



EL OBSERVATORIO DE YEBES

50 años escuchando el universo



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

INSTITUTO
GEOGRÁFICO
NACIONAL



EL OBSERVATORIO DE YEBES.

50 años escuchando el universo.

1ª edición, octubre 2025.

Autoría:

Pablo de Vicente Abad

© Instituto Geográfico Nacional

Publica: © de esta edición, O. A. Centro Nacional de Información Geográfica, 2025.

Diseño: Elena González Herrera

Imagen portada: Miguel Gómez Garrido

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado.

<https://cpage.mpr.gob.es/>

NIPO papel: 198-25-043-X

NIPO digital: 198-25-041-9

Depósito legal: M-15878-2025

ISBN: 978-84-416-9275-6

DOI: 10.7419/163.12.2025

Impreso en los talleres del Instituto Geográfico Nacional. En esta publicación se ha utilizado papel certificado libre de cloro de acuerdo con los criterios medioambientales de la contratación pública vigente.

Los derechos de esta edición son del O. A. Centro Nacional de Información Geográfica como editorial. Este Organismo agradece que la difusión electrónica masiva de la edición digital se realice a través de un enlace al apartado correspondiente de la página web oficial.



O. A. Centro Nacional de Información Geográfica
Instituto Geográfico Nacional

Calle General Ibáñez de Ibero, 3. 28003. Madrid.

www.ign.es - www.cnig.es - consulta@cnig.es

El Observatorio de Yebe

50 años escuchando el universo



Presentación

Cincuenta años han transcurrido desde que el observatorio astronómico de Yebes orientó sus radiotelescopios al universo y, desde ese momento, no ha dejado de avanzar, hasta convertirse en un referente mundial en geodesia espacial, astronomía e investigación.

El proyecto, que comenzó en 1975 como un observatorio astronómico con su radiotelescopio de 14 metros de diámetro, ha crecido e incorporado instrumentos de última tecnología, como el radiotelescopio de 40 metros de diámetro o el sistema de telemetría láser a satélites, que han convertido a este centro en una de las ocho estaciones de observación geodésica fundamental del sistema global que monitorizan los cambios geodinámicos de nuestro planeta.

El observatorio astronómico de Yebes lleva décadas a la vanguardia mundial en investigación y así ha participado en proyectos que abarcan desde la detección de agujeros negros hasta el descubrimiento de las moléculas orgánicas más grandes encontradas en el espacio, que ayudan a comprender el origen de la vida y la química del universo. Pero además contribuye al desarrollo tecnológico, y así, en sus laboratorios se fabrican componentes de radiotelescopio que se exportan a países, a priori, más avanzados tecnológicamente.

Pero todos los logros descritos no serían posibles sin una plantilla de profesionales, de amplísima cualificación y dedicación vocacional, con un reconocido prestigio internacional que, con su trabajo, no solo ayudan a la ciencia, sino que han colocado a España a la vanguardia de estas disciplinas.

El Instituto Geográfico Nacional, encuadrado en la Subsecretaría de Transportes y Movilidad Sostenible, del que depende el observatorio, ha liderado este proyecto, junto a su organismo autónomo Centro Nacional de Información Geográfica, con la dedicación y dirección necesarias para los fines conseguidos.

Desde el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible estamos especialmente orgullosos de los logros obtenidos por el observatorio astronómico de Yebes durante estos 50 años y estamos seguros de que muchos otros vendrán en los años sucesivos.

Rafael Guerra Posadas

Subsecretario de Transportes y Movilidad Sostenible
Presidente del Consejo Superior Geográfico

Yebes, mucho más que un emblema

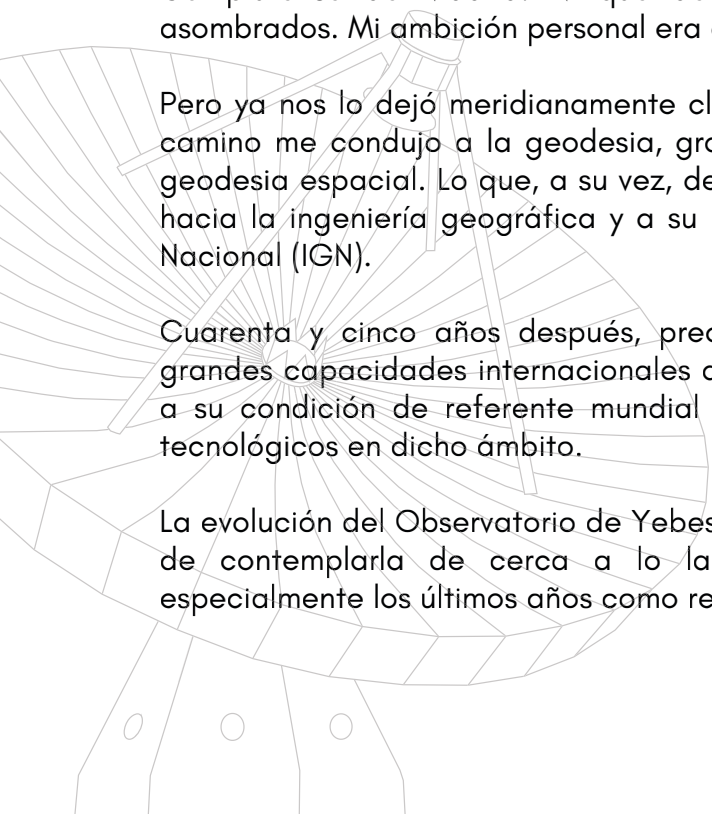
Esta publicación dedicada al Observatorio de Yebes en su 50º aniversario es una merecida constatación del progreso y la relevancia que una organización puede llegar a conseguir cuando se sostiene en el tiempo el ahínco, el compromiso, la voluntad y la vocación de sus profesionales. Y quienquiera que sea consciente de lo conseguido, tanto desde fuera como desde dentro de la organización, no podría experimentar otra cosa que asombro y satisfacción. Pero, además, en mi caso personal, debo añadir la emoción.

En 1980 realicé una visita al entonces denominado Centro Astronómico de Yebes. En aquel momento, contaba con un radiotelescopio de 14 metros de diámetro protegido por un radomo, que se erigía como un icono del Centro, un astrógrafo y un telescopio solar. Acudí al centro en el contexto de una visita formativa de un grupo de estudiantes de Matemáticas en la especialidad de Astronomía y Geodesia de la Universidad Complutense de Madrid. Ni que decir tiene que todos quedamos absolutamente asombrados. Mi ambición personal era convertirme... en astrónomo.

Pero ya nos lo dejó meridianamente claro Machado, el camino se hace al andar. Y mi camino me condujo a la geodesia, gran vecina de la astronomía, concretamente a la geodesia espacial. Lo que, a su vez, determinó que mi destino profesional se focalizara hacia la ingeniería geográfica y a su institución de referencia, el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Cuarenta y cinco años después, precisamente la geodesia espacial es una de las grandes capacidades internacionales del Observatorio de Yebes, sumada por supuesto a su condición de referente mundial en radioastronomía y de centro de desarrollos tecnológicos en dicho ámbito.

La evolución del Observatorio de Yebes ha sido asombrosa. He contado con el privilegio de contemplarla de cerca a lo largo de toda mi vida profesional, pero muy especialmente los últimos años como responsable de la institución que lo acoge, el IGN.



Ha ido incorporando a lo largo de sus cincuenta años un radiotelescopio de 40 m de diámetro, constituido como una de las infraestructuras científico-técnicas singulares (ICTS) que aporta España al mundo en radioastronomía; un radiotelescopio de 13,2 m de diámetro incorporado a la hispanolusa Red Atlántica de Estaciones Geodinámicas y Espaciales (RAEGE); una estación de telemetría láser a satélites (SLR) y exporta tecnología de componentes para radiotelescopios a los países más vanguardistas, por citar algunos ejemplos de su extenso “equipaje”.

Yebes se ha convertido así en una de las pocas estaciones geodésicas fundamentales que existen en el mundo, un referente en el Sistema Global de Observación Geodésica (GGOS) y uno de los observatorios que ha participado en los logros astronómicos más imponentes de los últimos años.

Es imposible pedir más en estos primeros cincuenta años de vida. Solo me cabe reiterar un profundo sentimiento de enorme admiración. Admiración por sus responsables, por su personal, por su ambición, por su historia. Admiración que no puedo dejar de extender al resto del Instituto Geográfico Nacional y del Centro Nacional de Información Geográfica que, directa o indirectamente, de una forma u otra, también son corresponsables de todo lo que desarrolla en su seno.

Termino recomendando al lector que considere el texto ofrecido a continuación como un breve resumen que invita a recabar la profusa información que sobre la historia y logros del Observatorio de Yebes podrá encontrar, particularmente, a través del portal web de su institución matriz, el Instituto Geográfico Nacional. Porque Yebes no es solo uno de sus emblemas. Es mucho más.

Lorenzo García Asensio

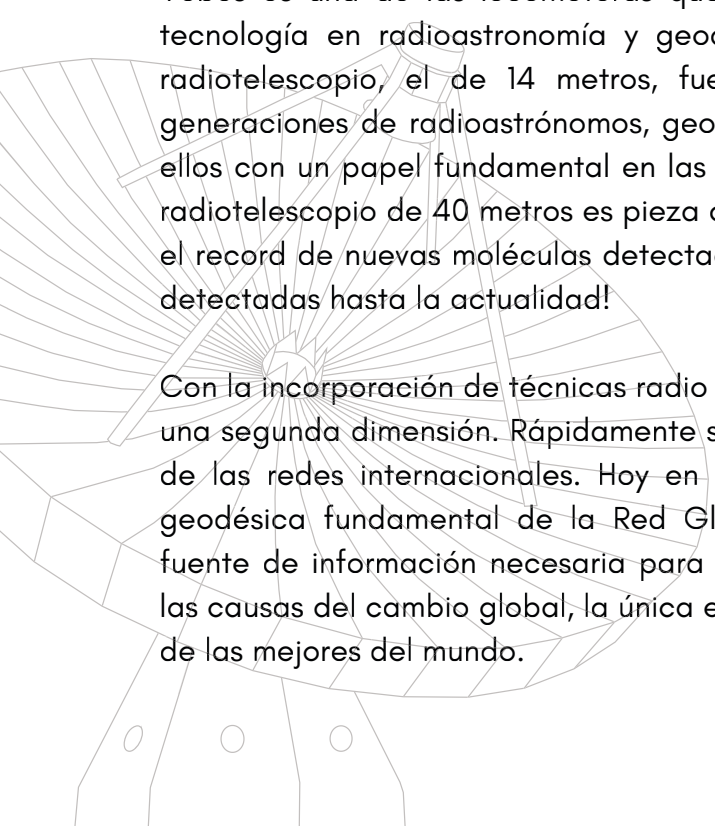
Director General del Instituto Geográfico Nacional
Presidente del Centro Nacional de Información Geográfica

Prólogo

Hace 50 años el IGN daba sus primeros pasos en el desarrollo de una, por entonces, moderna técnica observacional llamada radioastronomía. España, con el Observatorio de Yebes, se adentraba en una tecnología que comenzaba a responder preguntas hasta entonces sin respuesta: el origen del universo, cómo evolucionan las galaxias o cómo derivan los continentes. En realidad se seguía la tradición de más de doscientos años cuando se funda el Real Observatorio Astronómico de Madrid en 1790, pero abriéndose paso a la innovación y la ciencia puntera. Y se consolidaba la presencia de la astronomía en el IGN, donde se incorporó en 1904, tres décadas después de su fundación en 1870.

