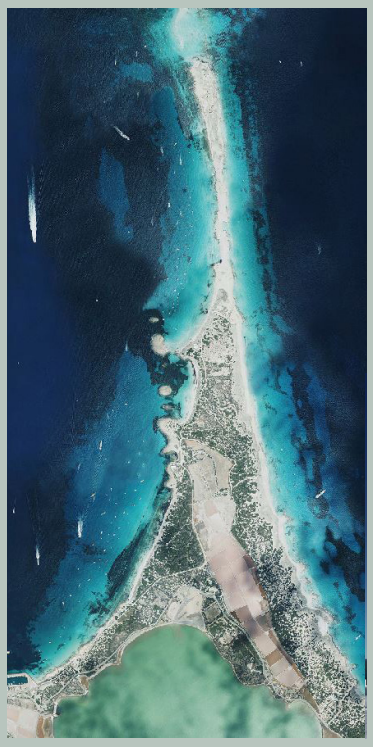
2021 | Memoria de Actividades
Instituto Geográfico Nacional



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

2021 | Memoria de Actividades
Instituto Geográfico Nacional

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

Título:
Instituto Geográfico Nacional - Memoria de Actividades 2021

Edición Revisada 2023

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:
https://cpage.mpr.gob.es

Publica:
© de esta edición, O. A. Centro Nacional de Información Geográfica, 2022.

Autoría:
© Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, 2022.

Diseño y maquetación:
Servicio de Edición y Trazado, Subdirección General de Cartografía y Observación del Territorio del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

NIPO digital: 798-20-072-7
DOI: https://doi.org/10.7419/162.01.2023

Los derechos de la 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.

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA | INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

CNIG: Calle General Ibañez de Ibero, 3
28003 - Madrid (España)
www.ign.es / www.cnig.es
consulta@cnig.es

Indice

INTRODUCCIÓN 5

1. EL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL 9
Introducción 9
Naturaleza jurídica, organigrama y competencias 10
Principal normativa aplicable. 20
Recursos humanos, financieros y materiales 21

2. PROGRAMAS DE ACTUACIÓN 33
Programas de actuación del IGN-CNIG en el Plan Estratégico
del Ministerio de Tansportes, Movilidad y Agenda Urbana 33
Programa de actuación número 1 35
Programa de actuación número 2 85
Programa de actuación número 3 94
Programa de actuación número 4 101

3. RELACIONES INSTITUCIONALES 109
Actividades formativas. 109
Actividades divulgativas 115
Actividad internacional 118
Congresos, conferencias y reuniones, nacionales e internacionales 120
Convenios 127
Artículos y publicaciones científicas, e informes técnicos. 130

4. DIFUSIÓN Y COMUNICACIÓN 149
Geoportales, servicios web y aplicaciones móviles 149
Fototeca del CNIG 155
Canales de difusión 163
Servicio de información y atención al público 166

Producción editorial 169
Biblioteca, cartoteca y archivo topográfico. 171

5. 150 ANIVERSARIO DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL 175
Programa de actos. 175
Eventos: ciclos de conferencia. 177
Actividades desarrolladas 179

Introducción

Además de la continuación, si bien con menor vehemencia, de la pandemia de la COVID-19 que nos trajo 2020 y sus graves y persistentes efectos, el año 2021 ha querido ser también un año protagonista de este siglo marcando claves propias que nos obligan a calificarlo, como su inmediato predecesor, de muy especial. Y, como digo, no solo por la herencia recibida de 2020, baste recordar, por un lado, la borrasca Filomena que, con una virulencia épica, paralizó nuestro país y provocó daños económicos incalculables, o la crisis sísmica en el área de Granada a principios de año, con numerosos terremotos sentidos por la población en un corto periodo de tiempo, de los que incluso cinco de ellos alcanzaron una magnitud mayor de 4.0 e intensidades V-VI ocasionando daños, afortunadamente no estructurales, en un gran número de edificios.

Pero por otro, el hecho indudablemente protagonista en nuestro país, y uno de los que más tuvieron la atención del mundo, fue la erupción volcánica acaecida en Cumbre Vieja, en la isla de La Palma, que se inicia el 19 de septiembre tras una semana de actividad precursora. Una erupción que comprometió al IGN, especialmente a su personal de volcanología, a liderar, junto a otras instituciones, la gestión de la consecuente emergencia para ayudar a la protección de la población y minimizar los daños que, desgraciadamente, era imposible de evitar por la localización y desarrollo concretos de dicho fenómeno volcánico.

El IGN dio lo mejor de sí, asumiendo su responsabilidad de vigilancia y alerta de fenómenos geofísicos, comenzando por advertir con días de antelación y excelente precisión el lugar donde, como en efecto así fue, emergió el proceso volcánico.

Con todo, 2021 también fue un año en el que continuó la celebración de diversos actos y eventos ligados al 150º aniversario que el IGN había coronado el 12 de septiembre de 2020, aquellos que no fue posible desarrollar en su momento precisamente por las dificultades derivadas de la continuación de la pandemia de la COVID-19.

Así, el 11 de febrero, coincidiendo con el Día de la Mujer y la Niña en la Ciencia, el IGN publicó el libro «The World drawn by children / El Mundo dibujado por los niños», publicación especial conmemorativa del aniversario con los dibujos realizados por niñas y niños para las ediciones de 2017 y 2019 del Concurso Internacional Barbara Petchenik que organiza la Asociación Cartográfica Internacional.

El día 26 de abril, festividad de San Isidoro, patrón del IGN y del CNIG, el subsecretario de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, Jesús Gómez, presentó en el Real Observatorio de

Madrid el libro dedicado al aniversario, con el que los profesionales del IGN y del CNIG hemos querido dejar testimonio de la larga y rica historia de la institución y de los compromisos que mantiene contraídos con la sociedad.

También el subsecretario de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, junto al consejero de Transportes de la Comunidad de Madrid, inauguraron el 29 de junio una exposición permanente en la estación de Metro Guzmán el Bueno de Madrid, mediante la que en adelante se podrá disfrutar de un recorrido por los servicios públicos que el IGN y el CNIG ofrecen a toda la sociedad.

Finalmente, el día 24 de noviembre la ministra de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, Raquel Sánchez, presidió el acto de clausura que puso fin al programa de actos desarrollados con motivo del 150º aniversario del IGN, recorriendo la exposición conmemorativa que había sido inaugurada por Su Majestad el Rey Felipe VI en 2020, y descubriendo un monolito, recreación de un vértice geodésico, auténtico icono del IGN, como testigo de nuestro ya más de siglo y medio de historia.

2021 ha sido, por otra parte, un año en el que se han logrado alcanzar hitos y objetivos muy relevantes, que me gustaría ejemplificar relacionando algunos de ellos:

En primer lugar, debe destacarse la consecución de importantes avances en la estructura y los procesos productivos de la Base Topográfica Nacional (BTN), lo que ha permitido mejorar su explotación facilitando la generación de servicios y productos cartográficos como el Mapa Topográfico Nacional (MTN25) automático, que ha visto reducido su periodo de actualización de sus más de 4.100 hojas a menos de cuatro años. Ello a su vez, ha reforzado la oportunidad y el éxito de la aplicación web gratuita «Mapa a la Carta», desarrollada para la obtención de cartografía a demanda por parte de cualquier usuario, permitiéndole la elección de la fracción de territorio que va a contener su mapa, la información cartográfica contenida (procedente del MTN25 o del MTN50), la escala (dentro de ciertos rangos), la inserción de información adicional, e incluso personalizar el título y la portada del mapa, entre otras funcionalidades.

En 2021 también se han consolidado nuestras actividades astronómicas y geodésicas, así como sus desarrollos tecnológicos asociados en el Observatorio de Yebes y en la Red Atlántica de Estaciones Geodinámicas y Espaciales (RAEGE). Se han concluido las obras del nuevo edificio de laboratorios y talleres y comenzado las de la estación de telemetría laser a satélites (SLR). Además, el radiotelescopio de 40 metros ha brillado internacionalmente con la identificación de 28 nuevas especies moleculares nunca antes detectadas en el espacio.

El Real Observatorio de Madrid, sede del Observatorio Astronómico Nacional y del Observatorio Geofísico Central, mejoró significativamente la accesibilidad para visitantes con discapacidad incorporando maquetas de los elementos más emblemáticos del Real Observatorio de Madrid: el edificio Villanueva (calificado como Bien de Interés Cultural) y la reproducción del Gran Telescopio de Herschel, habiéndose iniciado, además, el proyecto de instalación de una rampa en el edificio Villanueva para hacerlo más accesible a personas con discapacidades de movilidad, así como la elaboración de signoguías con explicaciones sobre el Observatorio y su colección de instrumentos.

Precisamente el Real Observatorio de Madrid, formando parte del eje Prado-Retiro, «Paisaje de la Luz», ha sido reconocido como Patrimonio Mundial de la UNESCO en la categoría de Paisaje Cultural, destacando la relevancia de aunar, en un entorno urbano, naturaleza, cultura y ciencia desde mediados del siglo XVI hasta hoy.

El IGN participó en la campaña antártica 2021-2022, continuando con labores de inspección y valoración de la actividad y alerta volcánica en la isla Decepción, instalando las primeras es-

taciones sísmicas en la isla Decepción con la capacidad de transmitir datos en continuo al IGN, y realizando tareas de mantenimiento de la estación GNSS Base Juan Carlos I (BJCI), instalada en la isla Livingston, comprobando el estado de su monumentación y su resistencia ante el invierno antártico.

El 21 de mayo se publicó en el BOE el Real Decreto 310/2021 por el que se aprueba un nuevo Estatuto del Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica, con el que se dota de un adecuado marco normativo para afrontar los retos actuales y futuros relacionados con el sector de las tecnologías y métodos de acceso aplicados a la información geográfica y, en consecuencia, con las nuevas necesidades de sus usuarios.

El Consejo de Ministros aprobó el Plan Estatal de Protección Civil ante el riesgo de maremotos en el que el IGN, a través de la Red Sísmica Nacional, ha contribuido decisivamente aportando el protocolo de avisos sobre fenómenos susceptibles de maremotos. La Red Sísmica Nacional obtuvo, también este mismo año, el Certificado de Gestión de Emergencias ISO 22320, otorgado por AENOR, que acredita su capacidad para dar una respuesta eficaz ante la ocurrencia de terremotos y tsunamis con las mejores prácticas en la materia para minimizar daños humanos y materiales.

El Servicio de Posicionamiento en Tiempo Real (SPTR), que provee la Red de Estaciones de Referencia GNSS (ERGNSS) del IGN, se ha convertido en un instrumento muy importante para el desarrollo del vehículo autónomo. En concreto está siendo utilizado por el Centro de Automática y Robótica (centro mixto CSIC-UPM), implicado en el desarrollo de sistemas de conducción autónoma, así como por importantes empresas implicadas en el desarrollo de sistemas de guiado autónomo de vehículos.

El Gobierno aprobó el Plan Cartográfico Nacional (PNC) 2021-2024 elaborado por la Comisión Especializada del PCN del del Consejo Superior Geográfico, que preside el IGN. El PCN es el instrumento de planificación de la producción cartográfica oficial y geoservicios oficiales de la Administración General del Estado (AGE) para los próximos cuatro años, y una herramienta para facilitar la coordinación de éste con los demás planes oficiales de producción cartográfica.

Se publicó la obra «La pandemia COVID-19 en España. Primera ola: de los primeros casos a finales de junio de 2020», monografía del Atlas Nacional de España (ANE) que analiza, desde una perspectiva geográfica, lo sucedido desde el punto de vista sanitario durante la primera ola de la pandemia COVID-19 en España y sus efectos sociales, económicos y ambientales. Esta publicación del IGN contó con la colaboración científica de numerosos investigadores de 22 organizaciones de la red de organizaciones científicas y académicas que participa en la elaboración del ANE del siglo XXI (Red ANEXXI).

El IGN y el CNIG participaron en la 30.ª Conferencia Cartográfica Internacional celebrada en Florencia entre los días 14 y 18 de diciembre de 2021, y organizada por la Asociación Cartográfica Internacional (ICA/ACI), la organización de referencia a nivel mundial en el ámbito de la cartografía. En su tradicional exposición cartográfica, fueron galardonadas las obras «Geoexplorer» en la categoría «Educational cartographic products», y el Mapa en relieve de la Islas Canarias a escala 1:500.000 en la categoría «Maps on panels».

La Biblioteca y la Cartoteca han continuado con la incorporación de nuevas obras a sus fondos y la exhibición de estos en diversas exposiciones. En concreto este año fue adquirido un ejemplar del valioso incunable Liber Chronicarum y se desplegaron las exposiciones:

- «Ciudades del mundo. Vistas. Planos», en la sede central del IGN en Madrid
- «Los mapas y la primera vuelta al mundo. La expedición de Magallanes y Elcano» y «Las Baleares en los mapas entre los siglos II y XVIII», en Palma de Mallorca, para participar en el 20º aniversario del Servei d'Informació Territorial de les Illes Balears (SITIBSA).

- «De Iberia a España a través de los mapas» en el Palacio de Congresos Infanta Doña Elena de Águilas (Murcia)
- «Los mapas y la primera vuelta al mundo. La expedición de Magallanes y Elcano», en la Casa de las Ciencias de Logroño.

El 13 de diciembre de 2021, tras 85 días de erupción, se dio por concluida la erupción volcánica de La Palma, con la disminución de la señal de tremor volcánico en todas las estaciones de la red sísmica y la desaparición del flujo y la emisión de material volcánico. El final de la erupción no implica que hayan desaparecido algunos peligros asociados al fenómeno volcánico, por lo que los trabajos de seguimiento que el IGN realiza en La Palma continuarán durante el tiempo que sea necesario, con el mismo compromiso y dedicación del personal involucrado directa o indirectamente en dichas tareas.

Sirva ello como ejemplo de la capacidad y profesionalidad de todo el personal del IGN, del CNIG y de sus Servicios Regionales ante las funciones y responsabilidades que nos tiene encomendadas la sociedad.

Lorenzo García Asensio
Director General del Instituto Geográfico Nacional
Presidente del O.A. Centro Nacional de Información Geográfica

1 El Instituto Geográfico Nacional

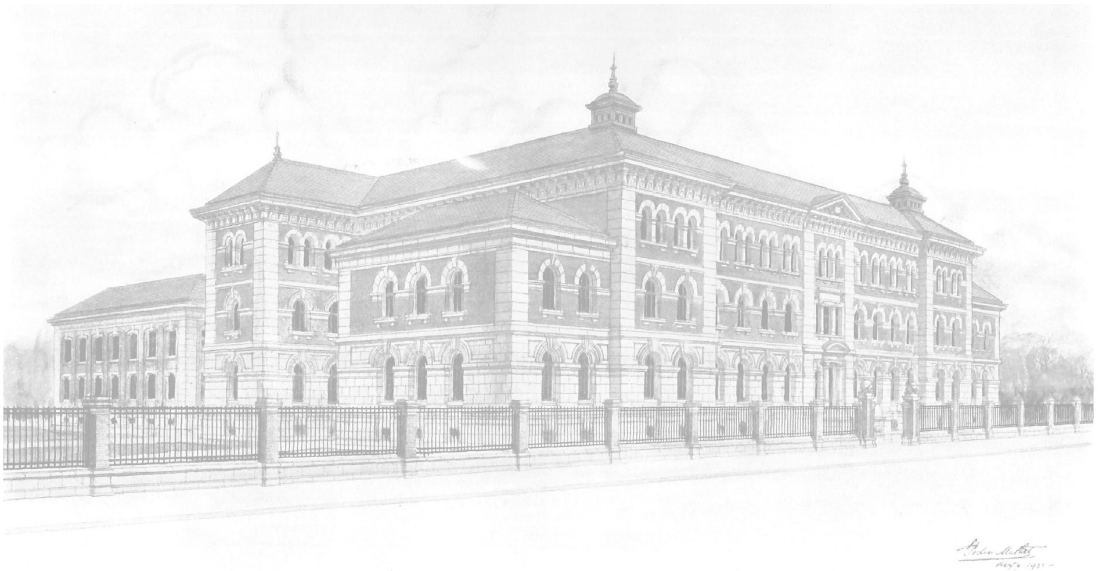
INTRODUCCIÓN

El 12 de septiembre de 1870 se crea el Instituto Geográfico, dependiente administrativamente de la Dirección de Estadística del Ministerio de Fomento, pero con plena libertad para el ejercicio de las facultades técnicas que se le atribuyen, consistentes en «la determinación de la forma y dimensiones de la Tierra, triangulaciones geodésicas de diversos órdenes, nivelaciones de precisión, triangulación topográfica, topografía del mapa y del catastro, y determinación y conservación de los tipos internacionales de pesas y medidas».

La creación del Instituto Geográfico es un acontecimiento de gran importancia para la configuración de un Estado moderno: supuso el triunfo de una cartografía articulada conforme a una concepción técnica y civil, que trascendía de la tradicional aplicación de los conocimientos geográficos sólo a la seguridad y la defensa del Estado. Así, España se homologaba con otros países europeos, quedando en disposición de colaborar con ellos en la determinación de la forma y medida de la Tierra.

Poco tiempo después de su fundación, mediante Decreto de 12 de marzo de 1873, se crea la Dirección de Estadística y del Instituto Geográfico, la cual, ese mismo año, mediante Decreto de 19 de junio (durante la Presidencia de Pi y Margall de la Primera República), es sustituida por el Instituto Geográfico y Estadístico. En consecuencia, el Instituto deja de ser un órgano integrado en una Dirección General para convertirse

Por Decreto de 12 de septiembre de 1870 se crea el Instituto Geográfico en la Dirección General de Estadística del Ministerio de Fomento, siendo su primer director el General Ibáñez de Ibero.



Proyecto inicial para la construcción del edificio del IGN (1928)

en un Centro Directivo independiente. Esta naturaleza la ha mantenido hasta la actualidad, si bien la denominación del Instituto ha variado con los años; Instituto Geográfico y Catastral, Instituto Geográfico, Catastral y Estadístico, hasta la actual denominación, desde 1977, como Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Tampoco ha permanecido siempre integrado en el Ministerio de Fomento, ya que a lo largo de su historia ha dependido en ocasiones de otros Ministerios, como el de Instrucción Pública y Bellas Artes o el Ministerio de Presidencia.

Asimismo, mantiene desde su fundación las responsabilidades en las materias de geodesia y cartografía, habiéndole sido atribuidas otras con el tiempo, que en unos casos han permanecido y en otros han sido asignadas posteriormente a diferentes órganos, en ocasiones creados a partir de tal asunción de competencias. En este sentido, en 1878 asumió las competencias en calibración y control metrológico, que mantuvo hasta la constitución del Centro Español de Metrología como Organismo Autónomo en el año 1991. En 1904 se integró en el Instituto Geográfico el Observatorio Astronómico y Meteorológico, manteniéndose las competencias en astronomía hasta la actualidad, mientras que las de meteorología a partir de 1906 fueron transferidas al Instituto Central Meteorológico, aunque el Observatorio Astronómico continuó publicando las medidas correspondientes a Madrid hasta 1919. En 1925 se incorpora el catastro de rústica, realizándose en el Instituto funciones catastrales hasta 1979. Ese mismo año, 1979, se incorporaron los Servicios del Consejo Superior Geográfico, hasta ese momento dependientes del Ministerio del Ejército, que continúan formando parte de los cometidos del IGN en la actualidad.

NATURALEZA JURÍDICA, ORGANIGRAMA Y COMPETENCIAS

Estructura

La estructura actual del IGN se encuentra recogida en el artículo 17 del Real Decreto 495/2021 de 6 de julio, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, configurándose como un órgano directivo adscrito a la Subsecretaría del Departamento e integrado por los siguientes órganos con rango de subdirección general:

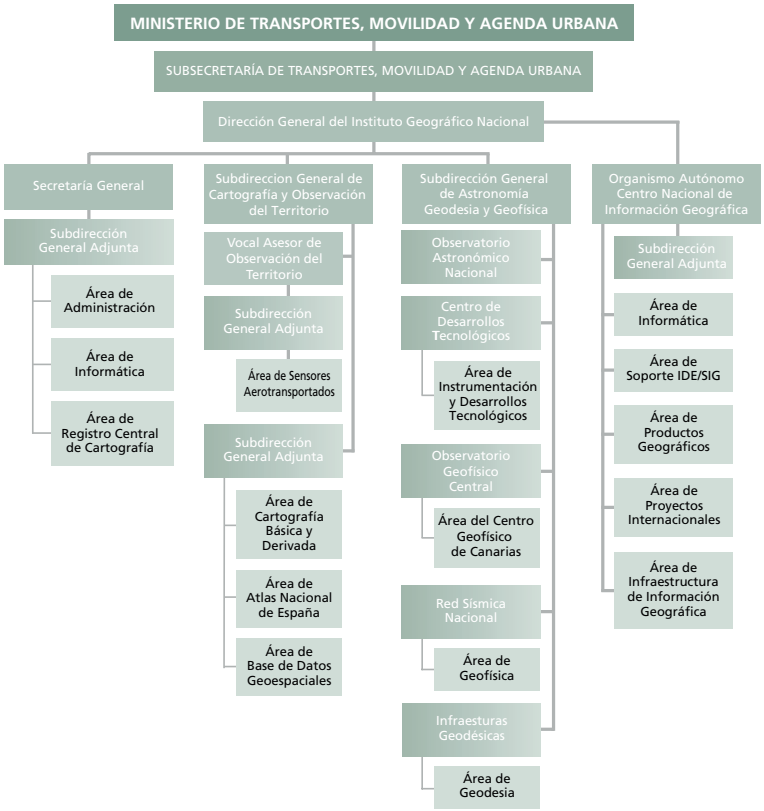
— La Secretaría General.
— La Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica.
— La Subdirección General de Cartografía y Observación del Territorio.

