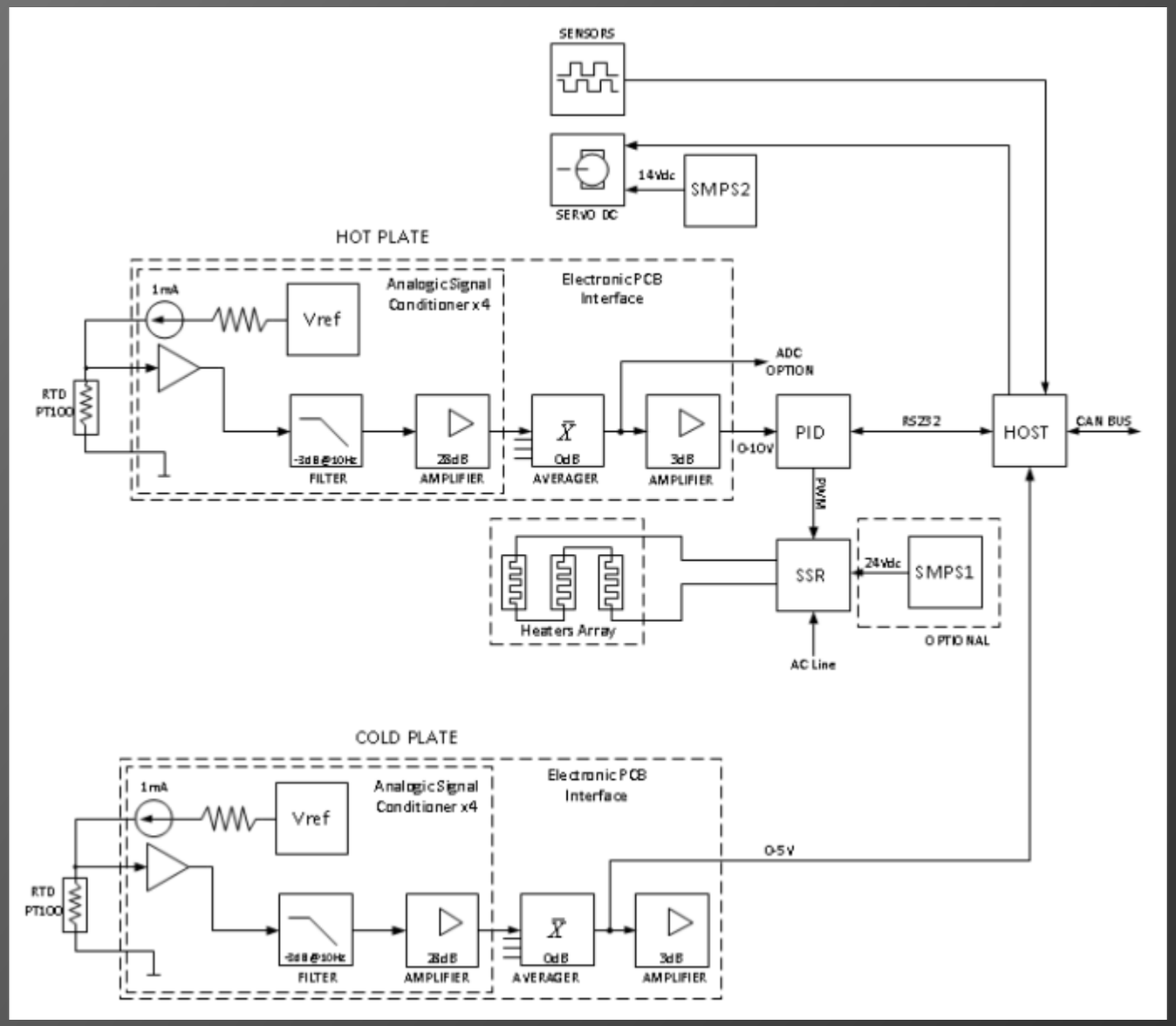
El material se presenta en pequeñas piezas de 25 mm de lado y 5 mm de espesor, que se deben arreglar una al lado de la otra hasta cubrir la superficie deseada.

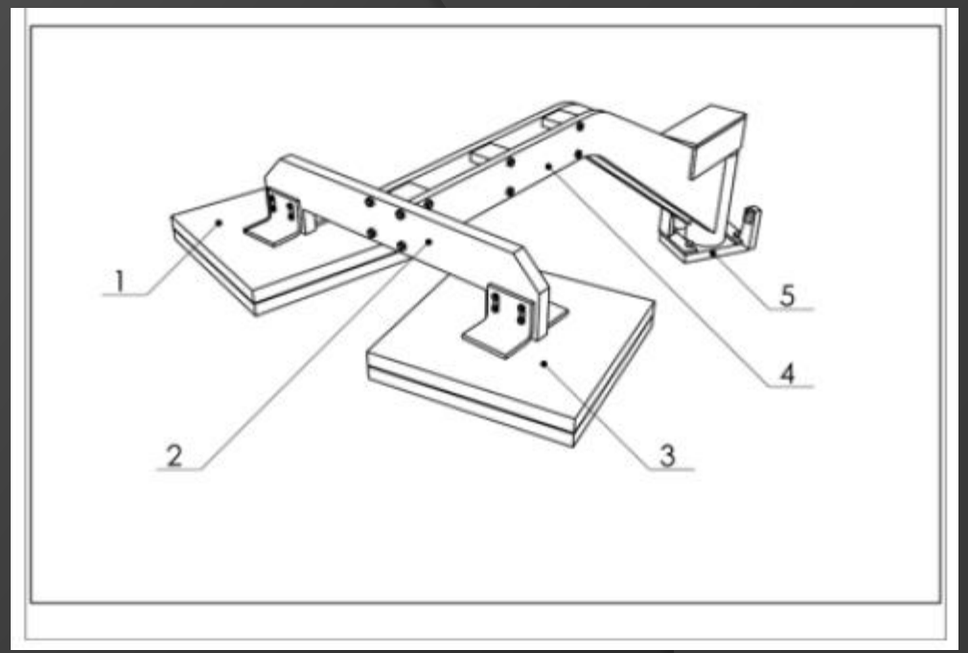
La reflectividad es de -40 dB para >150 GHz y -30 dB para >40 GHz.