Tras 50 años, aquellos pasos iniciales son ahora pasos muy firmes y el Observatorio de Yebes es una de las locomotoras que define muchos de los ejes de investigación y tecnología en radioastronomía y geodesia espacial a nivel mundial. Nuestro primer radiotelescopio, el de 14 metros, fue campo de formación y entrenamiento para generaciones de radioastrónomos, geodestas e ingenieros, hoy más de 50, algunos de ellos con un papel fundamental en las organizaciones internacionales relacionadas. Su radiotelescopio de 40 metros es pieza clave en las redes mundiales y hoy en día ostenta el record de nuevas moléculas detectadas en el Universo. ¡Hasta un tercio de todas las detectadas hasta la actualidad!

Con la incorporación de técnicas radio a la geodesia, el papel del Observatorio alcanza una segunda dimensión. Rápidamente se convierte en una de las infraestructuras claves de las redes internacionales. Hoy en día el Observatorio de Yebes es una estación geodésica fundamental de la Red Global de Observaciones Geodésicas GGOS, la fuente de información necesaria para el posicionamiento preciso y la comprensión de las causas del cambio global, la única estación geodésica fundamental en España y una de las mejores del mundo.



Sin embargo nada de lo anterior hubiera sido posible sin el fomento de unos laboratorios y talleres de primer nivel mundial, donde se desarrolla instrumentación de alto nivel tecnológico, la tercera dimensión del Observatorio. Una tecnología que no solo equipa nuestros radiotelescopios, también muchos de los del resto del mundo.

Estas tres dimensiones: astronomía, geodesia espacial y desarrollos tecnológicos, nos confieren un carácter especial, ya no a nivel nacional sino mundial, lo que ha significado el reconocimiento de un merecido prestigio por las comunidades astronómica y geodésica.

Sin duda el resultado de estos maravillosos 50 años del Observatorio de Yebes muestra la importancia de una toma de decisiones acertada en las inversiones públicas y que es posible que unos primeros pasos siguiendo la estela de otros países más avanzados pueden convertirse, con inversión, ilusión, compromiso y una profunda formación científica y tecnológica, en el eje tractor de toda una comunidad científica y tecnológica que tiene la importante misión de hacernos entender tanto nuestro pasado y futuro en el universo como nuestro presente y futuro muy cercano en la Tierra.

Mi enhorabuena al actual director del Observatorio de Yebes, Dr. Pablo de Vicente, y a la técnica superior Elena González Herrera por la excelente calidad de este libro conmemorativo y mi agradecimiento al extraordinario equipo que hoy constituye la plantilla del Observatorio y a todos cuantos han contribuido a lo que es en la actualidad.

José Antonio López Fernández

Subdirector General de Astronomía y Geodesia
Instituto Geográfico Nacional



50 aniversario
del Observatorio de Yebes

Descubrimiento
del ciclopentano
y la etanolamina

El Observatorio de Yebes,
miembro de la red GGOS

Primera observación entre
estaciones de RAEGE



2025

2023

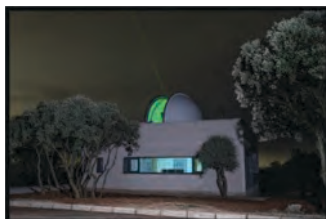
2021

2019

2018

Publicación de la imagen
del agujero negro de M87

Primera observación con el
telescopio de telemetría láser



Instalación del receptor
de nanocosmos en el
radiotelescopio de 40 M

Primera observación
radioastronómica
con el radiotelescopio
de 13,2 M

El observatorio de Yebes,
centro de desarrollos
tecnológicos del IVS



Primeras observaciones
interferométricas con el
radiotelescopio de 40 M

2016

2014

2013

2008

2007

Primeras observaciones
interferométricas VGOS

Primer receptor
radioastronómico
construido para una
instalación extranjera

Primera observación
radioastronómica con el
radiotelescopio de 40 M

El Observatorio de Yebes,
una ICTS



OBSERVATORIO
DE YEBES
50 AÑOS DE
RADIOASTRONOMÍA

OBSERVATORIO DE YEBES

UNA HISTORIA DE LOGROS



Primeros
amplificadores
criogénicos
para ALMA

El Observatorio de Yebes
ingresa en la Red Europea de
VLBI - EVN

Primera observación
de VLBI con el
radiotelescopio de 14 M

2003 2000 1999 1994 1990

Primeros amplificadores
criogénicos de desarrollo
para el satélite Herschel

Primera observación de
VLBI geodésico con el
radiotelescopio de 14 M



Primera observación
radioastronómica con el
radiotelescopio de 14 M

Creación del Instituto
Geográfico Nacional

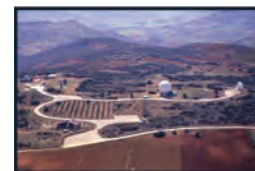


1982 1979 1975 1870 1790

Descubierto el asteroide
Yebes n° 4661
(17 noviembre 1982)

Primer receptor
radioastronómico
diseñado y construido
en el
Observatorio de Yebes

Creación del Observatorio
de Yebes



Creación del
Observatorio
Astronómico
Nacional



Índice

15

Introducción

17

Las primeras observaciones

21

El astrógrafo

23

El radiotelescopio de 14 m

29

Primeras observaciones
interferométricas

33

VLBI geodésico con el
radiotelescopio de 14 m

37

El radiotelescopio de 40 m

41

Primeras observaciones con el
radiotelescopio de 40 m

43

La actualización del
radiotelescopio de 40 m

47

El Observatorio de Yebes,
una ICTS española

49

Tecnología para grandes
proyectos internacionales

53

El Observatorio de Yebes,
Centro de Desarrollos
Tecnológicos

55

El carácter geodésico del
Observatorio de Yebes

57

Astrogeodesia con el
radiotelescopio de 13,2 m

61

La estación de telemetría láser

65

Presente del Observatorio
de Yebes

67

Astronomía y tecnología
para la Sociedad

69

Actividades futuras

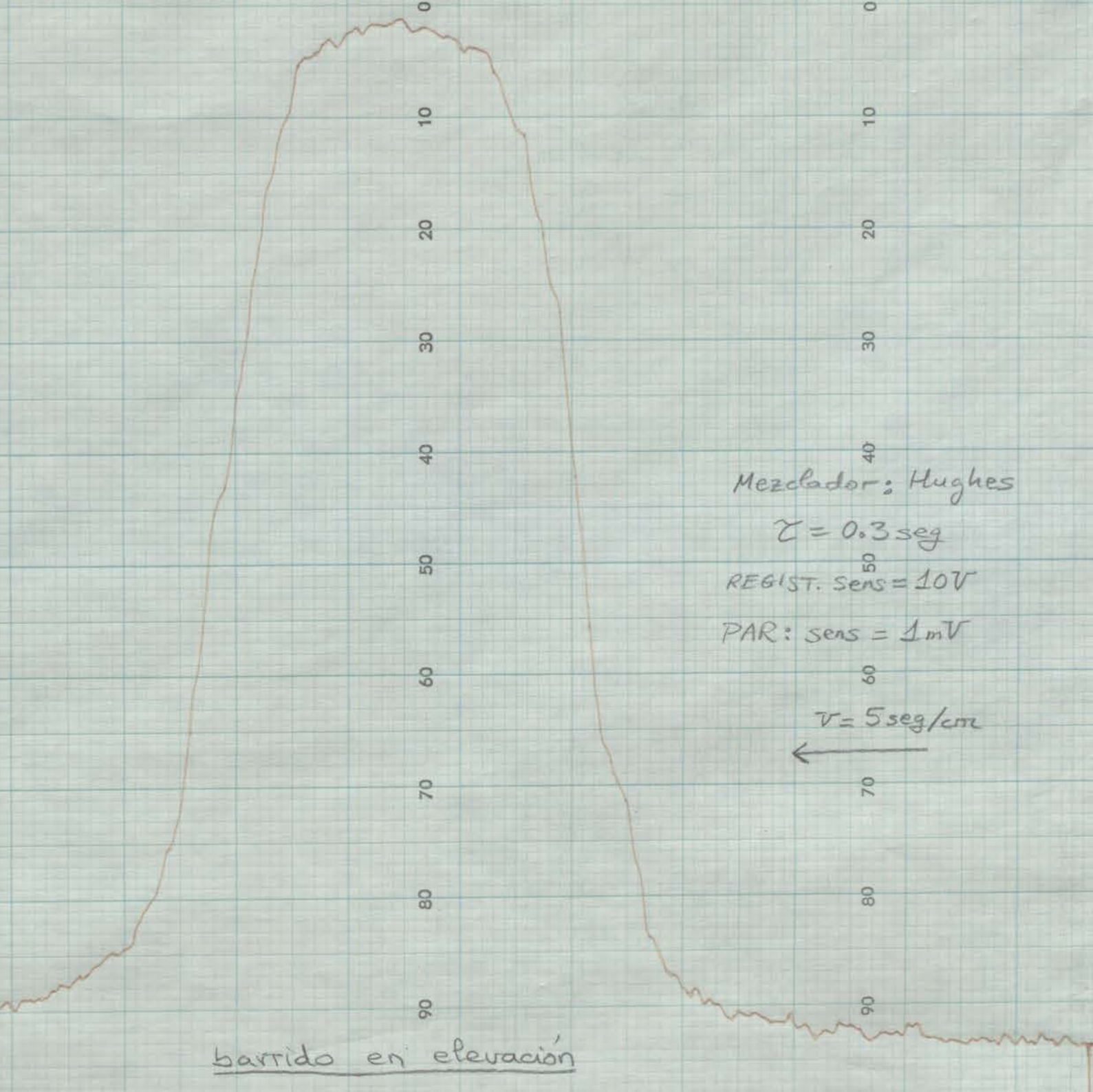


El Observatorio de Yebes se fundó en la década de 1970 para satisfacer la necesidad de alejar de Madrid los instrumentos de observación del Observatorio Astronómico Nacional e instalarlos en un lugar relativamente cercano, pero con mejores condiciones. No existe una fecha oficial de inauguración del Observatorio ya que la construcción se dilató varios años entre 1973 y 1976 en los que se cedieron los terrenos, se valló el perímetro, se instalaron las líneas de suministro eléctrico, se construyó la carretera y se edificaron las primeras instalaciones. El 11 de diciembre de 1975, el entonces ministro del Plan de Desarrollo visitó por primera vez las instalaciones, fecha que se podría considerar el primer evento oficial relevante que marca el inicio del Observatorio.

