El Gran Telescopio Milimétrico Las Contribuciones del Grupo de Óptica

Sergio Vázquez y Montiel

Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

Grupo de Instrumentación óptica

Noviembre 2006

¿Dónde está el GTM?

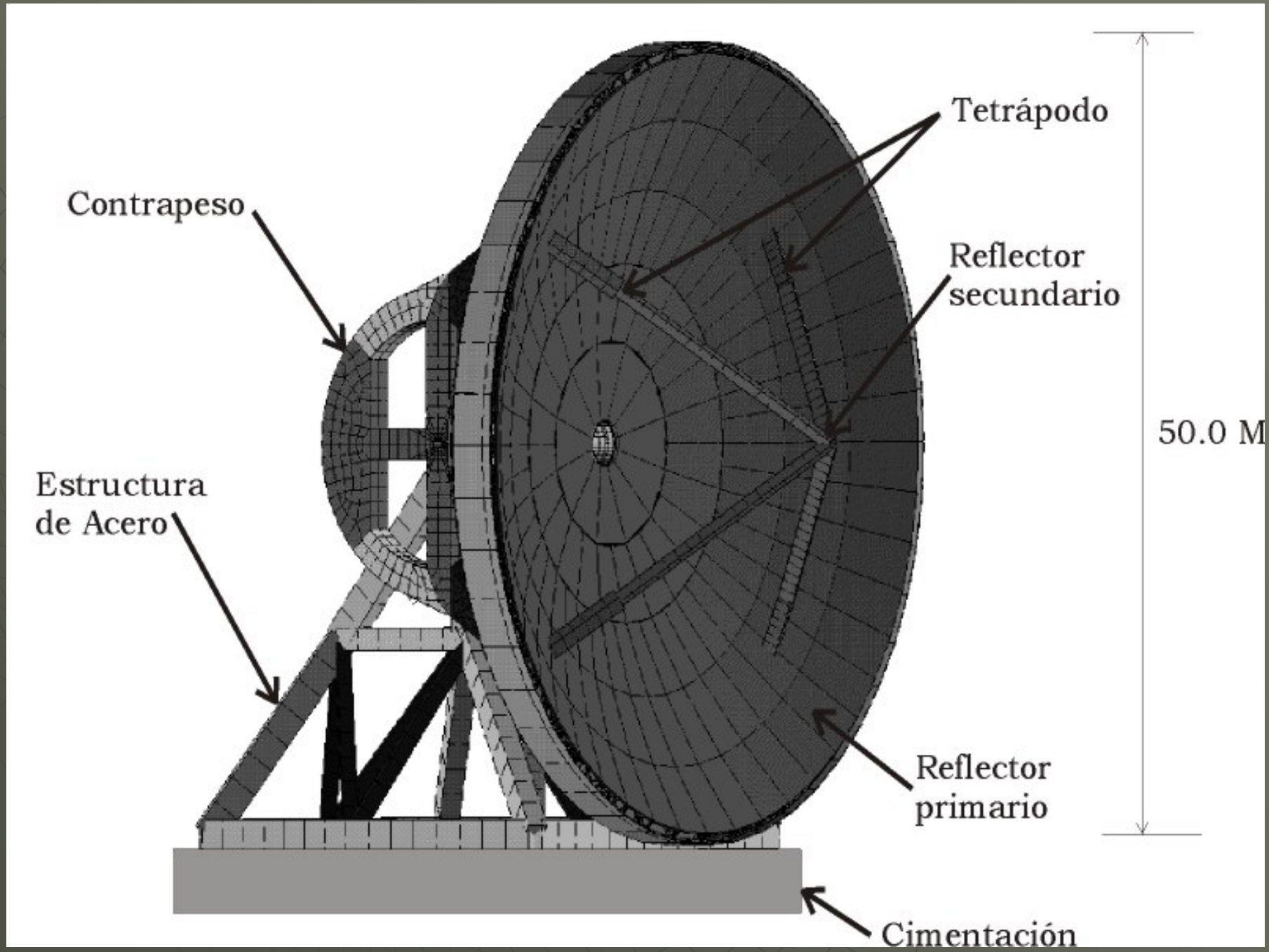
En la cima del Tliltépetl, Volcán Sierra Negra. A una altitud de 4580 metros sobre el nivel del mar. A 150 km de la Cd. de Puebla y 250 km de la Cd. de México

¿Quiénes participan?

El Gran Telescopio Milimétrico (GTM) es un esfuerzo conjunto del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) en Tonantzintla, México y la Universidad de Massachusetts (UMass) en Amherst

¿Qué es el GTM?

El GTM es un telescopio con un espejo primario de 50 m de diámetro, un espejo secundario de 2.5 m de diámetro y un espejo terciario de 1.6 m.


Tetrápodo
Contrapeso
Reflector
secundario
50.0 M
Estructura
de Acero
Reflector
primario
Cimentación

La óptica del telescopio permite un campo de visión de 8 minutos de arco.

El reflector primario tiene 180 segmentos distribuidos en 5 anillos concéntricos.

Las deformaciones que sufra esta superficie se podrán corregir mediante 720 actuadores

Para algunos detectores se requiere una óptica de reimagen formada por tres espejos.

La ciencia del GTM

Entre los objetivos fundamentales de la astrofísica moderna se encuentra la comprensión de los mecanismos de formación y evolución de las estructuras del Universo, desde las fluctuaciones primordiales del fondo cósmico de radiación de microondas hasta la distribución morfológica de las galaxias del Universo local, y el estudio de los procesos físicos y eficiencias de la formación estelar en todas las épocas cósmicas. La astronomía milimétrica ofrece una oportunidad sin precedentes de explorar los entornos más densos, fríos y polvorientos del Universo que son, a su vez, los centros de formación de estas estructuras.

SEQUOIA

cuenta con 32 píxeles de polarización doble. El arreglo se ha diseñado para que opere en el intervalo de 85 a 115.6 GHz a 18 K. alcanzando los 90 K a 116 GHz.

El buscador de corrimientos al rojo

un receptor diseñado para cubrir instantáneamente la banda atmosférica de 90 GHz en una sola sintonización. tendrá una estabilidad excepcional en las líneas de base, apropiada para la detección de la escalera de transiciones del CO que emiten las galaxias en formación a distancias cosmológicas.

El receptor de 1mm

Cubrirá la banda atmosférica de 210-275 GHz con un solo pixel superconductor-aislante-superconductor de doble polarización.