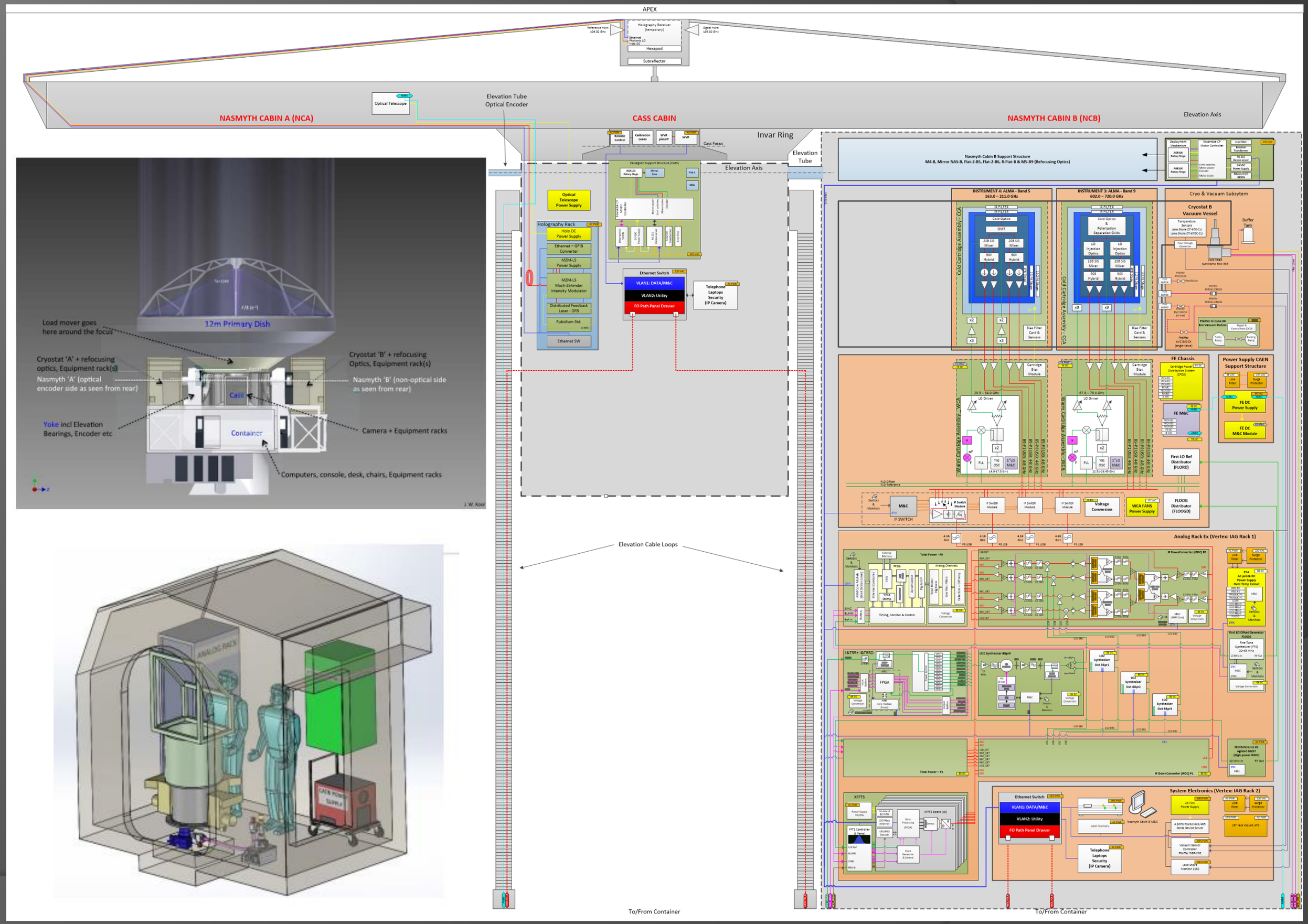


LA CALIBRACION

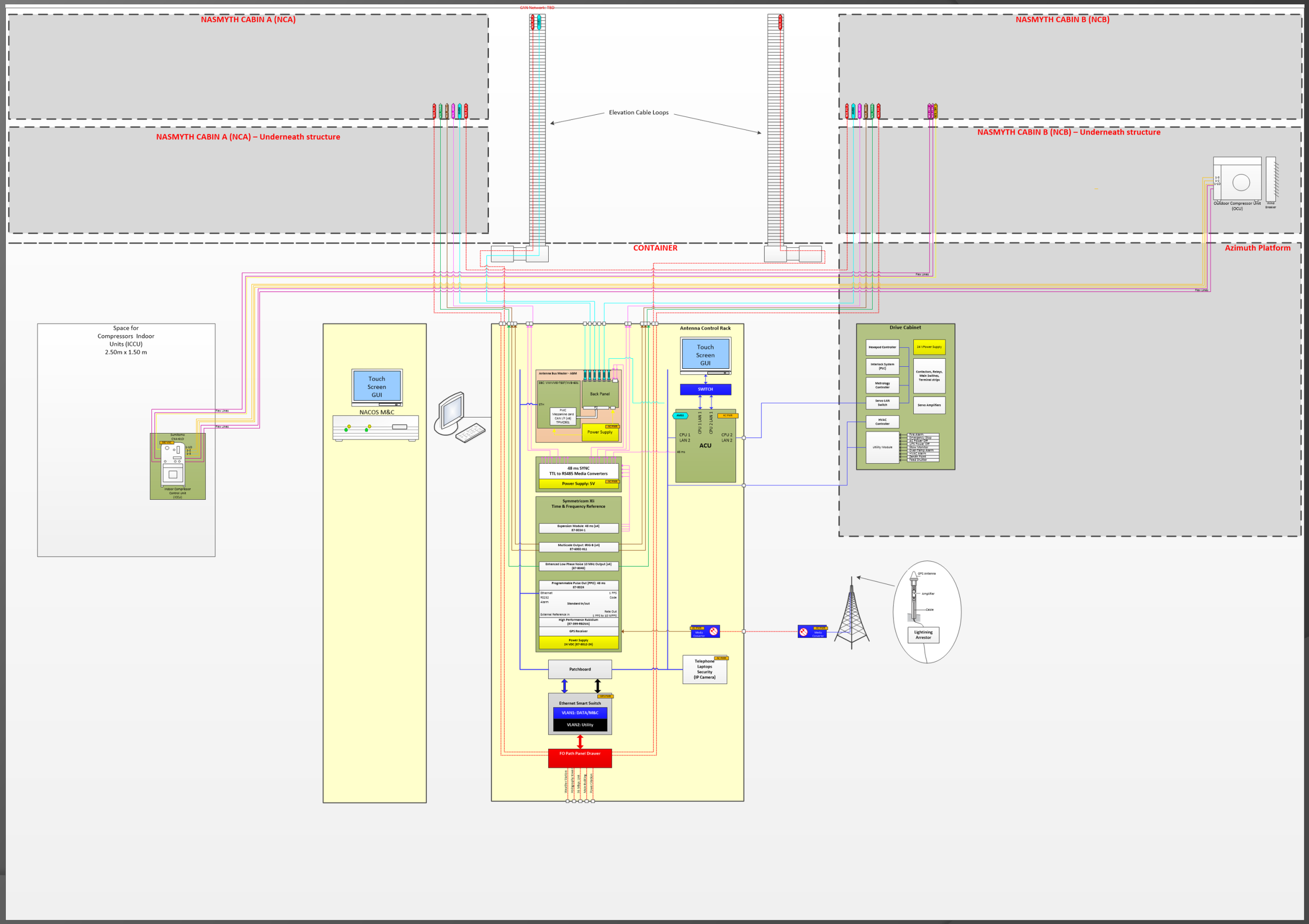




LA INSTRUMENTACIÓN



LA INSTRUMENTACIÓN

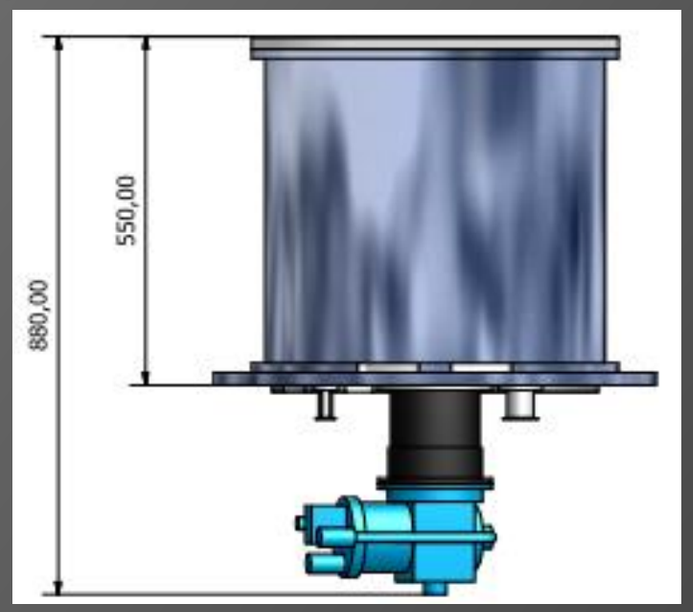


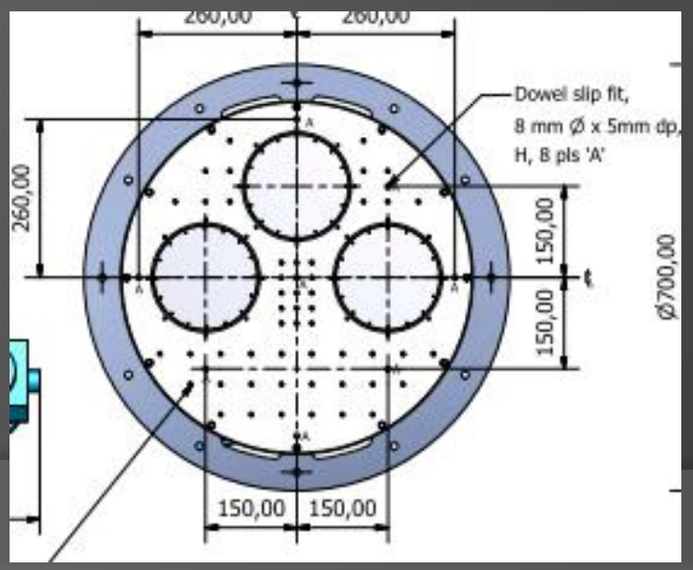
EL CRIOSTATO

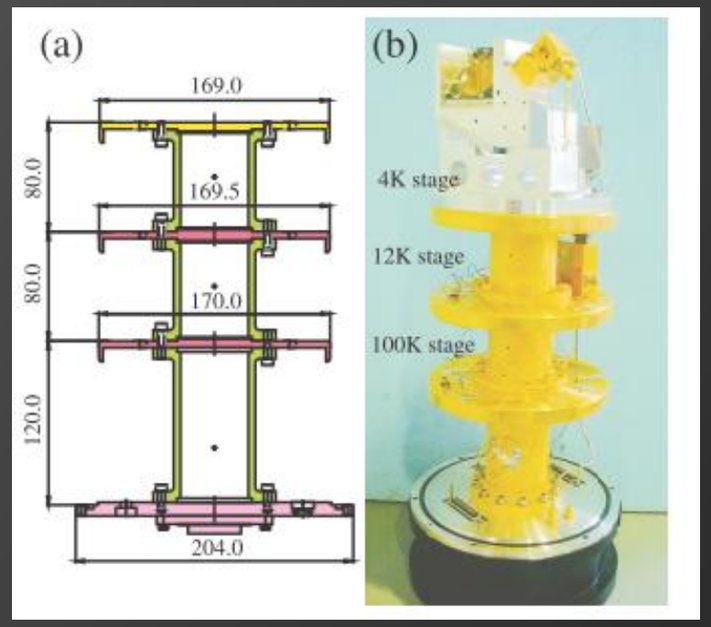
Proveedor: NAOJ – National Astronomical Observatory of Japan.
Líder: Shin'ichiro Asayama

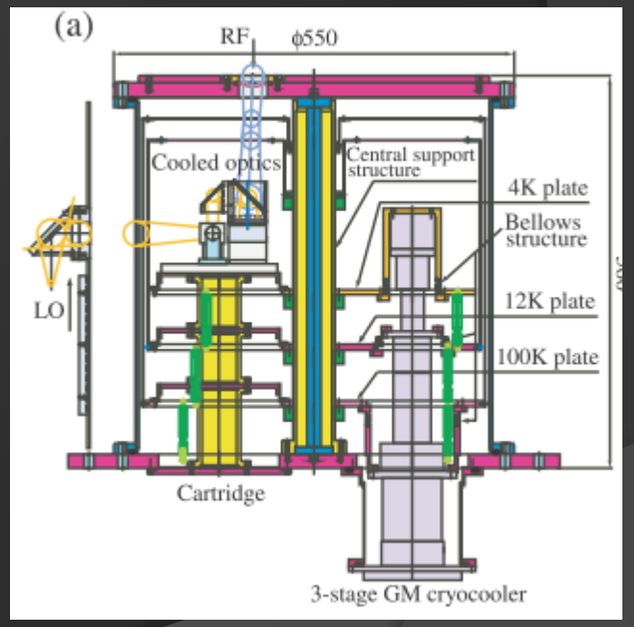
El criostato esta compuesto por tres (3) etapas, cada una de las cuales se conecta a la primera, segunda y tercara etapa de un Cryo Cooler de tipo Gifford McMahon, Sumitomo RDK 3ST, que se encuentran a las temperaturas de 100°K, 12°K y 4°K respectivamente.