Asimismo, hay que señalar la dependencia del Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), con rango de Subdirección General adscrito a la Dirección General del IGN.

Organigrama

Además de las unidades que aparecen en el organigrama de la página siguiente existen una serie de órganos colegiados en los que el director General del IGN ejerce las siguientes funciones:

— La vicepresidencia del Consejo Superior Geográfico, órgano superior, consultivo y de planificación del Estado en el ámbito de la cartografía; la presidencia de su Comisión Territorial y de su Comisión Permanente. La Presidencia del Consejo Superior Geográfico corresponde al Subsecretario del departamento.
— La presidencia (alterna, junto con el presidente del CSIC) de la Comisión Nacional de Astronomía, órgano colegiado encargado del impulso y coordinación de los programas astronómicos nacionales y del asesoramiento a la Administración General del Estado en materia de astronomía y astrofísica, así como de la representación de España en la Unión Astronómica Internacional.
— La presidencia de la Comisión Española de Geodesia y Geofísica, órgano colegiado encargado de la promoción, coordinación e impulso de los trabajos, investigaciones y estudios físicos, químicos y matemáticos de la Tierra y su entorno, así como de la coordinación de las investigaciones científicas cuando exijan la cooperación entre organismos nacionales e internacionales; y la presidencia de su Comité Ejecutivo.



— La presidencia de la Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes, encargada de estudiar, elaborar y proponer normas sismorresistentes aplicadas a los campos de la ingeniería y la arquitectura; promover de modo permanente y actualizar periódicamente dichas normas; promover, desarrollar y difundir en España el estudio y conocimiento de la ingeniería sísmica y de la sismicidad; asesorar a los Órganos responsables de la protección civil sobre las medidas a tomar para reducir los daños a personas y bienes en caso de catástrofe sísmica; y mantener relaciones con organismos nacionales e internacionales que realicen funciones similares, a fin de poder estudiar cuantas innovaciones surjan en su campo de actuación.

Además, se debe señalar que de la Dirección General del IGN (a través del CNIG) dependen funcionalmente una serie de unidades territoriales (orgánicamente dependientes del Ministerio de Política Territorial) denominadas Servicios Regionales, establecidas en las diferentes Comunidades Autónomas en el seno de las Delegaciones de Gobierno, y que tienen como objetivo mejorar el conocimiento del territorio y acercar al ciudadano las prestaciones del IGN y del CNIG.

Existen actualmente Servicios Regionales en Andalucía (Sevilla), Aragón (Zaragoza), Asturias (Oviedo), Cantabria-País Vasco (Santander), Castilla-La Mancha (Toledo), Castilla y León (Valladolid), Cataluña (Barcelona), Extremadura (Badajoz), Galicia (A Coruña), Murcia (Murcia), La Rioja-Navarra (Logroño) y Comunitat Valenciana (Valencia).

Además, el Centro Geofísico de Canarias añade a sus funciones las propias de un Servicio Regional; y el Servicio Regional de Cataluña extiende su ámbito a las islas Baleares.

Competencias y funciones

Las funciones y competencias encomendadas a la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional en el Real Decreto 495/2021 del 6 de julio, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, pueden agruparse en distintos bloques de materias:

Astronomía, Geodesia y Geofísica

El desarrollo de las funciones astronómicas y las aplicaciones espaciales se realiza a través de:

— El Observatorio Astronómico Nacional (OAN), al que corresponde la planificación y explotación científica de la instrumentación e infraestructuras astronómicas propias, incluyendo la realización de trabajos de investigación orientada a radioastronomía, así

Panorámica del Observatorio de Yebes

como el suministro de información oficial en materia de astronomía y la conservación del patrimonio del Real Observatorio de Madrid. Del OAN depende la estación de observación de Calar Alto (Almería) así como la explotación científica del radiotelescopio de 40 m del Observatorio de Yebes (Guadalajara) y de los observatorios del Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM) en Pico Veleta (Granada) y en Plateau de Bure (Alpes franceses).

— El Centro de Desarrollos Tecnológicos, al que le corresponde el desarrollo tecnológico y la gestión operativa de la instrumentación e infraestructuras propias para radioastronomía, geodesia espacial y geodinámica, especialmente para el funcionamiento del Observatorio de Yebes como instalación científico técnica singular.

Las funciones de los Observatorios y Centros especializados de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional a diferencia de sus Servicios Regionales, no están integrados en las Delegaciones del Gobierno.

Geofísica y Volcanología

El desarrollo de las funciones de Sismología, Volcanología, Geomagnetismo y Gravimetría se realiza a través de:

— La Red Sísmica Nacional (RSN) repartida por todo nuestro territorio es la responsable de la planificación y gestión de sistemas de detección y comunicación de los movimientos sísmicos ocurridos en territorio nacional y sus posibles efectos sobre las costas, así como la realización de trabajos y estudios sobre sismicidad y la coordinación de la normativa sismorresistente. De la RSN depende la Estación Sismológica de Sonseca (Toledo) que es estación primaria del Sistema Internacional de Vigilancia (SIV) de la Comisión Preparatoria de la Organización del Tratado de Prohibición Completa de los Ensayos Nucleares (CTBTO). La RSN está reconocida por Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la ONU como el Centro Nacional de Alerta de Tsunamis. La RSN es responsable del Centro Nacional de Alerta de Tsunamis de la Comisión Oceanográfica Internacional de la ONU. En 2021 la RSN ha obtenido la certificación AENOR en Gestión de Emergencias, que acredita la capacidad de la institución para dar una respuesta eficaz ante la ocurrencia de terremotos y tsunamis. Este certificado se basa en la Norma UNE-EN ISO 22320, de «Protección y Seguridad de los Ciudadanos. Gestión de Emergencias. Requisitos para la respuesta ante incidentes».

— El Observatorio Geofísico Central (OGC), al que corresponde la planificación y gestión de los sistemas de vigilancia y comunicación a las instituciones de la actividad volcánica y determinación de los peligros asociados, así como la gestión de sistemas de observación en materia de geodinámica, geofísica, vulcanología, gravimetría y geomagnetismo y la realización de trabajos y estudios relacionados. Además, ofrece el servicio público de recuperación, conservación y archivo de datos analógicos, a través del Archivo Nacional de Datos Geofísicos y Geodésicos. Para el desarrollo de sus funciones, cuenta con: su Sede Central en el Real Observatorio de Madrid (ROM), el Centro Geofísico de Canarias (CGC), y los Observatorios Geomagnéticos de San Pablo de los Montes (Toledo) y Güímar (Tenerife), los Observatorios geofísicos de Toledo, Santiago de Compostela, Almería y Málaga, además de una extensa red de estaciones de observación en campo en todo el territorio nacional.

Geodesia

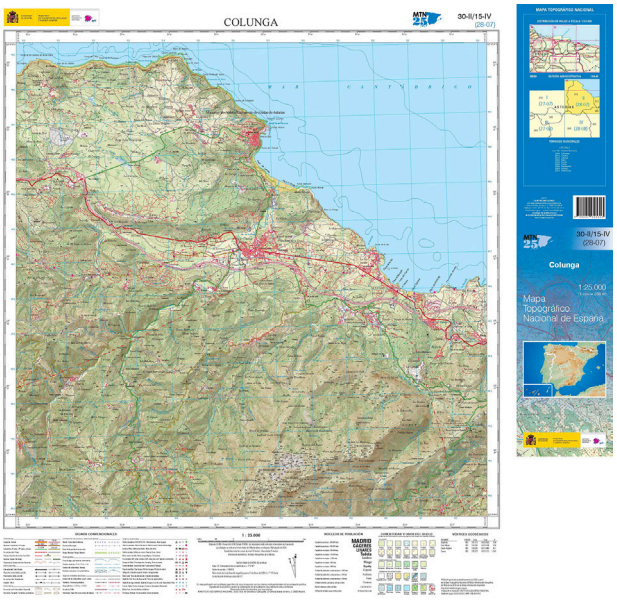
La Geodesia actual es la ciencia que tiene como objeto el estudio de la forma y tamaño de la Tierra, de su rotación y orientación en el espacio y de la distribución de sus masas. Directamente ligada a la Astronomía desde sus mismos orígenes, puede decirse que la Geodesia es una

ciencia aplicada; sus objetivos tienen una directa aplicación práctica: establecimiento de redes de medida precisa del territorio (en latitud, longitud y altitud) a través de las redes geodésicas y las redes de nivelación, mareas oceánicas y terrestres, movimientos del polo, deformaciones de terreno, etc. Su desarrollo y aplicación en España, desde sus primeros pasos, han estado siempre ligados al IGN.

Las funciones del IGN en geodesia, se desarrollan a través de la Subdirección General de Astronomía, Geodesia, Geofísica. Real Decreto 495/2021 del 6 de julio, recoge en su artículo 17 las funciones y competencias encomendadas a la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional. Entre dichas funciones están las que se recogen en el apartado e): «La planificación y gestión de las redes geodésicas activas y pasivas de ámbito nacional, de la red de nivelación de alta precisión y de la red de mareógrafos que conforman el marco y Sistema de Referencia Geodésico español, la explotación y análisis de observaciones geodésicas, el desarrollo de aplicaciones sobre sistemas de navegación y posicionamiento, así como la realización de trabajos y estudios geodinámicos».

Cartografía

La Cartografía proporciona el conocimiento del territorio a través de su interpretación y representación en mapas o mediante las diversas y modernas versiones de estos, como los mapas digitales, las bases de datos cartográficas y los sistemas de información geográfica.



En consecuencia, a partir de los datos obtenidos mediante la observación del territorio, constituye la plataforma práctica indispensable para su gestión desde un punto de vista multidisciplinar (a través de la cartografía topográfica o como descripción geométrica del territorio) o específico (a través de la cartografía temática que enfatiza, desarrolla o incorpora sobre aquellos aspectos concretos ligados a sectores de actividad industrial, cultural, social o medioambiental).

Se trata, por lo tanto, de una necesidad básica que se satisface configurando una infraestructura de conocimiento y gestión del territorio, cuya disponibilidad garantizan los servicios públicos promoviendo su producción y actualización, para impulsar un desarrollo que sea eficiente en términos económicos, sostenible desde el punto de vista medioambiental y útil para la sociedad.

Por ello, el Instituto Geográfico Nacional tiene la producción cartográfica, entre sus diversas competencias, como una actividad de la máxima prioridad que se desarrolla a través de la Subdirección de Cartografía y Observación de Territorio mediante:

— La programación del Plan Cartográfico Nacional y la producción, actualización y explotación de Bases Topográficas y Cartográficas de ámbito nacional para su integración en sistemas de información geográfica, y para la formación del Mapa Topográfico Nacional y demás cartografía básica y derivada.
— La gestión de los laboratorios y talleres cartográficos.

— La realización y actualización del Atlas Nacional de España y de la cartografía temática de apoyo a los programas de actuación específica de la Administración General del Estado.
— La prestación de asistecia técnica en materia de cartografía a organismos públicos.

Observación del Territorio

La Observación del Territorio constituye una actividad fundamental para la correcta gestión de políticas basadas en el conocimiento detallado y preciso del ámbito espacial. Los continuos cambios sobre el territorio obligan a garantizar unos periodos de actualización adecuados que permitan representar la información territorial observada de forma precisa y actualizada para facilitar un desarrollo económico y social eficiente y sostenible.

La evolución tecnológica ha propiciado el avance en los métodos de observación territorial, proporcionando los mecanismos necesarios para la obtención de información precisa y de calidad con tiempos y costes más reducidos.

El Instituto Geográfico Nacional utiliza, así, la observación del territorio como una actividad clave para la realización de las actividades cartográficas que le han sido encomendadas.

Ortofoto de Formentera, generada a partir del vuelo fotogramétrico PNOA de 2021 con imágenes de 15 cm de resolución

A través de la Subdirección de Cartografía y Observación de Territorio, el IGN desarrolla el ejercicio de las siguientes funciones: la dirección y el desarrollo de planes nacionales de observación del territorio con aplicación geográfica y cartográfica, así como el aprovechamiento de sistemas de fotogrametría y teledetección, y la producción, actualización y explotación de modelos digitales del terreno a partir de imágenes aeroespaciales.

Producción y difusión de información geográfica

La Información Geográfica constituye una descripción de una parte del mundo real mediante el uso de coordenadas, lo que permite medirla con comodidad. Es un modelo a escala con propiedades métricas, que sirve para contestar preguntas como ¿cuál es el camino más corto para ir de un sitio a otro? o ¿en qué zonas hay coníferas a menos de 1 km del mar?

Su importancia es fundamental para conocer el entorno y tomar decisiones. Se puede decir que cualquier actividad humana o fenómeno natural, si se considera una zona suficientemente extensa, puede ser estudiado, previsto, gestionado, organizado o valorado utilizando información geográfica. Eso incluye entidades tan variopintas como el tráfico diario, las riadas, las inversiones de una empresa, una infraestructura como el AVE, un incendio o una repoblación forestal.

Por ello, el IGN genera y mantiene un importante volumen de información geográfica (datos que se ven reflejados en las series y bases cartográficas nacionales, en ortofotografías aéreas y ortoimágenes de satélites, y en fotogramas aéreos como documentos iniciales del proceso de ortofotografía y de producción y actualización cartográfica). Estos conjuntos, en formato digital, constituyen la mayor parte de la información geográfica de referencia continua y completa para toda España.

Aunque la demanda de esta información geográfica por la sociedad española siempre ha existido, actualmente se percibe una fuerte tendencia de crecimiento, debido a, por una parte, las necesidades propias del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana y del resto de la Administración General del Estado; y, por otra, a las de las Administraciones Autonómicas y Entidades Locales así como por los requerimientos de las Universidades, Organismos de Investigación, empresas públicas, empresas privadas y de los usuarios particulares en general. Este incremento de demanda, unido a la amplia disponibilidad de datos geográficos y al desarrollo de las técnicas que ofrece la Sociedad del Conocimiento, definen un nuevo modelo de explotación de la información geográfica, que permite reducir drásticamente los costes individualmente repercutibles.

Estos son algunos de los fundamentos objetivos que llevaron al Consejo de Ministros a aprobar, mediante el Real Decreto 1545/2007, de 23 de noviembre, la creación del Sistema Cartográfico Nacional, en el que se encomienda al Ministerio de Fomento la propuesta del Plan Cartográfico Nacional, que habrá de incluir «la política de datos aplicable a la difusión y accesibilidad de la información geográfica» teniendo en cuenta que en «el ámbito de la Administración General del Estado se impulsará una política de difusión libre de los productos cartográficos oficiales» y se le encarga al CNIG su difusión y comercialización.

Por otra parte, la Directiva 2007/2/CE por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (INSPIRE), señala en su Preámbulo que las infraestructuras de información espacial de los Estados miembros deben concebirse de forma que se garantice el almacenamiento, disponibilidad y mantenimiento de datos espaciales al nivel de detalle más adecuado; que sea posible combinar, de forma coherente, datos espaciales de diversas fuentes en toda la Comunidad y puedan ser compatibles entre distintos usuarios y aplicaciones; que sea posible que los datos espaciales recogidos a un determinado nivel de la autoridad pública sean compartidos con otras autoridades públicas; que pueda darse difusión a los datos espaciales en condiciones que no restrinjan indebidamente su utilización generalizada; que sea posible localizar los datos espaciales disponibles, evaluar su adecuación para un determinado propósito y conocer las condiciones de uso, todo ello sin perjuicio de la existencia o posesión de derechos de propiedad intelectual de las autoridades públicas. Adicionalmente, la Directiva establece la obligatoriedad de ofrecer al público una serie de servicios de carácter gratuito, como son los servicios de localización y visualización de datos espaciales.

La trasposición de esta Directiva se completó en 2010 con la aprobación de la Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las Infraestructuras y los Servicios de Información Geográfica en España, con la que también se eleva la regulación del Sistema Cartográfico Nacional a rango legal y potencia la condición de servicio público de la información geográfica al hacerla mucho más accesible al ciudadano, corroborándose también con ella la alta capacidad técnica del sector en nuestro país.

También debe destacarse la Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente, que traspone e incorpora al Derecho español las Directivas 2003/4/CE y 2003/35/CE, y garantiza y protege el derecho de los ciudadanos a acceder a la información medioambiental. Siendo esta una información georreferenciada, se debe facilitar el acceso y explotación de las bases cartográficas sobre las que se represente. Asimismo, la Directiva 2003/98/CE, de 17 de noviembre, sobre reutilización de la información del sector público, incorporada a la normativa española mediante la Ley 37/2007, de 16 de noviembre, modificada por la Directiva 2013/37/UE, traspuesta a su vez mediante la Ley 18/2015, de 9 de julio, reconoce la importancia que los contenidos digitales desempeñan en la evolución de la Sociedad de la Información y del Conocimiento, y establece un marco general de armonización a nivel comunitario que facilita la difusión generalizada de la información que generan las Administraciones Públicas, entre las que se encuentra la información geográfica.

Por último, el marco legal en lo referente a información geográfica digital se completa con la segunda versión del Esquema Europeo de Interoperabilidad, una recomendación de la Comisión Europea publicada mediante la Comunicación (2017) 134 de 3 de marzo, que recomienda entre otras cosas la inversión en aplicaciones de fuentes abiertas, los datos y servicios abiertos, la trasparencia, los desarrollos colaborativos, el multilingüismo, la simplificación administrativa, la preservación de contenidos, la participación en los procesos de estandarización relevantes y la evaluación de la eficiencia y eficacia.

Por su parte, el Instituto Geográfico Nacional adoptó una política de datos abiertos para todos sus productos y servicios digitales mediante la Orden Ministerial FOM/2807/2015, de 18 de diciembre, que se plasma en una licencia compatible con Creative Commons Reconocimiento 4.0 (CC BY 4.0) para la producción del IGN, que se propone también para los datos producidos en colaboración con otras administraciones y organismos.

Es el Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), dependiente del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana a través de la Dirección General del IGN, el órgano encargado de producir, desarrollar y distribuir los trabajos y publicaciones de carácter geográfico que demande la sociedad. En concreto, y según el Estatuto del CNIG, aprobado por Real Decreto 310/2021, de 4 de mayo, le corresponde el ejercicio de las siguientes funciones:

— Distribuir, promocionar y comercializar datos, productos, servicios y aplicaciones geográficas de carácter oficial y de interés general, con especial atención a los generados por la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y por el propio Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica.
— Explotar los datos, productos, servicios y aplicaciones geográficas de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional y del propio Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica.
— Gestionar, evolucionar y mantener la infraestructura tecnológica de equipamiento físico y de comunicaciones del Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica, prestando especial atención a las aplicaciones geográficas para dispositivos móviles.
— Planificar y gestionar la Infraestructura de Datos Espaciales de España y administrar el nodo de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional. Desarrollar y mantener los portales y aplicaciones web de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional y del Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica.
— Desarrollar proyectos y servicios por iniciativa del propio Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica o atendiendo a la iniciativa o demanda de otras instituciones o entidades, especialmente, de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.
— Administrar y gestionar los recursos públicos puestos a su disposición.
— Representar a la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional y al Estado español en los foros nacionales e internacionales en que sea designado.
— Realizar prestaciones de asistencia técnica especializada en el ámbito de las técnicas y ciencias geográficas y de las funciones establecidas en este Estatuto, así como en aquellas que determine el Consejo Superior Geográfico respecto de las Administraciones Públicas integradas en el Sistema Cartográfico Nacional.
— Cualesquiera otras actividades que redunden en beneficio de sus fines.

Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico

El Real Decreto que crea el Sistema Cartográfico Nacional (Real Decreto 1545/2007, de 23 de noviembre) ha supuesto la consolidación normativa de un sistema de relaciones entre las distintas Administraciones Públicas con competencias en la materia. Sistema que se ha constituido

SISTEMA CARTOGRAFICO NACIONAL

como el nexo de unión de toda la actividad cartográfica pública en España al estar basado en los principios de cooperación, calidad y eficiencia.

La plena operatividad del Sistema exige la existencia de un conjunto orgánico que garantice la eficacia en el ejercicio de sus atribuciones y la representatividad de todos los agentes implicados: el Consejo Superior Geográfico.

El Consejo Superior Geográfico es el órgano de dirección del Sistema Cartográfico Nacional. Depende del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana y ejerce la función consultiva y de planificación de la información geográfica y la cartografía oficial.

El Real Decreto 1545/2007, de 23 de noviembre, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional, ha actualizado su regulación y funcionamiento. Esta regulación ha permitido actualizar las funciones del Consejo Superior Geográfico, que tiene capacidad para fijar los requisitos y especificaciones técnicas de idoneidad o criterios de homologación que deba satisfacer toda la producción cartográfica oficial; dirigir, controlar y potenciar el desarrollo de la Infraestructura de Información Geográfica; autorizar producciones distintas a las asignadas en el seno del Sistema Cartográfico Nacional y arbitrar posibles conflictos entre los integrantes del Sistema, con destacada participación de las Comunidades Autónomas.

El Consejo Superior Geográfico se estructura en:

— El Pleno.
— La Comisión Permanente.
— La Comisión Territorial.
— Las Comisiones Especializadas.
— El Consejo Directivo de la Infraestructura Geográfica de España.
— La Secretaría Técnica.