Este libro describe los principales hitos del Observatorio de Yebes desde entonces. Esta historia de éxito la ha protagonizado su personal con una dedicación, vocación y entusiasmo encomiables a lo largo de los años.

Cincuenta años después, el Observatorio de Yebes se ha convertido en un referente internacional en radioastronomía y geodesia.

Imagen aérea del Observatorio de Yebes en 1975. Al fondo, el astrógrafo doble, seguido del radomo del radiotelescopio de 13,7 m, la torre solar y en primer plano la residencia de los astrónomos



Las primeras observaciones

17

Entre 1973 y 1979 se pusieron en marcha la torre solar, el astrógrafo doble y el radiotelescopio de 13,7 m de diámetro, cuya principal función era la observación del universo en ondas milimétricas.

El radiotelescopio constituyó una apuesta por el inicio de los estudios en una nueva rama de la astronomía, la radioastronomía. Se construyó un radomo para proteger el radiotelescopio que se alojaba en su interior siguiendo el mismo modelo que la antena estadounidense de Haystack, en Massachussets, y de la sueca de Onsala.

La primera observación en longitudes de onda milimétricas, a 3,4 mm, se logró el 1 de noviembre de 1979. El radiotelescopio observó la Luna realizando dos movimientos continuos en acimut y elevación en torno a ella, en lo que habitualmente se conoce como barridos de puntería.

Imagen de la primera observación en ondas milimétricas del radiotelescopio de 13,7 m. Esta observación realizada en 1979 consistió en dos barridos de la Luna a lo largo de los ejes de acimut y elevación

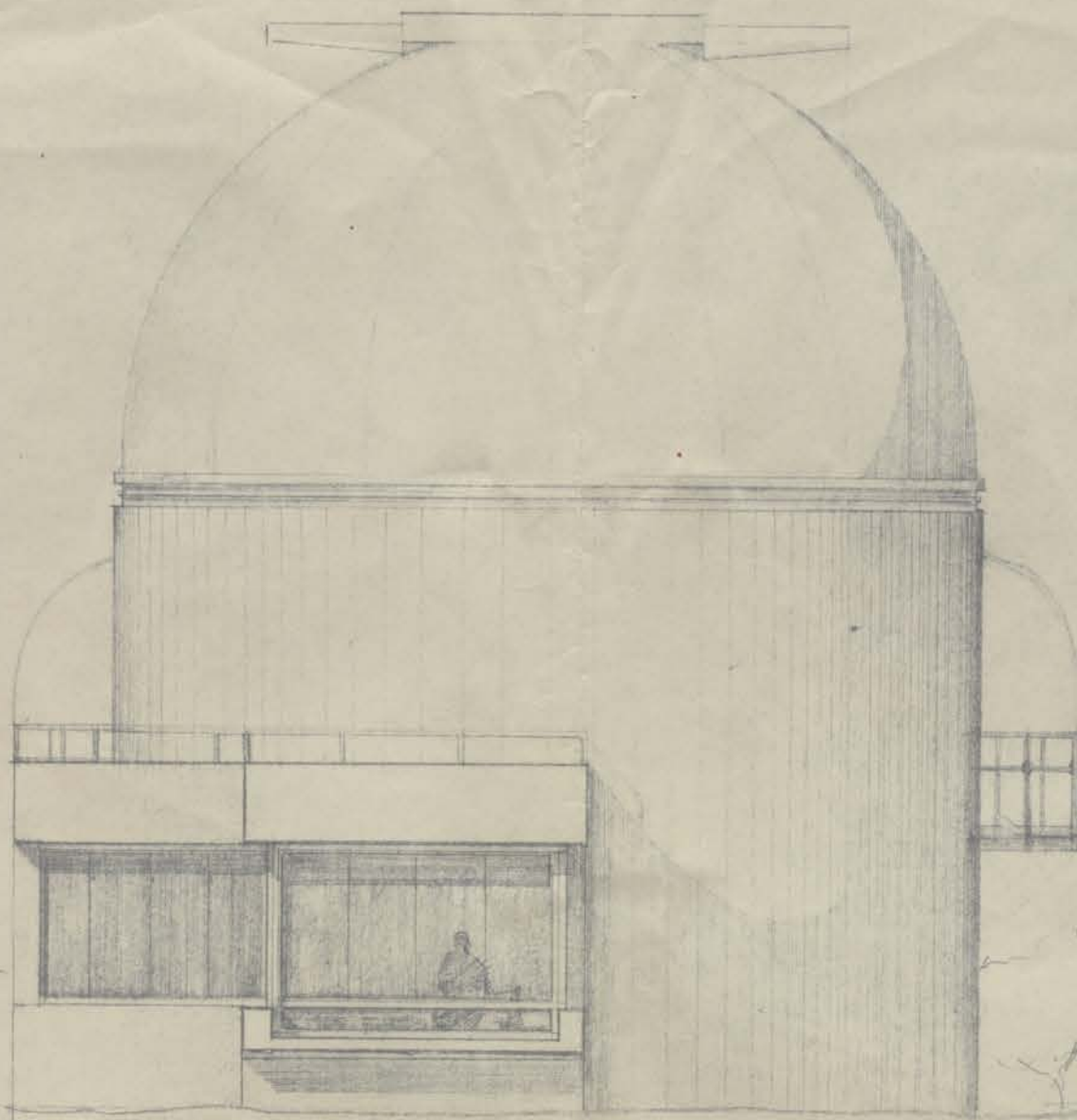


Sabías que...

La radioastronomía comenzó en la segunda década del siglo XX aunque no adquirió importancia hasta después de 1950 y permite observar y estudiar el universo en longitudes de onda centimétricas y milimétricas. A estas longitudes de onda la radioastronomía ha desvelado un universo invisible al ojo humano y mostrado fenómenos físicos desconocidos anteriormente.

Las observaciones radio permiten detectar la línea espectral de 21 cm del hidrógeno en la Vía Láctea y en el resto de las galaxias, la emisión espectral de las transiciones rotacionales de las moléculas en las nubes moleculares interestelares y en envolturas circunestelares, los anillos y discos de polvo en torno a estrellas jóvenes, los chorros relativistas de los cuásares y un sinfín de otros fenómenos fascinantes, como la sombra de los agujeros negros.

Imagen del cuásar 1803+784 a una frecuencia de 5 GHz obtenida con Interferometría de Muy Larga Línea de Base (VLBI) en la que participó uno de los radiotelescopios del Observatorio de Yebes. Se observa el núcleo y el chorro de materia expulsados desde los alrededores del agujero negro



ALZADO NORTE

El astrógrafo

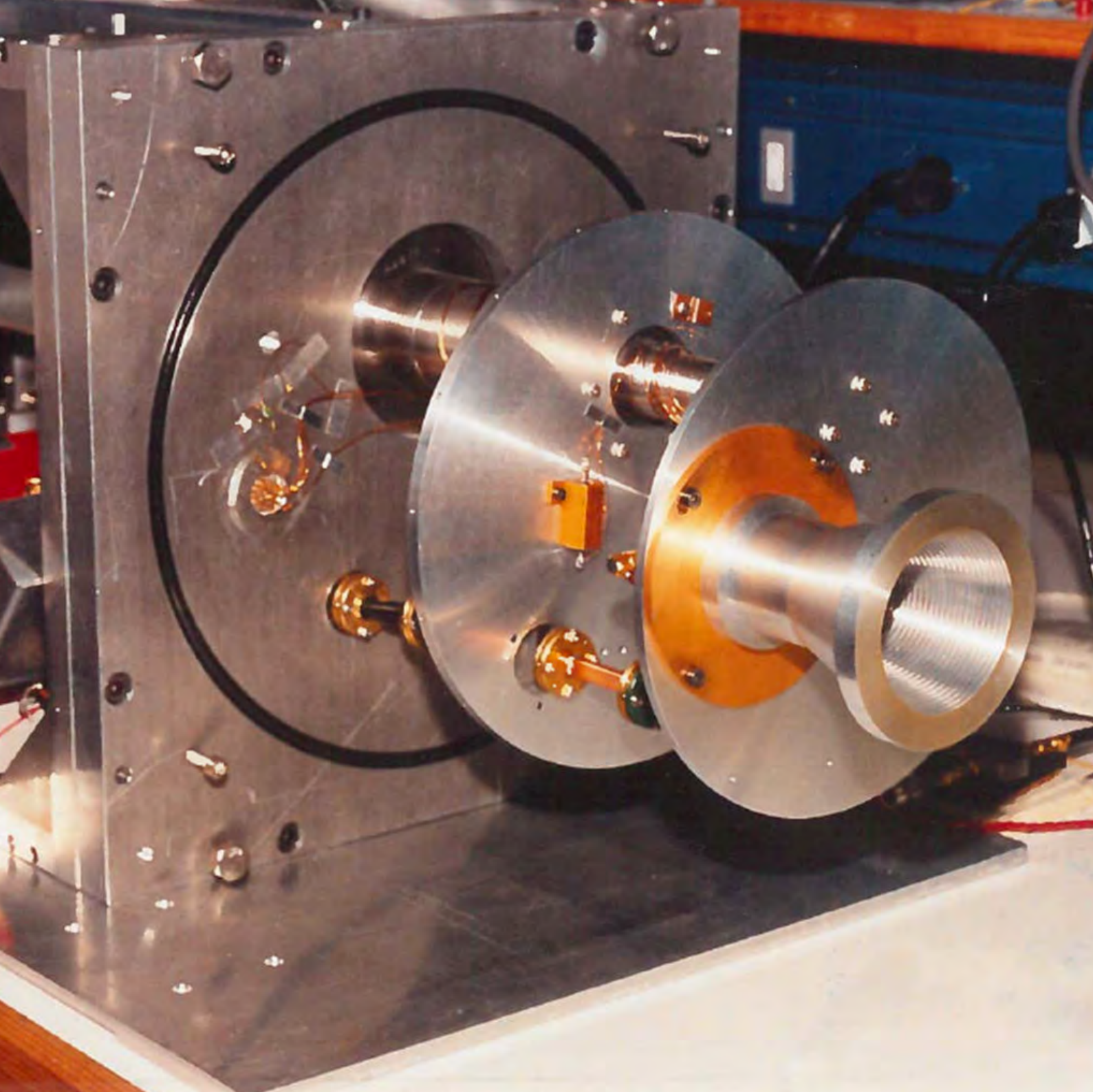
21

El astrógrafo doble fue el instrumento óptico más relevante del Observatorio de Yebes. Consiste en un telescopio de montura ecuatorial con dos tubos refractores de 40 cm de diámetro y una focal de 2 m y dos buscadores de menor diámetro. Uno de los tubos dispone en su foco de una placa motorizada para la identificación y seguimiento de pequeños cuerpos del sistema solar, como asteroides y cometas.

Uno de los logros más importantes de este instrumento fue la detección el 17 de noviembre de 1982 de un nuevo asteroide que recibió la denominación de asteroide Yebes 4661 y que más tarde fue rebautizado como Yebes 1999.