El peso del críostato, incluídos los cartridges y la cabeza enfriadora es de 170 Kg.









FRONT END

Proveedor: NOVA Nederlandse onderzoekschool voor de Astronomie
Netherlands Research School for Astronomy

Cada Front-End en las cabinas Nasmyth constituye un grupo de tres receptores enfriados criogenicamente. Cada Front-End provee:

- El sub sistema criogénico formado por el crióstato con sus sensores y monitor.
- Sub sistema de vacío.
- Tres (3) Cold Cartridge Assemblies (CCA):
  - Largo plazo: B6, B7 y B9 (cabina Nasmyth A) B1, B3 y B5 (cabina Nasmyth B)
  - Primera Luz: B5, B9 y B6 (Cabina Nasmyth B)
- Tres (3) Warm Cartridge Assemblies (WCA)
- Óptica terciaria a temperatura ambiente.
- Estructura de soporte.
- IF Switch subsystem
- First Local Oscillator Reference Distributor (FLORD)
- First Local Oscillator Offset Generator Distributor (FLOOGD)
- FE M&C
- Compressor.
- Front End power supply
- Cartridge Power Distribution System (CPDS)

Sub sistemas comunes

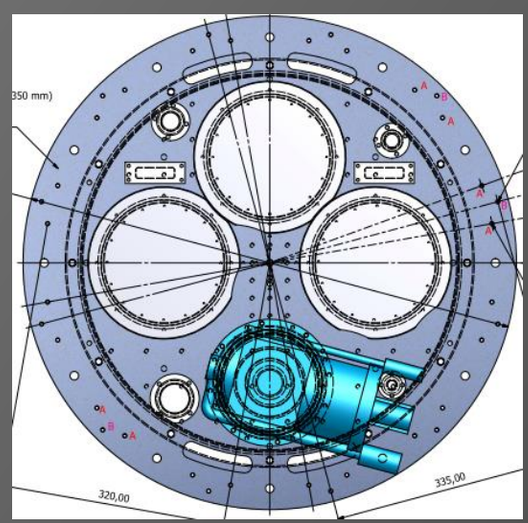
- Cal device
- Water Vapor Radiometer. (WVR)

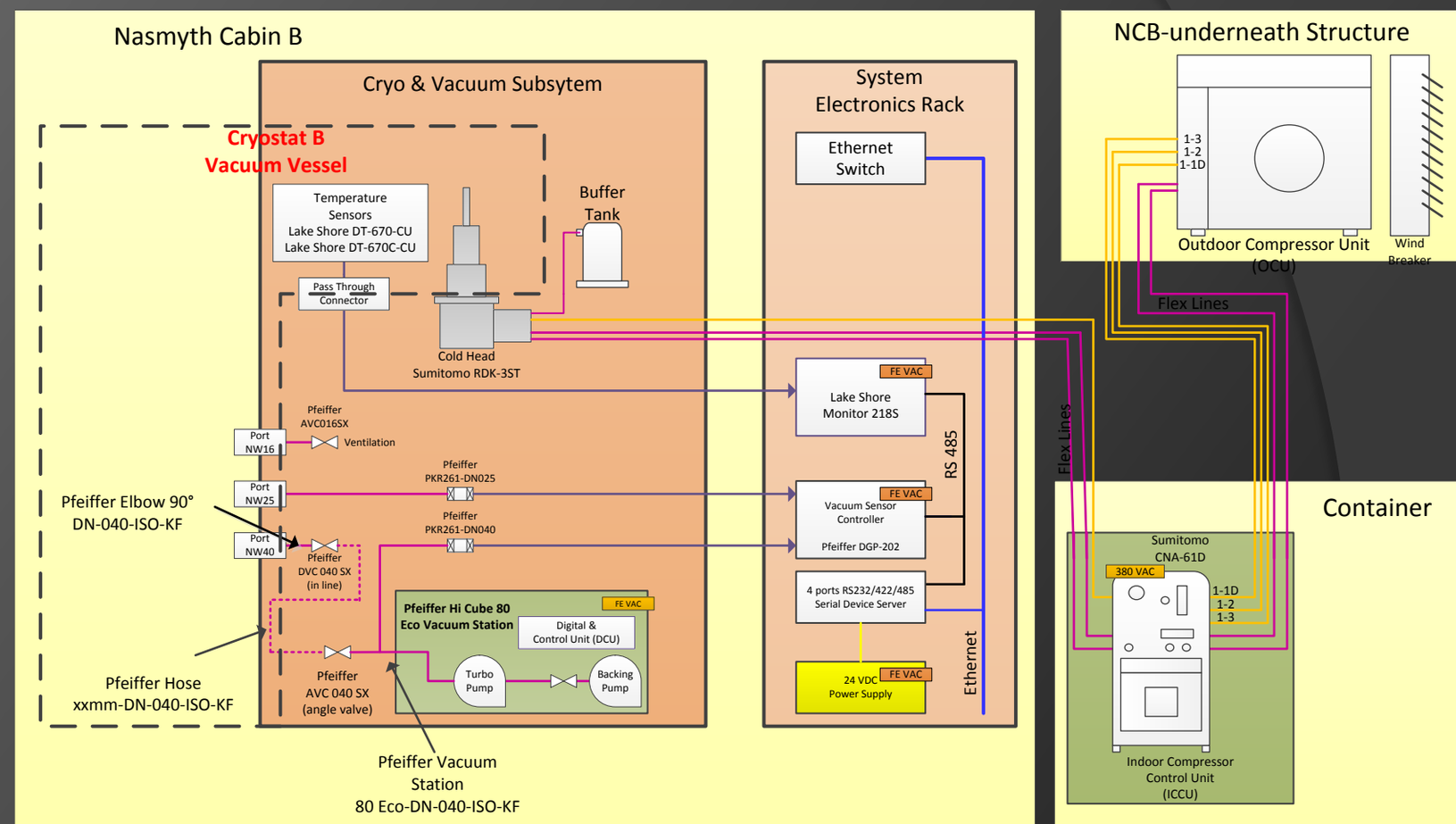
FRONT END

ALMA Band	Frequency Range	Receiver noise temperature		Mixing scheme
		T_{Rx} over 80% of the RF band	T_{Rx} at any RF frequency	
1	31.3 – 45 GHz	17 K	28 K	USB
2	67 – 90 GHz	30 K	50 K	LSB
3	84 – 116 GHz	37 K (35K)	62 K (50K)	2SB
4	125 – 169 GHz	51 K	85 K	2SB
5	163 - 211 GHz	65 K	108 K	2SB
6	211 – 275 GHz	83 K (40K)	138 K (60K)	2SB
7	275 – 373 GHz	147 K (80K)	221 K (90K)	2SB
8	385 – 500 GHz	98 K	147 K	DSB
9	602 – 720 GHz	175 K (120K)	263 K (150K)	DSB
10	787 – 950 GHz	230 K	345 K	DSB

SUBSISTEMAS CRIOGÉNICO Y DE VACÍO

Con el fin de alcanzar las temperaturas criogéncias se debe generar un alto vacío del odern de 10-8 mbar.





ESQUEMAS DE CONVERSIÓN

En LLAMA se presenta la necesidad de procesar señales muy débiles provenientes del cielo y a muy alta frecuencia.

Al tratarse de frecuencias tan altas, no podemos amplificar directamente.

En estudios de polarización o VLBI es importante preservar la fase.

Las condiciones anteriores se logran con receptores heterodinos en los que a la señal de entrada se le suma una señal muy fuerte monocromática, denominada de Oscilador Local y a la suma se la pasa por un dispositivo no lineal, denominado mezclador cuya salida permite obtener una señal cuya frecuencia es la diferencia de las señales de entrada y de OL.

Si bien el dispositivo utilizado en la transformación es no lineal, el resultado proceso es lineal para pequeñas señales.

$$mixer\ output \propto V_S V_{LO} \cos\left[(\omega_{LO} - \omega_S) \cdot t)\right] = V_S V_{LO} \cos(\omega_{IF} \cdot t)$$

ESQUEMAS DE CONVERSIÓN

Con los receptores que se utilizarán en LLAMA se presentan tres esquemas de conversión en frecuencia:

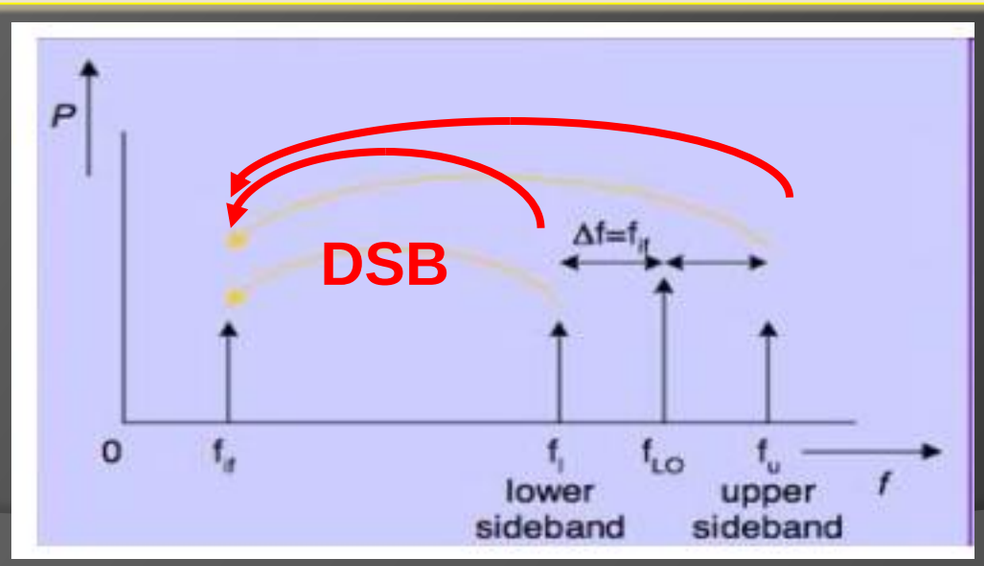
Simple banda lateral (SSB-Single Side Band): a la salida del receptor se encuentra presente una sola banda por polarización.