Dentro de este conjunto, la Secretaría Técnica el Consejo Superior Geográfico es el órgano con competencias técnicas y gestoras que permite la correcta materialización de las funciones del resto de órganos de carácter directivo o consultivo. Conforme al Real Decreto 1545/2007, de 23 de noviembre, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional, la Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico es desempeñada por la Secretaría General de la Dirección General del IGN.

A la Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico le corresponde, entre otras, las funciones siguientes:

— Proveer los recursos y medios necesarios, así como garantizar la viabilidad jurídica y establecer los procedimientos administrativos oportunos, para el ejercicio de las competencias técnicas y gestoras atribuidas al Consejo Superior Geográfico.
— Mantener informados a todos los representantes de las distintas Administraciones en el Pleno del Consejo Superior Geográfico sobre las actividades de sus Comisiones, Comisiones Especializadas y Grupos de Trabajo.
— El análisis y seguimiento de la ejecución del Plan Cartográfico Nacional, así como la propuesta de acciones de mejora mediante programas operativos anuales.

Secretaría General

La Secretaría General del IGN comprende todos los aspectos involucrados en la gestión organizativa (gestión económica y presupuestaria; contratación; administración de personal; régimen jurídico, disposiciones y normas; régimen interior; mantenimiento de las instalaciones; sistemas informáticos; relaciones institucionales; etc.).

Además, la Secretaría General del IGN es responsable de la formación y conservación del Registro Central de Cartografía y del Nomenclátor Geográfico Nacional y la toponimia oficial. Igualmente, le corresponde el ejercicio de las funciones técnicas en materia de deslindes jurisdiccionales y establecimiento de las líneas límite entre municipios; y es responsable de la conservación y actualización de los fondos bibliográficos, de cartografía histórica, documentación técnica y del resto del patrimonio histórico del IGN, facilitando su acceso al público. Por otro lado, a la Secretaría General le corresponde también la coordinación de las actuaciones desarrolladas en torno al Plan Estratégico del Departamento.

Estas funciones gerenciales se concretan en:

— La elaboración de la propuesta de anteproyecto de presupuestos y la gestión y tramitación de los créditos y gastos asignados al órgano directivo, sin perjuicio de las competencias de la Subsecretaría del departamento y de otros órganos superiores o directivos del Departamento y en coordinación con ellos.
— La definición del marco de actuación conjunto IGN-CNIG y la coordinación funcional de los servicios centrales y periféricos y de los proyectos nacionales e internacionales.
— De acuerdo con las directrices de la Subsecretaría, la colaboración en la inspección operativa, en el desarrollo de las políticas de recursos humanos, en la gestión del régimen interior y de los sistemas informáticos comunes y en el soporte jurídico necesario para el ejercicio de las funciones del Instituto y su Organismo Autónomo.

PRINCIPAL NORMATIVA APLICABLE

Organización

Real Decreto 495/2021, de 6 de julio de 2021, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

Real Decreto 310/2021, de 4 de mayo, por el que se aprueba el Estatuto del Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica, modificado por el Real Decreto 1637/2009, de 30 de octubre.

Orden 1 de agosto de 2003 por la que se regulan las relaciones administrativas y comerciales entre la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional y el Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica.

Real Decreto 2724/1998, de 18 de diciembre, de integración de los servicios regionales de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional en las Delegaciones del Gobierno.

Ley 37/1988, de 28 de diciembre, de Presupuestos Generales del Estado para 1989. Artículo 122, por el que se crea el Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica.

Órganos Colegiados

— Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España Artículo 19.
— Real Decreto 1545/2007, de 23 de noviembre, por el que se aprueba el Sistema Cartográfico Nacional. Artículos 28 y 31 a 37.

Comisión Española de Geodesia y Geofísica

— Real Decreto 401/2020, de 25 de febrero, por el que se regula la Comisión Española de Geodesia y Geofísica.

Comisión Nacional de Astronomía

— Real Decreto 663/2001, de 22 de junio, por el que se modifica el Reglamento de la Comisión Nacional de Astronomía aprobado por Real Decreto 587/1989, de 12 de mayo.
— Real Decreto 587/1989, de 12 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de la Comisión Nacional de Astronomía

Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes

— Orden PRE/2004/2013, de 25 de octubre, por la que se actualiza la composición de la Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes.
— Real Decreto 518/1984, de 22 de febrero, por el que se reorganiza la composición de la Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes.

Actividad

Resolución de 3 de octubre de 2017, del Centro Nacional de Información Geográfica, por la que se fijan los precios públicos que han de regir en la distribución de productos, publicaciones y prestación de servicios de carácter geográfico.

Orden FOM/2807/2015, de 18 de diciembre, por la que se aprueba la política de difusión pública de la información geográfica generada por la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional.

Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España, modificada por la Ley 2/2018, de 23 de mayo.

Real Decreto 1545/2007, de 23 de noviembre, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional.

Real Decreto 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España.

Real Decreto 637/2007, de 18 de mayo, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: puentes (NCSP-07).

Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: Parte general y edificación (NCSR-02).

Real Decreto 3426/2000, de 15 de diciembre, por el que se regula el procedimiento de deslinde de términos municipales pertenecientes a distintas Comunidades Autónomas.

Real Decreto 1690/1986, de 11 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Población y Demarcación Territorial de las Entidades Locales.

Ley 7/1986, de 24 de enero, de Ordenación de la Cartografía.

Real Decreto 2421/1978, de 2 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 11/1975, de 12 de marzo, sobre señales geodésicas y geofísicas.

Ley 11/1975, de 12 de marzo, sobre señales Geodésicas y Geofísicas.

RECURSOS HUMANOS, FINANCIEROS Y MATERIALES

Las personas

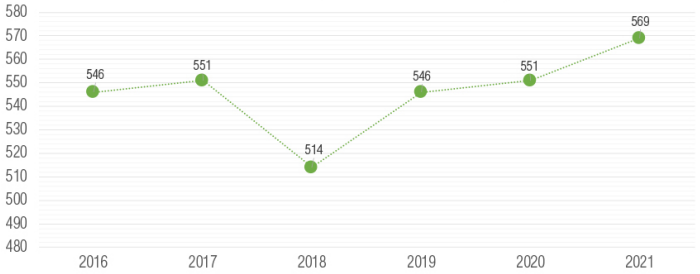
El personal del IGN-CNIG está constituido por tres grandes grupos: las personas destinadas en los Servicios Centrales, las destinadas en sus Servicios Periféricos (Observatorios Astronómicos y Geofísicos, dependientes de los Servicios Centrales) y las que ejercen su labor en los Servicios Regionales, integrados en las Delegaciones del Gobierno, que dependen orgánicamente del Ministerio de Política Territorial y Función Pública pero funcionalmente del IGN a través del CNIG.

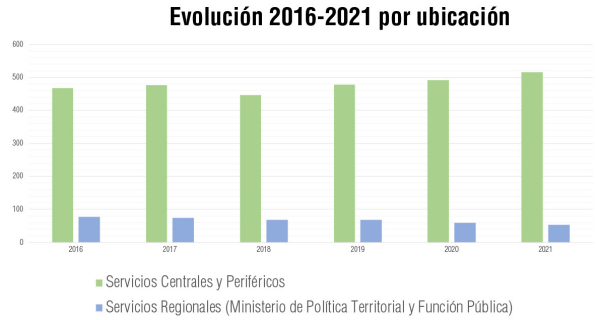
Son 516 las personas que trabajan en los Servicios Centrales y Periféricos del IGN-CNIG y 53 las que trabajan en los Servicios Regionales de las Delegaciones del Gobierno, alcanzando la plantilla del IGN un total de 569 personas.

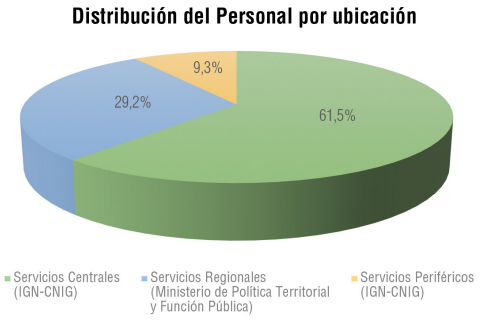
La plantilla del IGN-CNIG muestra una tendencia estable en los últimos años, con excepción del año 2018 en que se produjo un descenso apreciable de los efectivos, si bien entre el personal de los Servicios Regionales la tendencia a la baja es una constante, puesto que su número ha descendido ininterrumpidamente, pasando de 88 a 53 personas en el periodo 2015-2021.

En cuanto a su ubicación, se aprecia una concentración del personal en los Servicios Centrales, en los que están destinados el 61,5 % de los trabajadores, frente al 29,2, % en los Servicios Periféricos y el 9,3 % en los Servicios Regionales.

Personal total: Evolución 2016-2021 (incluido personal del Ministerio de Política Territorial y Función Pública)



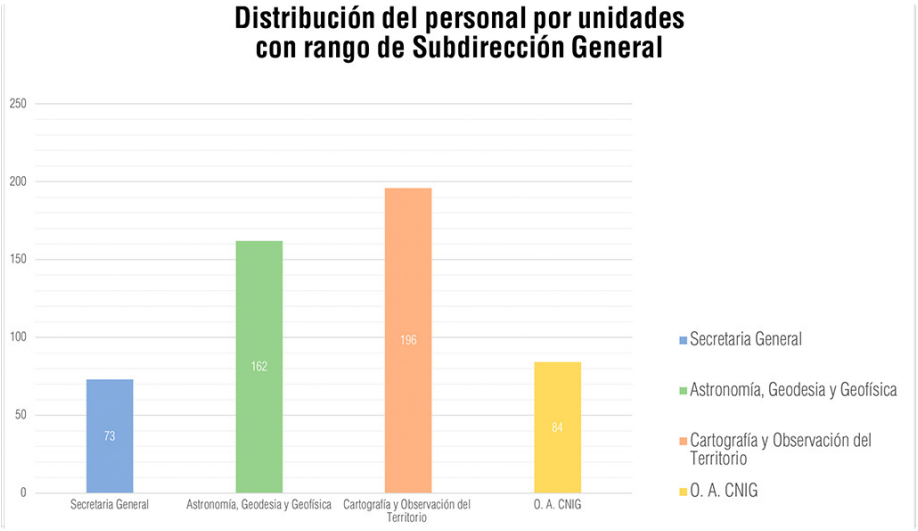




En lo que se refiere a la distribución del personal en las unidades con rango de Subdirección General, el grupo más numeroso se encuentra destinado en la Subdirección General de Geodesia y Geofísica, compuesta por 196 personas; seguido de la Subdirección Cartografía y Observación del Territorio, en la que trabajan 162 personas; a continuación el CNIG que cuenta con 84 personas y por último, la Secretaría General, con 73 personas. Todo ello sin contar con las personas destinadas en los Servicios Regionales, que no están adscritas a ninguna unidad con rango de Subdirección General al estar integradas en las Delegaciones del Gobierno.

Dentro del personal distribuido en función de las unidades con rango de Subdirección General al que se acaba de hacer referencia, 155 personas están destacadas en los Servicios Periféricos bajo la dependencia de la Subdirección General de Astronomía Geodesia y Geofísica; y 11 trabajan también en los Servicios Periféricos (Casas del Mapa) bajo la dependencia directa del CNIG.

Los Servicios Regionales cuentan con plantillas de tamaño diverso, que abarcan desde las 11 personas destinadas en Castilla y León o las 4 destinadas en Galicia y en Castilla-La Mancha a única persona adscrita en Extremadura. Todas juntas hacen un total de 53 personas.



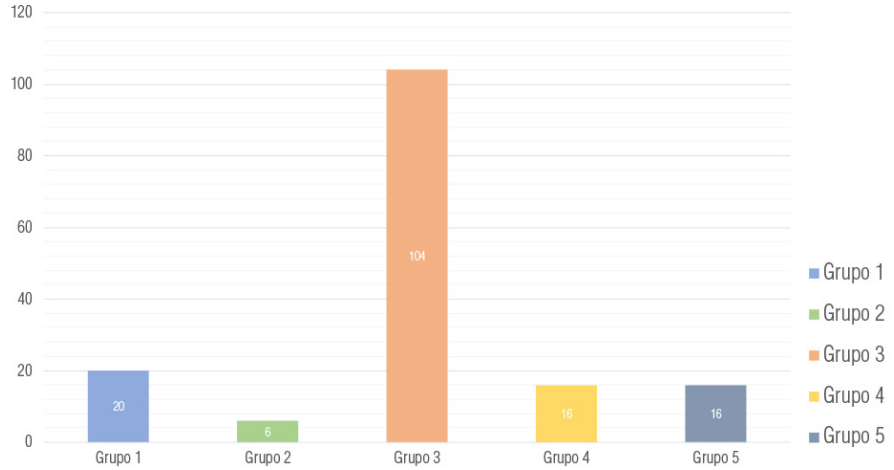
Distribución según régimen jurídico

La plantilla del IGN-CNIG se compone de funcionarios de carrera y de personal laboral.

En concreto, para el IGN-CNIG trabajan 410 funcionarios y 159 personas en régimen de contratación laboral. Por lo tanto, los funcionarios conforman el 72,1, % de la plantilla frente al 29,9% de personas incorporadas en régimen laboral.

Atendiendo a los funcionarios de carrera, el mayor número de ellos pertenece al subgrupo A2, que cuenta con 161 personas; seguido del subgrupo A1, al que pertenecen 129 trabajadores; y posteriormente del subgrupo C1, del que forman parte 96 personas. Finalmente, 24 personas son del subgrupo C2.

Personal Laboral por Grupos



La distribución de los funcionarios por subgrupos está muy relacionada con el peso de los cuatro cuerpos propios del IGN en la plantilla. En lo que se refiere al subgrupo A1, destacan los Ingenieros Geógrafos, cuerpo al que pertenecen 81 personas y el cuerpo de Astrónomos constituido en la actualidad por 41 personas. Lo mismo sucede con el subgrupo A2, en el que destacan los Ingenieros Técnicos en Topografía, que son un total de 145 personas; y el subgrupo C1, con mayor presencia de los Técnicos Especialistas en Reproducción Cartográfica con 58 personas.

En lo que se refiere al personal laboral y su distribución por grupos, el más numeroso es el 3, con 104 personas. Posteriormente los grupos 1 con 20 personas; el 4 y 5 con 16 personas y con menor representación el grupo 2, con 6 personas.

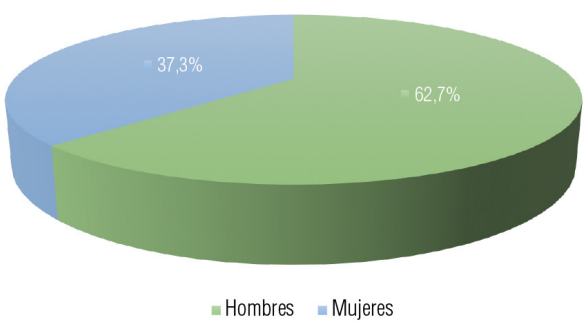
Distribución por sexo

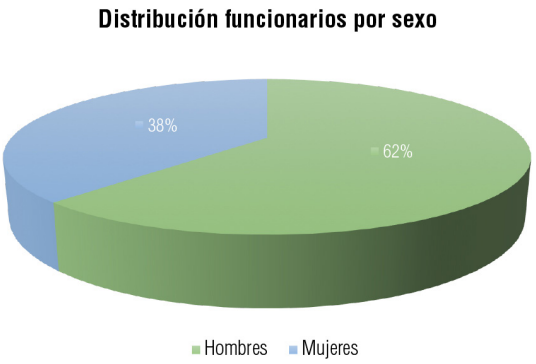
En cuanto a la distribución por sexo, el 62,7 % de los trabajadores del IGN-CNIG son hombres y el 37,3 % mujeres. En concreto, hay 357 hombres y 212 mujeres.

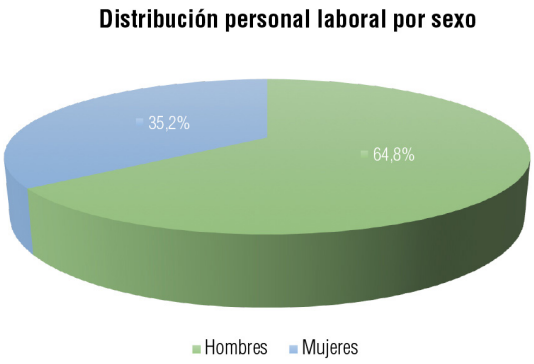
Entre los funcionarios de carrera, el porcentaje de hombres asciende hasta el 62 %, con 254; y el de mujeres alcanza el 38 %, con 156.

En el caso de las personas en régimen de contratación laboral la proporción de mujeres y hombres es ligeramente distinta a la de los funcionarios con una distribución del 35,2 % de mujeres con 56 personas, y del 64,8 % de hombres, con 103 personas.

Distribución por sexo







Programa de becas

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) desarrolla en los últimos años un programa de becas para la formación en las áreas de conocimiento relacionadas con las funciones que son de su competencia, respondiendo a la necesidad de dar cobertura a los requerimientos de especialización en Ciencias de la Tierra y el Universo que la actual orientación del IGN demanda y que no pueden satisfacer completamente los Centros Universitarios.

Las becas están clasificadas por campos científicos y sus objetivos están definidos en función del área de conocimiento a que pertenecen.

Las becas incluidas en el área de Radioastronomía y técnicas geoespaciales tienen como objetivo la realización de observaciones y estudios astronómicos y geoespaciales mediante el uso de instalaciones radioastronómicas, y trabajos de instalación, puesta a punto y calibración de radiotelescopios y equipos de tratamiento de señal.

Las becas que pertenecen al área de Instrumentación astronómica y geoespacial están dirigidas al diseño, construcción y desarrollo de instrumentación, para recepción, propagación y tratamiento digital de señales de hasta 140GHz, de uso en Interferometría de Muy Larga Base (VLBI) y en estudios de espectroscopia, con aplicaciones en astronomía y geodesia/geofísica.

Las becas incluidas en el área de conocimiento de Geofísica tienen como objetivo la realización de estudios aplicados a la sismología, volcanología y otras ramas de la geofísica. Trabajos de instalación, puesta a punto y calibración de equipos de medida y aplicaciones a sistemas de vigilancia volcánica y sísmica.

Las becas que pertenecen al área de Geomática persiguen la formación y entrenamiento en el análisis e integración de herramientas de software, en el contexto de las infraestructuras de datos espaciales.

Y, por último, las becas del área de conocimiento de Cartografía están dirigidas a la producción y actualización institucional de información geográfica a diversas escalas o resoluciones, que requieran observación aeroespacial periódica del territorio o realización de series y bases de datos geoespaciales nacionales. También implican el uso de tecnologías asociadas a disciplinas de la ingeniería geográfica como Fotogrametría, Teledetección, Cartografía, Sistemas de Información Geográfica y Artes Gráficas.

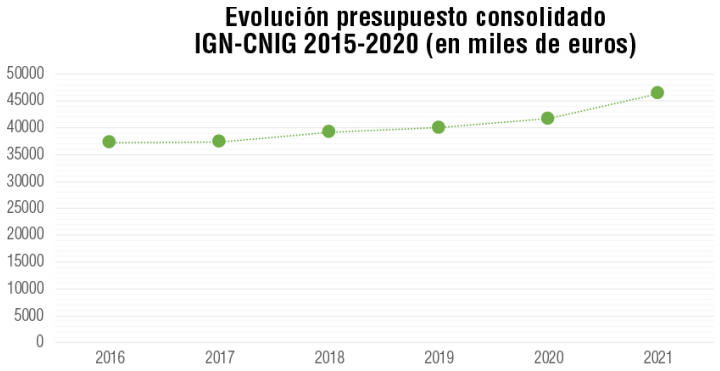
En la actualidad, 9 becarios procedentes de las convocatorias para la formación de titulados superiores de los años 2017 y 2019 amplían y aplican sus conocimientos en el IGN.

Cabe destacar que de las personas del programa de becas son mayoría las mujeres, 5 el 55,6 %; frente a 4 hombres que conforman un porcentaje del 44,4 %.

Si se añaden estas 9 personas al cómputo global de trabajadores del IGN, la plantilla asciende a 578 personas.

Los medios financieros

El presupuesto del IGN-CNIG en el año 2021 ha ascendido a 46.418,40 miles de euros, correspondiendo al Instituto Geográfico Nacional 28.954,55 miles de euros, un 67,12 % y al Centro Nacional de Información Geográfica 15.264,65 miles de euros, con un porcentaje del 32,88 %.



Atendiendo a la distribución interna de este presupuesto, la partida de mayor peso en 2021 es la destinada a los recursos humanos, que con 18.524,98 miles de euros, comprende el 39,91 % del presupuesto.

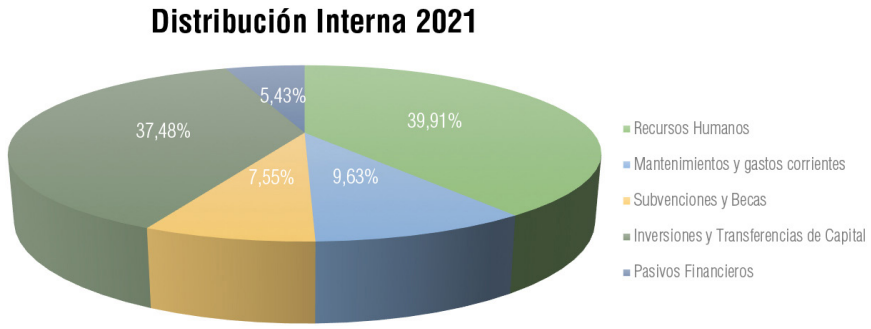
La segunda partida presupuestaria más significativa es la destinada a las inversiones y transferencias de capital que supone un porcentaje del 37,48 % y una cuantía de 17.396,49 miles de euros. Esta partida se destina a la contratación de servicios externos para la producción que no desarrolla el IGN por sus propios medios y, sobre todo, para la construcción y adquisición de instrumentos para el desarrollo de la investigación y los servicios propios del Instituto, las transferencias que se realizan a las comunidades autónomas para la producción conjunta y las transferencias que el IGN destina a organismos del exterior de España para actividades de investigación o formación.