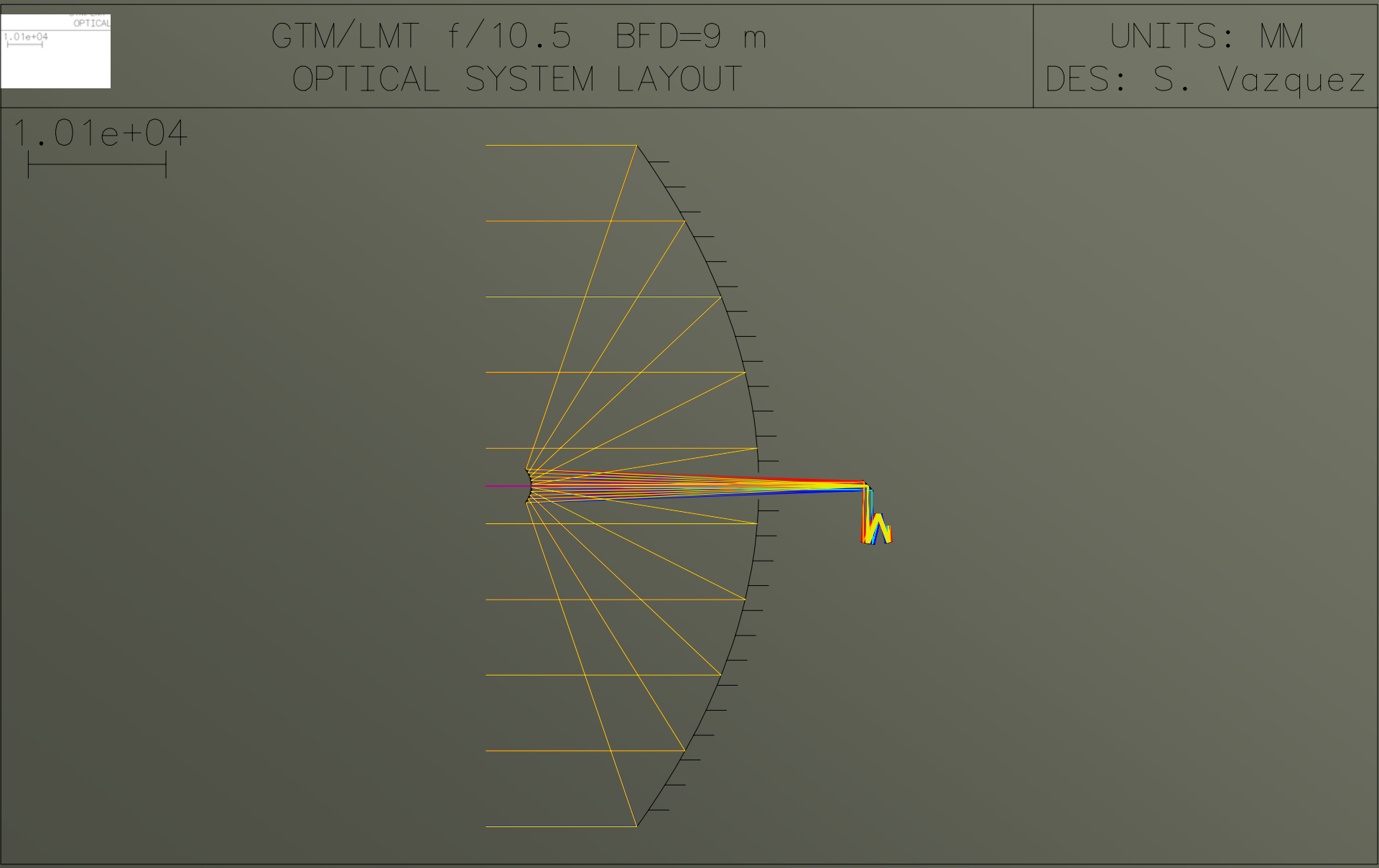
El espectrómetro de banda ancha

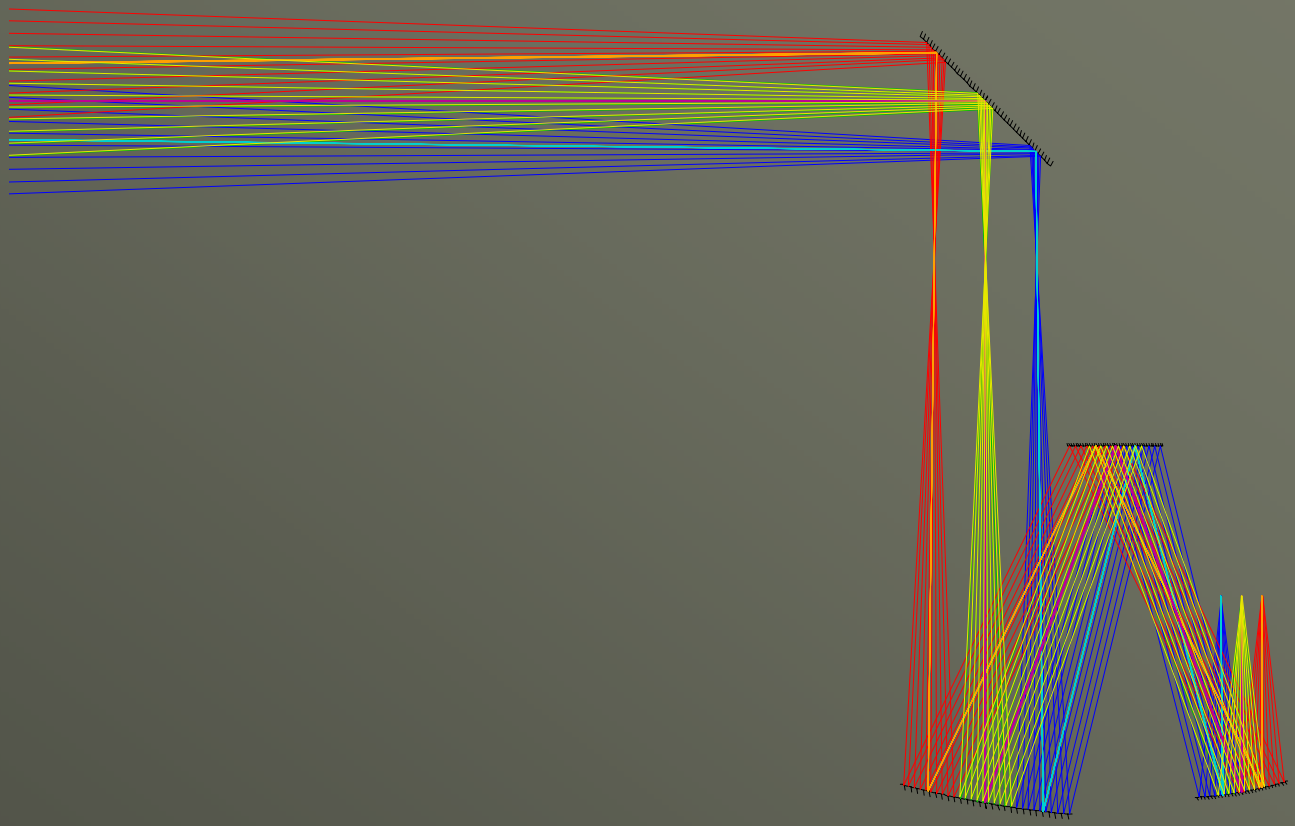
Se trata de un sistema autocorrelador digital de banda ancha, capaz de tomar hasta 64 entradas y producir espectros en diversas combinaciones del ancho de banda total y resolución espectral. se acoplará a sistemas como SEQUOIA, a sistemas de un solo pixel y a otros sistemas, como los arreglos de plano focal de gran formato que se planean a futuro.

AzTEC

es una cámara milimétrica de 144 pixeles que opera a 1.1 y 2.1mm. La radiación se acopla a bolómetros de tela de araña de Si-Ni.