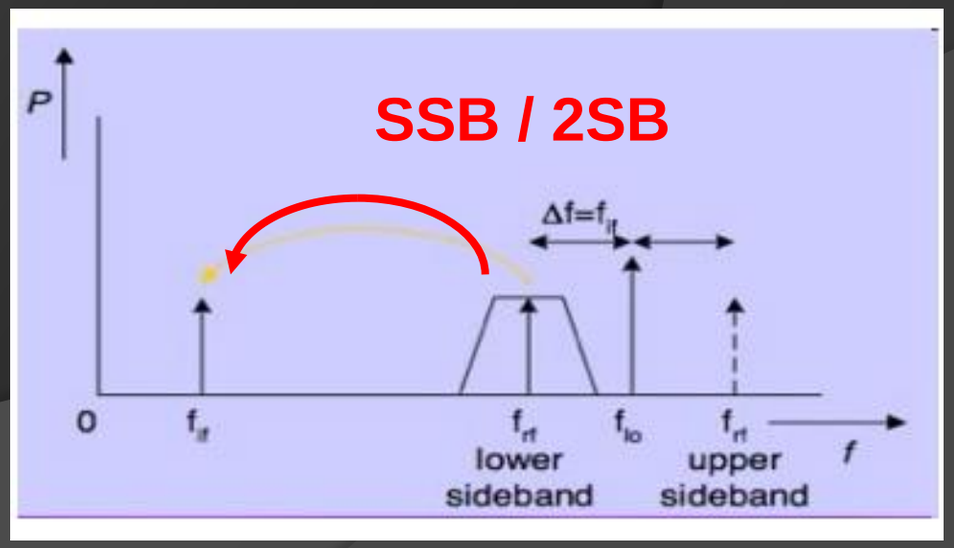
Doble banda lateral (2SB-Two Side Bands): por cada polarización, a la salida del receptor se encuentran presentes dos salidas, una llamada Banda Lateral Superior (USB-Upper Side Band) y la segunda denominada Banda Lateral Inferior (LSB-Lower Side Band).

Este esquema posee la ventaja de poder observar dos señales distintas simultáneamente.

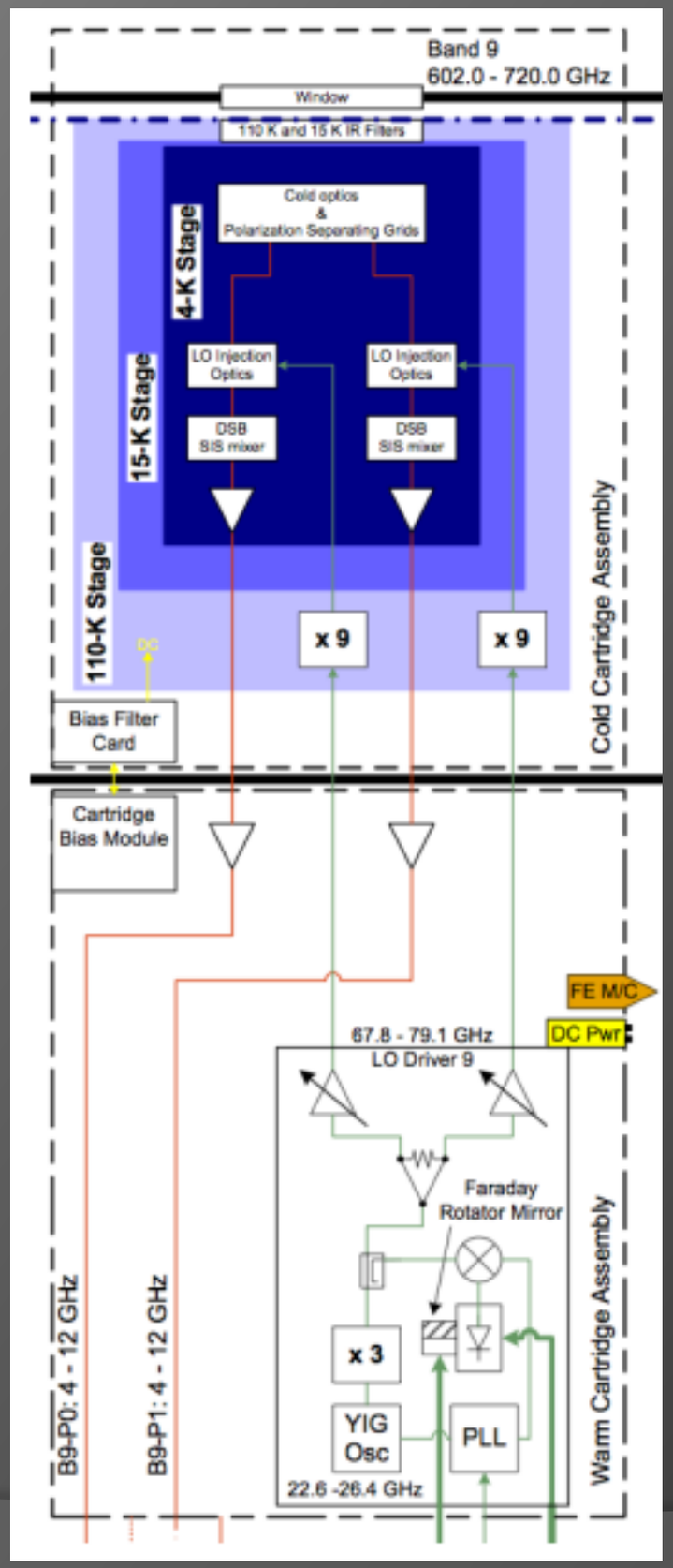
Doble Banda (DSB-Double Side Band) por la cual ambas laterales su seuperponen en la misma Frecuencia Intermedia.

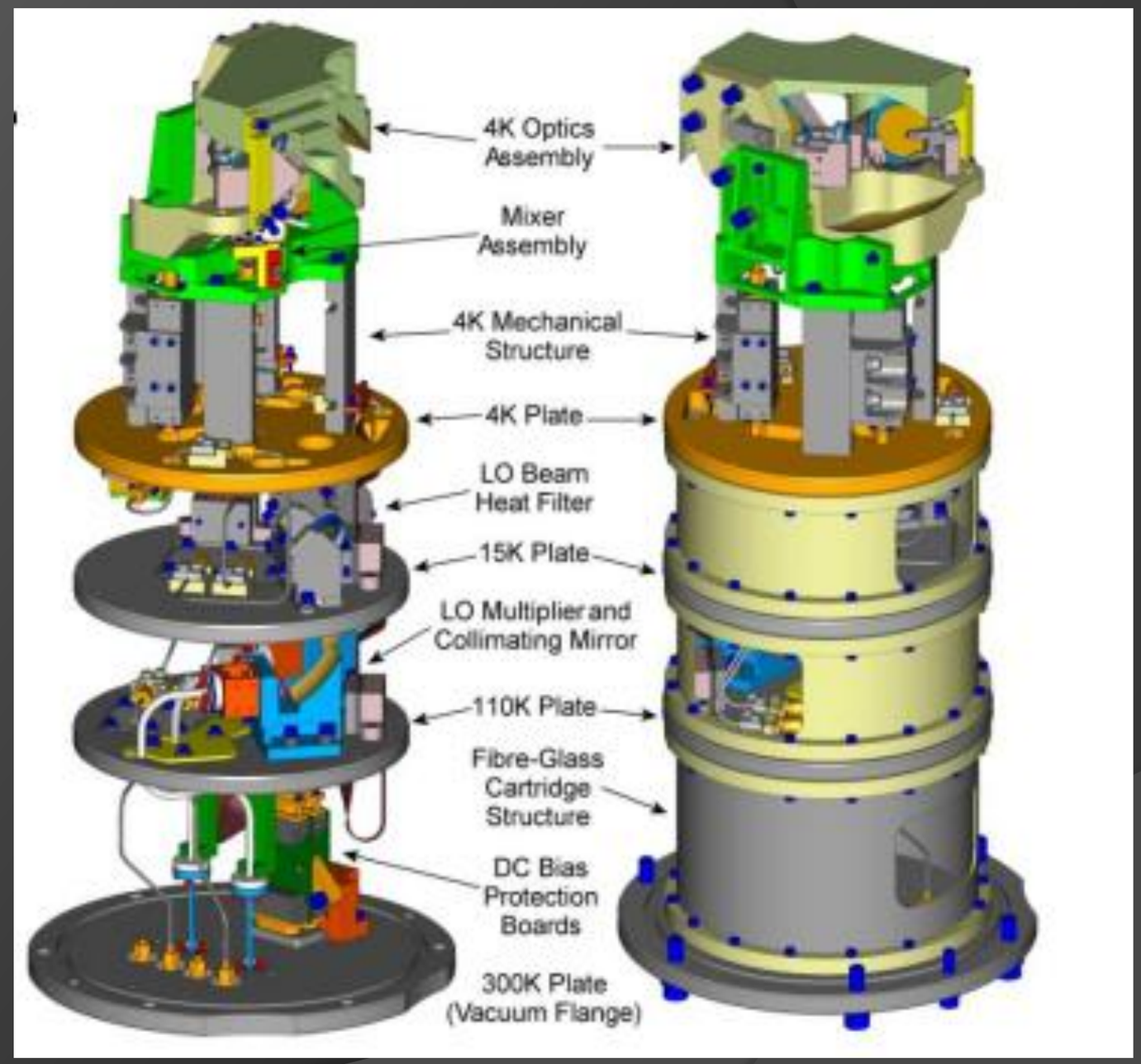
- La desventaja de este esquema es que se adiciona el ruido de la frecuencia imagen sino esta bien filtrada.
- El receptor de B9 en la actualidad presenta DSB pero se lo va a actualizar.