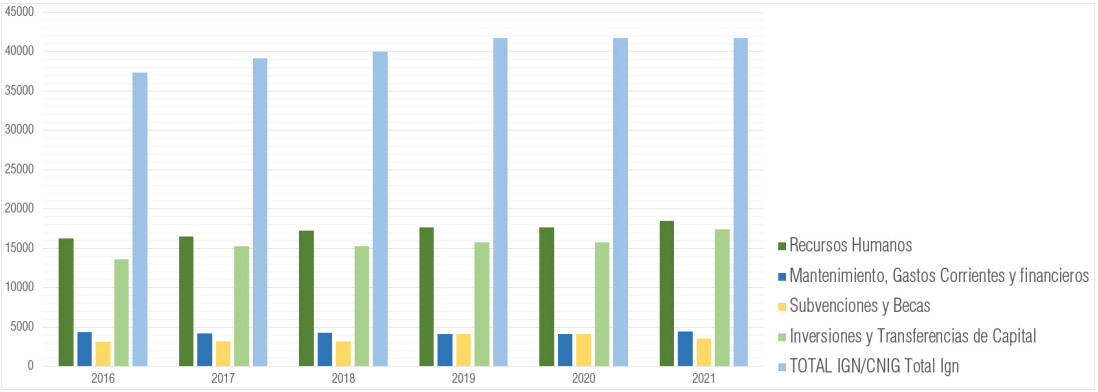
La tercera partida es la destinada a mantenimiento, gastos corrientes y financieros, que con 4.471,19 miles de euros supone el 9,63 % del presupuesto.

Finalmente, los gastos destinados a subvenciones y becas suponen el 7,55 % del presupuesto con 4.505,00 miles de euros.

CRÉDITOS DEFINITIVOS	2016 (MILES DE EUROS)	2017 (MILES DE EUROS)	2018 (MILES DE EUROS)	2019 (MILES DE EUROS)	2020 (MILES DE EUROS)	2021 (MILES DE EUROS)	DISTRIB. INTERN. 2021 (%)
Recursos Humanos	15.646,86	16.293,45	16.471,60	17.227,27	17.706,40	1.8524,98	39,91
Mantenimiento, Gastos Corrientes y financieros	4.104,64	4.369,85	4.200,90	4.292,682	4.093,44	4.471,93	9,63
Subvenciones y Becas	3.092,09	3.107,16	3.220,85	3.213,03	4.087,03	3.505,01	7,55
Inversiones y Transferencias de Capital	14.381,17	13.586,96	15.282,67	15.232,95	15.776,94	17.396,49	37,48
Pasivos financieros	27,28	27,28	27,28	27,20	27,28	2.520,00	5,43
TOTAL IGN/CNIG	**37.252,04**	**37.384,70**	**39.203,30**	**39.993,13**	**41.691,09**	**46.418,40**	**100**

En el gráfico anterior se puede apreciar cómo desde 2015 las partidas presupuestarias que más relevancia cobran son aquellas relacionadas con las Inversiones y los Recursos Humanos, suponiendo la suma de ellas para 2021 más del 80 % de los créditos definitivos. Tratando a su vez de contener al máximo posible aquellos relacionados con los gastos corrientes y de mantenimiento.



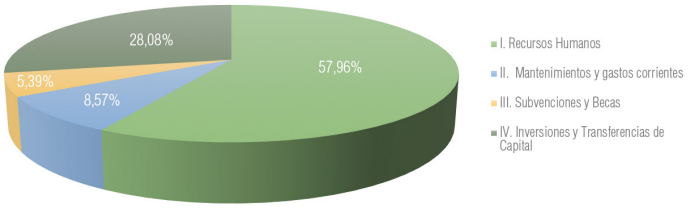


EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA IGN-CNIG 2021 (EN MILES DE EUROS)			
CAPÍTULOS DEL PRESUPUESTO	Crédito definitivo	Crédito ejecutado	%
I. Recursos humanos	18.524,98	18.012,80	97,24
II. Mantenimiento y gastos Corrientes	4.458,42	3.688,85	82,74
III. Gastos financieros	13,51	0,64	4,74
IV. Subvenciones y becas	3.505,01	3.418,40	97,53
VI. Inversiones	17.396,49	13.246,91	76,15
VII. Transferencias de capital	2.520,00	2.520,00	100,00
IX. Pasivos financieros	27,29	27,29	100,00
Total IGN-CNIG	**46.445,69**	**40.914,89**	**88,09**

Presupuesto del IGN

El presupuesto de la Dirección General se encuentra recogido en dos programas diferentes:

— En la Sección 17, Servicio 18, Programa 495A, «Desarrollo y aplicaciones de la información geográfica española», cuyos créditos definitivos han sido de 24.400,52 miles de euros.



— En la Sección 17, Servicio 18, Programa 000X «Transferencias internas», de las cuales todas se han dirigido al CNIG, cuyo montante ha ascendido a 4.554,03 miles de euros.

PROGRAMA 495A EN 2021 (EN MILES DE EUROS)		%
I. Recursos Humanos	15.417,77	57,96
II. Mantenimiento y Gastos Corrientes	2.279,62	8,57
IV. Subvenciones y becas	1.432,97	5,39
VI. Inversiones	7.469,51	28,08
TOTAL DIRECCIÓN GENERAL IGN	**26.599,87**	**100**

PROGRAMA 000X EN 2021 (EN MILES DE EUROS)		%
IV. Transferencias Corrientes al CNIG	2.034,03	44,66
VII. Transferencias de Capital al CNIG	2.520,00	55,34
TOTAL TRANSFERENCIAS DIRECCIÓN GENERAL IGN	**4.554,03**	**100**

Presupuesto del O. A. CNIG

El Organismo Autónomo CNIG financia su presupuesto de gastos con los ingresos procedentes de las transferencias corrientes y de capital del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, la venta de productos geográficos, la prestación de servicios y las subvenciones recibidas para investigación propia o por cuenta del IGN.

Dentro de la asignación presupuestaria correspondiente a los Organismos Autónomos del Estado, los recursos del CNIG se recogen en la Sección 17, Servicio 102, Organismo CNIG; Programa 495A, «Desarrollo y aplicaciones de la información geográfica española».

La transferencia de capital que recibe el CNIG de la Administración General del Estado tiene por finalidad financiar las siguientes actividades:

— La planificación y gestión de la Infraestructura de Información Geográfica de España.
— La difusión pública de la información geográfica digital generada por la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional en los términos establecidos por la Orden FOM/2807/2015, de 18 de diciembre.

Además, es el organismo encargado de la producción, el desarrollo y la distribución de los trabajos y publicaciones de carácter geográfico que demande la sociedad y en consecuencia obtiene ingresos derivados de esta actividad comercial. En atención al creciente interés social por los productos y la información de carácter geográfico, en el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana se aplica una política de difusión libre de los productos del IGN-CNIG en la que prevalece el objetivo de la máxima difusión, mediante la determinación del carácter gratuito de muchos productos, frente al objetivo de alcanzar un mayor ingreso por ventas.

Programa 495A en 2021 (en miles de euros)		%
I. Recursos Humanos	3107,36	20,32
II. Mantenimiento y Gastos Corrientes	2192,31	14,34
III. Gastos financieros	38,00	0,25
IV. Transferencias corrientes	9926,98	64,92
VI. Inversiones	0,00	0,00
IX. Pasivos financieros	27,29	0,18
TOTAL	**15.291,94**	**100,00**

En consecuencia, el O.A. CNIG no sólo se financia a través de las subvenciones que recibe, sino que también obtiene ingresos derivados de la venta de productos y servicios propios; de manera que ambos proporcionan la cobertura suficiente para su presupuesto de gastos.

Por otro lado, el CNIG también presta servicios públicos sin contraprestación económica, como proporcionar información de carácter geográfico, fomentar y promocionar la cultura cartográfica y difundir la actividad del Instituto Geográfico Nacional en diversos ámbitos nacionales e internacionales. La actividad no lucrativa de difusión se concreta en el patrocinio de actividades científicas, la asistencia a ferias, congresos y exposiciones, la participación en conferencias, cursos y otras actuaciones en apoyo a las líneas de acción del IGN como autoridad cartográfica nacional. Asimismo, el CNIG integra en su programa editorial el conjunto de iniciativas del Instituto Geográfico Nacional cuya relevancia e interés científico prevalece sobre el interés económico.

Medios materiales

El IGN cuenta con una sólida infraestructura de equipamientos técnicos e instalaciones con los que cumplir de modo eficaz su servicio a la sociedad. Estos equipamientos, en muchos casos, se encuentran a la vanguardia del desarrollo tecnológico.

En cuanto a las instalaciones, son muy diversas, pudiéndose destacar su enorme valor histórico en algunos casos o su importancia tecnológica en otros.

Sede central

La sede central del Instituto Geográfico Nacional está situada en el número 3 de la calle General Ibáñez de Ibero, de Madrid. Consta de siete edificios y abarca una superficie construida de 25.760,97 m². En estos edificios se desarrollan las actividades propias de las unidades con rango de Subdirección General, además de las de la propia Dirección General y del O.A. Centro Nacional de Información Geográfica. Esta sede central se proyectó e inauguró durante el reinado de Alfonso XIII y cuenta con un gran valor histórico. Fue declarada Bien de Interés Cultural por el Real Decreto 68/1992, de 24 de enero.

Observatorios Astronómicos

El IGN dispone de varios observatorios astronómicos. El más emblemático de ellos es el Real Observatorio de Madrid, en el Parque del Retiro (calle Alfonso XII, 3) e integrado por once edificios, cuya superficie total es de 27.382,06 m². El más antiguo de estos edificios, diseñado por el arquitecto Juan de Villanueva a finales del siglo XVIII, es uno de los más interesantes exponentes de la arquitectura neoclásica española, y fue declarado Bien de Interés Cultural, con categoría de Monumento, mediante el Real Decreto 764/1995, de 5 de mayo. El Real Observatorio de Madrid alberga la sede central del Observatorio Astronómico Nacional y del Observatorio Geofísico Central.

Además de su emplazamiento en el Real Observatorio de Madrid, el Observatorio Astronómico Nacional cuenta con una Estación de Observación en Calar Alto (Almería), cuya superficie es de 440 m², y de un edificio en el Campus de la Universidad de Alcalá de Henares que tiene tres plantas (635 m²) en una parcela de 6.715 m².

El Observatorio de Yebes es el Centro de Desarrollos Tecnológicos del IGN y una gran instalación científico técnica singular (ICTS) española. Se encuentra situado en una parcela de 250.000 m² en el término municipal de Yebes, provincia de Guadalajara, a unos 80 km al este de Madrid y a 1.000 m de altitud aproximadamente. El Observatorio de Yebes se inició en 1975 con tres instrumentos: un astrógrafo doble, un telescopio solar y un radiotelescopio de 14 m. En la actualidad aloja además dos radiotelescopios de 40 m y 13,2 m que son sus principales instrumentos astronómicos. El radiotelescopio de 40 m se emplea fundamentalmente en observaciones astronómicas y está integrado en varias redes de observación europeas y globales. El radiotelescopio de 13,2 m se emplea en observaciones con fines geodésicos y se integra en la Red Atlántica de Estaciones Geoespaciales (RAEGE) y en la red VGOS del International VLBI Service. El Observatorio de Yebes cuenta además con laboratorios de electrónica, amplificadores, detectores y receptores y bocinas, un laboratorio electroquímico, dos talleres con máquinas de precisión, una cámara anecóica de medida de antenas, un pabellón de gravimetría, una sala de visitantes, un edificio de oficinas y edificios auxiliares con grupos electrógenos, transformadores y grupos de alimentación ininterrumpida. El Observatorio de Yebes está bien dotado tecnológicamente y dispone de una conexión de 10 Gb/s a la red científica española RedIris-NOVA.

El edificio Villanueva del Real Observatorio de Madrid, catalogado como Bien de Interés Cultural con categoría de Monumento, icono de la Ilustración en España centro tiene una extensiónde 5.798 m² y consta de un total de cinco edificios cuyas misiones principales son las de hospedar el centro de recepción de datos, las salas de mantenimiento y el almacén de repuestos.

Finalmente, compartidos con el Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) de Francia y la Sociedad Max-Planck (MPG) de Alemania, el IGN dispone de las instalaciones del Instituto de Radioastronomía Milimétrica (IRAM) en Pico Veleta (España) y Plateau de Bure (Francia). Las instalaciones de Pico Veleta cuentan con un edificio (de unos 600 m^2) destinado al control, apoyo y logística del radiotelescopio (de 30 metros de diámetro), situándose las oficinas y laboratorios centrales en la ciudad de Granada (unos 800 m^2). El Plateau de Bure cuenta con las edificaciones (unos 800 m^2) de control, apoyo y logística del interferómetro de diez (dos en construcción) antenas de 15 metros, y con el edificio de oficinas, laboratorios y talleres que constituyen la sede central IRAM en el Campus de la Universidad de Grenoble (2.500 m^2).

Red de Observatorios Geofísicos

El IGN cuenta con una importante red de Observatorios Geofísicos gracias a los cuales realiza, entre otras, la importante labor de observación del campo geomagnético, la vigilancia de los riesgos sísmicos y volcánicos y labores de conservación y digitizado de datos geofísicos. Los Observatorios se encuentran en las ciudades de Almería, Santa Cruz de Tenerife (con sedes adicionales en Las Mesas y Güímar), Málaga, Santiago de Compostela y Toledo (con sedes adicionales en San Pablo de los Montes y Sonseca). El Observatorio de Toledo hospeda el Archivo Nacional de Datos Geofísicos, donde se conserva la documentación y los datos geofísicos analógicos resultado de los trabajos desarrollados por el IGN a lo largo del tiempo así como una importante colección de la instrumentación geofísica que el IGN ha tenido desplegada por todo el territorio nacional desde época histórica. La extensión de todos ellos asciende a 350.000 m^2.

Estación Sísmica de Sonseca

La Estación Sísmica de Sonseca (Toledo) fue originalmente establecida en 1958 por las Fuerzas Aéreasde los Estados Unidos de América (Air Force Technical Application Center, AFTAC). Esta estación formaba parte de una red de estaciones sísmicas diseñadas a nivel mundial con el propósito de registrar y analizar señales sísmicas que pudieran provenir tanto de terremotos como de fuentes no naturales, y así realizar una vigilancia y localización de la ocurrencia de explosiones nucleares. El establecimiento en Sonseca fue posible gracias a un acuerdo clasificado entre el Gobierno de España y el de los Estados Unidos, siendo su uso prácticamente desconocido en medios científicos de nuestro país hasta comienzo de los años 90. Sonseca, por su situación geográfica, es una de las estaciones más interesantes de Europa, así como por su resolución en zonas conocidas de realización pasada o presente de pruebas nucleares como son Nueva Zembla, Argelia, Nevada Test Site y Rajasthan.

Los elementos de control de la estación de Sonseca se encuentran ubicados en la proximidad del pueblo del mismo nombre, en la provincia de Toledo.

La estación de Sonseca respecto al diseño de su instrumentación se la puede clasificar como un array telesísmico. Está formada por 19 sensores sísmicos de corto periodo y componente vertical, distribuidos en un área de unos 80 km^2 con una apertura de 10 km y un diseño en forma de hélice irregular. Además, posee dos estaciones centrales de banda ancha de tres componentes, una de ellas a 60 km de profundidad.

Además tiene la función de servir de respaldo en caso de emergencia al sistema de vigilancia sísmica situado en los servicios centrales del IGN. Para ello cuenta con la infraestructura necesaria para la adquisición y el procesamiento de los datos de las estaciones sísmicas de la Red Sísmica Nacional.

Los Servicios Regionales

Los Servicios Regionales del IGN, a pesar de su adscripción orgánica a las Delegaciones del Gobierno, Ministerio de Política Territorial, mantienen con respecto al Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana una adscripción funcional. La superficie de las instalaciones de que dispone cada una de las unidades que componen los Servicios Regionales es muy diversa, y varía en función de que esté compartida o no con otros servicios administrativos de la correspondiente Delegación o Subdelegación del Gobierno.

Casas del Mapa y puntos de venta

Las publicaciones en papel se pueden adquirir a través de la Tienda Virtual del CNIG y de su red de distribución comercial, constituida por las Casas del Mapa y por las oficinas de información y comercialización instaladas en los Servicios Regionales y algunas Unidades Provinciales del Instituto Geográfico Nacional. Esta red se extiende por las capitales de provincia de Madrid (en la Sede Central del Instituto y en el ROM), A Coruña, Almería, Ávila, Badajoz, Barcelona, Burgos, Donostia-San Sebastián, Granada, Jaén, Logroño, Málaga, Murcia, Ourense, Oviedo, Palencia, Pontevedra, Salamanca, Santa Cruz de Tenerife, Santander, Segovia, Sevilla, Soria, Tarragona, Toledo, Valencia, Valladolid, Zamora y Zaragoza. También, para completar el alcance, se realizan acuerdos con distribuidores y librerías especializadas.

Otras instalaciones

Finalmente, el IGN dispone de una extensa red de señales geomagnéticas, estaciones GPS, estaciones sísmicas de banda ancha, así como numerosas estaciones de la red de acelerógrafos y demás instalaciones y equipamiento técnico que permiten el adecuado funcionamiento de esta Dirección General. En concreto, distribuidos por todo el territorio nacional existen en la actualidad:

— Redes Geodésicas Nacionales
- 29.450 señales REDNAP (Red de Nivelación de Alta Precisión).
- 11.350 vértices geodésicos (50 vértices reparados o reconstruidos y 108 revisados).
- 10 mareógrafos.
- 116 estaciones GNSS permanentes (11 estaciones nuevas y 28 internacionales).

— Red de Observación Geomagnética y Gravimétrica
- 2 Observatorios Geomagnéticos.
- 42 señales geomagnéticas de la Red de estaciones seculares del IGN
- 2 gravímetros absolutos (FG5 y A-10).
- 70 estaciones de medida absoluta de la gravedad.
- 2 gravímetros relativos Lacoste Romberg.
- 1 gravímetro Scintrex CG5
- 1 gravímetro relativo superconductor OSG.
- 1 gravímetro GRAVITÓN

— Red de Vigilancia Volcánica

Las instalaciones del Sistema de Vigilancia Volcánica en Canarias comprenden:
- 55 estaciones sísmicas.
- 7 acelerómetros.
- 2 arrays sísmicos.
- 5 inclinómetros.
- 36 estaciones GNSS.

- 1 estación Total
- 4 mareógrafos.
- 1 gravímetro relativo gPhone.
- 3 magnetómetros.
- 3 Estaciones de CO2 difuso.
- 3 Estaciones multiparamétricas.
- 4 Estaciones de Radón/Torón.
- 26 Puntos de muestreo de agua.
- 3 Sonda multiparamétrica de aguas.
- 4 Puntos de muestreo de gases libres.
- 12 Puntos gases disueltos.

Diversas estaciones geofísicas, termométricas y geoquímicas:

- 2 estaciones de potencial espontáneo.
- 1 Estaciones termométricas perfiles.
- 3 Cámaras web.
- 1 Cámara térmica.

Las instalaciones del Sistema de Vigilancia Volcánica en península comprenden una estación sísmica en Campo de Calatrava (Castilla-La Mancha) y otra adicional en La Garrotxa (Girona).

— Red Sísmica Nacional
- 125 Estaciones sísmicas de velocidad
- 131 Estaciones sísmicas de aceleración
- 70 Red SILEX (acelerómetros MEMS)
- 8 Mareógrafos
- Array telesísmico de Sonseca

2 Programas de actuación

PROGRAMAS DE ACTUACIÓN DEL IGN-CNIG EN EL PLAN ESTRATÉGICO DEL MINISTERIO DE TANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA

Los programas de actuación definidos en el Plan Estratégico del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana para el IGN-CNIG identifican las actividades necesarias para el cumplimiento de los objetivos del Plan.

Su ejecución se realiza a través de la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, mediante sus Subdirecciones Generales, y el Organismo Autónomo adscrito, Centro Nacional de Información Geográfica.

Además de estos programas de actuación, se llevan a cabo una serie de acciones que se enmarcan en una línea general de «Actuaciones horizontales», que resultan esenciales para la realización de todas las actividades necesarias para lograr el cumplimiento de los objetivos y cuya ejecución corresponde a la Secretaría General.

De una manera genérica, existe una correlación entre los programas de actuación definidos y la responsabilidad de cada uno de estos órganos, conforme al siguiente esquema:

Programa de actuación nº 1
Plan de I+D+i en Ciencias de la Tierra y el Espacio y de Vigilancia y alerta sísmica y volcánica. **Unidad responsable** Subdirección General de Astronomía, Geodesía y Geofísica

Programa de actuación nº 2
Producción, actualización y mejora de la información geográfica y la cartografía oficial. **Unidad responsable** Subdirección General de Cartografía y Observación del Territorio

Programa de actuación nº 3

Gestión de la Infraestructura de Información Geográfica de España, asegurando la normalización y difusión de la información geográfica oficial y los servicios basados en ella.