El Diseño Óptico del GTM



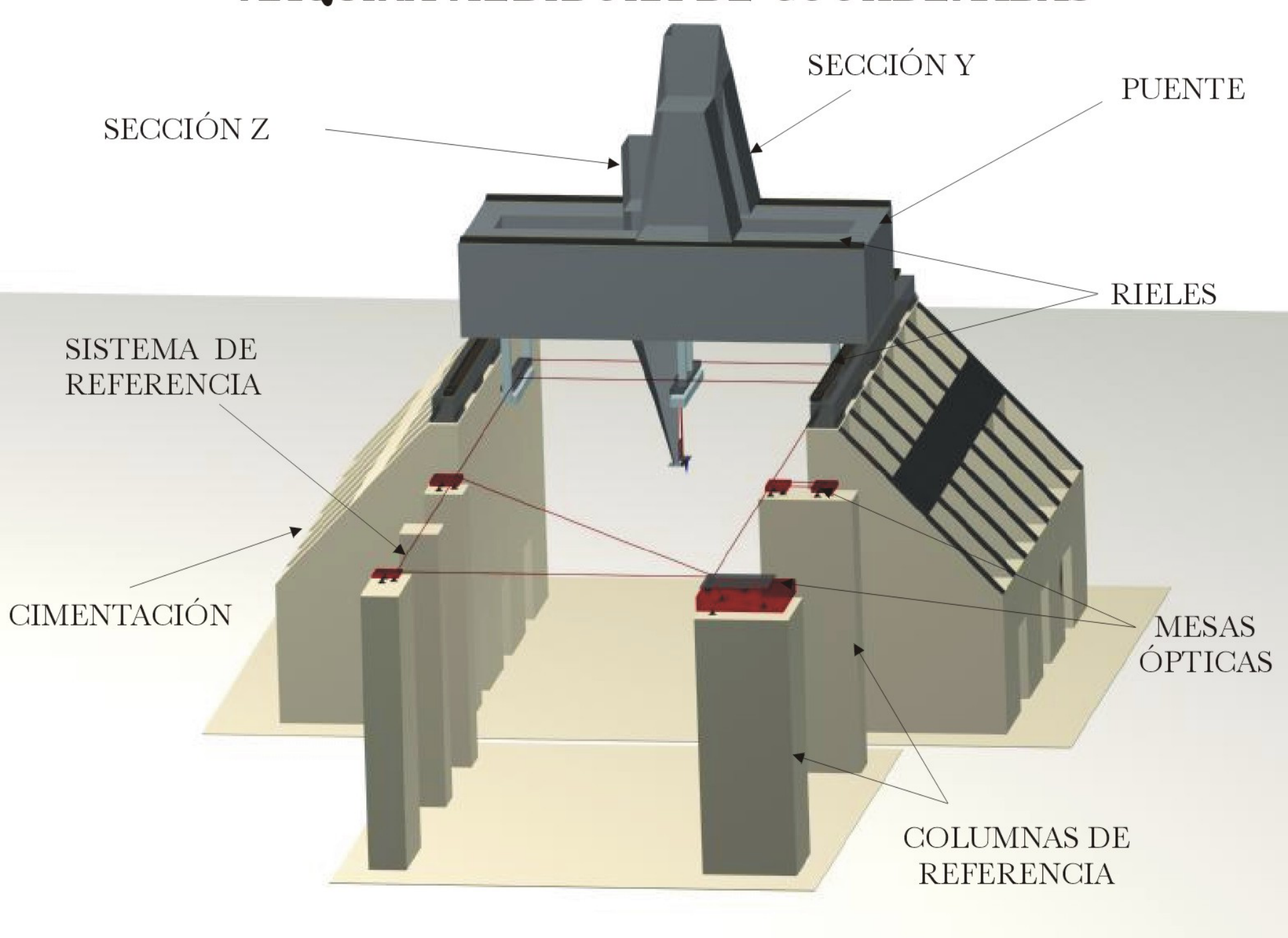


“Mejor trabajo en la división de tecnología óptica del congreso anual de la Optical Society of America de 1997”

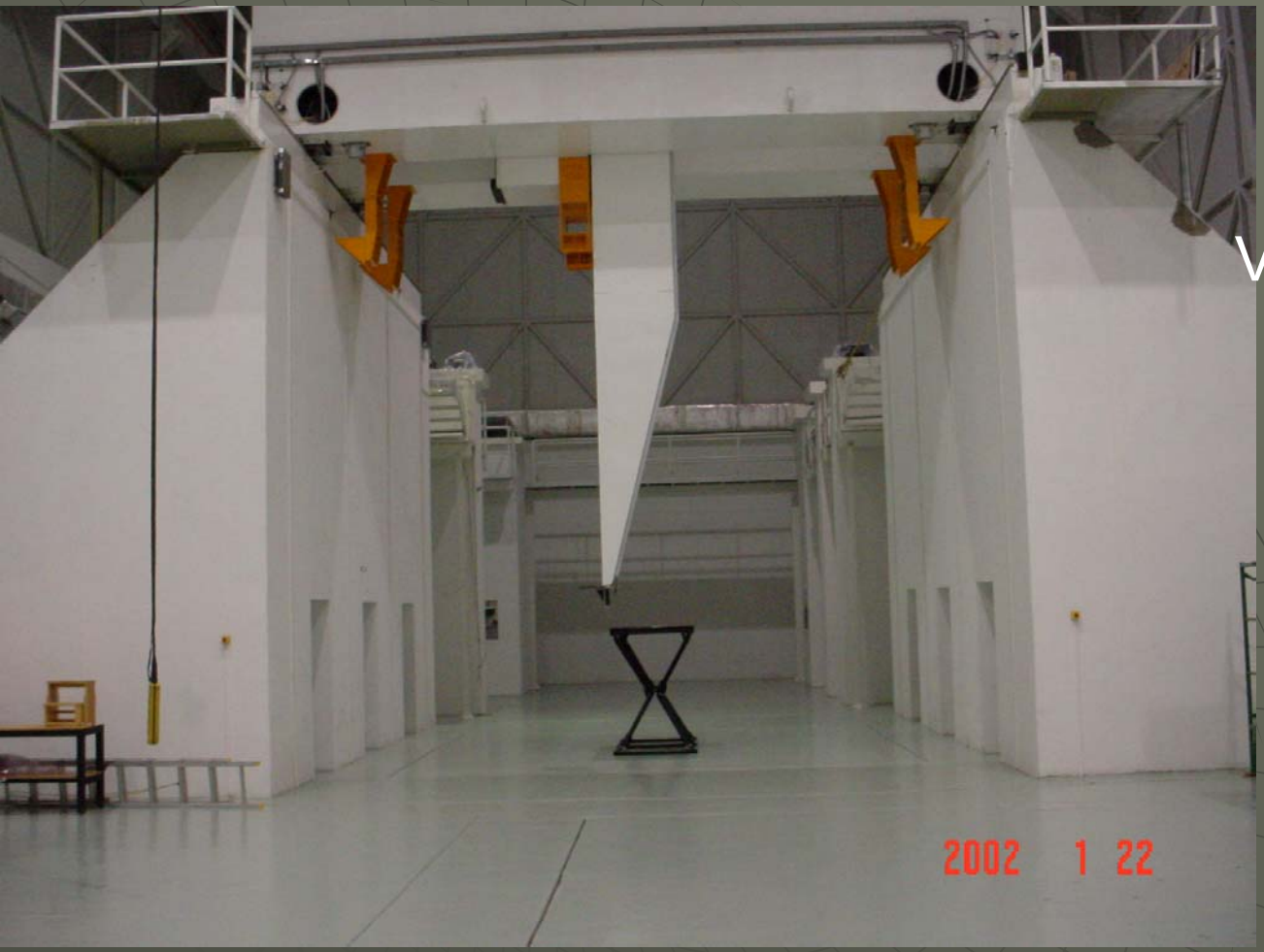
La Máquina de Medición por Coordenadas y la Máquina Pulidora

- Medir el espejo secundario
- Medir los moldes del espejo secundario
- Medir los paneles
- Alinear los subpaneles
- Pulir los moldes del espejo secundario
- Desarrollar la Metrología dimensional
- Control de haces gaussianos en grandes distancias