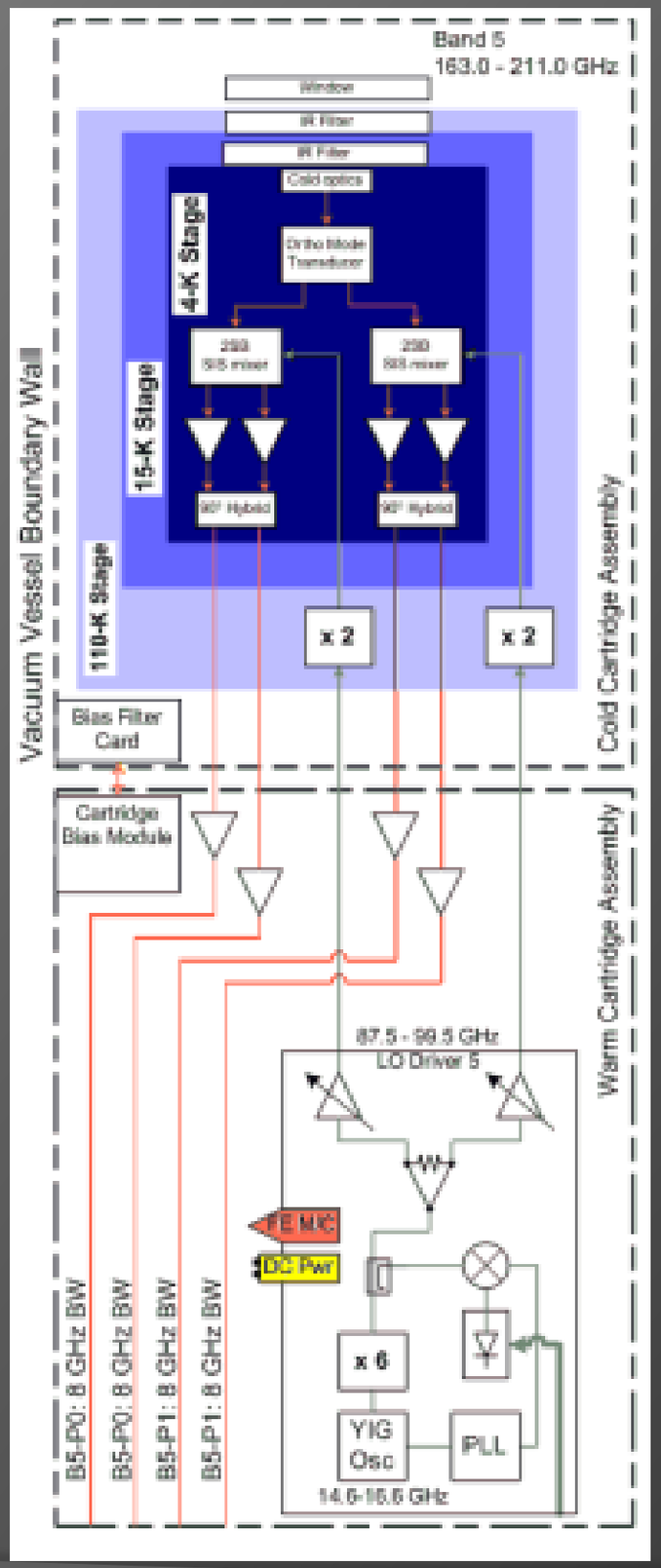


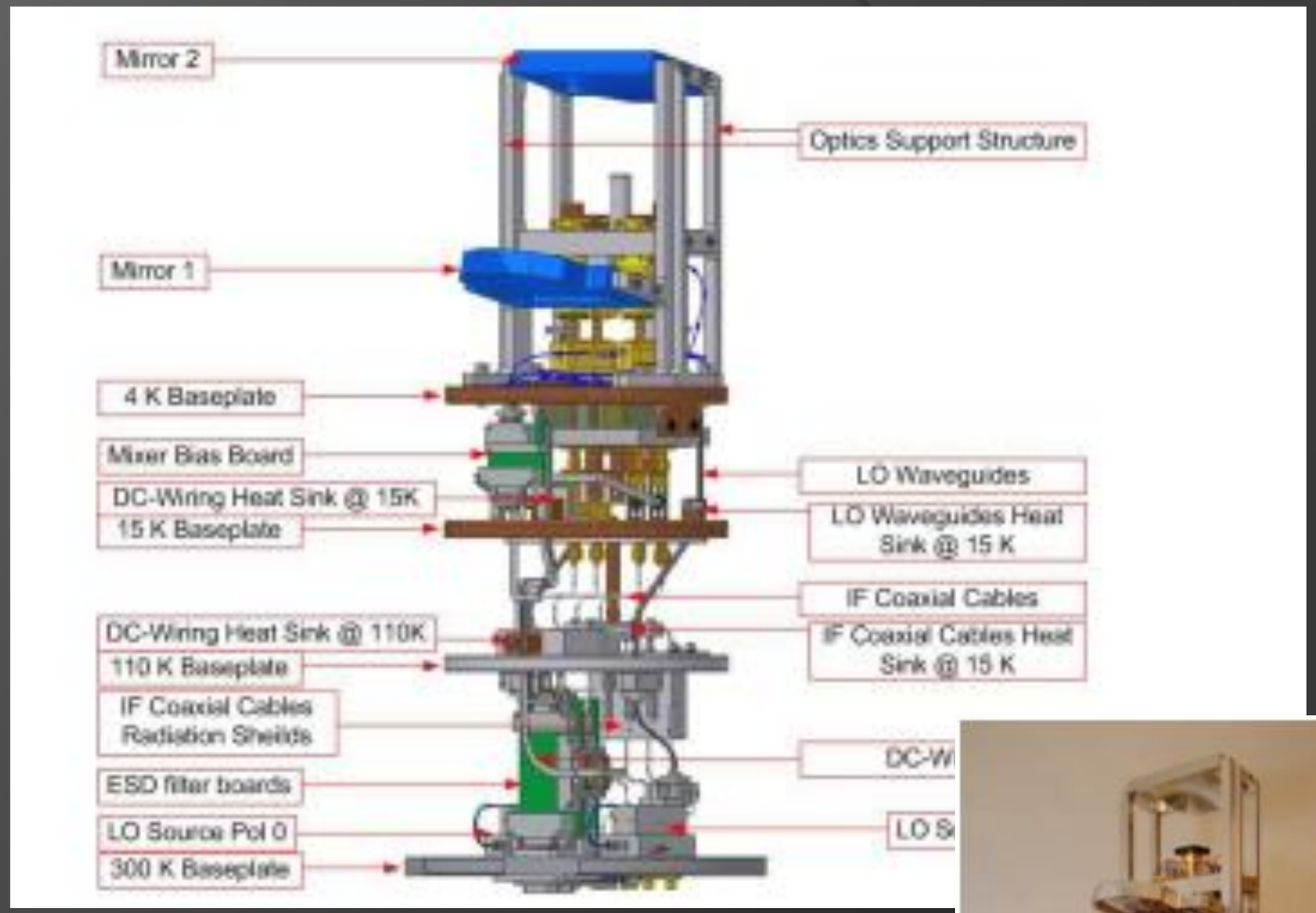
RECEPTOR EN BANDA 9



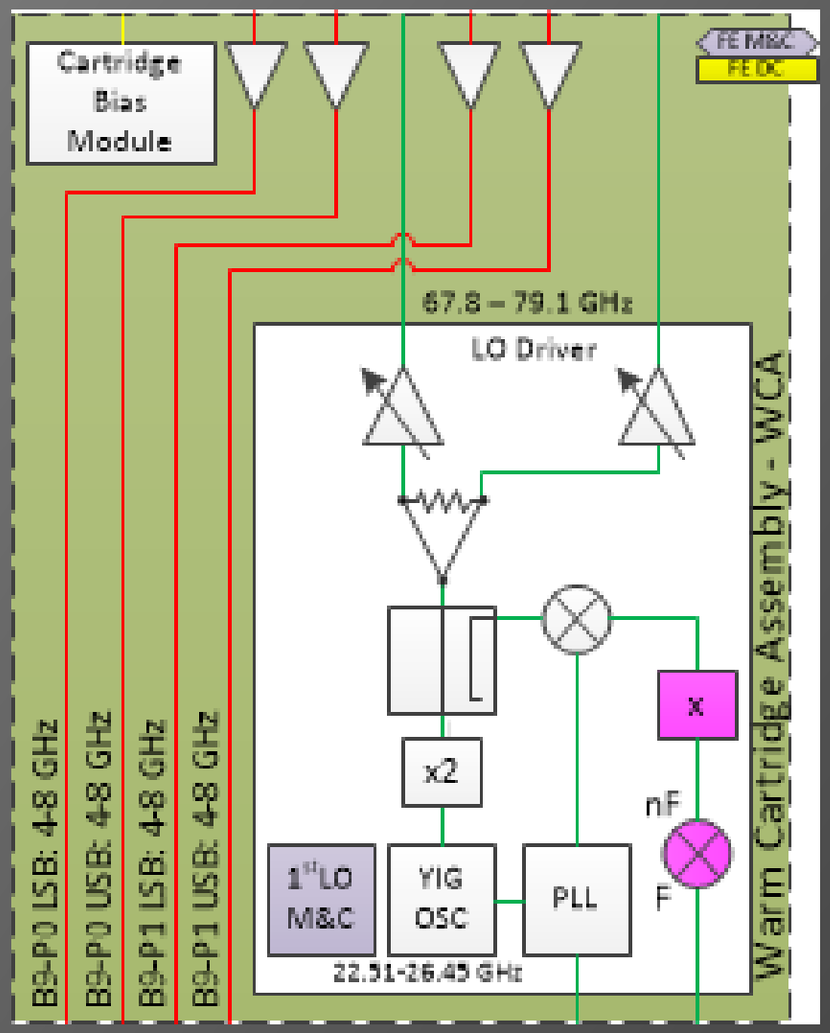


RECEPTOR EN BANDA 5





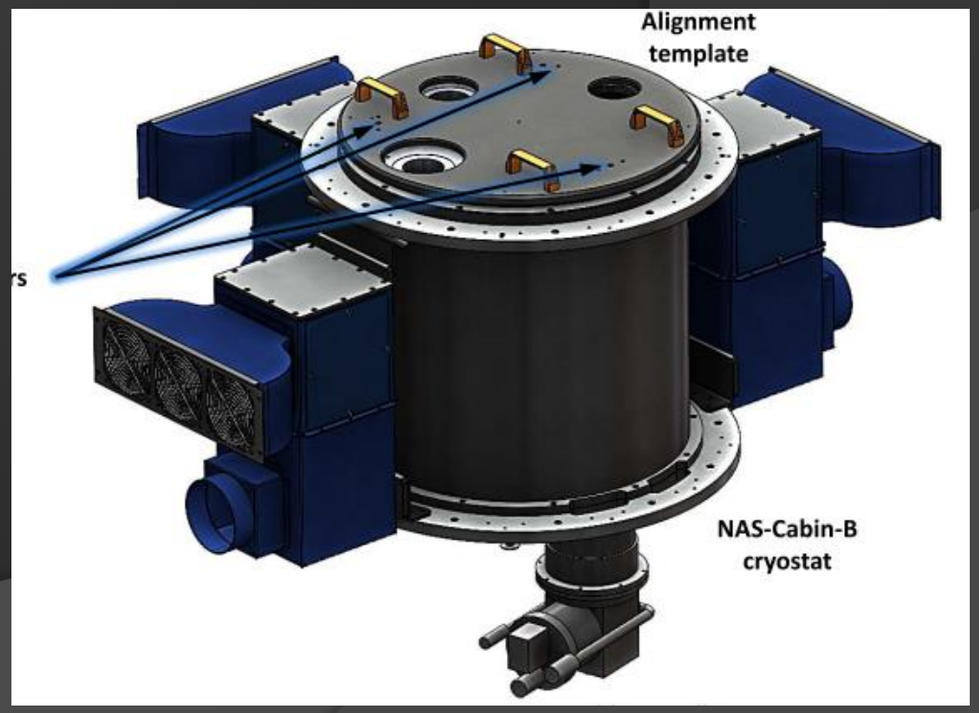
WARM CARTRIDGE ASSEMBLY-WCA



Proveedor: NRAO

Problemas a resolver:
- Mezcladores Armónicos en el LO Driver.

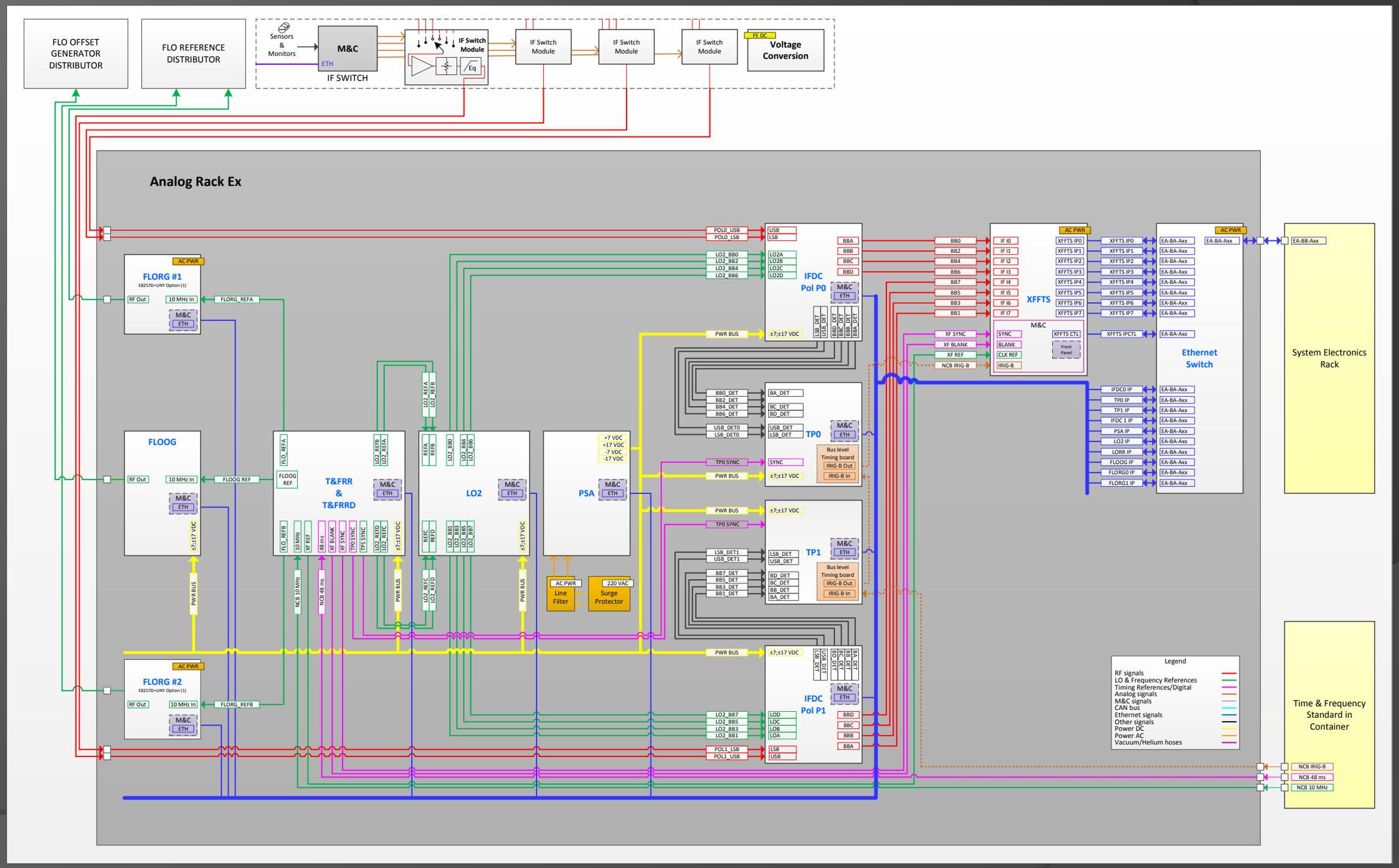
Interfaz CCA - WCA



BACK END