Unidad responsable

O.A. Centro Nacional de Información Geográfica

Programa de actuación nº 4

Coordinación de la actuación pública en el ámbito de la información geográfica a través de los mecanismos previstos en el Consejo Superior Geográfico y en el Sistema Cartográfico Nacional.

Unidad responsable

Secretaría General

PROGRAMA DE ACTUACIÓN NÚMERO 1

PLAN DE I+D+I EN CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL ESPACIO Y DE VIGILANCIA Y ALERTA SÍSMICA Y VOLCÁNICA

DESCRIPCIÓN

La ejecución del Plan de I+D+i en Ciencias de la Tierra y el Espacio y de Vigilancia y Alerta Sísmica y Volcánica tiene como fin el logro y mantenimiento del mayor nivel científico y tecnológico en esos campos de actividad, con vistas a la más eficaz y segura prestación de los mencionados servicios.

El IGN es en la actualidad el organismo nacional de referencia en las técnicas de la radioastronomía aplicadas tanto en estudios y aplicaciones astronómicas como geodésicas.

Es, asimismo, el centro de referencia en los campos de la sismología y la volcanología, en los que dispone de los más actuales sistemas de observación y medida, aplicados tanto a su uso como redes de vigilancia y alerta, como a la realización de trabajos y estudios científicos. Dentro del campo de la geofísica, es también la institución de referencia en geomagnetismo y gravimetría. Finalmente, el IGN dispone de unos laboratorios de primera fila para su uso en las técnicas más avanzadas de la electrónica, las microondas, la informática y las comunicaciones aplicadas al desarrollo de instrumentación propia y a las aplicaciones espaciales en los campos en los que realiza sus actividades. Por otra parte, el IGN lleva a cabo en la actualidad una importante labor cultural y de divulgación científica que utiliza su extraordinario patrimonio en instrumentación e instalaciones de gran valor histórico.

ACTIVIDADES A REALIZAR

Las actividades necesarias para la ejecución de este programa de actuación se enmarcan en cuatro grandes grupos:

Desarrollos tecnológicos e instrumentales de los medios del IGN en Astronomía, Geodesia, Geofísica y Volcanología, y para su uso en aplicaciones espaciales.

Estudios científicos y trabajos de investigación dirigidos al incremento del conocimiento en Astronomía, Geodesia, Geofísica y Volcanología.

— Funcionamiento operativo y gestión de las redes de vigilancia y alerta sísmica y volcánica.
— Observación y Cartografía del Campo Geomagnético.
— Infraestructura de medida de la Gravedad Absoluta en todo el Territorio Nacional.
— Actividades culturales y de divulgación científica.
— Geodesia.

PROYECTOS MÁS DESTACADOS

El Observatorio de Yebes: una ICTS española

El Observatorio de Yebes está incluido en el actual mapa (2017-2020) de Infraestructuras Científico Técnicas Singulares (ICTS) españolas siendo una de las siete que existen en el área de Astronomía. El mapa se renueva cada cuatro años tras una evaluación externa. En el año 2021 el Ministerio de Ciencia e Innovación solicitó documentación con las propuestas y las observaciones realizadas con el radiotelescopio de 40m durante el periodo 2017-2020, junto con un breve resumen de los resultados obtenidos y un plan estratégico de inversiones para el próximo periodo 2021-2024. Este plan estratégico fue refrendado por el comité científico técnico asesor

del Observatorio de Yebes y presentado junto con el resto de la documentación mencionada anteriormente. El Ministerio de Ciencia comunicará el resultado de la evaluación en 2022.

La información específica del radio telescopio de 40m donde se pueden encontrar las propuestas de observación y publicaciones está disponible en la web:

https://rt40m.oan.es/

Financiación FEDER para el Observatorio de Yebes: proyectos YDALGO e YNART

YDALGO

El proyecto YDALGO cofinanciado con fondos FEDER y contemplado en el convenio entre el Ministerio de Ciencia e Innovación y Universidades y el O.A. Centro Nacional de Información Geográfica, continuó su ejecución durante el año 2021. Este proyecto contempla dos subactuaciones: la construcción y puesta en marcha de un edificio de laboratorios y talleres y la instalación y puesta en marcha de una estación SLR. Durante este año 2021 se han llevado a cabo dos reuniones de seguimiento, el 29 de enero y el 8 de octubre.

Subactuación 1.- Construcción y puesta en marcha de un nuevo edificio de laboratorio, talleres e instalaciones

A finales del año 2021 han concluido las obras de construcción de dicho edificio. Las obras de urbanización que le darán servicio, incluyendo los viales interiores, los accesos y el acondicionamiento de las zonas comunes colindantes, comenzaron en julio de 2021.

A esta actividad hay que sumar la contratación de las direcciones facultativas para todas las obras señaladas, así como otros contratos de obras para la adecuación eléctrica o canalizaciones pertinentes.

Subactuación 2.- Instalación y puesta en marcha del SLR

En 2021 se han contratado las obras de construcción del edificio que albergará todos los subsistemas de la estación SLR (cúpula, telescopio, montura, sistema láser, sistema de detección, sistemas de tiempo y frecuencia, sistema de control de la estación, sistemas de seguridad aérea, sensores meteorológicos, etc.) y la urbanización asociada, junto con la dirección facultativa de dichas obras.

En cuanto a la construcción, instalación y puesta en funcionamiento de la propia Estación SLR se ha iniciado la adquisición y fabricación de la cúpula, la adquisición y fabricación del telescopio y la montura, así como el desarrollo del software para el sistema de control de la estación. Está previsto que la estación SLR quede instalada y en funcionamiento en enero de 2023.

Proyecto constructivo de la estación SLR

Durante el año 2021 se ejecutaron 2.691.582,59 con cargo al proyecto FEDER YDALGO, correspondientes a inversiones (tanto equipamiento técnico como obra civil), personal y otros gastos.

YNART

El proyecto YNART cofinanciado con fondos FEDER y contemplado en un convenio entre el Ministerio de Ciencia e Innovación y el Centro Nacional de Información Geográfica, inició su ejecución durante el año 2021. El comité de seguimiento realizó dos reuniones durante el año 2021, el 29 de enero y el 8 de octubre. Este proyecto contempla dos subactuaciones: la mejora de la cobertura en frecuencia, de la eficiencia temporal y de la sensibilidad del radiotelescopio de 40m y la implementación de un correlador astronómico y geodésico para RAEGE y EU-VGOS.

Subactuación 1.- Mejoras en el radiotelescopio de 40m

En 2021 se ha realizado el estudio preliminar para la instalación de una red integrada de sensores térmicos en el radiotelescopio de 40m, dentro del marco de la mejora básica relacionada con la estabilidad de fase y la estabilidad en ganancia. También se ha contratado, como resultado de ese estudio, la instalación de dicha red de sensores.

Dentro de la mejora relacionada con la cobertura en frecuencia, se ha contratado el suministro de espectrómetros de transformada rápida de Fourier para la cobertura de 14 GHz de ancho de banda, y el suministro de distribuidores por fibra óptica para las señales del receptor de 4-18 GHz del radiotelescopio.

Para mejorar la eficiencia observacional y sensibilidad del radiotelescopio se ha contratado el suministro e instalación del sistema completo de cabeceo periódico, Wobbler Switch.

Subactuación 2.- Implementación de un correlador astronómico y geodésico para RAEGE y EU-VGOS

En 2021 se ha realizado la contratación de una asistencia técnica para la puesta en marcha del correlador. Esta asistencia técnica definirá el equipamiento a adquirir y el cronograma para poner en marcha el correlador.

Durante el año 2021 se ejecutaron 14.520 con cargo al proyecto FEDER YNART. Todas las licitaciones públicas que aparecen en el BOE y en el DOUE de las actuaciones llevadas a cabo hasta el momento llevan su referencia FEDER.

Radiotelescopio de 40m del Observatorio de Yebes

El radiotelescopio de 40m de diámetro es el principal instrumento del Observatorio de Yebes y proporciona al Observatorio de Yebes su carácter de ICTS. A continuación, se describen los principales trabajos realizados durante el año 2021.

1. Observaciones de antena única

En el año 2021 la presión sobre el tiempo del telescopio de 40m de Yebes ha seguido aumentado. Las mejoras realizadas en 2019 y 2020 con la instalación de nuevos receptores de banda Q y W en el marco del proyecto NANOCOSMOS y la mejora sustancial de las eficiencias mediante un extenso trabajo conjunto entre astrónomos e ingenieros, han llevado a un creciente interés de la comunidad científica en este instrumento. Además de mantener el alto ritmo de observación interferométrica habitual, las observaciones de antena única mantienen a la antena ocupada casi el 100 % del tiempo disponible. Este hecho se traduce en una mayor competitividad de los proyectos presentados en las convocatorias regulares (ver el siguiente apartado) y

en un aumento muy significativo de publicaciones en revistas científicas con datos del radiotelescopio de Yebes de 40m (ver más adelante).

En operaciones de antena única el radiotelescopio de 40m ha empleado más de 3300 horas de tiempo de observación. La principal contribución, ha procedido de los proyectos aceptados por el comité de evaluación de programas de Yebes en el semestre 2021A y por aquellos proyectos específicos cuyo tiempo ha sido asignado por el director de Yebes (proyectos de tiempo discrecional del director, denominados DDT). Más del 90 % se utiliza para proyectos en banda Q, la mayoría barridos espectrales profundos sobre fuentes galácticas y monitorizaciones de máseres en estrellas evolucionadas.

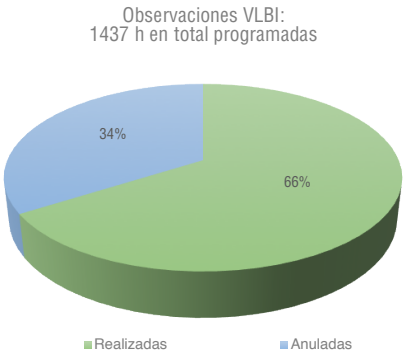
Debido a la avería de la persiana de la cabina de receptores provocada por el temporal Filomena en enero de 2021, el tiempo para antena única en el segundo semestre de 2021 se empleó en finalizar los proyectos aceptados para el primer semestre. Esta avería mantuvo a la antena de 40m inoperativa desde el 18 de enero al 27 de mayo de 2021, lo que supuso una pérdida de 3096 horas de observación durante 2021. Gracias a los esfuerzos del personal, desde el 24 de marzo se pudieron retomar parcialmente las operaciones para realizar proyectos piloto y de mantenimiento.

Finalmente, alrededor de 1500 horas del tiempo de telescopio se han usado en labores de mantenimiento y en la optimización del sistema de observación. Como ya es habitual, se reservan entre 3 y 4 semanas al año para la verificación de los modelos de puntería y foco y la optimización de la eficiencia en todas las bandas de operación. Durante el periodo estival, del 28 de junio al 23 de julio, se llevó a cabo una profunda limpieza de la parte trasera de la parábola además de sanear la pintura. Del 6 al 10 de septiembre, se realizó el cambio del SAI. El 8 de noviembre se instaló el nuevo receptor de banda CX que estuvo probando y poniendo a punto hasta final del mes. Todas estas acciones redundan en una optimización de las operaciones del telescopio y en una mejora de la calidad de los datos astronómicos.

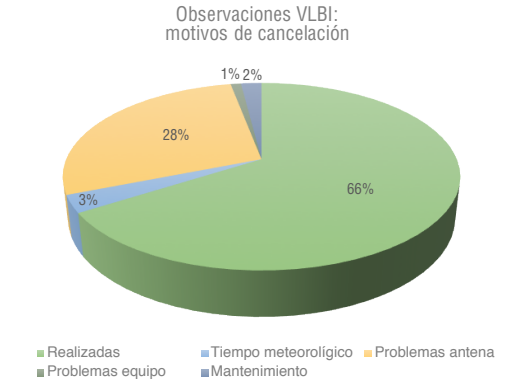
2. Observaciones de VLBI

Durante 2021 se ha seguido contribuyendo a las observaciones de las principales redes de interferometría de muy larga base (VLBI): la *«Global mm-VLBI Array»* (GMVA), la *«European VLBI Network»* (EVN) y la *«International VLBI Service for Geodesy and Astrometry»* (IVS), y en otros programas internacionales y colaboraciones puntuales. El radiotelescopio de 40m del Observatorio de Yebes, por su gran tamaño y la extraordinaria calidad de sus receptores, sigue siendo un elemento muy importante que confiere gran sensibilidad a las redes de VLBI, característica clave para la consecución exitosa de proyectos científicos cada vez más exigentes.

Durante 2021 diversos factores provocaron que el número de horas dedicadas a VLBI se redujese en un 19%, pasando de 1776 horas programadas en el año anterior a unas 1437 horas en 2021, repartidas en 127 observaciones. Por un lado, la calidad y el interés científico de las observaciones de única antena, y por tanto la presión de observación sobre el radiotelescopio de 40-m, ha aumentado considerablemente en los últimos años, desplazando progresivamente a las observaciones de VLBI. Por otro lado, diversas averías, siendo la más importante la que ocasionó el temporal Filomena, afectaron al tanto por ciento de tiempo disponible para observación del telescopio. Del total de horas programadas, sólo se pudieron observar 948 horas en total correspondientes a 84 observaciones. Ello supone un 66% del tiempo programado. En las observaciones de tipo VLBI, que se observan de forma coordinada con otros radiotelescopios repartidos por todo el mundo, no es posible volver a programar observaciones canceladas en un determinado radiotelescopio, a no ser que el fallo sea generalizado y la repetición de la observación se coordine por la red de VLBI. En cambio, las observaciones de única antena son mucho más fáciles de reprogramar y realizar en distintas fechas y así compensar la pérdida de tiempo de observación por problemas técnicos o por mal tiempo atmosférico.



Porcentaje de horas observadas frente a las horas canceladas del total de horas programadas.



Porcentaje de horas observadas frente a las horas canceladas del total de horas programadas, especificando los motivos que conllevaron a su cancelación.

Además del problema ocasionado por Filomena, y mencionando anteriormente, otros problemas técnicos, de menor impacto, relacionados con una avería del sistema de servos y con el sistema de movimiento del hiperboloide secundario (subreflector) fueron causantes de más cancelaciones. En total se perdió el 28% del total de horas programadas. El tiempo meteorológico y labores de mantenimiento urgentes no programadas fueron responsables de la cancelación de observaciones que supusieron un 3 % y un 2% del total de horas disponibles, respectivamente. De entre los problemas debidos a equipamiento caben destacar averías puntuales de las señales de calibración que afectaron a diversas bandas de observación (1% de cancelación).

2.1. Observaciones de VLBI clasificadas por redes interferométricas

Las observaciones con la GMVA, red constituida para realizar observaciones de VLBI con objetivos astrofísicos a una longitud de onda de 3mm, se programaron en dos sesiones de cinco días cada una, durante los meses de abril y septiembre. En la primera sesión no se pudo participar debido a los problemas antes mencionados, pero en la segunda sesión se realizaron todas las observaciones, cuatro, que sumaron 89 horas de observación en total. La red GMVA complementa los estudios de agujeros negros supermasivos a muy alta resolución realizados con el *Event Horizon Telescope* (EHT), y está ayudando a comprender los mecanismos de formación de los chorros relativistas que se originan en las vecindades de estos agujeros negros, y a consecuencia de ellos. El interés de estos estudios es tal que se ha propuesto observar con la red completa o una subred de la GMVA fuera de las dos sesiones de observación acordadas.

Por su lado, las observaciones con la EVN se dividen anualmente en tres bloques de sesiones de tres semanas durante los meses de febrero/marzo, mayo/junio y octubre/noviembre, y con el radiotelescopio de 40m se participa en observaciones en un amplio rango de frecuencias, cubriendo las longitudes de onda desde 6 cm a 7 mm. En esta ocasión no fue posible participar en la primera sesión por los problemas mencionados antes, pero sí en las otras dos sesiones, con un total de 35 observaciones realizadas, que supusieron 224 horas observadas y repartidas en 149 horas en banda C (6 y 5 cm), 30 horas en banda X (3.6 cm), 23 horas en banda K (1.3 cm) y 22 horas en banda Q (7 mm).

Aparte de estas tres sesiones anuales, la red EVN observa casi mensualmente en sesiones de 24h de e-VLBI, en las que se realiza la correlación y análisis de los resultados en tiempo real, según se observa. Estas sesiones son muy útiles para la realización de estudios de variabilidad y de localización de objetos variables, una vez que cumplen ciertos requisitos de «disparo» (*trigger* en inglés) que activan la observación. En 2021 se perdió la oportunidad de participar en una de estas observaciones por los problemas de la antena, y no se pudo participar en el resto ya que se realizaron en banda L (21/18 cm), frecuencia no disponible en el 40m.

También este año se ha participado en observaciones extraordinarias de la EVN, denominadas observaciones de evento de oportunidad (*Target of Opportunity* en inglés). En este caso se trató de la observación de una nova recurrente que explota aproximadamente cada 20 años. Para estudiar la expansión de la explosión no destructiva del sistema estelar binario y la interacción con el medio circundante, se han realizado 5 observaciones equiespaciadas en el tiempo, de las cuales el telescopio de Yebes ha participado en 4 en banda C (44 horas), ejecutándose dos de ellas en el modo e-VLBI.

Como último hito destacable realizado durante este año dentro de la colaboración con la EVN, se ha completado con éxito el diseño, implementación e instalación de un receptor de última generación de gran ancho de banda que cubre de 4,5 a 9 GHz. A día de hoy, este receptor es uno de los más sensibles en esta banda disponible en la red EVN, y permitirá cuadruplicar la sensibilidad de las observaciones y realizar completos estudios espectrales y de polarización de la emisión de las radiofuentes. Se utilizaron 3,5 horas para realizar una prueba de franjas con otras antenas de la red y así comprobar su correcto funcionamiento.

En cuanto a las observaciones con la red IVS, el radiotelescopio de 40 m de Yebes ha participado en 18 sesiones de observación de 24 horas cada una a lo largo de 2021 (432 horas), no pudiendo participar en 6 sesiones. Esta red realiza observaciones de VLBI aplicadas a la geodesia y a la astrometría global para la definición y mantenimiento de los sistemas internacionales de referencia terrestre (ITRF) y celeste (ICRF), haciendo uso de una red global de antenas. Las observaciones se realizan en banda dual S/X (13,6 y 3,6 cm de longitud de onda), para la corrección del retraso dispersivo de la ionosfera.

Entre otras colaboraciones con redes de interferometría, se encuentran proyectos aceptados por el Comité de Programas del Observatorio de Yebes para realizar observaciones conjuntas con la *Korean VLBI Network* (KVN; 48 horas) y la colaboración con el proyecto ruso Ru-A, dedicando 22 horas de observación en 2021.

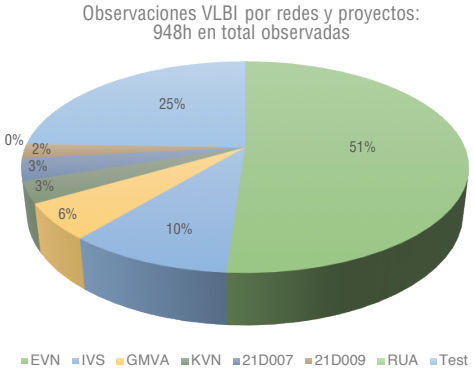
El número total de observaciones programadas y realizadas desglosado por red aparece recogido en la tabla siguiente. Durante el año 2021 se han mantenido los compromisos internacionales habituales con las redes EVN, IVS y GMVA, y otros acuerdos puntuales, tan pronto como se han podido solucionar los graves problemas sufridos por la antena. Las restricciones y medidas de seguridad impuestas por la crisis sanitaria provocada por COVID-19 no impidieron un desarrollo normal de las actividades.

Red de observación	# observaciones programadas	# observaciones realizadas
EVN	69 (3 eEVN)	40 (2 eEVN)
IVS	24	18
GMVA	11	4
KVN	8	6
RUA	2	1

Desglose por redes de VLBI, especificando el número de observaciones programadas y realizadas exitosamente por el RT40m

Además de las observaciones recogidas en la tabla anterior, se han realizado otras colaboraciones de carácter puntual. En octubre se colaboró, junto con otras antenas de la EVN, en un proyecto de radio ciencia liderado desde China para medir el viento solar mediante el estudio de la señal emitida por sondas espaciales que se encuentran estudiando Marte, como la Tianwen-1

china y Mars Express de la ESA, durante la conjunción solar (código de observación 21D007, 9 observaciones, 25 horas). Adicionalmente, en noviembre y diciembre se participó de nuevo en la serie de experimentos sobre transferencia de escala de tiempo que realiza la INAF para aplicaciones VLBI (código de observación 21D009, 2 observaciones, 27 horas).



Porcentaje de horas dedicadas a cada red o proyecto VLBI del total de las 948 h observadas

Por último, se realizaron dos pruebas de franjas, una con la antena RAEGE de Santa María, Azores, para determinar el correcto funcionamiento de la antena portuguesa (0.5 horas), y la otra con el radiotelescopio Hartebeesthoek de Sudáfrica, para validar la configuración de observación que se utilizará en observaciones futuras en banda K entre las dos antenas (3 horas), para ayudar a la mejora y mantenimiento del sistema internacional de referencia celeste (ICRF), y contribuir de esta forma a su próxima realización, junto con los datos en óptico del satélite Gaia de la ESA.