En marzo de 1986, el cometa Halley, el primero de su clase identificado como tal por Edmund Halley en 1682, se aproximó al centro del sistema solar. Dado que su periodo es de 76 años, su paso constituyó un evento relevante y de gran trascendencia mediática y el 22 de ese mes su Alteza Real Felipe de Borbón, Príncipe de Asturias, visitó el centro para observarlo con el astrógrafo.

Imagen a mano alzada del astrógrafo doble con el que se descubrió el asteroide Yebes



El radiotelescopio de 14 m

23

En la década de 1980, el radiotelescopio de 14 m se equipó con un receptor de radioastronomía que permitiera observar en el entorno de longitudes de onda de 7 mm (45 GHz de frecuencia).

En 1984, los ingenieros del Observatorio de Yebes finalizaron la construcción de un receptor que funcionaba a temperatura ambiente y que se utilizó como prueba de concepto. El éxito obtenido permitió que cuatro años más tarde el personal del observatorio diseñara y construyera el primer receptor radioastronómico criogénico, funcionando a 255 grados bajo cero y a 45 GHz de frecuencia. Se trata del hito que marca el inicio de los desarrollos tecnológicos en radioastronomía, una de las principales funciones del Observatorio de Yebes y por la que recibe un gran reconocimiento internacional.

Con este receptor se inició un conjunto de campañas de observación de la emisión espectral de la molécula de monóxido de silicio (SiO) en las envolturas de estrellas evolucionadas, lo que permite investigar esta etapa de su vida. Estas observaciones dieron lugar a las primeras publicaciones científicas con el radiotelescopio de 14 m.

Imagen del primer receptor criogénico a 45 GHz del radiotelescopio de 13,7 m



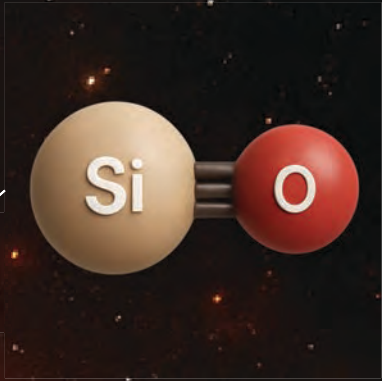
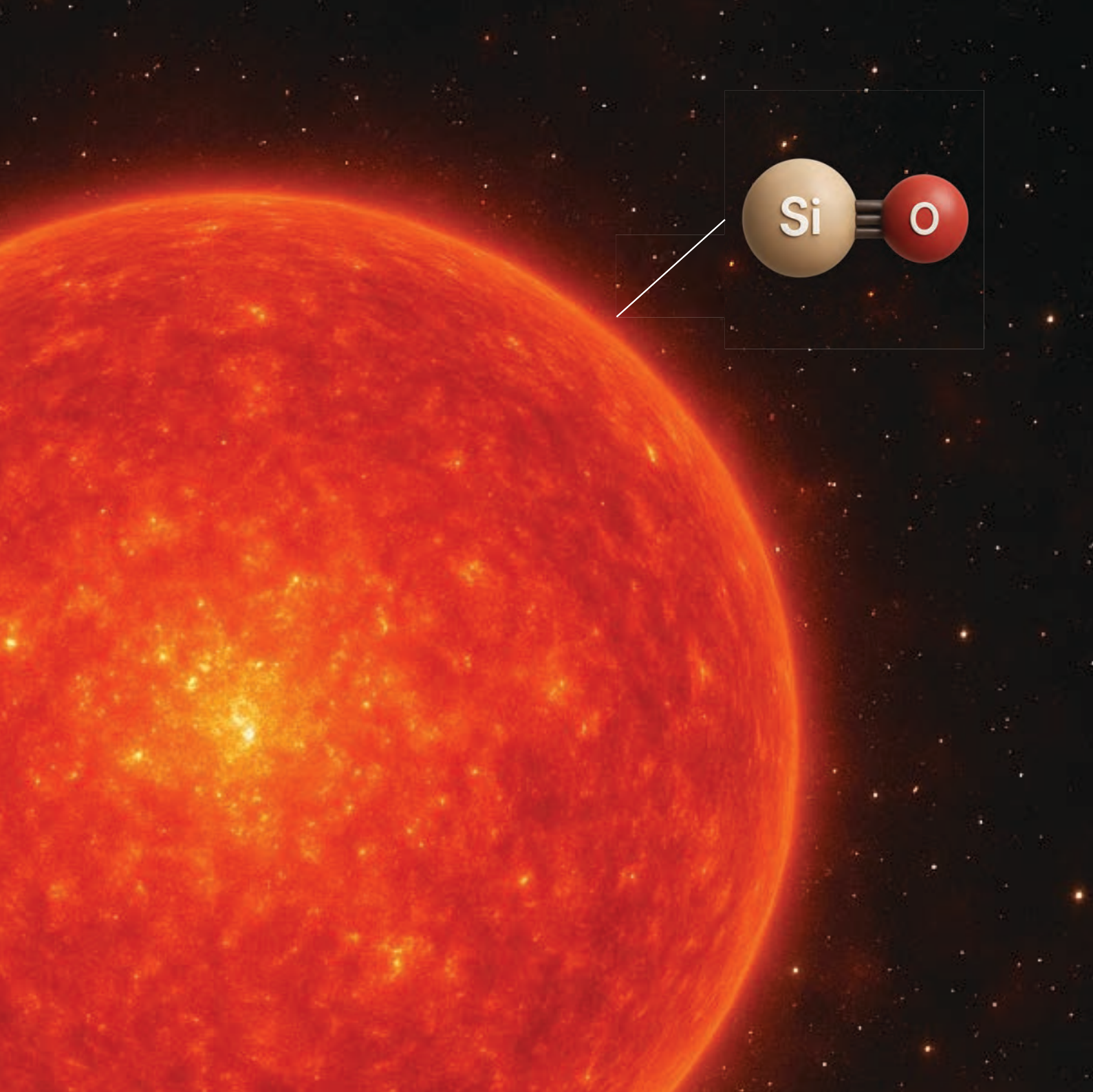
Sabías que...

La radiación procedente del universo en longitudes de onda radio se detecta con receptores radioastronómicos situados en el foco de grandes antenas parabólicas. Los receptores son instrumentos muy sensibles que funcionan a temperaturas criogénicas próximas a 255 grados bajo cero.

La criogenización de los receptores es fundamental para reducir el ruido producido por la agitación térmica de los electrones en las diferentes partes de la cadena de recepción. Esta refrigeración es especialmente crítica en los amplificadores de bajo ruido, uno de los primeros elementos de dicha cadena que amplifican las señales originales hasta unas 1000 veces y determinan la sensibilidad del radiotelescopio.

El Observatorio de Yebes dispone de una experiencia de más de 35 años en el diseño y fabricación de amplificadores criogénicos de bajo ruido y ha adquirido un reconocido prestigio internacional por ello.

La imagen corresponde a una etapa criogénica del receptor de radioastronomía en banda K para el radiotelescopio de 40 m del Observatorio de Yebes. Este receptor cubre una banda de frecuencia de 18 a 26 GHz y ha sido diseñado y construido en el centro



Sabías que...

Cuando una estrella como el Sol agota el hidrógeno de su núcleo sufre una transformación que cambia su aspecto: se expande hasta convertirse en una gigante roja, devorando los planetas más cercanos a ella. La característica más importante de estas estrellas evolucionadas es que pierden mucho material, generando a su alrededor una envoltura circunestelar de polvo y moléculas. Esta pérdida de masa puede ser periódica dando lugar a fenómenos de pulsación que se pueden observar a través del espectro de emisión de moléculas como el monóxido de silicio a lo largo del tiempo.

A veces esta emisión es brillante y cuasi monocromática, y se conoce con el nombre de emisión máser. Los estudios de la emisión máser de las moléculas de monóxido de silicio permiten conocer mejor esta etapa de la vida de las estrellas.

En la imagen se puede ver una recreación de una gigante roja y representación de una molécula de silicio (SiO) en su entorno

Observatorio de
YEBES



Observatorio de
ONSALA



Observatorio de
EFFELSBERG

Primeras observaciones interferométricas

29

En 1989, se obtuvo un éxito científico relevante: el radiotelescopio de 14 m de Yebes participó en su primera observación interferométrica de muy larga línea de base junto con los radiotelescopios de 100 m de Effelsberg en Alemania y el 20 m de Onsala en Suecia. Por primera vez se detectaron mediante esta técnica moléculas de monóxido de silicio (SiO) emitiendo radiación máser en torno a algunas estrellas evolucionadas. Esta observación demostró que la región de emisión era tan compacta que se podía detectar combinando las señales obtenidas por telescopios separados miles de kilómetros. A partir de entonces, el uso de esta técnica de observación, conocida como VLBI, se hizo habitual para observar el máser de SiO con el máximo detalle.

Esta observación fue además un éxito tecnológico porque requirió el uso de una técnica específica y compleja que reducía el ruido de fase al mínimo, permitía sincronizar relojes atómicos separados miles de kilómetros, y utilizaba métodos de muestreo, digitalización y grabación muy avanzados para aquella época. Desde entonces, el Observatorio de Yebes formó parte del reducido número de radiotelescopios que constituyen las redes internacionales de VLBI, como la Red Europea de VLBI, EVN.

La imagen muestra los radiotelescopios de Effelsberg, Onsala y Yebes que participaron en la primera observación de la molécula de SiO con VLBI



Sabías que...

La Interferometría de muy larga línea de base, conocida por sus siglas VLBI, es una técnica de observación compleja en la que varios radiotelescopios observan simultáneamente un astro del cielo. Las señales recibidas en cada radiotelescopio se muestrean, digitalizan y registran con una marca temporal muy precisa. Después, los datos se envían a un centro de correlación que realiza una serie de operaciones complejas para obtener una imagen reconstruida del astro.

De este modo se sintetiza un radiotelescopio virtual cuyo diámetro es igual a la máxima distancia entre las antenas, lo que permite observar astros muy brillantes con un detalle asombroso. Esta es la técnica astronómica de mayor resolución angular hasta la fecha y, por ejemplo, permitiría distinguir un objeto del tamaño a una pelota de tenis en la Luna desde la Tierra.