Proveedor: IAR

Capacidad de Procesamiento: 16 GHz
Completamente configurable a partir del IF Switch y un juego de llaves matriciales fuera y dentro del Conversor s Banda Base.



ESPECTRÓMETRO

Proveedor: RPG, Alemania
Software: IAR

Ancho de banda 3 dB: 2.5 GHz
Número de canales: 65536
Separación entre canales: 38.1 KHz

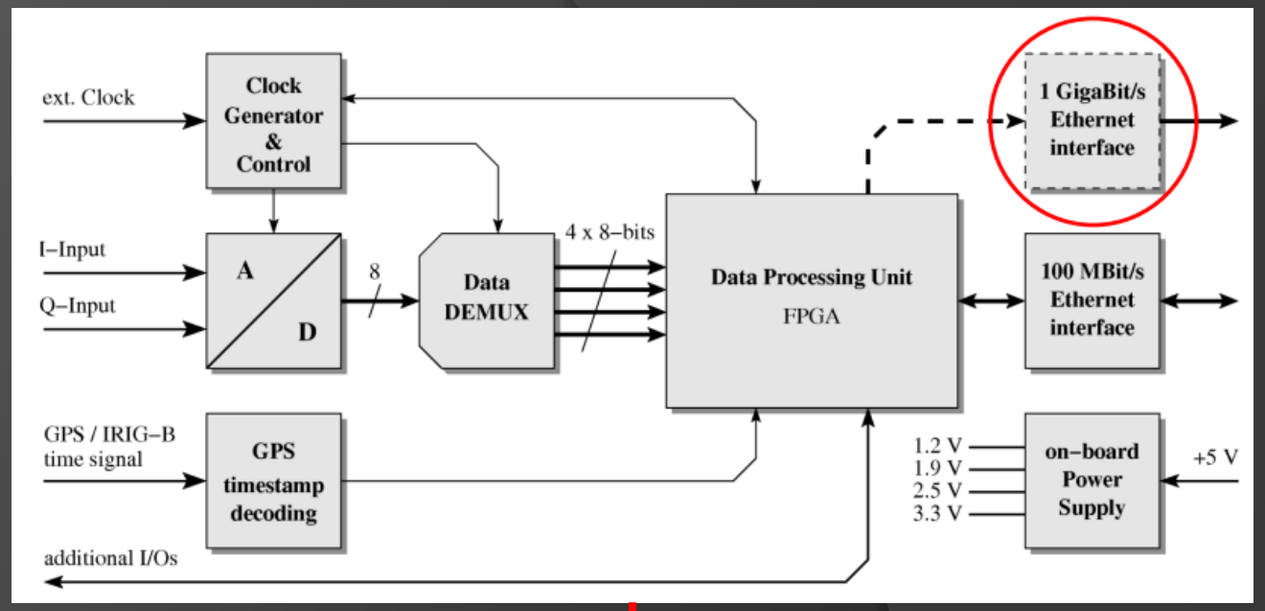
Acepta IRIG-B para marcado de tiempo.