También se han realizado dos observaciones de tipo «*Local Tie*» entre los radiotelescopios de 40 y 13 metros, que suponen los primeros pasos para la determinación periódica de este vector de manera local.

3. Propuestas de observación en el radiotelescopio de 40m

Se emplearon unas 2.200 horas para la consecución de las observaciones de las propuestas aceptadas por el Comité de Programas de Yebes para el año 2021, que comprenden proyectos científicos en modo de antena única y proyectos de VLBI fuera del paraguas de la EVN y la GMVA. Las longitudes de onda de operación del radiotelescopio de 40m complementan aquellas de otros telescopios de antena única de alta sensibilidad, como el 30m de IRAM y APEX, y de los interferómetros de última generación, como ALMA, NOEMA y SKA, y permiten, en particular, acceder al estudio científico de las regiones más frías de nuestra galaxia, entornos donde se da el nacimiento y la muerte de las estrellas. Con este fin, para el año 2021 se realizó una convocatoria de propuestas para la explotación científica del radiotelescopio, extendida a la comunidad internacional. La razón de que sólo hubiera una convocatoria anual, y no dos como es habitual, se debió a las consecuencias del temporal de nieve apodado «Filomena», que causó estragos importantes al romper una persiana destinada a impedir la entrada de agua en la cabina de receptores. Debido a la dificultad y extensión de los trabajos de reemplazo de dicha persiana, el telescopio estuvo inoperativo durante varios meses, razón por la cual se optó por completar los proyectos de la convocatoria 2021A durante el segundo semestre del año, en lugar de realizar una nueva convocatoria de propuestas de observación.

Las propuestas resultantes de la convocatoria 2021A fueron evaluadas por el Comité de Programas de Yebes, formado por dos miembros del IGN y tres expertos externos de diferentes organismos de investigación astrofísica. En total se aprobaron 17 proyectos que suman un total de 1.288 horas de tiempo de telescopio. Adicionalmente, durante 2021 ha continuado funcionando el programa de Tiempo Discrecional del Director (TDD). Este programa consiste en una pequeña fracción del tiempo de telescopio reservado para propuestas urgentes, innovadoras o que potencialmente puedan suponer un cambio de paradigma en su campo de investigación, a discreción del director del Observatorio. Al igual que el año anterior, se aprobaron y llevaron a cabo 6 de estas propuestas, que en total suman otras 925 horas de tiempo de telescopio, una fracción importante en comparación con el tiempo normal de telescopio, pero que en 2021 tuvo su sentido debido a los problemas técnicos a raíz de Filomena, al haber proyectos que requerían

observaciones durante el segundo semestre con relativa urgencia. En todos los casos se alcanzaron los requisitos solicitados por los observadores, tanto en número de fuentes observadas como de sensibilidad alcanzada.

A lo largo de 2021 se continuó ofreciendo el reciente receptor de banda W, cuyo ancho de banda instantáneo cubre 18 GHz (lo que maximiza la eficiencia de observaciones de cartografiado espectral en esta banda), así como el modo de observación «*on-the-fly mapping*» en bandas Q y W, con el que es posible realizar mapas de fuentes astronómicas extensas con un ancho de banda de 2,5 GHz, y que en el futuro se proyecta ampliar a los 18 GHz que abarcan estas bandas en paralelo. Además, se probó extensivamente el funcionamiento del modo de observación «on-the-fly» en conmutación de frecuencia, con el objetivo de ofrecerlo plenamente en 2022.

Gracias a la decisión de cancelar la convocatoria de propuestas del año, las observaciones de las propuestas aceptadas pudieron llevarse a cabo a lo largo del segundo semestre, y los datos pudieron ser prontamente calibrados y enviados a los investigadores principales de cada propuesta.

Los temas de los proyectos observados han abarcado diferentes áreas de la astrofísica, desde el estudio de nubes moleculares y regiones de formación estelar (con títulos como por ejemplo «A high-sensitivity line survey towards the massive protostar G28.20-0.05», «Sensitive Yebes 40m line surveys of the prototypical high-mass star-forming regions Orion KL and Sgr B2», «Core evolution in the intermediate-mass star-forming region NGC 1333», «The nitrogen reservoir in protoplanetary disks (II): NH3 survey in Taurus young stellar objects»), al estudio de estrellas evolucionadas («IRC+10216 ultra-deep integration at 7mm to search for new heavy molecular species», «A 3 and 7mm pilot survey of extended planetary nebulae», «Search for anions in CRL 2688») y restos de supernovas («Star Formation: The role of supernova remnants and their interactions with molecular clouds»), pasando por estudios extragalácticos y cosmológicos («Searching for Anomalous Microwave Emission in nearby galaxies»), así como relativos a la astrobiología («Deep into the chemistry of the RNA-world in the interstellar medium») o al estudio de la región en torno al agujeros negros supermasivo del centro de nuestra galaxia («A Search for Shocked Gas Emission Towards the Extended Molecular Ring in the Galactic Centre»). La amplitud de temas y la creciente abundancia de propuestas continúan demostrando el interés de la comunidad científica en el radiotelescopio de 40 metros.

A continuación, se ofrece una tabla detallada con la información relativa a las propuestas aceptadas durante el año 2021, en la modalidad de antena única y VLBI no perteneciente a EVN o GMVA, en la convocatoria semestral (21A), y en modalidad de Tiempo Discrecional de Director (21D).

PROPOSAL ID	YEAR	SESSION	PI	TITLE
21A004	2021	21A	Prasanta Gorai	A high-sensitivity line survey towards the massive protostar G28.20-0.05
21A006	2021	21A	Marcelino Agundez	Yebes-40m search for negative anions in dense clouds
21A007	2021	21A	Simone Bianchi	Searching for Anomalous Microwave Emission in nearby galaxies
21A008	2021	21A	Giuliana Cosentino	Star Formation: The role of supernova remnants and their interactions with molecular clouds

PROPOSAL ID	YEAR	SESSION	PI	TITLE
21A010	2021	21A	Nuria Marcelino	Yebes 40m line surveys: oxygen-rich sources B1-b and L183
21A011	2021	21A	Jose Cernicharo	An extremely sensitive line survey of TMC-1: looking for complex molecular species
21A012	2021	21A	Marina Rodríguez Baras	Survey of hot corinos with the 40m telescope (II)
21A013	2021	21A	Miguel Santander-García	A 3 and 7mm pilot survey of extended planetary nebulae
21A014	2021	21A	Víctor M. Rivilla	Deep into the chemistry of the RNA-world in the interstellar medium
21A015	2021	21A	Belén Tercero	Sensitive Yebes 40m line surveys of the prototypical high-mass star-forming regions Orion KL and Sgr B2
21A016	2021	21A	Izaskun Jiménez	Exploring the nature of the N3 point source in the Galactic Center
21A017	2021	21A	Veena Vadamattom Shaji	A Search for Shocked Gas Emission Towards the Extended Molecular Ring in the Galactic Centre
21A018	2021	21A	David Navarro	Core evolution in the intermediate-mass star-forming region NGC 1333
21A019	2021	21A	Juan Ramón Pardo Carrión	IRC+10216 ultra-deep integration at 7mm to search for new heavy molecular species
21A020	2021	21A	Pablo Rivière	The nitrogen reservoir in protoplanetary disks (II): NH3 survey in Taurus young stellar objects
21A023	2021	21A	Juan Ramón Pardo Carrión	Search for anions in CRL 2688
21A024	2021	21A	Pablo Rivière	7 mm spectral survey of a prototypical Class I system.
21D003	2021	21D	Javier R. Goicoechea	Detection of heavy element recombination lines
21D004	2021	21D	David San Andrés	Testing the FSw-OTF observing mode with Yebes-40m radiotelescope
21D005	2021	21D	Jose Cernicharo	QUIJOTE: Q-band Ultrasensitive Inspection Journey to the Obscure TMC-1 Enviroment: Discovering he limits of chemical complexity
21D006	2021	21D	Gisela Esplugues	Disentangling glycine presence and formation through its precursors in G10.47+0.03
21D007	2021	21D	Maoli	Remote sense of the solar wind within 10 Rs by VLBI observation of the Mars spacecraft during the solar conjunction

PROPOSAL ID	YEAR	SESSION	PI	TITLE
21D009	2021	21D	Roberto Ricci	Intercontinental optical clock comparison using geodetic VLBI technique in K-band

4. Publicaciones asociadas a observaciones con el radiotelescopio de 40m

A continuación, se ofrecen sendas tablas detallando las publicaciones de 2021 con y sin arbitraje que usan datos recabados con la antena de 40m del Observatorio de Yebes. En 2021 se ha alcanzado un récord de publicaciones, 55 con arbitraje, lo que representa un incremento de casi un 50% respecto al año anterior. En cuanto a las publicaciones sin arbitraje, su número, 4, también ha sido superior al del año anterior.

Por otro lado, 2021 ha sido el primer año en que el número de publicaciones con arbitraje usando datos de antena única (37) ha superado a las correspondientes a datos de VLBI (18).

Publicaciones con arbitraje

PROPOSAL ID	OBS. YEAR	PUB. YEAR	JOURNAL	TYPE	1st AUTHOR	TITLE
190A10 20A017	2019	2021	A&A	SINGLE-DISH	Tercero	Yebes 40 m radio telescope and the broad band NANOCOSMOS receivers at 7 mm and 3 mm for line surveys
19A003 20A014 20D023	2019, 2020	2021	A&A	SINGLE-DISH	Cernicharo, J.	Space and Laboratory Discovery of HC3S+*
19A003 20A014 20D23	2020	2021	A&A	SINGLE-DISH	Cernicharo, J.	Discovery of the acetyl cation, CH3CO+, in space and in the laboratory
19A003 20A014 20D23	2019, 2020	2021	A&A	SINGLE-DISH	Cabezas, C.	Space and laboratory observation of the deuterated cyanomethyl radical HDCCN
19A003 20A014	2019, 2020	2021	A&A	SINGLE-DISH	Marcelino, N.	A study of C4H3N isomers in TMC-1: line by line detection of HCCCH2CN
	2016	2021	ApJ	VLBI	Egron	Investigating the Mini and Giant Radio Flare Episodes of Cygnus X-3
GL038F	2014	2021	A&A	VLBI (EVN+Radioastron)	Bruni	RadioAstron reveals a spine-sheath jet structure in 3C 273
EB066A EB066B	2018	2021	MNRAS	VLBI (EVN)	Bietenholz	SN 2014C: VLBI image shows a shell structure and decelerated expansion
19A003 19A010 20A014 DDT1	2019, 2020	2021	A&A	SINGLE-DISH	Cernicharo	Discovery of CH2CHCCH and detection of HCCN, HC4N, CH3CH2CN, and, tentatively, CH3CH2CCH in TMC-1

PROPOSAL ID	OBS. YEAR	PUB. YEAR	JOURNAL	TYPE	1st AUTHOR	TITLE
19A003 19A010 20A014 20D023	2019, 2020	2021	A&A	SINGLE-DISH	Cernicharo	Discovery of allenyl acetylene, H2CCCHCCH, in TMC-1. A study of the isomers of C5H4
19A003 20A014 20D023	2019, 2020	2021	A&A	SINGLE-DISH	Agundez	Discovery of the propargyl radical (CH2CCH) in TMC-1: one of the most abundant radicals ever found and a key species for cyclization to benzene in cold dark clouds
19A005	2019	2021	A&A	SINGLE-DISH	Goicoechea	The initial gas-phase sulfur abundance in the Orion Molecular Cloud from sulfur radio recombination lines
19A003 20A014 20D023	2019, 2020	2021	A&A	SINGLE-DISH	Cernicharo, J.	TMC-1, the starless core sulfur factory: Discovery of NCS, HCCS, H2CCS, H2CCCS, and C4S and detection of C5S
20A008	2020	2021	ApJ Letters	SINGLE-DISH	Rodriguez-Almeida, L.	Thiols in the ISM: first detection of HC(O) SH and confirmation of C$_2$H$_5$SH
19A003 20A014 20D023	2019	2021	A&A	SINGLE-DISH	Agundez	O-bearing complex organic molecules at the cyanopolyyne peak of TMC-1: Detection of C2H3CHO, C2H3OH, HCOOCH3, and CH3OCH3
19A003 20A014 20D023 21A011	2019	2021	A&A Letters	SINGLE-DISH	Cernicharo	Pure hydrocarbon cycles in TMC-1: Discovery of ethynyl cyclopropenylidene, cyclopentadiene and indene
20A008	2020	2021	Proceedings of the National Academy of Sciences	SINGLE-DISH	Rivilla	Discovery in space of ethanolamine, the simplest phospholipid head group
19A003 20A014 20D023 21A011	2019	2021	A&A Letters	SINGLE-DISH	Cernicharo	The sulphur saga in TMC-1: Discovery of HCSCN and HCSCCH
19A003 20A014 20D15	2019	2021	A&A Letters	SINGLE-DISH	Cabezas	Cumulene carbenes in TMC-1: Astronomical discovery of l-H2C5
19A003 20A014 20D15	2019	2021	A&A Letters	SINGLE-DISH	Cabezas	Detection of deuterated methylcyanoacetylene, CH2DC3N, in TMC-1
20A008	2020	2021	MNRAS Letters	SINGLE-DISH	Rivilla	Detection of the cyanomidyl radical (HNCN): a new interstellar species with the NCN backbone
RM012A RM012B	2017	2021	AJ	VLBI	Ma Maoli	VLBI Data Processing on Coronal Radio-sounding Experiments of Mars Express
19A003 20A014 20D023 21A011	2019-2021	2021	A&A	SINGLE-DISH	Cernicharo J.	Discovery of benzyne, o-C6H4, in TMC-1 with the QUIJOTE line survey
19A010 20A017 20B014 21A019	2019-2021	2021	A&A	SINGLE-DISH	Pardo, J.R.	Magnesium radicals MgC5N and MgC6H in IRC +10216
20A008	2020	2021	A&A	SINGLE-DISH	Rodriguez-Almeida	First detection of C2H5NCO in the ISM and search of other isocyanates towards the G+0.693-0.027 molecular cloud

PROPOSAL ID	OBS. YEAR	PUB. YEAR	JOURNAL	TYPE	1st AUTHOR	TITLE
19A003 20A014 20D15	2019-2020	2021	A&A	SINGLE-DISH	Cabezas, C.	Discovery of interstellar 3-cyano propargyl radical, CH2CCCN
20A008	2020	2021	ApJ	SINGLE-DISH	Zeng S.	Probing the Chemical Complexity of Amines in the ISM: Detection of Vinylamine (C2H3NH2) and Tentative Detection of Ethylamine (C2H5NH2)
RUA012 RUA015 RUA016 RUA017 RUA018 RUA023 RUA033	2017-2019	2021	MNRAS	SINGLE-DISH	Zhang Y.	J2102+6015: a young radio source at z = 4.575
GC034A-F	2013	2021	ApJ	EVN	Plavin	Directional Association of TeV to PeV Astrophysical Neutrinos with Radio Blazars
CONT17	2017	2021	Earth, Planets and Space	VLBI	Diamantidis	VLBI and GPS inter- and intra-technique combinations on the observation level for evaluation of TRF and EOP
raks04e raks01zm	2014	2021	Submitted to ApJ	VLBI (Radioastron)	Gómez	Probing the innermost regions of AGN jets and their magnetic fields with RadioAstron. V. Space and ground millimeter-VLBI imaging of OJ 287
ES072	2014	2021	A&A	VLBI (EVN)	Surcis	EVN observations of 6.7 GHz methanol maser polarization in massive star-forming regions. V. Completion of the flux-limited sample
raks03a	2013	2021	Submitted to A&A	VLBI (Radioastron)	Savolainen	RadioAstron discovers a mini-cocoon around the restarted parsec-scale jet in 3C 84
EG109	2020	2021	ApJ	VLBI (EVN)	Veres	European VLBI Network Observations of the Proposed Dual AGN SDSS J101022.95+141300.9
	2019	2021	Submitted to A&A	VLBI	Xu	Impacts of the image alignment over frequency for VLBI Global Observing System
RSC07	2020	2021	A&A	VLBI (EVN)	Cao	A long-lived compact jet in the black hole X-ray binary candidate AT2019wey
RR011	2018	2021	Submitted to ApJ	VLBI (EVN)	Holoien	Investigating the Nature of the Luminous Ambiguous Nuclear Transient ASASSN-17jz
EC063A EC063B EC063C EC063D	2019	2021	MNRAS	VLBI (EVN)	Cheng	Parsec-scale properties of eight Fanaroff–Riley type 0 radio galaxies
EP115	2019	2021	ApJ	VLBI (EVN)	Perger	Multi-scale Radio and X-Ray Structure of the High-redshift Quasar PMN J0909+0354
raks01qd	2014	2021	AReports	VLBI (Radioastron)	Shchurov	Structure of the H2O Maser in NGC 2071 IRS 1 from Observations on the Ground-Space Radio Interferometer RadioAstron

PROPOSAL ID	OBS. YEAR	PUB. YEAR	JOURNAL	TYPE	1st AUTHOR	TITLE
EM140A RSM04 EM140B	2019	2021	ApJ	VLBI (EVN)	Mohan	Decelerated non-relativistic expansion in a tidal disruption event with a potential neutrino association
RG010	2019	2021	Submitted to Nature	VLBI (EVN)	Salafia	Multi-wavelength view of the close-by GRB~190829A sheds light on gamma-ray burst physics
MB007	2017	2021	ApJ	VLBI (GMVA)	Liu	An 86 GHz Search for Pulsars in the Galactic Center with the Atacama Large Millimeter / submillimeter Array
	2015	2021	A&A Letters	VLBI (GMVA)	Pinpointing the jet apex of 3C 84	Pinpointing the jet apex of 3C 84
RY005 EY021A EY021B	2013	2021	MNRAS	VLBI (EVN)	Yang	A compact core-jet structure in the changing-look Seyfert NGC 2617
CONT17	2017	2021	Journal of Geodesy	VLBI	Xu	Observable quality assessment of broadband very long baseline interferometry system
	2009	2021	A&A	VLBI (GMVA)	Casadio	The jet collimation profile at high resolution in BL Lacertae
MA009	2017	2021	ApJ Letters	SINGLE-DISH	Algaba	Broadband Multi-wavelength Properties of M87 during the 2017 Event Horizon Telescope Campaign
	2005	2021	Advances in Space Research	VLBI	Puente	A priori zenith wet delays in the analysis of VLBI CONT sessions
MM002C MM007A	2016	2021	A&A	VLBI (GMVA)	H.E.S.S. Collaboration	H.E.S.S. and MAGIC observations of a sudden cessation of a very-high-energy -ray flare in PKS 1510–089 in May 2016
MG002 MB007 MA008	2017	2021	ApJ Letters	VLBI (GMVA)	Goddi	Polarimetric Properties of Event Horizon Telescope Targets from ALMA
MB010	2018	2021	A&A	SINGLE-DISH	Boccardi	Jet collimation in NGC 315 and other nearby AGN
	2010	2021	A&A	SINGLE-DISH	Martí-Vidal	Polarization calibration techniques for the new-generation VLBI
19A010 20A017 20B014 21A019	2019	2021	A&A	SINGLE-DISH	Pardo	Ultra-deep 31.0-50.3 GHz spectral survey of IRC+10216
19A003 20A014 20D023 21A011	2019	2021	A&A Letters	SINGLE-DISH	Cernicharo	Discovery of two isomers of ethynyl cyclopentadiene in TMC-1: Abundances of CCH and CN derivatives of hydrocarbon cycles
19A003 20A014 20D015	2019	2021	A&A	SINGLE-DISH	Cabezas	Laboratory observation and astronomical search of 1-cyanopropargyl radical, HCCCHCN
20B013	2020	2021	ApJ Letters	SINGLE-DISH	Sulzenauer	Milky Way-Like Gas Excitation in an Ultrabright Submillimeter Galaxy at z = 1.6

PROPOSAL ID	OBS. YEAR	PUB. YEAR	JOURNAL	TYPE	1st AUTHOR	TITLE
18A010	2018	2021	A&A	SINGLE-DISH	Spezzano	Gas phase Elemental abundances in Molecular cloudS (GEMS) V. Methanol in Taurus
	2019	2021	A&A	SINGLE-DISH	Cabezas	Interstellar detection of the simplest aminocarbyne H2NC: an ignored but abundant molecule
18A010 18B012	2018	2021	A&A	SINGLE-DISH	Rodríguez-Baras	Gas phase Elemental abundances in Molecular cloudS (GEMS). IV. Observational results and statistical trends
19A003 20A014 20D023 21A011	2019-2021	2021	A&A Letters	SINGLE-DISH	Cabezas	New deuterated species in TMC-1: Detection of CH2DC4H with the QUIJOTE line survey
19A003 20A014 20D023 21A011	2019	2021	A&A Letters	SINGLE-DISH	Cernicharo	Discovery of HCCCO and C5O in TMC-1 with the QUIJOTE line survey
CONT17	2017	2021	Earth, Planets and Space	VLBI	Diamantidis	VLBI and GPS inter- and intra-technique combinations on the observation level for evaluation of TRF and EOP
EG109	2020	2021	ApJ	VLBI (EVN)	Veres	European VLBI Network Observations of the Proposed Dual AGN SDSS J101022.95+141300.9
20B013	2020	2021	ApJ Letters	SINGLE-DISH	Sulzenauer	Milky Way–like Gas Excitation in an Ultrabright Submillimeter Galaxy at z=1.6

Publicaciones sin arbitraje

PROPOSAL ID	OBS. YEAR	PUB. YEAR	PUBLICATION	TYPE	1ST AUTHOR	TITLE
RSC07	2020	2021	Astronomers Telegram	EVN	Giroletti	EVN 6.7 GHz detection of AT2019wey on milliarcsecond scales
	2015	2021	Proceedings of Science	VLBI (GMVA)	Paraschos	Pinpoint the jet apex in 3C 84
19A003 20A014 20D023	2019	2021	2021 International Symposium on Molecular Spectroscopy (Virtual)	SINGLE-DISH	Cernicharo	a Sensitive Line Survey of TMC-1: the Chemical Complexity of a Cold Dark Cloud
MA008	2017	2021	arXiv	VLBI (GMVA)	Okino	Collimation of the relativistic jet in the quasar 3C 273

5. Desarrollos informáticos

Los desarrollos informáticos de este año han tenido como objetivo proporcionar una mayor funcionalidad y robustez al radiotelescopio.