MÁQUINA MEDIDORA DE COORDENADAS



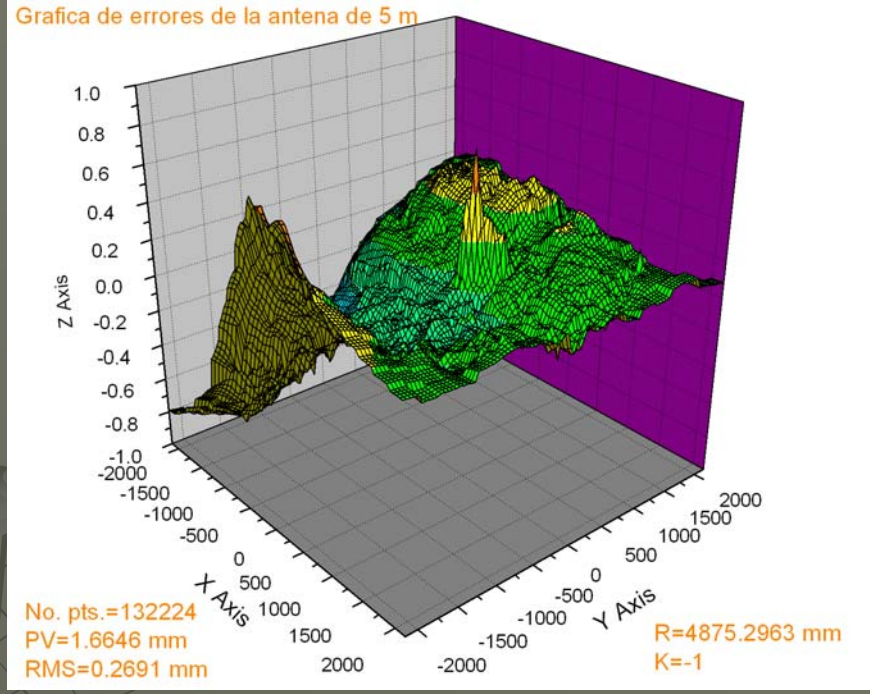
Metrología Dimensional

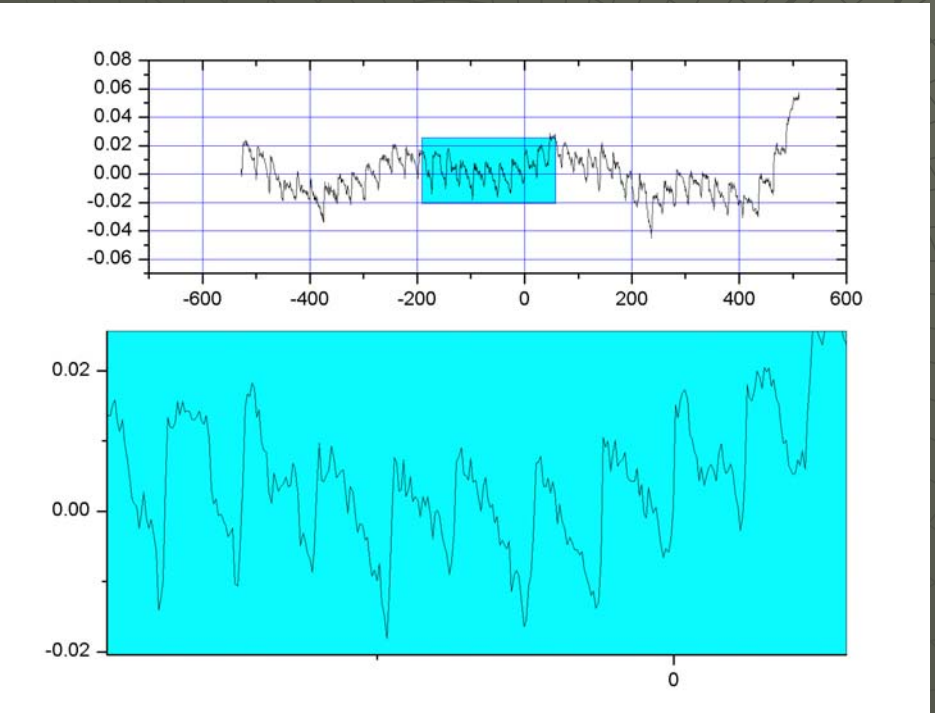


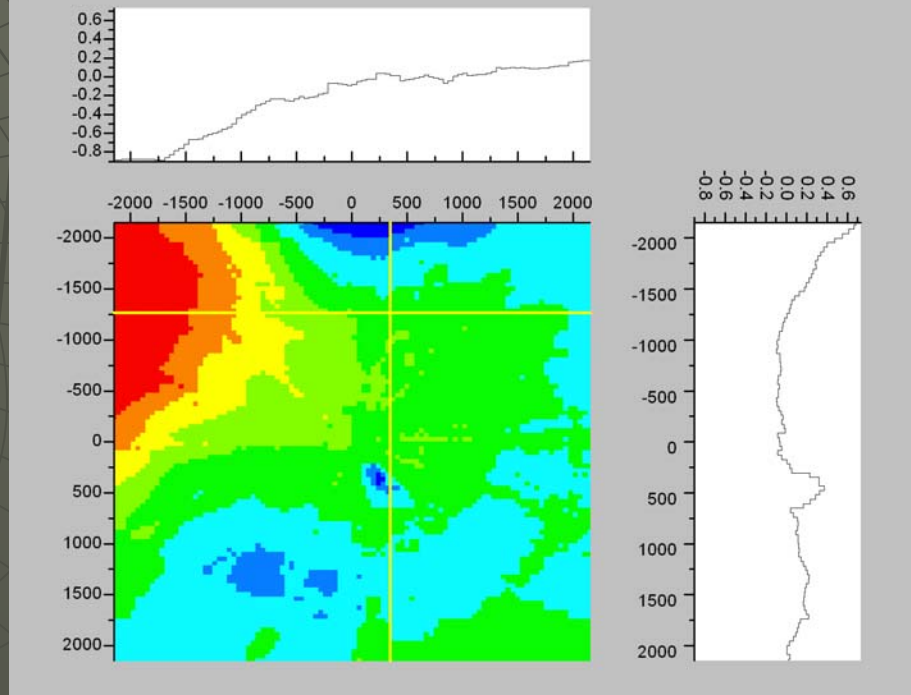
Volumen de Medición

6m x 5m x 4.5m