Se puede cambiar el firmware en la FPGA para obtener mayores resoluciones, 100 MHz.

Cada crate acepta hasta 8 espectrómetros monolíticos.

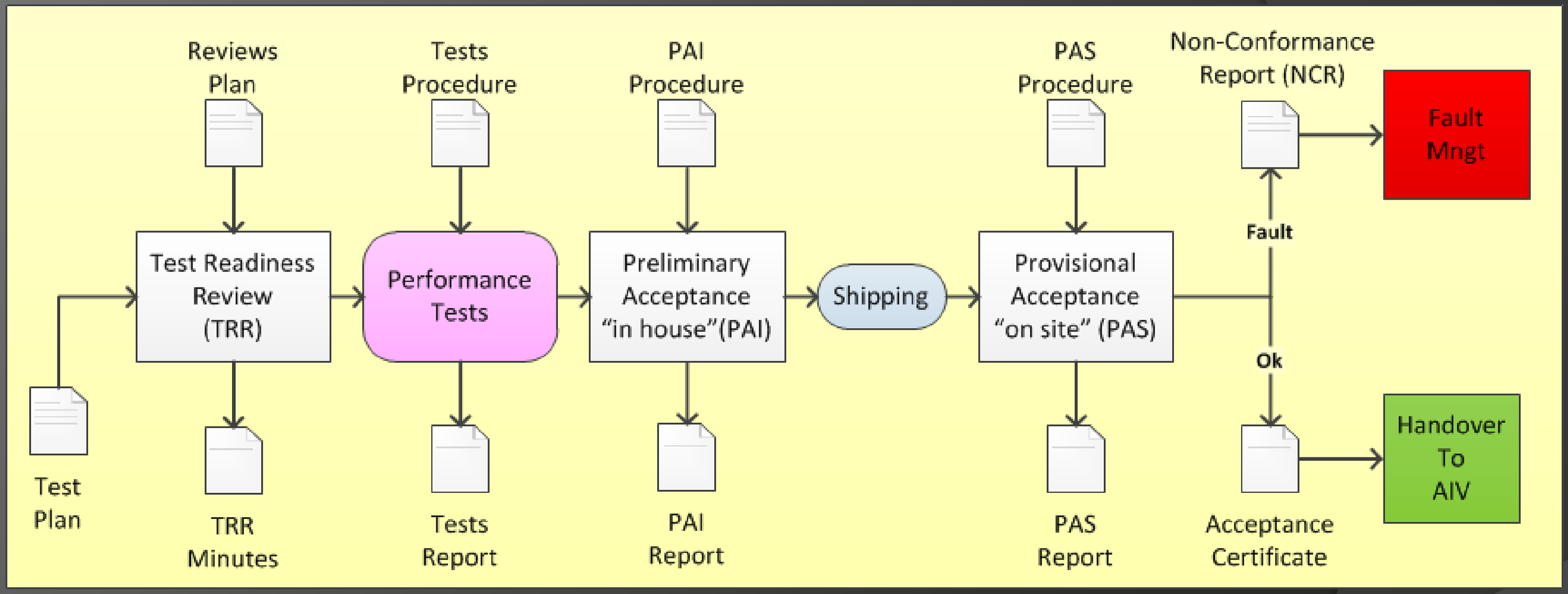
Se pueden conectar hasta 4 crates en cascada.

En LLAMA, a través de un juego de mezcladores, filtros y dos tarjetas podremos procesar un ancho de banda instantáneo de 4GHz.

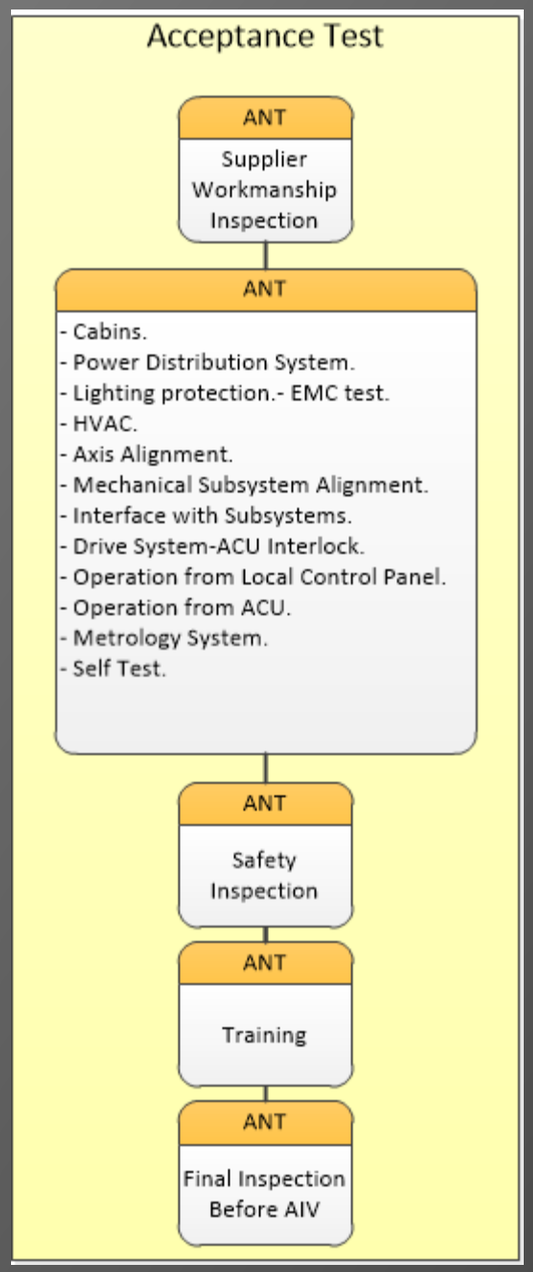


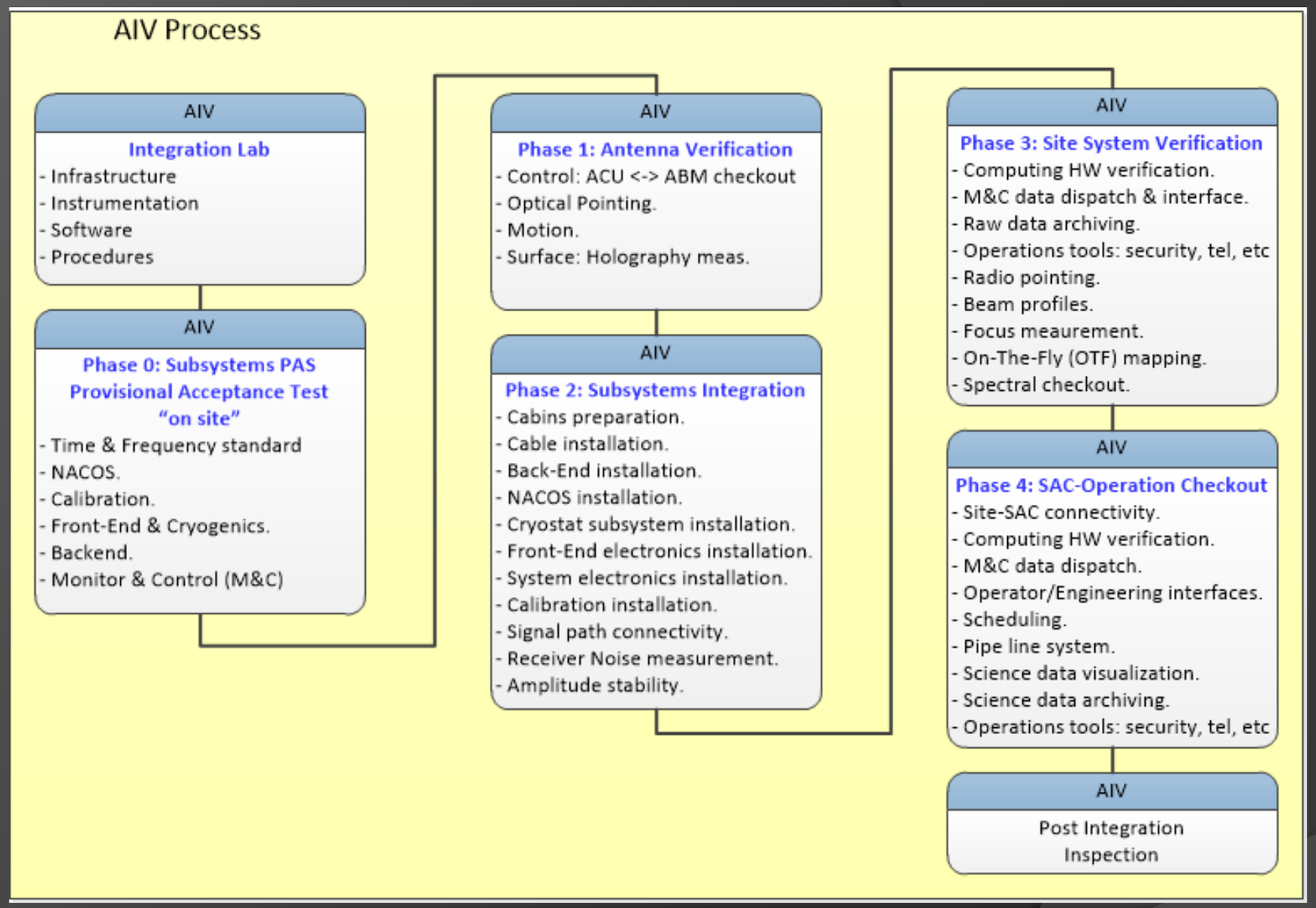
19" XFFTS crate equiped with eight XFFTS boards and one XFFTS controller