Uno de los desarrollos más significativos consistió en el desarrollo de una herramienta que permite comandar el radiotelescopio de manera remota a través de un VPN securizada y

monitorizar su posición. La implementación de esta herramienta permitió mejorar la creación e inyección de tablas de seguimiento ofreciendo una mayor flexibilidad en las observaciones. De este modo el radiotelescopio queda preparado para el seguimiento de misiones espaciales cercanas por un operador externo con alta seguridad.

Otras tareas consistieron en la evaluación de la tecnología de virtualización Docker para un futuro nuevo sistema de control más liviano y en la generación de un sistema de automatización de la instalación de la infraestructura ACS de software, así como en la actualización de funciones Python necesarias para las nuevas versiones de ACS. También se introdujeron mejoras en la calibración en ganancia de los canales antes del promediado de estos en observaciones de pseudocontinuo.

Otra de las grandes tareas consistió en el desarrollo de todo el código de control y monitorización del receptor de banda CX, así como el ajuste de este código cuando esté se puso en marcha.

6. Desarrollos técnicos

Nuevos receptores

El Observatorio de Yebes ha completado con éxito el diseño, construcción, instalación y puesta en servicio de un nuevo receptor en bandas C y X para el radiotelescopio de 40 metros. Este receptor sustituye al antiguo receptor en banda C, al que supera en prestaciones.

Por otra parte, se ha contratado el desarrollo de nuevas tarjetas de polarización de amplificadores de bajo nivel de ruido, que suponen una evolución de las actuales, ya que permitan un control y monitorización remotos de las tensiones y corrientes de polarización de cada transistor, así como la posibilidad de cargar configuraciones diferentes para temperatura criogénica y ambiente. Estas tarjetas estarán disponibles en 2022.

Receptor CX

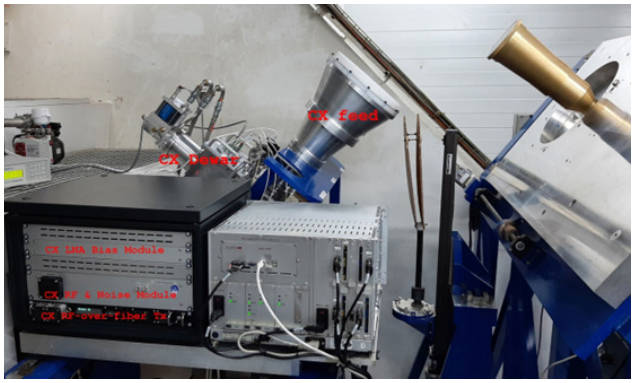
El receptor es sensible a las señales cósmicas en el rango de frecuencias de 4,5 a 9 GHz, y reemplaza al antiguo receptor, más limitado en frecuencia, en banda C (5 y 6 GHz), permitiendo la observación en bandas de frecuencia mucho mayores, y a frecuencias adicionales antes no disponibles. Para la EVN, la contribución del nuevo receptor del Observatorio de Yebes supone un paso importante en la adecuación de la red a los retos científicos de la próxima década.

El uso de receptores de bajo ruido con grandes anchos de banda instantáneos, como el receptor CX, permitirá cuadruplicar la sensibilidad de las observaciones de la red EVN, y realizar completos estudios espectrales y de polarización de la emisión de las radiofuentes.

El nuevo receptor de banda CX de Yebes está formado por una bocina corrugada con corrección de fase que por su gran tamaño no puede refrigerarse y necesita trabajar a temperatura ambiente. Para transformar a polarización circular, más apropiada para las observaciones de VLBI, se ha usado un circuito híbrido de 3dB y a 90 grados refrigerado, que alimenta a dos amplificadores de bajo ruido de tipo InP HEMT, también refrigerados a temperaturas criogénicas. El alimentador y el OMT, así como el criostato fueron diseñados en el Observatorio y construidos en la industria y caracterizados después en los laboratorios del Observatorio. Los amplificadores, diseñados y fabricados en el Observatorio de Yebes, han sido optimizados en reflexión de entrada para reducir efectos de rizado en la banda de frecuencias del receptor.

En conjunto, se consigue que la temperatura de ruido del receptor sea de unos 12 K, unos -261 °C, contribuyendo de forma mínima al ruido total durante las observaciones. El receptor

está también equipado con señales de calibración de ganancia y de fase, y su conversor de frecuencia asociado, que recibe las señales del receptor por medio de enlaces de fibra óptica, es capaz de proporcionar las señales en frecuencia intermedia de 500 MHz o de 4 GHz, debidamente acondicionadas para alimentar distintos tipos de procesadores de VLBI o espectrómetros para estudios de líneas espectrales.

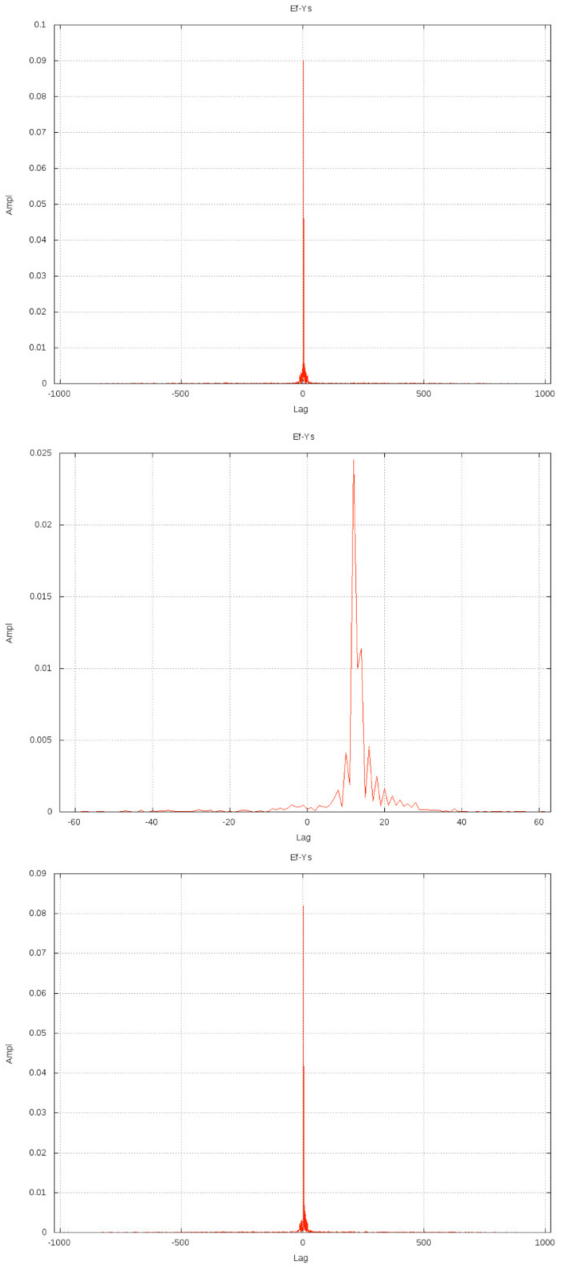


Nuevo receptor de banda CX montado en el radiotelescopio

El 16 de diciembre de 2021 se comprobó de forma exitosa el correcto funcionamiento del receptor de banda CX en una observación de interferometría gracias a la participación de los radiotelescopios de Effelsberg, Medicina, Westerbork, Noto y Onsala, todos ellos miembros de la EVN, bajo la coordinación del JIVE, centro de correlación y análisis de la red, que obtuvo y analizó los resultados durante la observación.

Mantenimiento en los receptores

Durante este año, el sistema de receptores de alta frecuencia ha funcionado correctamente sin apenas comunicación de problemas por parte de los astrónomos de servicio del radiotelescopio de 40 m. Existe un espurio de carácter aleatorio que se incrementa a medida que trascurre el tiempo desde un ciclo de enfriado. Este efecto está controlado por los astrónomos y cuando supone un error significativo en las calibraciones, en comparación con otros errores, se programa un ciclo térmi-



Demostración de franjas interferométricas en las tres frecuencias usuales de observación de la red EVN: 5, 6 y 8 GHz. En todas las frecuencias la detección más intensa se registra con los radiotelescopios de 40 m de Yebes y el de 100 m de Effelsberg, situado en Alemania, demostrando la importancia de la participación de la antena de Yebes en la red Europea.

co del receptor de banda Q, cuyo tiempo puede ser desde 12 a 48 horas dependiendo de la necesidad de uso del radiotelescopio. Esta acción es aceptada como paliativa y resulta más conservadora que desmontar y posteriormente montar el receptor de banda Q, actualmente uno de los más productivos del radiotelescopio. Pese a ello, durante el año 2021 se adquirieron componentes para el reemplazo del sistema de guías y de ventanas de vacío (en este caso diseñadas y construidas en los talleres del Observatorio) para que estén disponibles en caso de sustitución o avería de algunos de los componentes interiores del criostato.

Durante este año se prepararon las interfaces mecánicas para la inserción del espejo dicroico de banda W, que permite observaciones simultáneas en bandas K, Q y W, permitiendo separarlas en diferentes caminos ópticos. El diseño y construcción no ha requerido modificaciones de las estructuras ya instaladas en el radiotelescopio de 40m, por lo que el radiotelescopio no sufrió parada alguna durante el diseño de este componente.

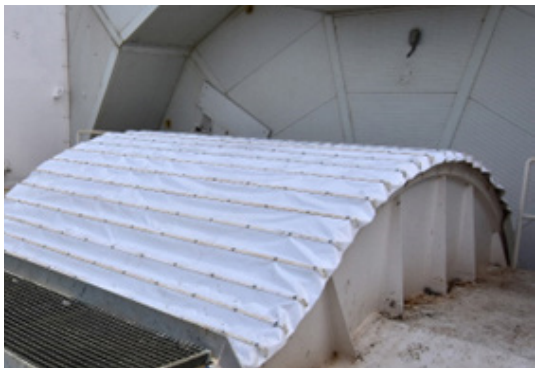
En este año se inició un ambicioso plan para automatizar el control de todos los procesos relacionados con la criogenia de los receptores (vaciado, enfriamiento y calentamiento), todos ellos monitorizados y controlados remotamente. Para ello se ha diseñado un Control Universal de Criogenia de construcción modular que puede trabajar con un número mínimo de bombas de vacío y electroválvulas. Dicho sistema controlará hasta ocho receptores. Está diseñado para ser ampliado en caso necesario y es exportable a otros sistemas (por ejemplo, el laboratorio de Nanocosmos situado en el 14 m u otros sistemas como los receptores de VGOS). Durante este año se ha realizado el diseño general y la prueba de concepto para un solo receptor. Con ella se han corregido pequeños detalles del diseño y se continuará hasta la fabricación del sistema definitivo.

Mantenimiento general del radiotelescopio

Aparte de las operaciones rutinarias de mantenimiento y lubricación del radiotelescopio, en el año 2021 se ha cambiado el aceite de las ocho cajas reductoras del sistema de accionamiento. También se ha llevado a cabo una adecuación parcial de la estructura mediante su limpieza y retoques de pintura. También se protegieron determinadas zonas para evitar el acceso de aves, especialmente palomas que constituyen la mayor fuente de suciedad en la estructura.

A principios del año, el temporal de Filomena provocó la rotura de la persiana del techo de la sala de receptores. Se trata de una persiana metálica especialmente diseñada para cerrar la apertura que tiene el techo de la sala que permite el movimiento en elevación del tubo vértice de la parábola por el que pasa la señal recolectada hacia la sala. La rotura no se pudo reparar debido a los importantes daños sufridos, aunque el personal del Observatorio consiguió reparar parcialmente la persiana cerrando la apertura y manteniendo el interior de la sala protegido. Se

Persiana rota por el temporal Filomena.



Persiana reparada

contrató a una empresa para fabricar una nueva persiana y reemplazar la antigua. Los trabajos se ejecutaron satisfactoriamente bajo la supervisión del personal del Observatorio.

Como parte del proyecto YNART, cofinanciado con fondos FEDER, el CNIG. tiene previsto instalar una red de sensores de temperatura en la estructura metálica del radiotelescopio destinada a estudiar la influencia de la temperatura en la misma. En el año 2021, se contrató los servicios de una empresa para realizar un estudio preliminar que definiese las características de la red, incluyendo los puntos adecuados donde situar sensores para una adecuada evaluación de las lecturas. Este año se ha continuado con el mantenimiento de los radiotelescopios y las infraestructuras auxiliares del Observatorio.

Desarrollos tecnológicos internos en el área de amplificadores

El área de amplificadores proporciona uno de los dispositivos más importantes en la observación radioastronómica de los observatorios radio. Este grupo de trabajo compuesto por cinco ingenieros y dos técnicos realiza tareas para los instrumentos del Observatorio, así como numerosos proyectos internacionales. En esta sección sólo se describen los trabajos realizados para el Observatorio de Yebes y otras instituciones nacionales. Las contribuciones internacionales se describen en un apartado específico más adelante, si bien es difícil separar unos desarrollos de otros ya que todos están interconectados entre sí.

Un punto clave para poder mantener el liderazgo del Observatorio de Yebes en el campo de los amplificadores criogénicos de bajo ruido es realizar un trabajo continuo de mejora de los dispositivos HEMT de InP. Durante el año 2021 se trabajó en colaboración con la empresa Diramics (Suiza) en la fabricación de un nuevo lote experimental de HEMTS en los que se empleó una nueva estructura de capas de semiconductores crecidas mediante MBE (Molecular Beam Epitaxy) diseñadas para conseguir mejorar el ruido criogénico y simultáneamente disminuir la disipación de potencia. Después de varios intentos no del todo exitosos en los pasados años, la constancia ha tenido su recompensa y esta vez se han conseguido dispositivos en los que la mejora respecto a los que se venían utilizando habitualmente es muy evidente. Este desarrollo es clave para poder mantener la competitividad y el liderazgo de Yebes en los próximos años.

Se ha realizado la puesta en marcha y la calibración de la nueva máquina de fresado con láser ultravioleta de alta potencia que permite el micro mecanizado de substratos de microondas. Esta tarea se ha visto muy dificultada por la imposibilidad del fabricante para mandar a sus técnicos desde China debido a las restricciones en los viajes impuestas por la pandemia COVID-19. Las tareas de montaje y ajuste han tenido que ser realizadas íntegramente por el personal del Observatorio de Yebes. Se espera que la nueva máquina contribuya a mejorar la calidad de los micro mecanizados de componentes.

Se realizó y documentó un estudio del efecto del autocalentamiento de resistencias tipo chip con substratos de cuarzo amorfo en la temperatura de ruido de amplificadores criogénicos. Se demostró que este efecto puede llegar a ser considerable en el caso de resistencias muy pequeñas en amplificadores de ruido extremadamente bajo, como es el caso de los amplificadores para las bandas bajas de microondas (pocos GHz).

Se ha mejorado la calibración de uno de los sistemas de medida de ruido de amplificadores criogénicos para expandir con fiabilidad su rango de frecuencia hasta 26,5 GHz. Para ello se han construido y calibrado unas nuevas líneas de entrada muy especiales construidas sin dieléctrico, lo que mejora mucho su receptibilidad. Esto permitirá realizar de forma más conveniente la medida de las futuras generaciones de amplificadores de banda ultra-ancha que se prevén para el gran interferómetro ALMA.

Se ha recalibrado otro sistema de medida criogénico, utilizado para las bandas milimétricas (hasta 50 GHz), incorporando datos más precisos de las fuentes de ruido de estado sólido y mejorando la consistencia con los otros sistemas de medida disponibles.

Se ha diseñado, fabricado y medido un conversor de frecuencia para el sistema de medida de ruido que cubre la banda de 18-32 GHz. Asimismo, se han desarrollado transiciones guía de onda-coaxial con un tamaño de guía de onda rectangular no estándar que permiten cubrir esta banda. Esto permitirá realizar las medidas de laboratorio necesarias para llevar a cabo el proyecto ASTROREC.

Se han realizado nuevos modelos circuitales de inductancias espirales en chip del tipo utilizado en los amplificadores criogénicos. Los modelos se han desarrollado a partir de medidas realizadas con la estación de puntas coplanares. Se espera que estos nuevos modelos permitan mejorar la precisión de las predicciones CAD de los nuevos diseños.

Se han realizado calibraciones de precisión de fuentes de ruido del tipo diodo de avalancha en las bandas C-X (4-12 GHz) y K-Ka (18-36 GHz). Estas fuentes de ruido son elementos imprescindibles para realizar las calibraciones de las observaciones realizadas con los receptores de los radiotelescopios.

Se han realizado medidas criogénicas precisas de filtros con superconductores de alta temperatura (HTS) diseñados y construidos en Yebes, concebidos para mitigar el efecto de las interferencias producidas por algunas señales de comunicaciones que son captadas por los radiotelescopios.

Se han desarrollado programas en Python que replican la funcionalidad de algunos de los programas HT-Basic utilizados para el control y toma de datos de instrumentos de laboratorio. Esta tarea se realizó para demostrar la viabilidad de actualizar el software de desarrollo propio evitando el uso obligatorio de máquinas y sistemas operativos obsoletos. Desgraciadamente esta tarea quedó sólo en la demostración ya que la actualización completa necesitaría de una dedicación de personal y de tiempo que no están disponibles por el momento.

Desarrollos tecnológicos internos en el área de receptores

Durante 2021, se ha llevado a cabo el acondicionamiento del nuevo laboratorio de criogenia, donde, a partir de ahora, se llevarán a cabo los trabajos de integración de criostatos y «*frontends*».

Nuevo receptor ASTROREC

El receptor ASTROREC, de banda 18 a 32 GHz, es parte del proyecto de investigación solicitado al plan nacional en colaboración con el CSIC. A finales de año se ha comenzado la definición de especificaciones a lo largo de varias reuniones telemáticas y se ha diseñado un OMT de tipo Boifot, para comprobar la viabilidad de su construcción en los talleres del Observatorio. Así mismo se han tramitado expedientes para el suministro de diodo de ruido y aislador asociado y material de vacío y criogenia

El receptor ASTROREC, de banda 18 a 32 GHz, es parte del proyecto de investigación solicitado al plan nacional en colaboración con el CSIC. Durante este año se han dado por concluidas la mayoría de las especificaciones que permiten establecer las bases para proceder con los diseños de los componentes que integrarán el receptor. Cabe destacar que, dado que la banda elegida no coincide con ninguna de las bandas que se comercializan en componentes de guías

de ondas, ha habido que realizar un esfuerzo adicional en integrar todos los componentes de radiofrecuencia a temperatura criogénica, en una guía de ondas a medida que interconecte todos los componentes (alimentador, OMT, acoplador direccional y amplificador de bajo ruido). Este esfuerzo adicional, es completamente necesario para cubrir la banda de frecuencias requerida en el proyecto. Al finalizar el periodo se disponen de la mayoría de los diseños eléctricos y mecánicos de la mayoría de los componentes del criostato. Así se han completado diseños, alimentador, OMT, transiciones de coaxial a guía (de estas últimas se han construido algún prototipo y existen medidas) y varias configuraciones mecánicas del acoplador direccional que dependen del diseño mecánico final del amplificador de bajo ruido y de su integración en el criostato.

El año 2022 se encara a la espera de definir el diseño mecánico del amplificador de bajo ruido que permita elegir una configuración óptima de conexión de componentes en el criostato y queda pendiente el diseño definitivo del criostato, minimizando caminos de señal y dar luz verde a la construcción y pruebas de los componentes definitivos.

Filtros superconductores

En 2021 se elaboró un expediente para la contratación de un criostato de laboratorio que permita la caracterización, a temperaturas criogénicas, de filtros para interferencias de radio basados en materiales superconductores de alta temperatura (HTS), en los que ha empezado a trabajar el Observatorio de Yebes. Estos filtros permiten rechazar interferencias de radio que puedan saturar, o incluso destruir, receptores de radioastronomía o geodesia.

Durante 2021, se han caracterizado sendos filtros HTS prototipo, uno paso banda de 4,5 – 9 GHz para el receptor CX y uno banda eliminada (*notch*) a 9,4 GHz para radares en estaciones VGOS.

Filtro superconductor de 4,5 – 9 GHz.

Tras la evaluación de los resultados de estos prototipos, se está en condiciones de desarrollar una segunda versión optimizada que podrá ser utilizada finalmente dentro de los criostatos de los receptores CX y VGOS.

Medidas RFI

En 2021, el Observatorio de Yebes presentó alegaciones contra un macro-proyecto de planta solar fotovoltaica en las cercanías del mismo, que no respetaba los límites de la servidumbre establecidos en el ordenamiento jurídico vigente.