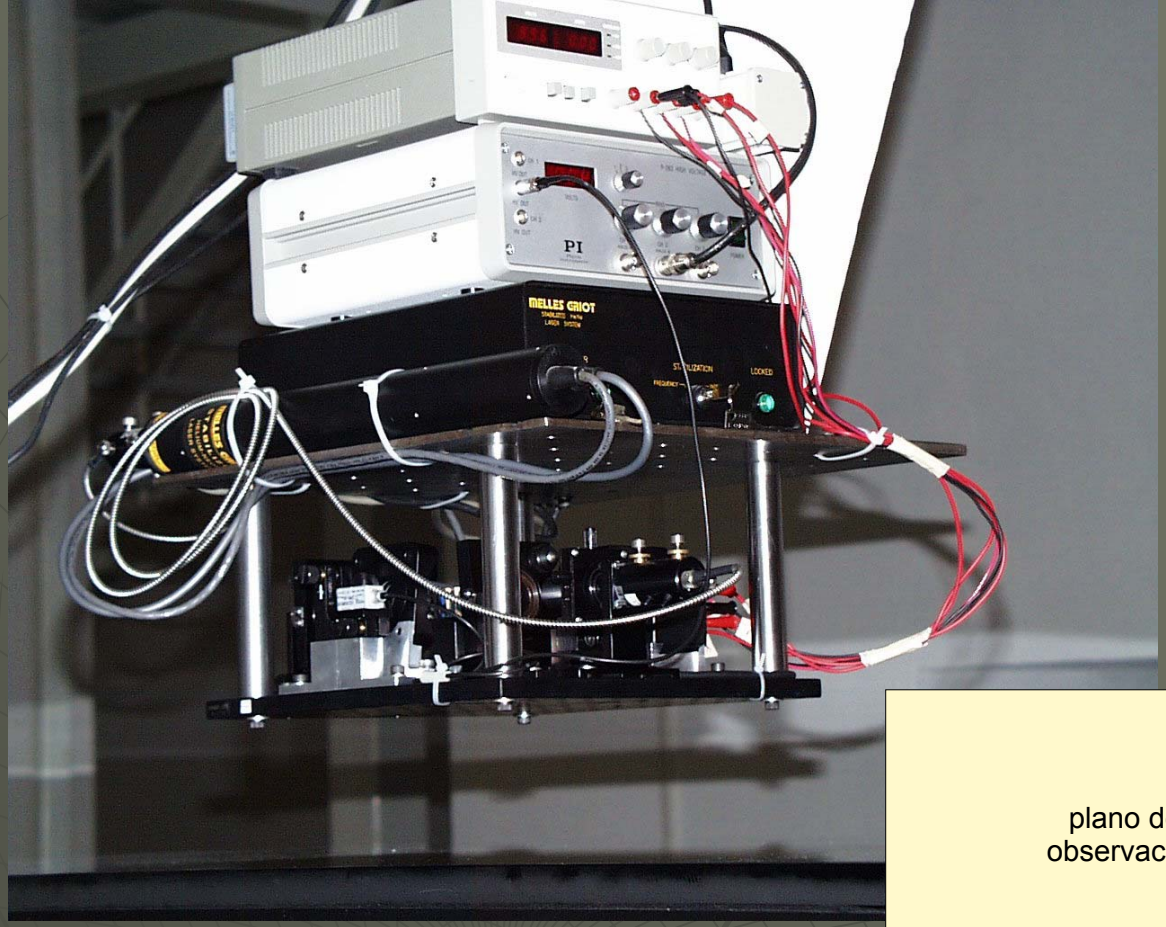
Precisión: 50 µm

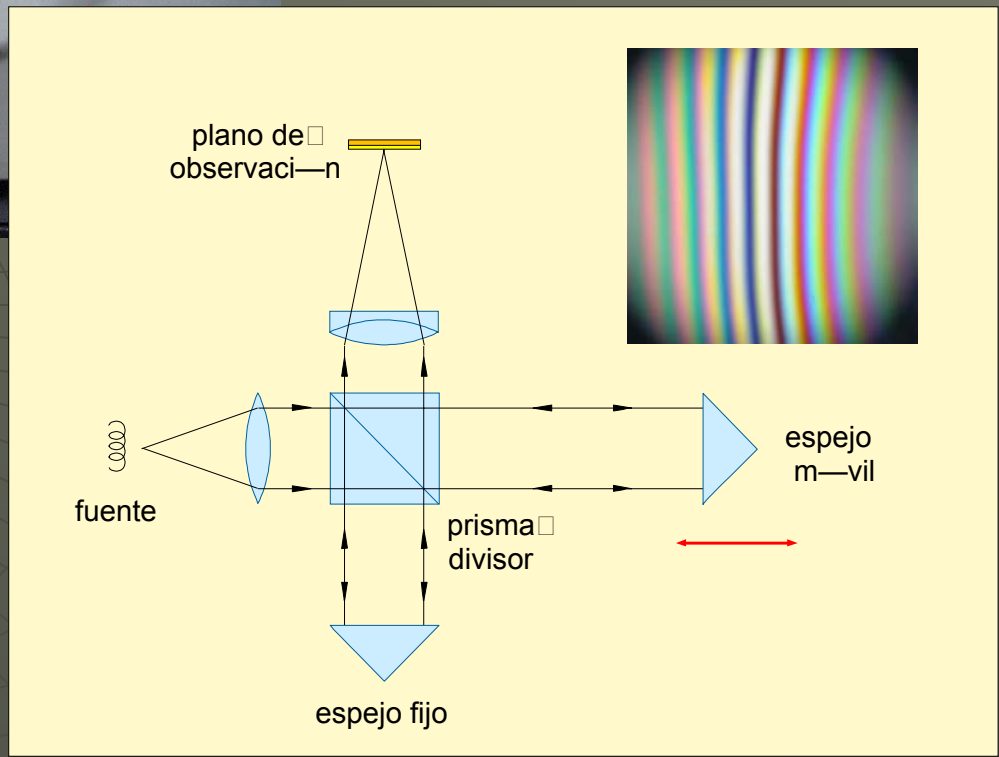

Grafica de errores de la antena de 5 m
Z Axis
X Axis
Y Axis
No. pts.=132224
PV=1.6646 mm
RMS=0.2691 mm
R=4875.2963 mm
K=-1