Mapa de la localización de los radiotelescopios de la Red Europea de VLBI (EVN) sobre la superficie terrestre



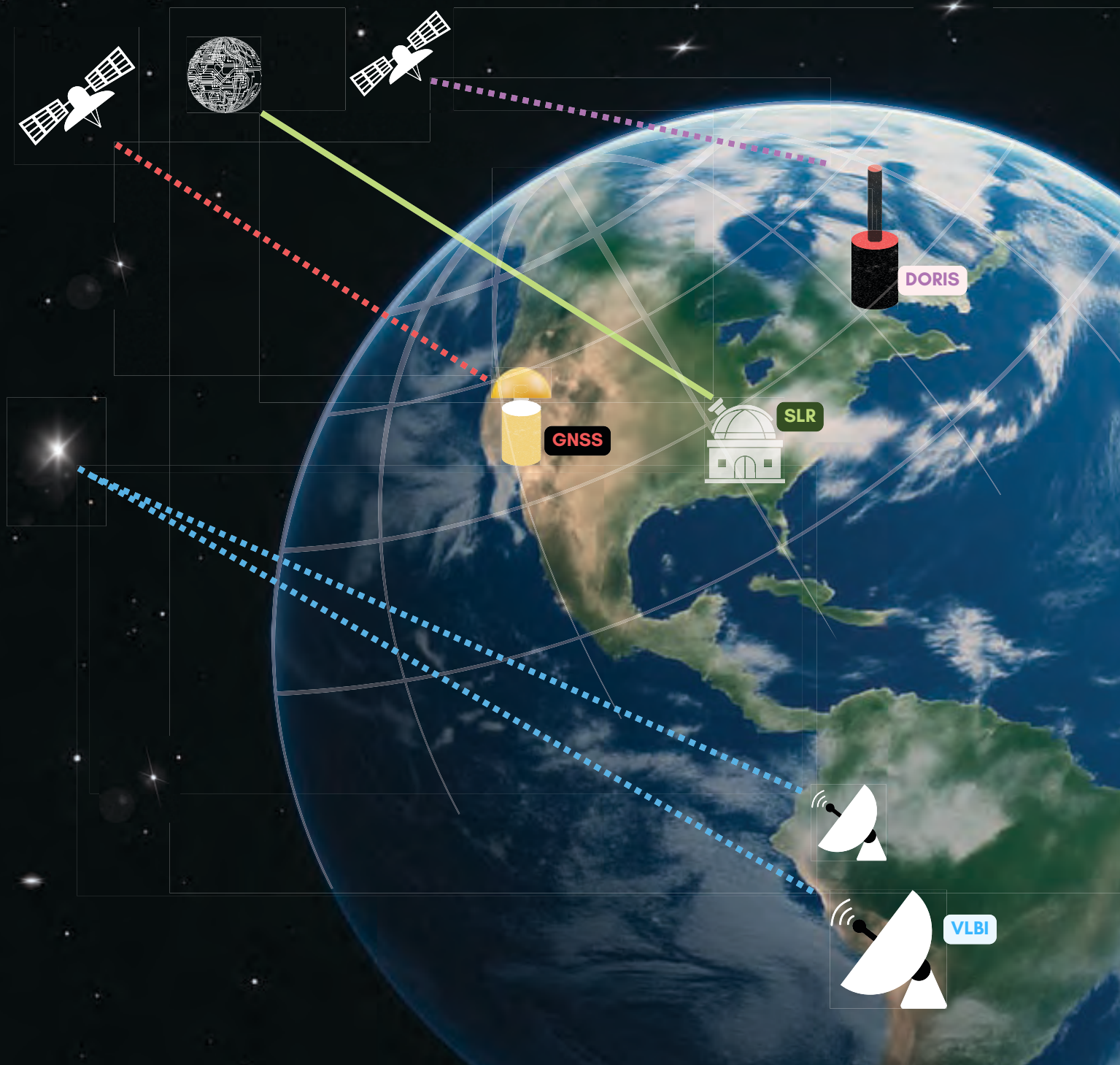
VLBI geodésico con el radiotelescopio de 14 m

33

A comienzos de 1990, y tras el éxito de las observaciones de VLBI con el radiotelescopio de 14 m, se construyó el primer receptor criogénico de banda dual, a 2 y 8 GHz de frecuencia, para realizar observaciones de VLBI geodésico. Para poder realizar las observaciones a estas frecuencias, fue necesario modificar estructuralmente la antena de modo que pudiera utilizarse tanto para estudios astronómicos a 45 GHz como para estudios geodésicos a 2 y 8 GHz.

Se adquirió equipamiento avanzado para este tipo de observaciones y, tras varias sesiones de prueba, el radiotelescopio comenzó a funcionar de modo regular en diversas campañas internacionales, quedando integrado en la red mundial de VLBI geodésico

En la imagen aparece el radiotelescopio de 14 m con la configuración para observar en bandas S/X: alimentador, estructura de soporte y subreflector



Sabías que...

La geodesia es la disciplina que estudia la forma, dimensiones y el campo gravitatorio terrestre incluyendo su posición y orientación en el espacio. La Geodesia Espacial, que se desarrolla en el Observatorio de Yebes, permite determinar pequeños cambios sobre la superficie terrestre a partir de mediciones a satélites artificiales utilizando receptores de GNSS (Sistemas Globales de Navegación de Satélites) o telemetría láser (SLR), y otros objetos exteriores a la Tierra como los quásares mediante VLBI. Esta técnica se emplea además para la definición de sistemas de referencia, como el Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF) que sirven de base para técnicas como la navegación, la topografía o la ingeniería civil.

En la imagen puede verse una representación del planeta Tierra y las técnicas de geodesia espacial: DORIS, SLR, VLBI y GNSS



El radiotelescopio de 40 m

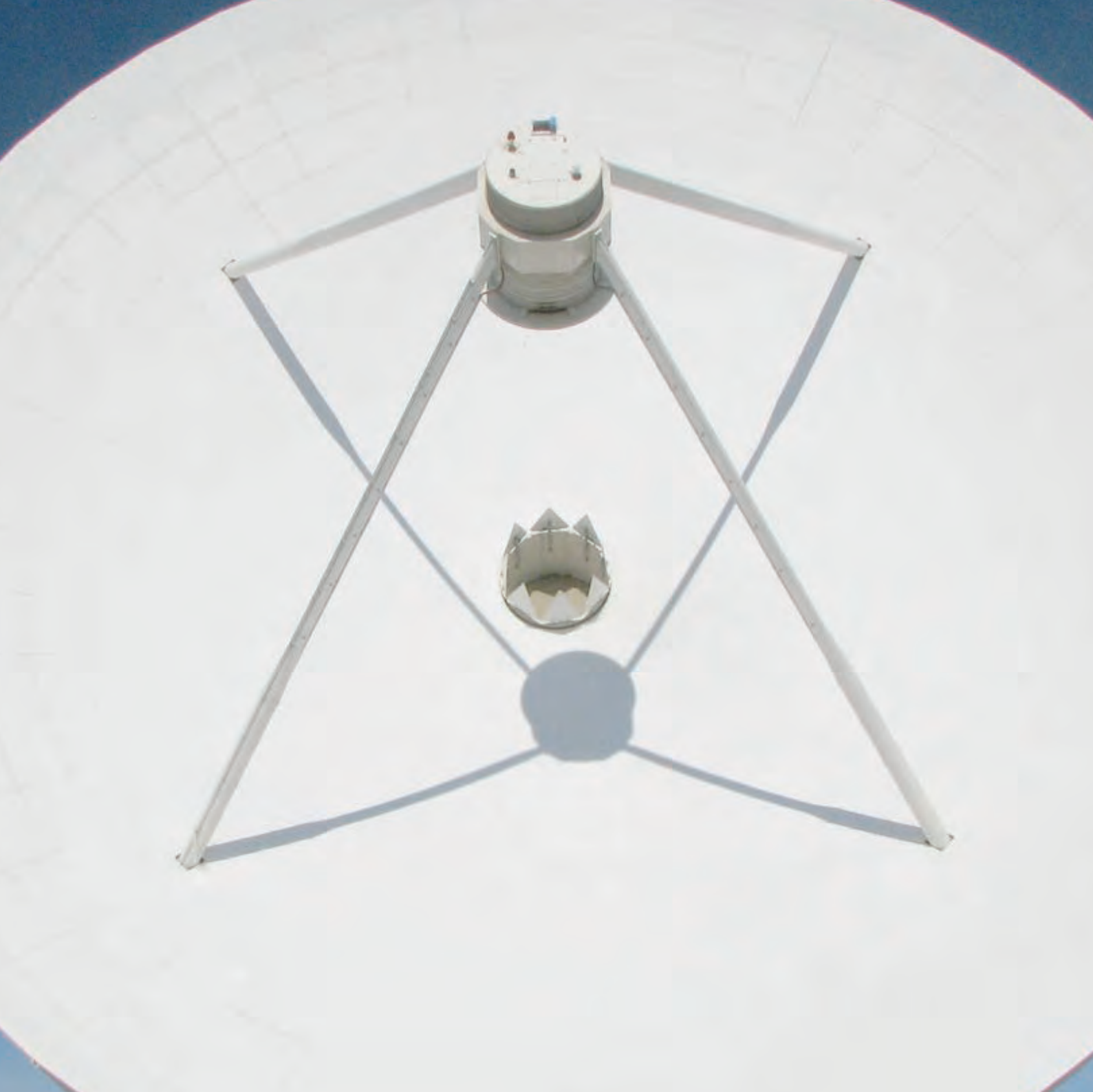
37

El radiotelescopio de 40 m de diámetro es el principal instrumento del Observatorio de Yebes por su alta sensibilidad y la extraordinaria calidad de sus observaciones.

Las primeras discusiones sobre la conveniencia de instalar en el observatorio un radiotelescopio moderno de grandes dimensiones que permitiera el estudio del medio interestelar comenzaron en 1991. Este radiotelescopio se planeó para que funcionara hasta 115 GHz, la máxima frecuencia de observación que permite la atmósfera del lugar. El radiotelescopio de 40 m complementa al de 30 m del Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM) en el Pico del Veleta, Granada, de modo que ambos cubren una banda de frecuencia más amplia, hasta 345 GHz.

El proyecto de ingeniería de la antena se aprobó en 1997 y, un año más tarde, comenzaron las obras de construcción de la torre de hormigón sobre la que se asentaría el radiotelescopio. Todo el proceso constructivo requirió varios años y el 25 de abril de 2005 el telescopio fue inaugurado por los entonces Príncipes de Asturias.

Foto del radiotelescopio de 40 m del Observatorio de Yebes



Sabías que...

El radiotelescopio de 40 m es una antena con dos reflectores: un paraboloide de 40 m de diámetro y un hiperboloide de 5 m sujeto por un tetrápodo. La superficie del paraboloide está formada por 320 paneles de diferentes. La rugosidad de cada panel es inferior a las 75 μm y la de la superficie total es inferior a 150 μm . La estructura de soporte interior está construida de tal modo que el reflector al deformarse por gravedad lo hace en un paraboloide con un foco diferente.

Las patas del tetrápodo miden 15,7 m. En su extremo hay una cabina que soporta el reflector secundario que se puede orientar, desplazándolo o inclinándolo para mantener el foco en el lugar necesario. Este ajuste es necesario para compensar las deformaciones gravitatorias.

La radiación que se refleja en los reflectores pasa por una ventana circular en el centro del paraboloide y se concentra en la cabina de receptores donde, después de reflejarse en diversos espejos es detectada en los receptores criogénicos.