ASSEMBLY-INTEGRATION-VERIFICATION-AIV

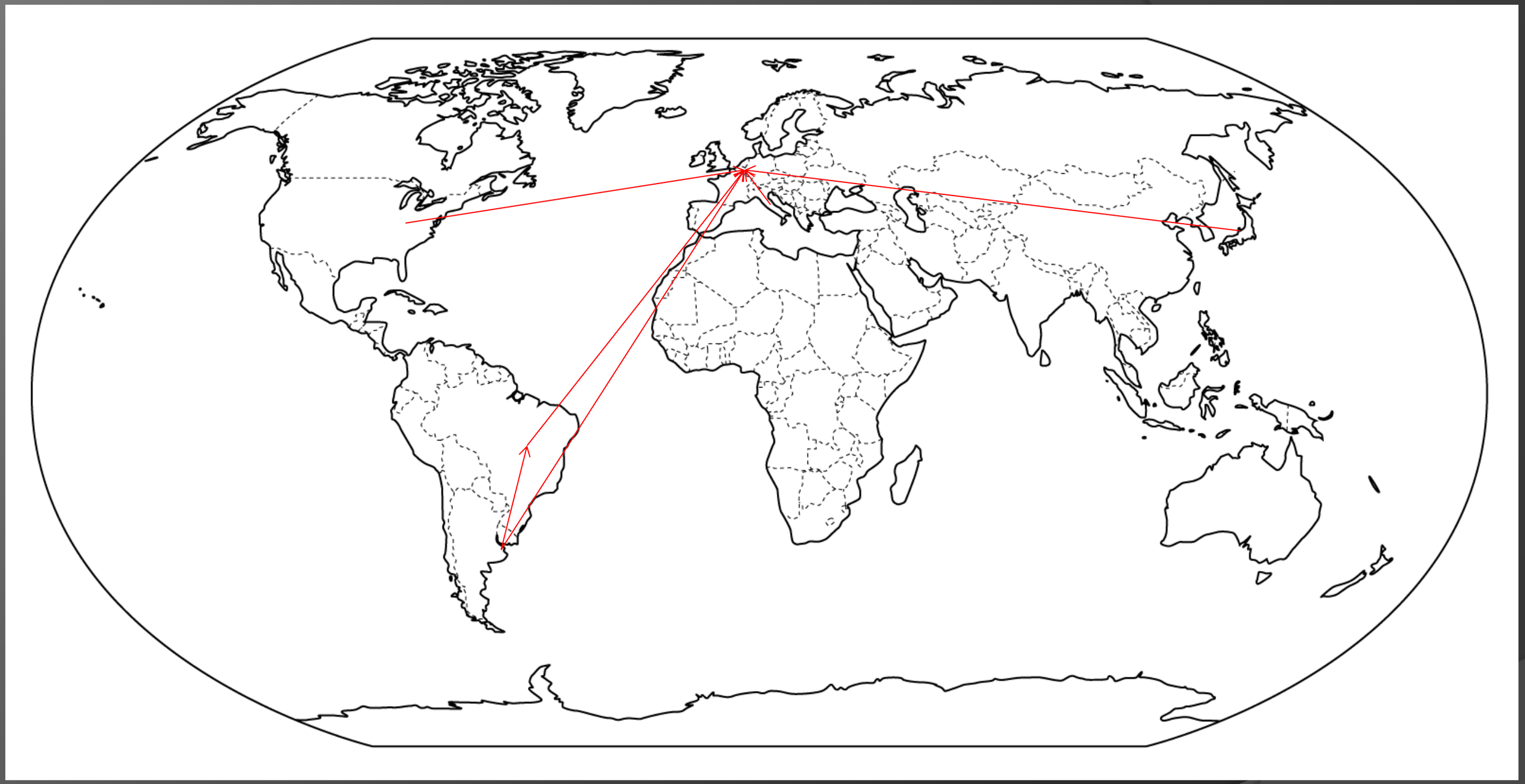


ASSEMBLY-INTEGRATION-VERIFICATION-AIV

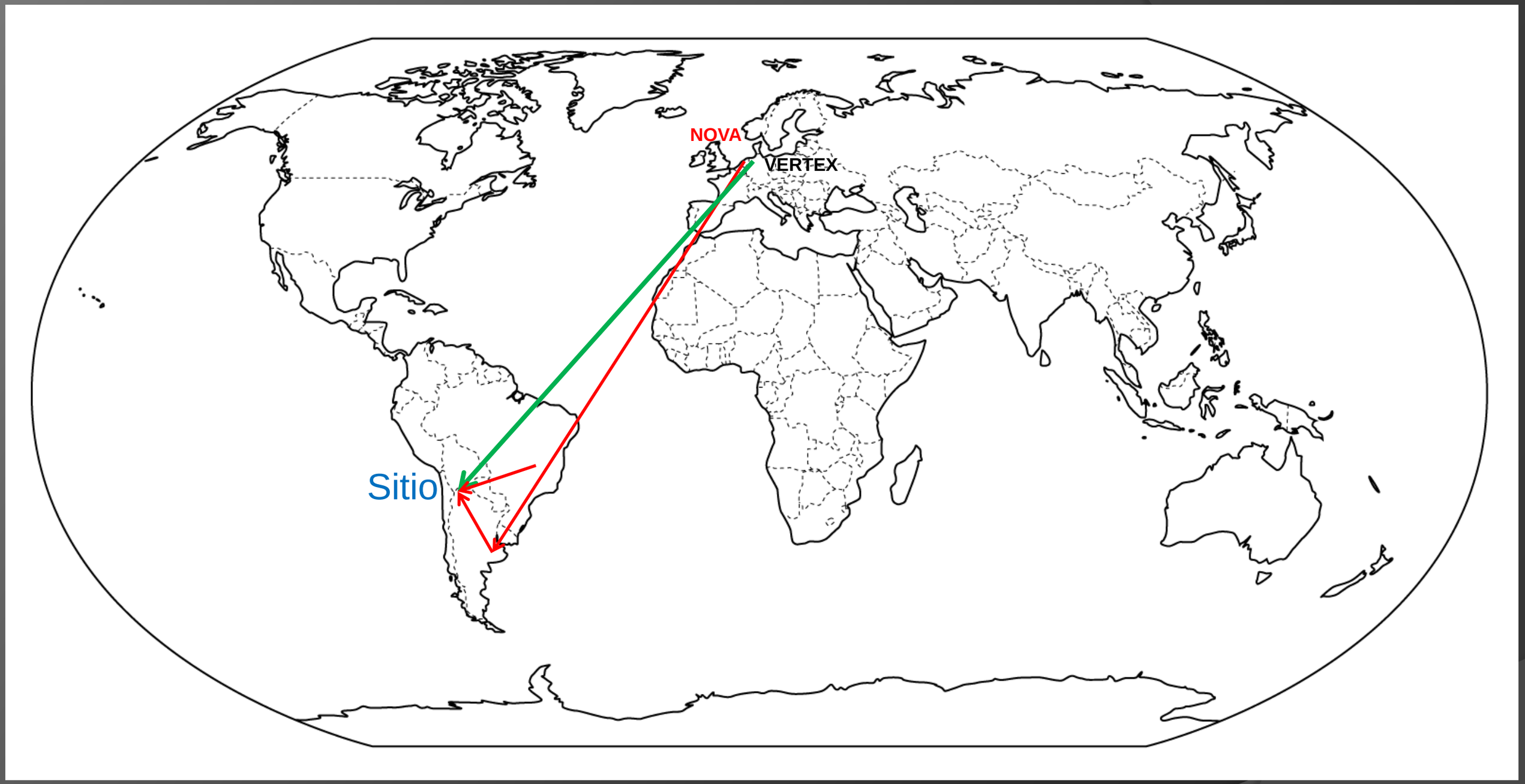




ASSEMBLY-INTEGRATION-VERIFICATION-AIV



ASSEMBLY-INTEGRATION-VERIFICATION-AIV



MUCHAS GRACIAS !!

…successful trip and a happy landing on Chorillos.

Thijs de Graauw, 27 de Septiembre de 2014

Construcción de la Antena Número 1 – Secuencia 1ra Fase

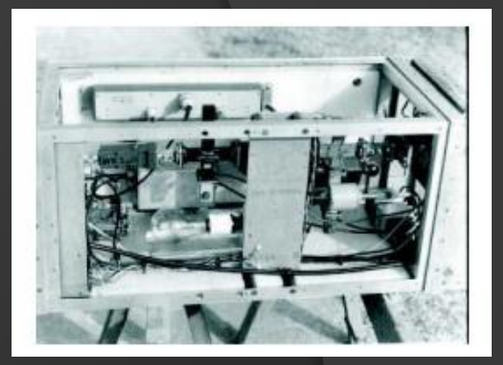
Taller de Armado

Armado de Las costillas

Anillo Central

Montaje del receptor

Primer Receptor



Plataforma

Fijación de Costillas y Chapas

Construcción de la Antena Número 1 – Secuencia 2da Fase

Base de Hormigón

Montaje Del Disco

Pedestal Sobre la Base

Montaje del Sistema de Movimientos