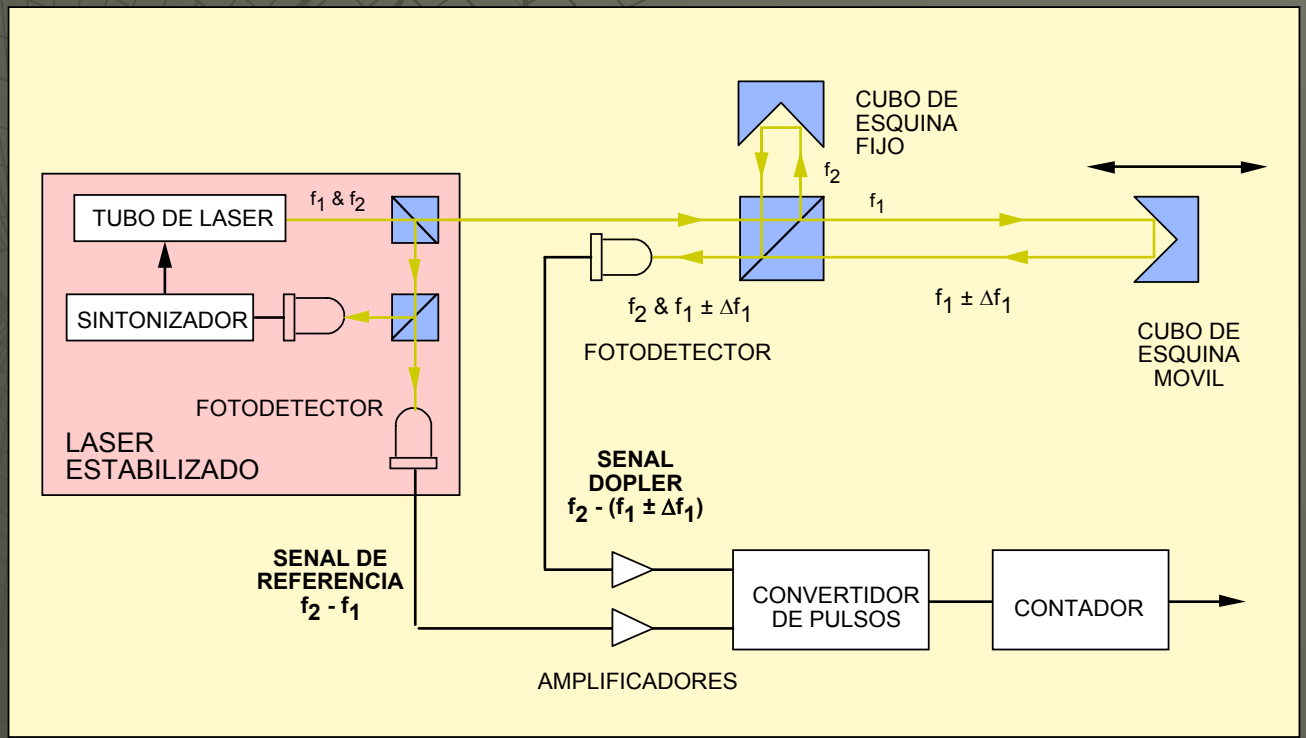


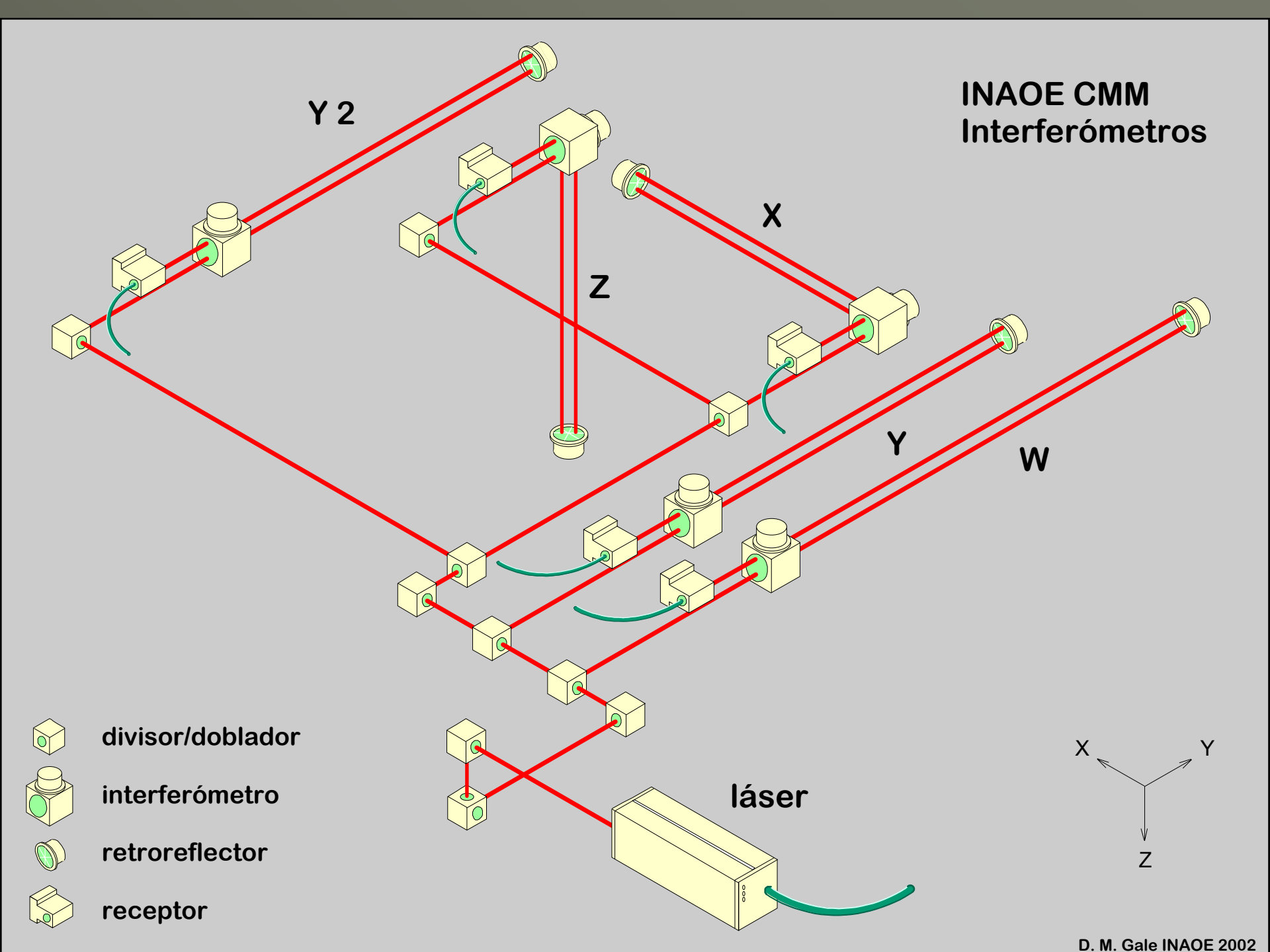
El primer sensor de la MMC

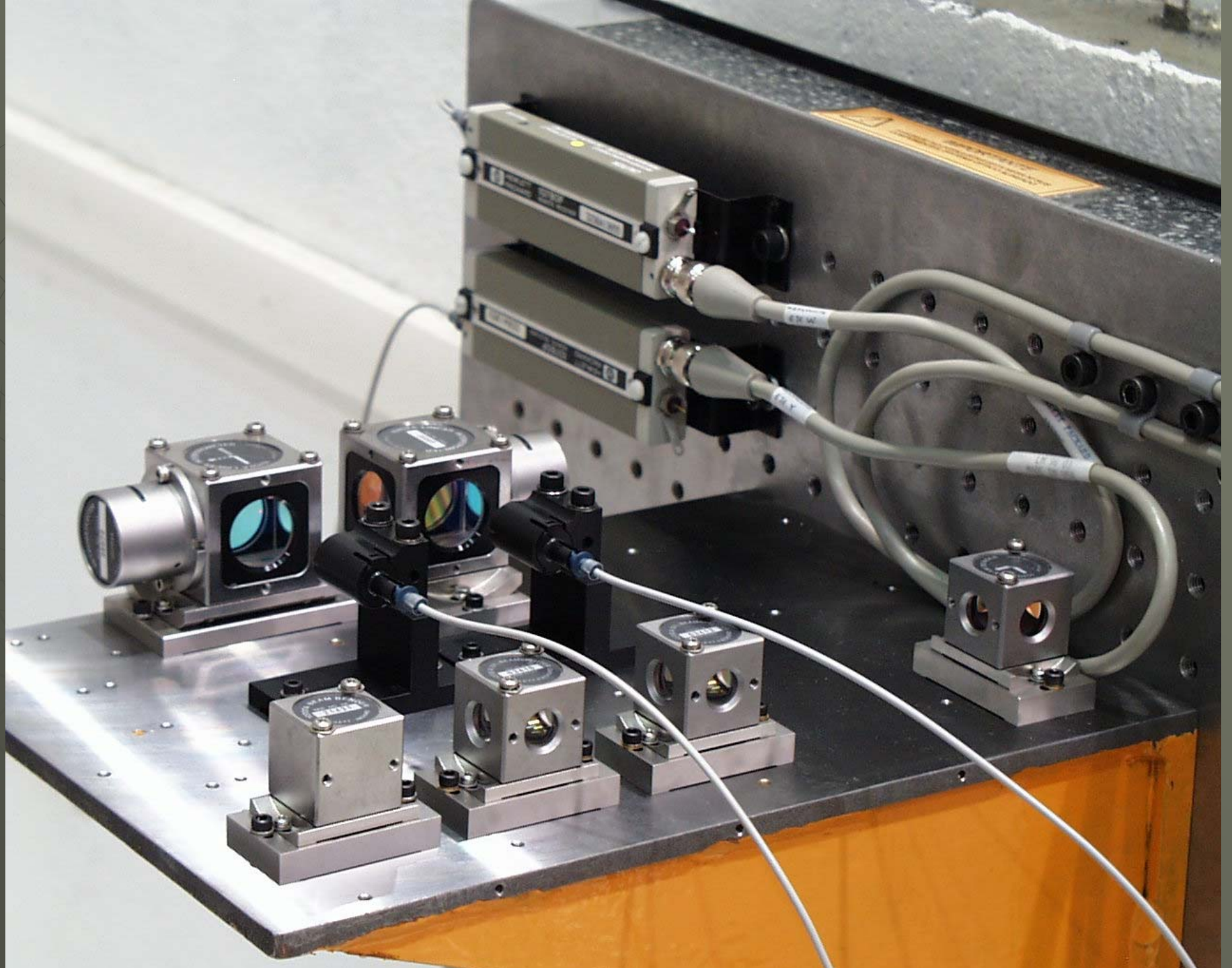




El interferómetro de doble frecuencia. El láser genera dos frecuencias, f1 y f2, las cuales están separados por el divisor. Los haces se recombinan, y se generan un interferograma *temporal*, la intensidad en la imagen oscila con el tiempo. La frecuencia de oscilación esta dada por el batimiento de las frecuencias f1 y f2, lo cual esta cerca a 2MHz. Cuando el retrorreflector móvil cambia su posición, el haz reflejado también cambia ligeramente de frecuencia, f1±Df1, debido al efecto Dopler. Un fotodetector monitorea la frecuencia de batimiento. Un segundo fotodetector monitorea la frecuencia de batimiento original. Las señales de cada fotodetector pasan por convertidores de pulsos y un contador especial, donde el conteo acumulado representa la distancia y dirección de movimiento del retrorreflector móvil.