En la imagen del reflector principal del radiotelescopio de 40 m donde se aprecian los paneles, el vértice con sus pétalos, el tetrápodo y la pequeña cabina en el reflector secundario



Primeras observaciones con el radiotelescopio de 40 m

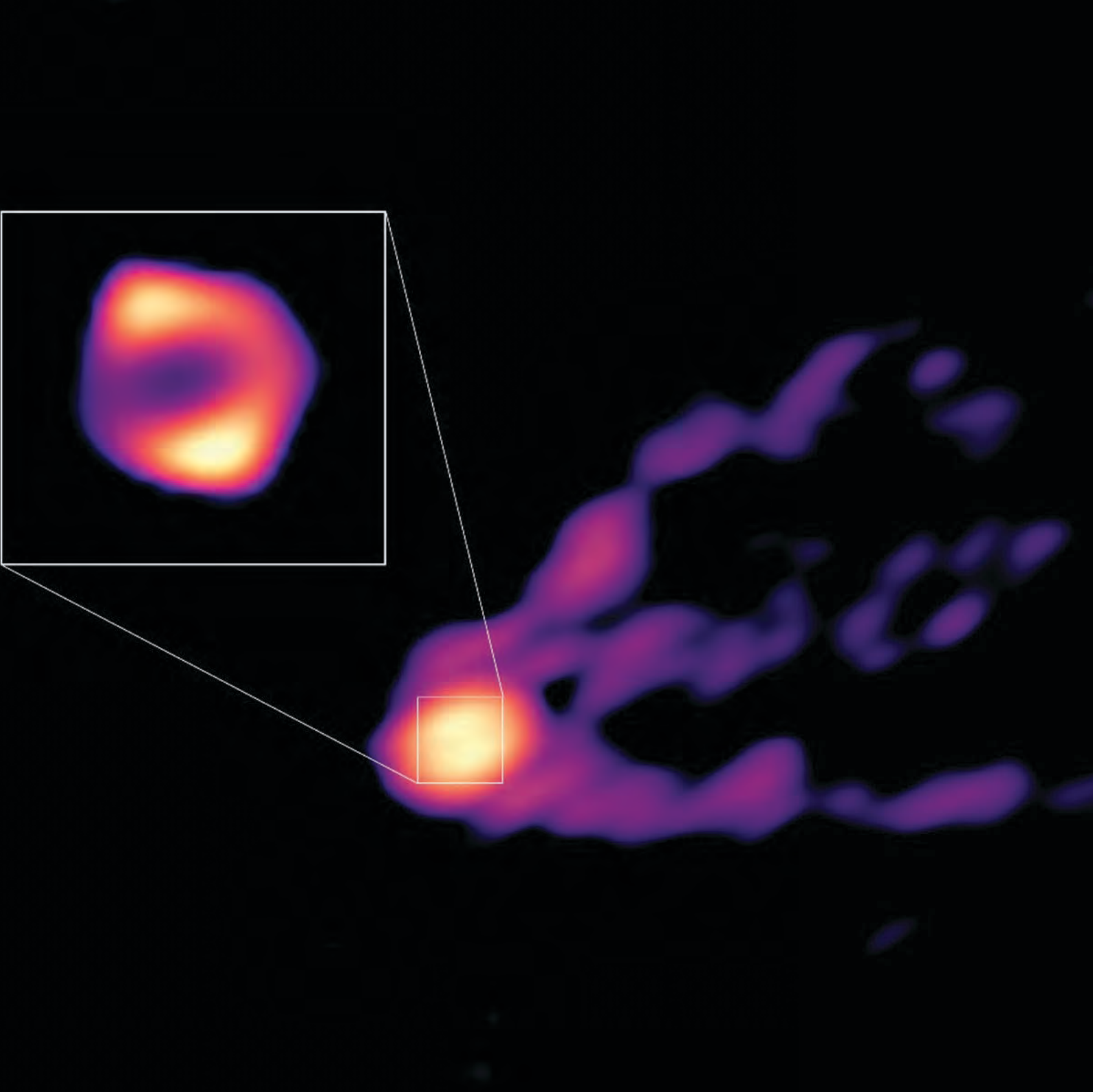
41

En junio de 2007, el radiotelescopio de 40 m realizó sus primeras observaciones. Se utilizó un receptor de 22 GHz diseñado y construido en el Observatorio de Yebes y un telescopio óptico montado en la trasera del reflector secundario para verificar el apuntado en la dirección de la Luna.

Un año después en junio de 2008, se realizó la primera observación interferométrica exitosa dentro de la Red Europea de VLBI (EVN), observando el núcleo de una galaxia activa a 22 GHz. En 2009, y como parte del proyecto Radionet financiado por la Unión Europea, se realizó la primera observación interferométrica empleando transferencia de datos en tiempo real a 1 Gb/s entre varios radiotelescopios de la EVN. En el caso del radiotelescopio de 40 m esta observación fue posible gracias la conexión del Observatorio de Yebes a la red científica española de alta velocidad RedIris, que estableció un punto de presencia. En 2010 se obtuvieron los primeros resultados de VLBI a 87 GHz.

El radiotelescopio de 40 m forma parte de la EVN y de la Red global de VLBI (GMVA) desde entonces, siendo un elemento crucial de ambas redes. La conexión a RedIris y a la red europea GEANT se ha ido actualizando hasta 100 Gbps a lo largo de los años, permitiendo observaciones de mayor ancho de banda y la transferencia de datos a correladores internacionales en tiempo real.

La imagen representa el primer barrido realizado por el RT 40 m sobre la Luna en junio de 2007 a 22 GHz sobre una imagen óptica de la Luna



La actualización del radiotelescopio de 40 m

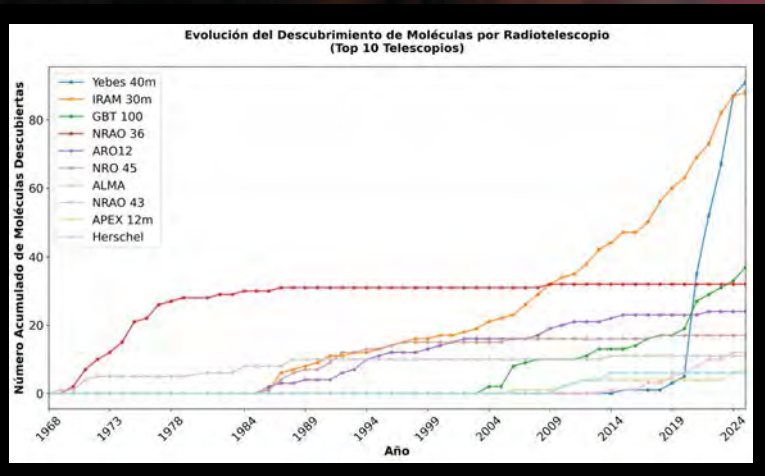
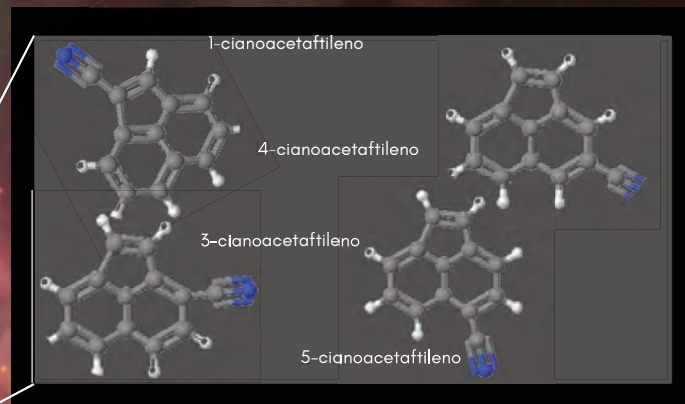
43

En 2019, y como parte del proyecto Nanocosmos financiado por la Unión Europea, se diseñaron y construyeron dos receptores criogénicos de doble polarización lineal en bandas Q (43 GHz) y W (86 GHz), siendo el primero el más sensible y de mayor ancho de banda del mundo a estas frecuencias. El uso de una mesa óptica con espejos dicróicos permite, desde entonces, observar tres frecuencias (22, 43 y 86 GHz) simultáneamente.

El receptor de banda Q ha proporcionado una enorme visibilidad internacional al radiotelescopio ya que con él se han descubierto un 28 % de las moléculas interestelares conocidas hasta la fecha, algunas de ellas relacionadas con la química prebiótica. Además, el receptor de banda W se ha empleado en numerosas observaciones interferométricas, como por ejemplo, la de la vecindad del agujero negro M87 a 3 mm.

En 2024 se instaló un nuevo receptor de banda ancha ultra sensible de 18 a 32 GHz que complementa los anteriores y que permite la observación de moléculas pesadas en el medio interestelar y de objetos extra galácticos con un alto desplazamiento al rojo.

Imagen del agujero negro M87 con el disco de acreción y los chorros de materia que emanan de él



Sabías que...

El espacio interestelar no está vacío a pesar de que la densidad de materia es extraordinariamente pequeña. En él se encuentran átomos, fundamentalmente de hidrógeno, moléculas y granos de polvo. Las moléculas se agrupan habitualmente en vastas estructuras de materia conocidas como nubes moleculares. En estas regiones, con diferentes condiciones físicas y químicas, se producen reacciones químicas donde se forman moléculas complejas.

La primera molécula interestelar (OH) se descubrió en 1963 y, desde entonces hasta el momento de esta publicación, se han detectado más de 335 especies moleculares de las que el radiotelescopio de 40 m del Observatorio de Yebes ha descubierto 93 en los últimos 5 años. En 2021 se detectaron por primera vez la etalonamina, la cabeza hidrófila de un fosfolípido, en la dirección del centro de nuestra galaxia, y las primeras moléculas policíclicas aromáticas en forma de anillo en la nube molecular oscura de Tauro.

Estos estudios son muy importantes para entender la química del medio interestelar y su relación con la emergencia de la vida en los planetas.

En la imagen puede verse una parte de la Nebulosa de Orión con una representación de moléculas policíclicas aromáticas descubiertas por el radiotelescopio de 40 m. (Cernicharo et al. 2024)

MAPA DE INFRAESTRUCTURAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS SINGULARES



UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



GALICIA
RES - Finis Terrae (CESGA)
FLOTA - CSIC/IEO
NANBIOIS - CIBER-BBN

CANTABRIA
RES - Altamira (UC)
MARHS - GTIM-CCOB

NAVARRA
RES-Uroderia (Nasertec)

Lejoratorio Subterráneo de Contrino (LSC)
Observatorio Astronómico de Javalambre (OAJ)
RES - Cansaragusta (UNIZAR)
ELECMI - LMA
NANBIOIS - CIBER-BBN

Sincrotrón ALBA
RES - Marekstrum y MinoTauro (BSC-CNS)
RES - Pelneus (CSUC)
RES - PIC (CEMAT-FAE)
R-LRB - LRB
MICRONANOFABS - SRCNM
MARHS - ICIEM
OmicsTech - CNAG - CRG
OmicsTech - COS
RLASB - CRISA
NANBIOIS - CIBER-BBN
ELECMI - UMEAP
FLOTA - CSIC

Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CEIHEN)
Centro de Láseres Pulsados (CLP)
RES - Caldeñu (SCAYLE)

CASTILLA Y LEÓN

Laboratorio Nacional de Fisión (LNF)
Red Académica y de Investigación Española (RedIRIS)
RES-Cibele (UAM)
RES-Xueta (CEMAT)
NANBIOIS - CIBER-BBN
ReDiB - BIOIMAC (UCM)
MARHS - CERIPAR
R-LRB - LMR
MICRONANOFABS - CT-ISOM
ELECMI - CNME
RLASB - CISA
ReDiB - TRIMA-CHC
IABA-Centro de Microanálisis de Materiales (CMAM)