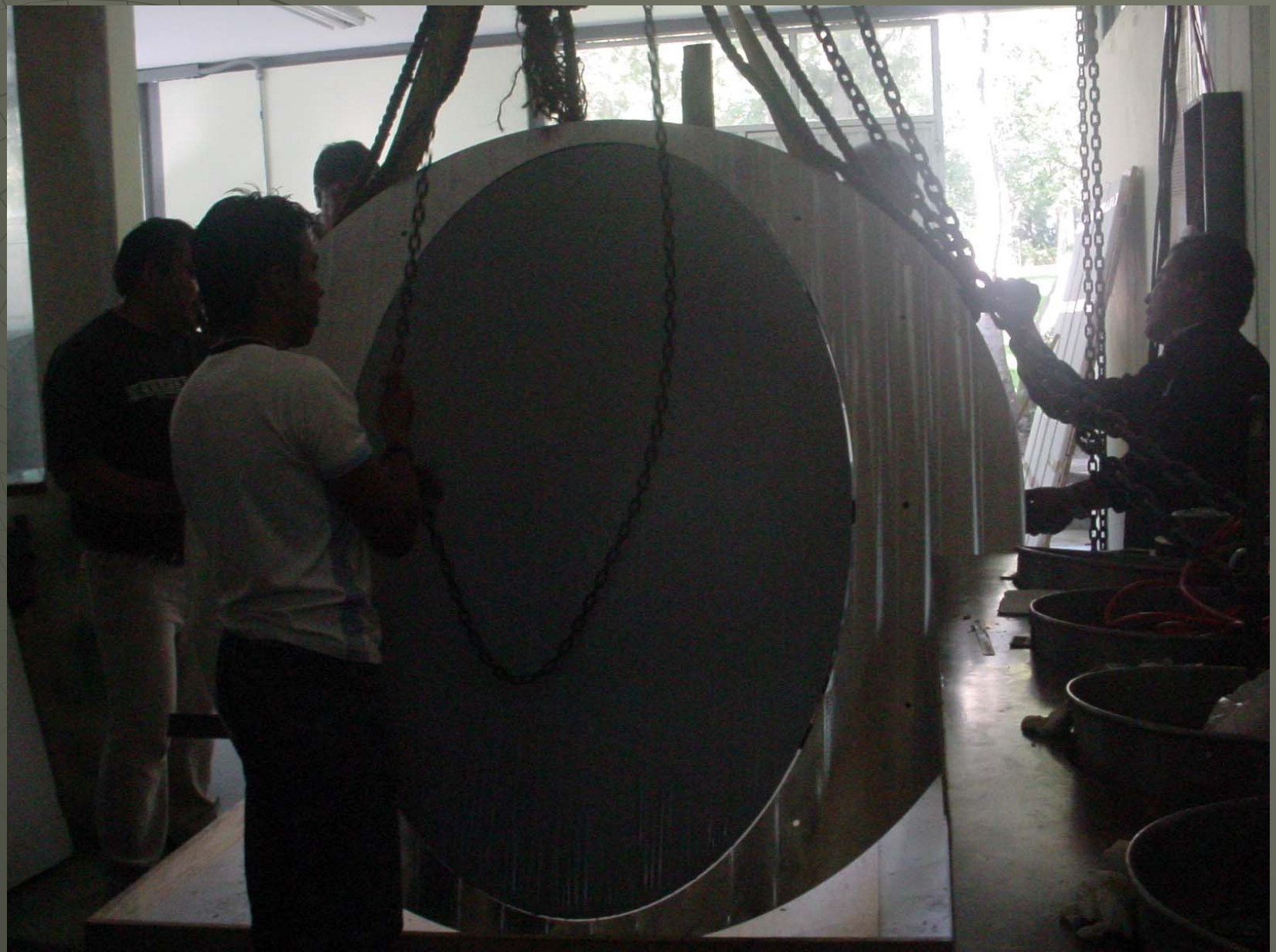


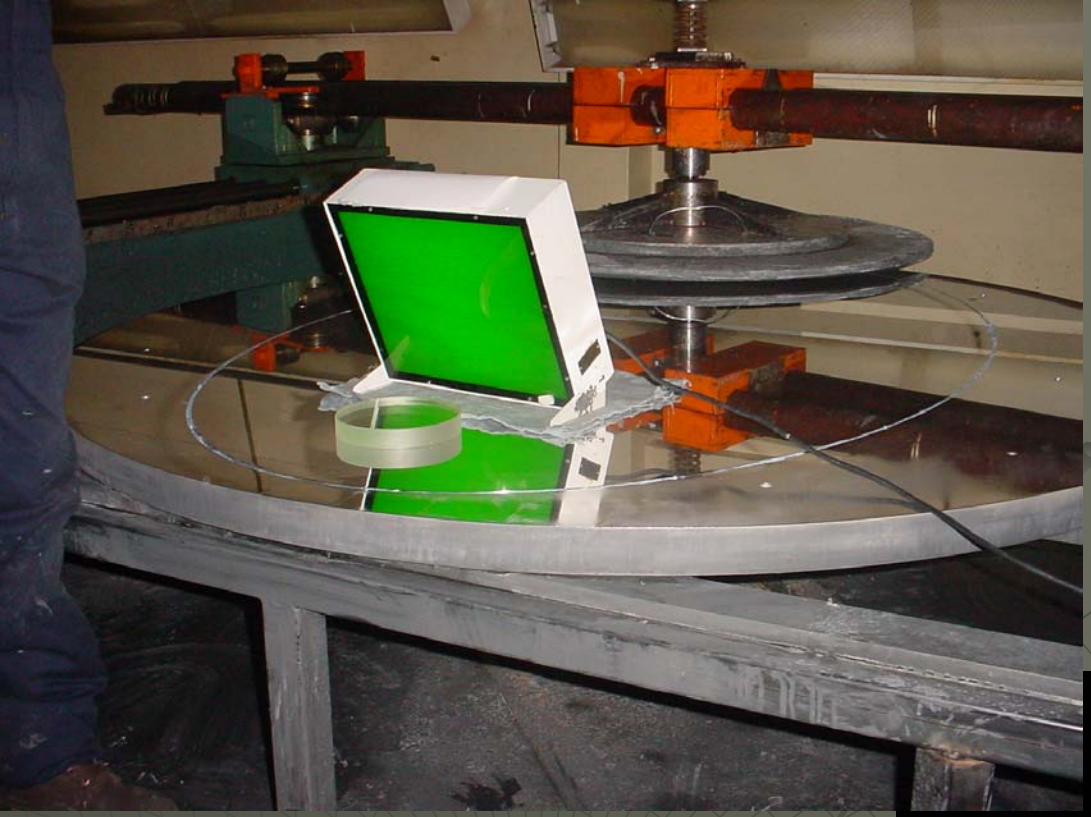

INAOE CMM
Interferómetros
Y 2
X
Z
Y
W
divisor/doblador
interferómetro
retroreflector
receptor
láser
X
Y
Z
D. M. Gale INAOE 2002



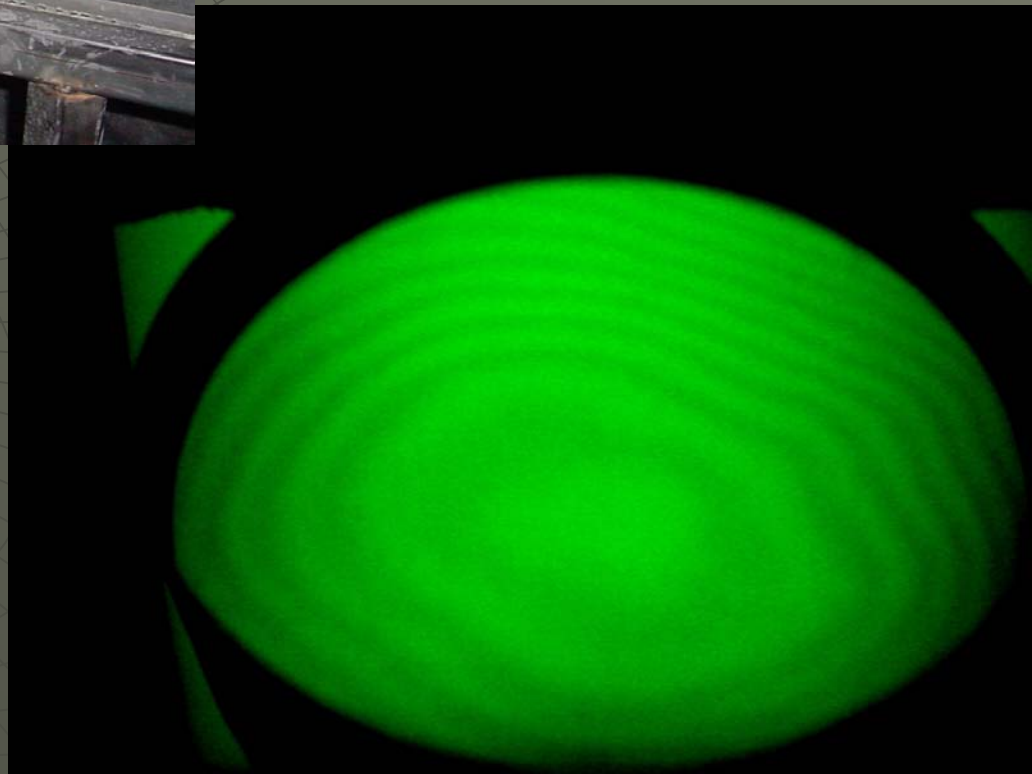
EXTINTOR
NO FUMAR

Fabricación del M3





Pruebas interferometricas



En 1997 se inicio el camino de acceso a la cima de la montaña y las excavaciones para cimentar el telescopio. Cuando se concluyó la cimentación, en el año 2000, la estructura básica de concreto incluía, además de 37 pilares anclados a una profundidad de 20 m, una rotonda subterránea hueca de 40 m de diámetro y 6 m de profundidad, que se ha estructurado en varias habitaciones muy grandes, que en la actualidad albergan laboratorios, dormitorios, cocina, sanitarios y cuartos de control del telescopio. La cimentación también soporta un cono de concreto hueco de 15 m de altura, en cuyo ápice se ancla el pivote que soporta al telescopio cuando se encuentra sometido a cargas laterales.

Cada segmento consiste típicamente de 8 subpaneles de niquel electroformado, cada uno de los cuales se monta en una estructura de aluminio en forma de panal

Instrumentos heterodinos

SEQUOIA

SEQUOIA es un arreglo criogénico de plano focal que cuenta con 32 píxeles de polarización doble, alimentados por cornetas cuadradas. El arreglo se ha diseñado para que opere en el intervalo de 85 a 115.6 GHz a 18 K. alcanzando los 90 K a 116 GHz.

El buscador de corrimientos al rojo

Se trata de un receptor novedoso diseñado para cubrir instantáneamente la banda atmosférica de 90 GHz en una sola sintonización, con tecnología de amplificadores de microondas monolíticos de banda ancha como los que usa SEQUOIA. el buscador de corrimientos al rojo tendrá una estabilidad excepcional en las líneas de base, apropiada para la detección de la escalera de transiciones del CO que emiten las galaxias en formación a distancias cosmológicas. El espectrómetro en el que se recibe la señal es un autocorrelador analógico innovador que cubre toda la ventana de 36 GHz con una resolución de 31 MHz, lo que equivale a 100 km/s a 90 GHz.

El receptor de 1mm

Cubrirá la banda atmosférica de 210-275 GHz con un solo pixel superconductor-aislante-superconductor de doble polarización. El receptor tendrá alta sensibilidad ya que usará un esquema de separación de bandas laterales. En cada polarización se contará con 8 GHz de ancho de banda efectivo, con una temperatura de sistema menor que 100 K. El receptor, actualmente en desarrollo, se utilizará en la etapa de instalación y pruebas del GTM.

El espectrómetro de banda ancha

Los detectores heterodinos utilizarán el espectrómetro genérico del GTM. Se trata de un sistema autocorrelador digital de banda ancha, capaz de tomar hasta 64 entradas y producir espectros en diversas combinaciones del ancho de banda total y resolución espectral. El espectrómetro del GTM se acoplará a sistemas como SEQUOIA, a sistemas de un solo pixel y a otros sistemas, como los arreglos de plano focal de gran formato que se planean a futuro. Los espectrómetros de autocorrelación son un recurso habitual cuando se requiere de un sistema flexible para diferentes modos de observación, como son el intercambio de posiciones, frecuencias, haces, o cartografía de barrido, y para optimizar los resultados de programas científicos diversos. El espetrómetro autocorrelador del GTM se ha diseñado para que ofrezca combinaciones de resoluciones espectrales $\delta v \sim 0.01$ - 100 km/s y anchos de banda $\delta v \sim 20$ - 10000 km/s.

Instrumentos de continuo

AzTEC

AzTEC es una cámara milimétrica de 144 pixeles que opera a 1.1 y 2.1mm. La radiación se acopla a bolómetros de tela de araña de Si-Ni, dispuestos en paquetes hexagonales compactos, y alimentados por un arreglo de cornetas separadas por 1.4 $f\lambda$. El dispositivo obtiene imágenes completamente muestreadas mediante movimientos del telescopio o del espejo secundario.

SPEED

La cámara que medirá las distribuciones espectrales de energía, SPEED, es el prototipo de una futura cámara de campo amplio que utilizará bolómetros de frecuencia selectiva. SPEED está configurada como un arreglo de 2 x 2 elementos de imagen o pixeles, donde cada uno alberga 4 bolómetros que operan a 2.1, 1.3, 1.1 y 0.85 mm, respectivamente. A diferencia de los bolómetros de banda ancha tradicionales, que requieren filtros externos para definir la banda del detector, los de frecuencia selectiva usan un filtro de interferencia cuasi óptico como absorbedor de potencia. Usándolos en cascada y sintonizándolos a diferentes frecuencias de absorción, es posible crear un pixel multi-frecuencia instantáneo compacto. Los 16 termistores se enfrían a 250 mK mediante un refrigerador de 3He, y se leen con un multiplexor superconductor de 1 x 8 desarrollado por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST). La sensibilidad de los elementos de detección de SPEED varía entre 1 y 3 mJy Hz-1/2 entre 2.1 y 0.85mm.

SPEED es fruto de una colaboración entre UMass-Amherst, NASA/GSFC y la Universidad de Chicago. Se espera que SPEED pase la fase de instalación y pruebas en algún telescopio de 10-15m en el año 2006.