EXTREMADURA
RES-Lusitania (COMPUTAEX)
RES-Targuifera (CEMAT)
NANBIOIS - CCMLU
NANBIOIS - CIBER-BBN

COMUNITAT VALENCIANA

RES - Tirant (UV)
MICRONANOFABS - NF-CTN
NANBIOIS - CIBER-BBN
ReDiB - Imaging La Fe

CANARIAS
Plataforma Científica de Canarias (PLOCAN)
Observatorio de Canarias (OCC)
Gran Telescopio CANARIAS (GTC)
RES - La Palma (IAC)
MARHS - PLOCAN-TS



Observatorio Biológico de Doñana (IBRO)
Plataforma Solar de Almería (PSA)
Observatorio Astronómico de Calar Alto (CAHA)
Radiotelescopio IRAM 30M
RES - Picasso (UMA)
IABA-Centro Nacional de Aceleradores (CNA)
ELECMI - DME-UCA
NANBIOIS - BIONAND

ANDALUCÍA

CASTILLA - LA MANCHA
Observatorio de Tolosa



REGIÓN DE MURCIA

Infraestructura para el Cultivo del Alon Rojo (ICAR)
FLOTA - BIO Hesperides



ANTÁRTIDA

Base Antártica Española Juan Carlos I (BAE-JCI)
Base Antártica Española Gabriel de Castilla (BAE-GC)



"Una manera de hacer Europa"

ICTS CON LOCALIZACIÓN ÚNICA

ICTS DISTRIBUIDAS

RED DE ICTS

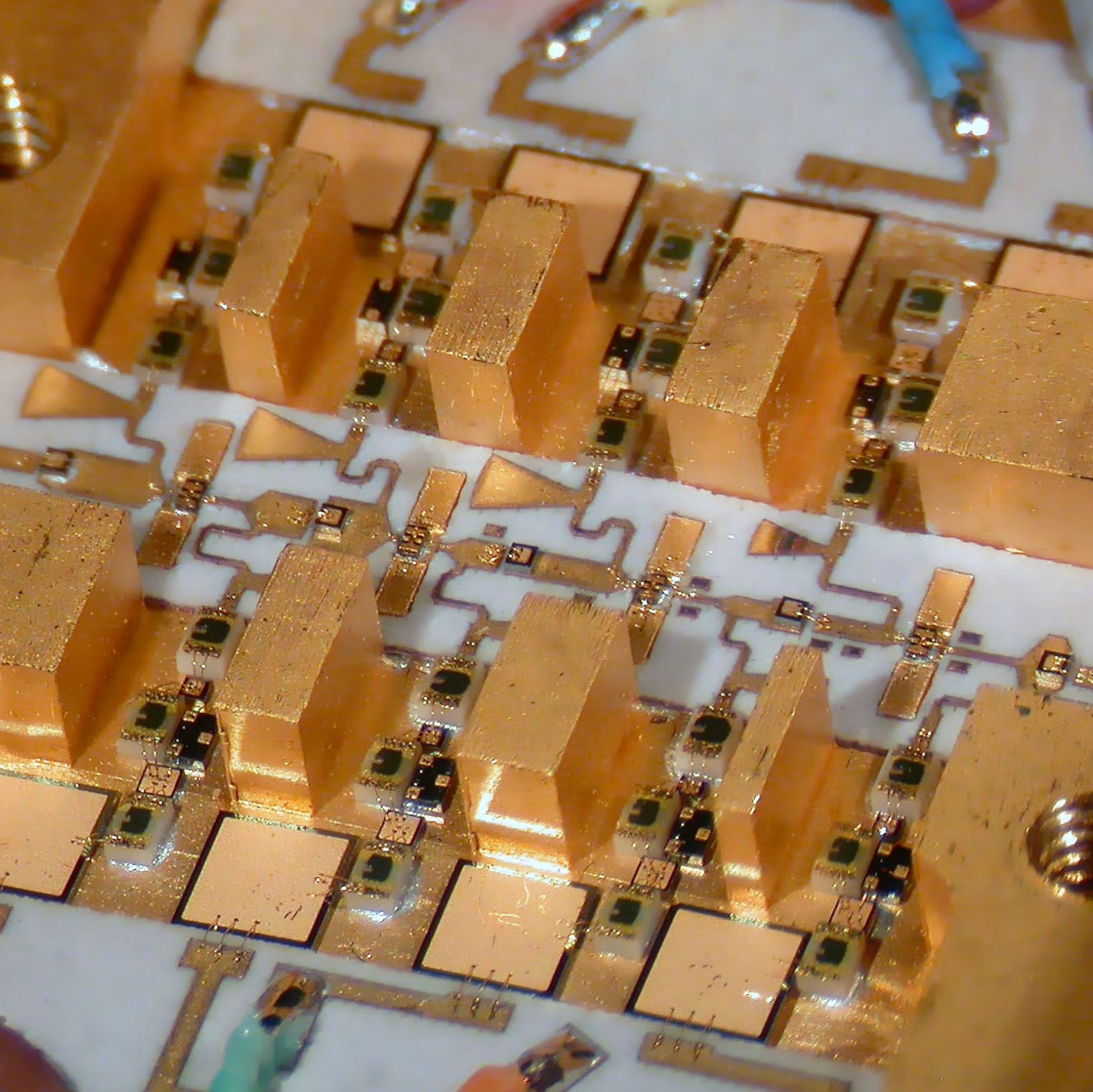
El Observatorio de Yebes, una ICTS española

47

El Observatorio de Yebes es una de las 29 Infraestructuras Científico Técnicas Singulares (ICTS) españolas, instalaciones punteras de I+D+i que prestan servicio a la comunidad científico-tecnológica. El Observatorio es una ICTS desde 2007, cuando se estableció por primera vez el mapa nacional de ICTS, que se revisa periódicamente cada 4 años. La pertenencia al mapa constituye un sello de excelencia y permite el acceso a fondos europeos y a herramientas y servicios de la red científica de comunicaciones, RedIris.

El Observatorio de Yebes dispone del carácter de ICTS por ser una infraestructura de titularidad pública, singular y abierta al acceso competitivo de usuarios de toda la comunidad científico-tecnológica nacional e internacional, gracias a su principal instrumento, el radiotelescopio de 40 m, y a las constantes actualizaciones tecnológicas que han aumentado la sensibilidad y eficiencia de éste, siendo uno de los mejores del mundo en su frecuencia de observación.

El Observatorio de Yebes es una de las seis ICTS de astronomía y la única en Castilla-La Mancha.



Tecnología para grandes proyectos internacionales

49

Los desarrollos tecnológicos del Observatorio de Yebes comenzaron a cristalizar en los primeros años de 2000 y adquirieron una gran proyección internacional con dos de los proyectos más importantes de esta década, la misión espacial HERSCHEL y ALMA, el interferómetro milimétrico y submilimétrico más sensible jamás construido.

En el año 2000 el grupo de ingenieros de Yebes diseñó los amplificadores criogénicos de la frecuencia intermedia del instrumento HIFI que formaba parte de la misión espacial en el infrarrojo lejano Herschel y construyó diferentes prototipos en los laboratorios del centro. La producción de los modelos de vuelo se transfirió posteriormente a la industria española. Estos amplificadores supusieron un avance fundamental porque incrementaron considerablemente la banda de frecuencia detectable, consiguiendo una sensibilidad extraordinaria.

Tres años más tarde, el mismo equipo de ingenieros diseñó y construyó los primeros amplificadores criogénicos de frecuencia intermedia para los radiotelescopios del interferómetro internacional ALMA en Chile. En total se fabricaron 264 unidades con unas magníficas prestaciones en términos de sensibilidad y ancho de banda.

La imagen muestra al detalle de un amplificador criogénico en banda Ka (25-33 GHz) diseñado originalmente para el downlink de las antenas de espacio profundo de la ESA



Sabías que...

HERSCHEL fue una misión espacial de la Agencia Espacial Europea cuyo objetivo era estudiar la formación y evolución de las estrellas y galaxias y su interacción con el medio interestelar. El estudio se realizó con el mayor telescopio espacial infrarrojo y submilimétrico lanzado hasta entonces, provisto de un espejo de 3,5 m de diámetro.

La misión se lanzó junto con el instrumento Planck para estudiar el fondo cósmico de microondas en mayo de 2009 y duró 4 años.

El Observatorio de Yebes contribuyó tecnológicamente en uno de los tres instrumentos de Herschel, el espectrómetro de alta resolución HIFI, y facilitó, como contrapartida, la concesión de tiempo de observación a los astrónomos del Observatorio Astronómico Nacional. Esta misión espacial proporcionó importantes avances científicos y demostró internacionalmente la capacidad tecnológica del Observatorio de Yebes.

En la imagen se muestra una maqueta del satélite Herschel

Receptores fabricados por el Observatorio de Yebes



LOCALIZACIÓN	INSTITUTO	RECEPTOR
Japón	GSI	Receptor tribanda
Antártida (Ohiggins)	BKG	Receptor S/X
Alemania (Wettzell)	BKG	Receptor S/X
Noruega (Spitsbergen)	NMA	Receptor tribanda y 2 receptores VGOS
Finlandia (Metsahovi)	FGI	Receptor VGOS
Azores (Santa María)	RAEGE	Receptor tribanda y receptor VGOS
Tailandia (Chiang Mai)	NARIT	Receptor VGOS
Italia (Matera)	eGEOS/ASI	Receptor VGOS
Sudáfrica (Hartebeesthoek)	HartRAO	Receptor VGOS
España (Yebes)	IGN	Varios
Argentina (La Plata)	BKG/AGGO	Receptor S/X

LOCALIZACIÓN

INSTITUTO

Japón	GSI/NAOJ
Antártida	BKG
Alemania	BKG/Max-Planck/ESOC/ ESA/U. Colonia
Noruega	NMA
Finlandia	FGI
Azores	RAEGE
Tailandia	NARIT
Italia	EGEOS
Sudáfrica	HartRAO
España	IGN/IRAM/ISC/CAB
Argentina	BKG/AGGO
China	Purple Mountain
Países Bajos	SRON/NOVA
Francia	IRAM/Callisto/Meudon/CNRS/NOEMA
Suecia	U. Chalmers
Israel	Technion
Chile	APEX/ALMA
Hawaii	SMA
EEUU	VLBA/JLP, NASA
Inglaterra	U. Oxford/O. Jodrell Bank
Taiwán	Academia Sinica
Polonia	Obs. de Torun
Brasil	INPE
Canadá	NRC

Amplificadores fabricados por el Observatorio de Yebes



El Observatorio de Yebes, Centro de Desarrollos Tecnológicos

53

El Observatorio de Yebes ha ido incrementando sus actividades tecnológicas a lo largo de los años, por ejemplo, con el desarrollo de receptores criogénicos de radioastronomía para los radiotelescopios propios y de otras instituciones. Gracias a su extrema calidad, numerosos institutos han solicitado receptores para sus observatorios y se han diseñado y construido 10 receptores de radioastronomía para diferentes países del mundo como Finlandia, Japón, Portugal, Sudáfrica, Noruega, Italia, Alemania y Tailandia.

En 2007, el Observatorio de Yebes recibió la denominación de Centro de Desarrollos Tecnológicos del Servicio Internacional de VLBI.

El Observatorio de Yebes es un centro de reconocido prestigio internacional y participa, desde hace más de 20 años, en proyectos internacionales financiados por la UE con otros institutos extranjeros de radioastronomía.

Actualmente, los desarrollos tecnológicos cubren todas las áreas de la cadena de recepción: alimentadores, híbridos, amplificadores criogénicos de bajo ruido, filtros superconductores, receptores completos y software de control de radiotelescopios; así como medidas de mitigación y monitorización de ruido radio interferente. Los dispositivos diseñados y construidos por el Observatorio suman más de un millar de unidades y se encuentran repartidos por todo el globo.

Mapa de los receptores (arriba) y amplificadores (abajo) fabricados por el Observatorio de Yebes en el Mundo



El carácter geodésico del Observatorio de Yebes

55

En el año 2000 se instaló la primera estación GNSS en el Observatorio de Yebes, que se integra en la red permanente de EUREF y en el Servicio Internacional de Geodesia (IGS).

Unos años más tarde, en 2006, se construyó el pabellón de gravimetría al que se dotó de un gravímetro relativo superconductor que mide variaciones de la gravedad con una muy alta precisión, algunos sismógrafos y un nuevo receptor GNSS integrado en la Red Geodésica Nacional de Estaciones de Referencia GNSS (ERGNSS). El pabellón está además diseñado para que se puedan ejecutar medidas de intercomparación de diferentes gravímetros.

Todo el Observatorio de Yebes dispone de una red de microgeodesia de 25 pilares de hormigón para enlazar sus diferentes instrumentos de observación. En los últimos años se ha instalado además un retrorreflector de calibración para PAZ, el satélite español de observación SAR en colaboración con el INTA.

Toda esta instrumentación confiere al Observatorio el carácter de estación de referencia internacional en geodesia.

Imagen tratada del pabellón de gravimetría del Observatorio de Yebes



Astrogeodesia con el radiotelescopio de 13,2 m

57

En 2014 finalizó la construcción de un moderno radiotelescopio de 13,2 m dedicado a la geodesia astronómica para integrarlo en el proyecto VGOS (VLBI Geodetic Observing System) del Servicio Internacional de VLBI (IVS). El radiotelescopio se equipó con un receptor tribanda a 2, 8 y 32 GHz diseñado y fabricado por el equipo de ingenieros del Observatorio de Yebes y, dos años después, fue sustituido por otro receptor de banda ancha de 3 a 14 GHz, compatible VGOS, también diseñado y construido en el Observatorio de Yebes. El radiotelescopio de 13,2 m es el primer elemento de la Red Atlántica de Estaciones Geospaciales (RAEGE) y uno de los primeros del proyecto internacional VGOS.

El proyecto VGOS tiene como misión determinar la posición y velocidad relativa de las estaciones con una precisión de 1 mm y de 0,1 mm por año respectivamente a partir de observaciones radioastronómicas de cuásares.

Imagen del radiotelescopio RAEGE/VGOS de 13,2 m en Yebes. Al fondo se aprecian el radiotelescopio de 40 m y la torre solar



Sabías que...

RAEGE, la Red Atlántica de Estaciones Geodinámicas y Espaciales, se constituyó en 2010 como resultado de un acuerdo entre el Instituto Geográfico Nacional y el Gobierno Regional de Azores. RAEGE estará formada por dos estaciones en España, en Yebes y Gran Canaria, y dos en las Azores, en las islas de Santa María y Flores.

Las estaciones se encuentran en tres placas tectónicas diferentes, la placa euroasiática, la africana y la norteamericana. La disposición de las estaciones permitirá evaluar y monitorizar la geodinámica de dichas placas.

Cada estación dispone de un radiotelescopio VGOS que permite integrarlos en la red internacional VGOS del IVS, de equipamiento GNSS y en algunos casos de una estación de telemetría LÁSER. RAEGE contribuye al Sistema Global de Observación (GGOS) para monitorizar la Tierra.

En la actualidad las estaciones de Yebes y Santa María están operativas y la de Gran Canaria en construcción. Además, recientemente se ha instalado en el Observatorio de Yebes un correlador de interferometría para combinar los datos de las estaciones de RAEGE.

Mapa de RAEGE mostrando las estaciones y las líneas de base entre ellas



SLR YI LARA

La estación de telemetría láser

61

En 2021 se inició la construcción de una estación de telemetría láser a satélites. La estación dispone de un telescopio óptico de 70 cm y un sistema de apuntado láser con dos colores verde y rojo que emite pulsos de unos 7 picosegundos de duración para iluminar satélites en torno a la Tierra. Se terminó en 2023 y, en 2024, tras varios meses de pruebas, se integró en la Red Internacional de Estaciones de SLR (ILRS).

La red cuenta actualmente con 45 estaciones, de las que tres se encuentran en España: en Tenerife, San Fernando y Yebes. Este sistema permite determinar la posición de los satélites, o conocida la posición de estos, la de las estaciones en tierra. A partir de estas posiciones, es posible obtener el geocentro terrestre y otros parámetros de orientación de la Tierra.

La estación además dispone de un láser más potente que se transmite desde el foco Coudé del telescopio y permite la detección de objetos no colaborativos, como la basura espacial.

Imagen de la estación SLR del Observatorio de Yebes iluminando un satélite con un láser verde

The Global Geodetic Observing System



IUGG



Global Geodetic
Observing System

IGN Yebes Observatory Instituto Geográfico Nacional

is a member of the
GGOS Space Geodesy Network



Richard A. Gross

Richard Gross, Chair
Global Geodetic Observing System

Michael R. Pearlman

Michael Pearlman, Director
GGOS Bureau of Networks and Observations

Sabías que...

GGOS, el Sistema de Observación Global de Geodesia, es un componente de la Asociación Internacional de Geodesia constituido en 2003. Se creó para avanzar en el conocimiento de una Tierra dinámica. GGOS permite observar los cambios de forma de la Tierra, de su rotación y de la distribución de su masa. Además, proporciona un marco de referencia geodésico global.

La materialización del marco de referencia se hace con estaciones en la superficie de la Tierra que disponen de diferentes técnicas de medida: Interferometría de Muy Larga Línea de Base (VLBI), telemetría laser a satélites (SLR) y sistemas de posicionamiento global por satélite (GNSS). Las estaciones disponen, adicionalmente, de otros instrumentos para medir la gravedad local terrestre y un sistema de colocación para vincular los diferentes sistemas de referencia de cada una de las técnicas.

En 2024, el observatorio de Yebes se convirtió oficialmente en una de las ocho estaciones geodésicas fundamentales en el mundo al disponer de todas las técnicas anteriores.

Imagen del título de «Estación Geodésica Fundamental»



YEBES



ICTS

 MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

DIRECCIÓN GENERAL
DEL INSTITUTO
GEOGRÁFICO NACIONAL

Presente del Observatorio de Yebes

65

El Observatorio de Yebes cuenta en la actualidad con 3 instrumentos de observación extraordinariamente competitivos internacionalmente: dos radiotelescopios, de 40 m y 13 m, y una estación de telemetría láser; todos equipados con instrumentación de última generación. Además, dispone de un correlador de interferometría de muy larga línea de base que permite combinar las señales de varios radiotelescopios. Todos estos instrumentos están integrados en redes internacionales. Además, cuenta con instrumentación auxiliar de apoyo.

Por otra parte, el Observatorio continúa realizando desarrollos tecnológicos punteros en radioastronomía en sus laboratorios y talleres y participa en proyectos internacionales, muchos de ellos financiados por la Unión Europea. Además, diseña y construye dispositivos para otros institutos y observatorios internacionales.

El Observatorio de Yebes, tras convertirse en estación geodésica fundamental, contribuye al conocimiento de una Tierra cambiante.



Astronomía y tecnología para la Sociedad

67

El Observatorio de Yebes se ha convertido en un atractor de estudiantes y público general. Recibe numerosas visitas de universidades, instituciones públicas, asociaciones y, mediante un convenio con el ayuntamiento de Yebes, muestra el observatorio y ofrece actividades formativas a colegios e institutos de enseñanza secundaria. Además, el personal de ingeniería visita las universidades cercanas y participa en ferias de empleo para fomentar el interés en la ciencia y la tecnología entre los estudiantes universitarios.

Las actividades escolares y familiares se centralizan en un pabellón de divulgación construido en el año 2000. El pabellón dispone de un planetario hinchable, sistemas de proyección, espacio para talleres, carteles informativos y una escuela de cohetes de agua a presión. Últimamente se ha equipado con un celostato: un instrumento de observación del sol que proyecta este en una pantalla con un tamaño de 1,30 m lo que permite observarlo con mucha nitidez.

Esta labor es fundamental para atraer nuevas vocaciones científicas y concienciar a la sociedad de la importancia de invertir en ciencia y desarrollo tecnológico.

Celostato instalado recientemente en el Observatorio de Yebes para proyectar la imagen del Sol en una pantalla de proyección en el pabellón de visitas



Actividades futuras

69

El Observatorio de Yebes encara el futuro proyectando nuevos instrumentos de observación que se integren en los grandes observatorios internacionales SKA o ngVLA y planificando la actualización de los operativos para mantenerlos entre los más avanzados y sensibles. De este modo garantizaremos que el Observatorio de Yebes continúa en una situación destacada en el panorama internacional.

La Red Atlántica de Estaciones Geoespaciales estará plenamente operativa en los próximos años y contribuirá significativamente al conocimiento de la Tierra y del Universo.

Los desarrollos tecnológicos en radioastronomía continuarán para aumentar la sensibilidad de los instrumentos y resolver los retos que surjan aportando además soluciones a otros problemas tecnológicos no necesariamente asociados a la radioastronomía.

El Observatorio seguirá contribuyendo a la transferencia de conocimiento a la sociedad, entre los especialistas y las empresas y a las generaciones más jóvenes para garantizar un futuro brillante en ciencia y tecnología en España.







50 YEBES ANIVERSARIO

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

En conmemoración del 50 aniversario del Observatorio de Yebes, este libro recorre los principales hitos que han convertido a este centro en un referente internacional de la radioastronomía y la geodesia.

A través de fotografías y textos breves, descubrirá cómo un proyecto iniciado en la década de 1970 se ha transformado en una instalación científica de vanguardia.

Las páginas incluyen explicaciones sencillas sobre ciencia y tecnología que permiten comprender los extraordinarios avances conseguidos por el equipo del Observatorio de Yebes.

EDITA:
O. A. Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)
General Ibáñez de Ibero, 3- 28003 Madrid
Teléfono: +34 91 597 95 14
e-mail: consulta@cnig.es

www.ign.es - www.cnig.es



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

INSTITUTO
GEOGRÁFICO
NACIONAL