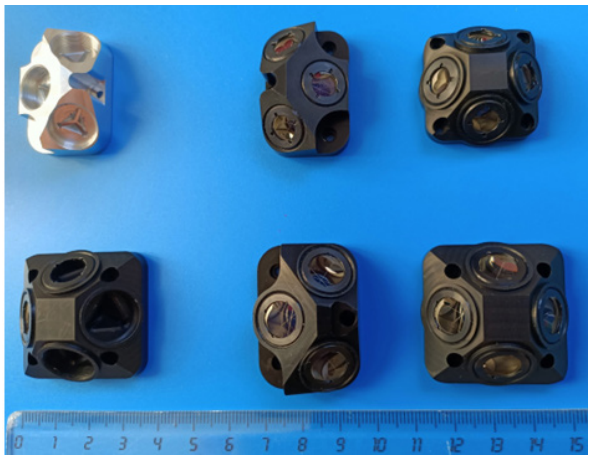
Además, se ha participado en las reuniones del Comité de Frecuencias de Radioastronomía (CRAF) y se ha contribuido activamente en varios de los grupos de trabajo del CRAF: ingeniería del espectro (SE), geodesia (VGOS), servicios móviles (5G-IMT) y satélites (SAT). Se debe mencionar que el Observatorio de Yebes propuso la creación de un grupo de trabajo en el CRAF para la monitorización de las interferencias radio a nivel europeo. Este grupo (MONIT) fue aceptado y es liderado por personal del Observatorio.

Por otra parte, también se ha participado en las reuniones semestrales de la Dirección General de Planificación y Gestión del Espectro Radioeléctrico del Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital. Esta dirección ha conseguido, por ejemplo, que la licencia de operación de Starlink incluya una serie de limitaciones, recomendadas por el Observatorio de Yebes, a las emisiones de los satélites de la mega-constelación Starlink.

Se está participando también en los grupos de trabajo JA1.5 y JA2.5, relacionados con la protección del cielo contra interferencias, del proyecto Opticon Radionet Pilot (ORP) y se envió una carta de apoyo para la creación del centro para la preservación de los cielos oscuros y libres de interferencias frente a las mega-constelaciones, impulsado por la Unión Astronómica Internacional (IAU). El Observatorio contribuirá en este centro con medidas del nivel de interferencias y estudios de compatibilidad electromagnética.

Otros desarrollos tecnológicos internos

En el área de SLR se ha trabajado en el proyecto MARTINLARA. El grupo GeoSIGN, formado por ingenieros del Observatorio de Yebes, ha construido en 2021 un conjunto de retro-reflectores para SLR, diseñados para poder ser embarcados en micro-satélites, dados su pequeño tamaño y ligero peso. Se espera poder medir las propiedades de reflectividad de los mismos en 2022.



Retro-reflectores para SLR

Desarrollos tecnológicos para el exterior

Se han realizado desarrollos en cuatro frentes principalmente: amplificadores, antenas, receptores y SLR. En algunos casos, estos desarrollos forman parte de proyectos comunes en los que participa el IGN y en otros corresponden a encargos de otras instituciones. A continuación, se describen los desarrollos agrupados en las cuatro áreas mencionadas.

En el área de amplificadores se han ejecutado las siguientes tareas:

— Contrato, a través del CNIG, con el European Southern Observatory (ESO) para el desarrollo de la próxima generación de amplificadores de banda ultra ancha para el gran interferómetro milimétrico ALMA. Durante 2021 se finalizó la construcción y medida de los dos prototipos de distintos diseños para la banda 4-20 GHz que se presentaron junto con los informes correspondientes, superando las expectativas en cuanto a prestaciones. Se preparó, además, aunque no estaba explícitamente contemplado en el proyecto, un amplificador balanceado en esta misma banda utilizando los híbridos de 4-20 GHz desarrollados recientemente, también con excelentes resultados.
— Contrato, a través del CNIG para el desarrollo de nueve amplificadores criogénicos de SiGe 0.1-1.1 GHz para implementar en receptores milimétricos del Purple Mountain Observatory (PMO) de China. Se realizó un nuevo diseño mejorado del amplificador que se les había entregado en 2018 (3 unidades), tanto mecánicamente (tamaño y conectores requeridos por el PMO) como en prestaciones (mejor reflexión y planitud de ganancia, ruido reducido un 40%). Se fabricaron, midieron y enviaron las 9 unidades pedidas.
— Colaboración con NOVA (Paises Bajos) para el estudio de la banda de Frecuencia Intermedia del futuro receptor 2SB para la banda 9 de ALMA. Se enviaron dos prototipos de los amplificadores de 4-20 GHz desarrollados para ESO para su integración en el receptor. Se resolvió un problema de oscilaciones de muy baja frecuencia detectado al utilizar el amplificador en combinación con el mezclador SIS. También se les proporcionó un prototipo de híbrido de 90º y 3 dB para la banda de 4-20 GHz para ser usado en la separación de las dos bandas laterales.

— A petición del Jet Propulsion LAB (JPL, NASA, EEUU) se fabricaron seis híbridos criogénicos de 90º en la banda de 8-40 GHz, que serán usados para generar polarización circular en las antenas y para fabricar amplificadores balanceados en dicha banda. Esta contribución hará posible la construcción de nuevos receptores con cobertura completa y simultánea de las bandas X, K y Ka en el interferómetro americano VLBA (Very Long Baseline Array).
— Se ha reparado un amplificador criogénico de banda Ka y se han construido otros dos nuevos basados en MMICs (Circuitos Integrados Monolíticos de Microondas) para TECHNION (Israel) para ser usados en investigaciones relacionadas con la computación cuántica y la lectura de Q-bits.
— Análisis de los fallos detectados en seis amplificadores construidos con MMICs de 4-12 GHz enviados desde IRAM Grenoble. Estos amplificadores formaban parte de un prototipo de receptor multibeam. El análisis demostró que el problema fue causado por falta de cuidado en su manipulación y conexión durante el montaje en el receptor.
— Se ha participado en la definición y realización de los experimentos de la colaboración RADES (CERN, Ginebra) para la detección de axiones en banda X (partículas hipotéticas que podrían explicar la materia oscura) mediante haloscopios crigénicos inmersos en campos magnéticos ultra intensos. En esta misma línea también se ha participado en la concepción de otro experimento análogo denominado CADEX que explorará otra banda de frecuencias (banda W) y ha sido aceptado para su implementación en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC).

Además, se han hecho trabajos para los receptores VGOS de otras instituciones. En particular se ha optimizado el amplificador utilizado en los receptores VGOS para su integración en un amplificador balanceado. Se aprovechó la limitación en banda de estos receptores (2-14 GHz) y se explotaron las ventajas de la configuración balanceada en adaptación para desarrollar una versión mejorada de este amplificador especialmente en ruido, aunque también en planitud de ganancia y disipación de potencia (reduciéndola a la mitad). Utilizando además los nuevos transistores de Diramics, se alcanzan temperaturas de ruido record de 3,7 K (a 6 K de temperatura ambiente) en la configuración balanceada entre 2 y 14 GHz. Se espera que estos amplificadores equipen los receptores VGOS de RAEGE en un futuro inmediato. Se han preparado ya 8 unidades para conformar 4 amplificadores balanceados.

También se han fabricado ocho híbridos de 90 y 6 amplificadores criogénicos de 2-14 GHz para incorporar en los amplificadores balanceados de los receptores VGOS. Se midieron 6 unidades balanceadas que se destinarán a NARIT (Tailandia), Matera (Italia) y HartRAO (Sudáfrica).

En el área de antenas se han medido en la cámara anecoica del Observatorio de Yebes dos antenas para el nuevo receptor de holografía que se está construyendo en colaboración con VIRAC. Los resultados están en sendos informes técnicos. Se han realizado medidas para un proyecto de la ESA, a través de la empresa Calisto y la Universidad de Cantabria, donde se perseguía validar que las medidas de un alimentador en banda K se veían poco afectadas por su inserción en el interior de un criostato. Además, se han realizado estudios previos de viabilidad de alimentadores de banda ancha que cubrieran las bandas de 70 a 230 GHz de los radiotelescopios de NOEMA, con buenos resultados de en la parte de propagación de estas antenas, pero con trabajo pendiente para integrar con guías de onda (y mezcladores a continuación) que puedan propagar un gran ancho de banda.

Respecto a trabajos para VGOS se han construido y caracterizado 4 alimentadores de 3ª generación, con buen acuerdo entre el diseño y medidas en la cámara anecoica. Dichas antenas han quedado disponibles para la integración en los nuevos receptores de VGOS. Además, se han diseñado nuevos criostatos para los receptores VGOS que persiguen una serie de mejoras:

— Integración de nuevos alimentadores.
— Integración de amplificadores balanceados.

— Optimización de la posición del alimentador para minimizar bloqueos del criostato.
— Reducción de interfases mecánicas.
— Disminución general de tamaño.

Tras la finalización del diseño se han construido 4 unidades para poder atender las solicitudes de construcción de otros observatorios.

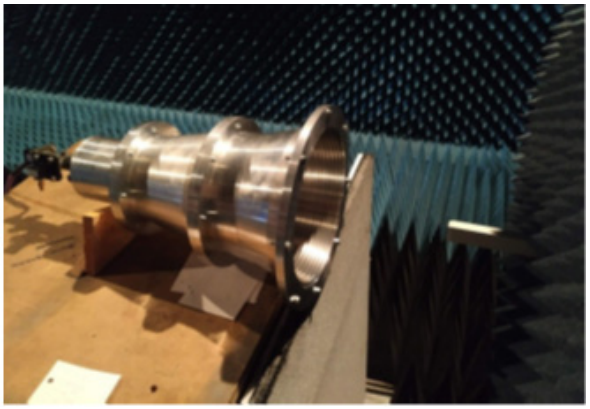
En el área de receptores se han realizado los siguientes trabajos:

— *VGOS Matera*. La empresa OHB Digital Connect GmbH, anteriormente MT Mechatronics, contrató con el Observatorio de Yebes, a través del CNIG, la construcción de un receptor VGOS para el futuro radiotelescopio de la estación italiana de Matera. Durante 2021 se han recibido componentes para este receptor, que será entregado a finales de 2022.
— VGOS HartRAO El observatorio sudafricano HartRAO encargó a finales de 2020 la construcción en el Observatorio de Yebes, a través del CNIG, de un receptor VGOS para su radiotelescopio. En 2021 se han mantenido distintas reuniones, por videoconferencia, sobre los diferentes hitos del proyecto. El receptor será entregado a finales de 2022.
— VGOS Tailandia. En 2021, el observatorio tailandés NARIT contrató con el Observatorio de Yebes, a través del CNIG, la construcción de un receptor VGOS para el futuro radiotelescopio de la estación de Songkhla, en el sur del país. Este receptor será entregado a finales de 2022.
— VGOS NMA En noviembre de 2021, se instaló el segundo receptor VGOS para la Autoridad Cartográfica de Noruega (NMA), según lo establecido en el MoU y su adenda. Se ofreció a NMA la posibilidad de actualizar este receptor con amplificadores balanceados y acopladores de 30dB, para mejorar sus prestaciones. Esta oferta fue aceptada por NMA, por lo que dicho receptor cuenta con esas mejoras. El NMA pretende que el Observatorio de Yebes actualice del mismo modo el primer receptor, entregado en octubre de 2019. La siguiente foto muestra al equipo, con el receptor terminado, a punto de ser enviado a Svalbard.
— Holografía VENTSPILS. En 2021, se ha trabajado en las tareas asociadas al proyecto de un receptor de holografía para el radiotelescopio de 32m del Observatorio Ventspils en Letonia, que fueron contratadas al Observatorio de Yebes por la empresa OHB Digital Con-

Receptor VGOS para NMA

nect, a través del CNIG. Se han entregado los filtros paso-banda en guía de onda WR-75 para la radiobaliza a 11,7 GHz. Queda pendiente la entrega del software de comunicación con el radiotelescopio y el receptor durante las observaciones de holografía, que está previsto para 2022.

— Holografía NARIT. Durante 2021, se sigue proporcionando asistencia técnica a NARIT para el desarrollo e integración del receptor de holografía para su radiotelescopio de 40 metros, gemelo al del Observatorio de Yebes



Una de las bocinas del receptor durante las medidas en la cámara anecóica del Observatorio de Yebes.

En 2021 se han mantenido teleconferencias con el grupo de científicos e ingenieros húngaros responsables del proyecto BEST, para la construcción de una estación de radioastronomía y geodesia en Hungría. El observatorio de Yebes ha asesorado técnicamente a los responsables del proyecto, y está prevista una visita de los mismos al Observatorio de Yebes en 2022.

Proyecto RAEGE

En 2021 se actualizó el contenido de la web de RAEGE.

Entre el 28 de junio y el 2 de julio de 2021, se participó en la reunión anual de la International Association of Geodesy (IAG-2021), y se contribuyó con una presentación sobre el estado y los planes del proyecto RAEGE, titulada «*RAEGE: a Spanish-Portuguese infraestructure of geodetic stations*».

Entre el 15-26 de noviembre, visitaron el Observatorio de Yebes, Diogo Avelar, Valente Cuambe y Mariana Moreira, personal de la estación RAEGE en Santa María, para avanzar en su formación en los temas relacionados con la operación y mantenimiento de una estación de geodesia espacial y su instrumentación asociada. La foto siguiente muestra a los integrantes de la visita junto con personal del IGN.

Durante 2021, se han iniciado conversaciones con el INTA para la instalación de retro reflectores que permitan, por un lado, calibrar las observaciones del satélite PAZ y, por otro, monitorizar el nivel de emisiones de dichos satélites sobre el observatorio.

Grupo hispano portugués de análisis GGOS

También, en 2021 se comenzó la colaboración entre el IGN y la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) para llevar a cabo una campaña de medidas mediante laser-scanner y drones, simultáneamente, con el objetivo de comparar la precisión de ambas técnicas en la medida de la superficie de grandes antenas de radioastronomía y en la determinación de sus deformaciones por efectos de la gravedad. Esta colaboración se materializará en 2022.

RAEGE. Radiotelescopio de Yebes

2021 fue un año con multitud de problemas que han afectado gravemente al rendimiento del radiotelescopio GOS del Observatorio de Yebes. A pesar de la gran tormenta de nieve «Filomena», que impidió el acceso a las instalaciones durante casi una semana por la gran cantidad de nieve y hielo acumulados, se pudo operar el radiotelescopio remotamente, gracias al alto grado de automatización del mismo.

Desde el día 7 de enero hasta el 9 de junio el telescopio realizó 12 sesiones de la serie VO del proyecto VGOS, todas ellas completadas satisfactoriamente. Además, realizó 2 experimentos de test para validar modificaciones en el procedimiento operativo de carácter técnico en el marco del proyecto EU-VGOS. También participó hasta en tres ocasiones en observaciones de tipo «*fringe-test*» como estación de referencia para ayudar al radiotelescopio RAEGE situado en Santa María.

Desafortunadamente, a mediados de junio el telescopio sufrió una avería mecánica que detuvo completamente las operaciones del instrumento hasta final de año. Como revelaron más tarde las investigaciones del propio personal del Observatorio junto con técnicos pertenecientes a la empresa fabricante, alteraciones mecánicas del sistema provocadas por el uso normal produjeron un fallo de funcionamiento del sistema de enrollamiento de cables, que a su vez provocó la ruptura de dos cadenas guía cables que lo componen. Este sistema permite mantener el cableado ordenado durante los movimientos de azimut. Afortunadamente no hubo daño en los propios cables, ni en los de transporte de señal ni en los de alimentación.

Cadenas guía de cables rota

Los rígidos procesos administrativos de contratación junto con la carestía de materias primas, especialmente el aluminio, retrasaron de manera significativa la reparación, prevista inicialmente para septiembre pero que fue retrasándose reiteradamente hasta ejecutarse en la semana del 20 de diciembre. La empresa fabricante del desarrollador (subcontrata de la empresa que fabrica la antena) proporcionó los materiales, y la empresa Asturfeito fue la encargada de la reparación *in situ*.

En lo relativo a las propias operaciones, como fruto de las reuniones de los grupos técnicos VTC y VOR, en 2021 se introdujeron dos nuevos procedimientos al comienzo de las observaciones de la serie VO. Por un lado, se ha comenzado a registrar las posiciones de la antena proporcionadas por la Unidad de Control de la Antena (ACU por sus siglas en inglés) en un fichero que posteriormente es analizado para conformar el modelo de seguimiento del telescopio, de forma que se pueda establecer un lazo de realimentación con el grupo de «scheduling« y que éste genere «*schedules*« más optimizados. En segundo lugar, se han incluido de forma semiautomática dos scans tipo ON-OFF inmediatamente anteriores al inicio y justamente al final de cada «schedule» de tipo VO. El objetivo de esta medida es disponer de información extra para mejorar la calibración en amplitud de las observaciones, de forma que se recogen parámetros como la SEFD y la DPFU de cada radiotelescopio en los contornos de la observación, para que puedan ser interpolados durante la observación.

Como resultado del análisis de la nueva información recogida se introdujeron cambios en el software de seguimiento para reducir el tiempo entre escanes lo que permitirá disminuir el tiempo de integración y aumentar el número de fuentes observadas y así conseguir una mayor sensibilidad.

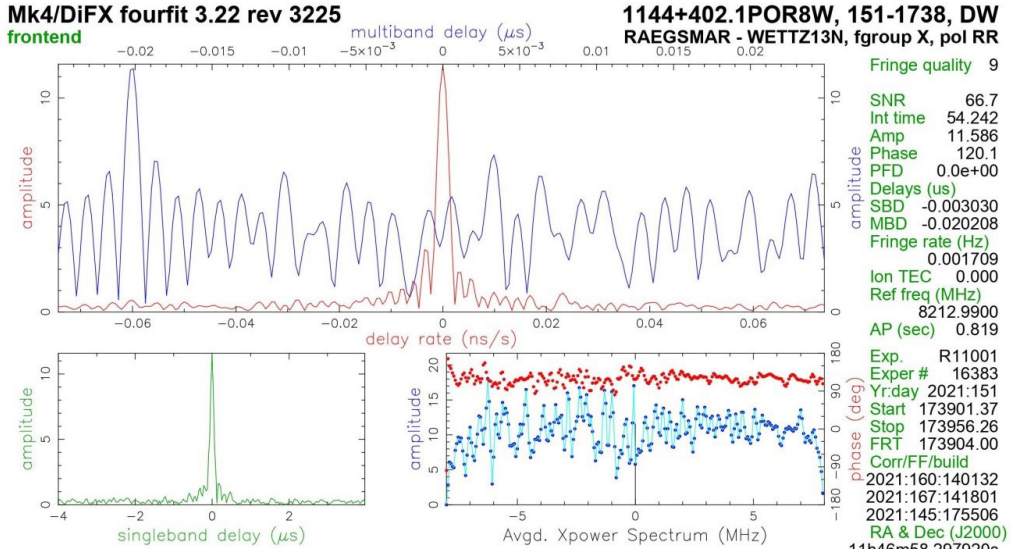
RAEGE. Radiotelescopio de Santa María

En 2021 se han llevado a cabo diversas labores de mantenimiento y reparación del radiotelescopio, así como de reparación y actualización de la plataforma elevadora articulada.

Desde el 25 de mayo 2021, el radiotelescopio de Santa María participa regularmente en las observaciones R1 y R4 de la IVS con el receptor tribanda S/X/Ka. Para más información sobre este receptor consultar https://www.mdpi.com/1424-8220/21/8/2662.

Como ejemplo, la figura adjunta muestra la detección de franjas entre las estaciones de Santa María y Wettzell (Alemania) en banda X.

Según el centro de análisis, el radiotelescopio fue programado para participar en 62 sesiones durante 2021. En 9 de estas sesiones no pudo participarse por labores de mantenimiento y reparación del radiotelescopio, y en otras 6 lo impidió la alta velocidad del viento. La pérdida de datos, sin contar esas observaciones perdidas, es tan sólo del 3,6%, principalmente debido a efectos de interferencias, en particular en el canal SR3U.



Está previsto que se continúe en este modo hasta finales del verano de 2022, cuando el radiotelescopio será convertido en una estación VGOS, tras el envío, instalación y puesta en marcha del receptor y los backends necesarios.

Durante 2021, se realizaron diversos cálculos y un estudio de compatibilidad con radar que la empresa Edisoft/Leolabs pretende instalar en Santa María.

RAEGE. Radiotelescopio de Gran Canaria

Durante 2021 se han realizado diversos trámites administrativos con el ayuntamiento de Agüimes, y se ha solicitado al Cabildo de Gran Canaria la cesión de la parcela de interés para el IGN. Se ha hecho un levantamiento topográfico de dicha parcela, así como un informe arqueológico para determinar qué zonas de la parcela habría que proteger y qué medidas de protección aplicar.

A final de 2021, se licitó el contrato para la redacción del proyecto de estación RAEGE en Gran Canaria, que comenzará a ejecutarse a comienzos de 2022.

RAEGE. Radiotelescopio de Flores

Se han instalado una estación meteorológica y un receptor GNSS geodésico. Se comenzó a definir el contrato para el diseño y la construcción del radiotelescopio de Flores.

Desarrollos tecnológicos para RAEGE

Desde 2021, se está llevando a cabo una actualización del receptor VGOS del radiotelescopio RAEGE de 13,2m del Observatorio de Yebes. Esta actualización supone una mejora de las prestaciones globales del receptor, en términos de sensibilidad y estabilidad. Se inició la actualización de los siguientes elementos:

- Nueva bocina QRFH con mejor adaptación de impedancias que la versión anterior
- Nuevos amplificadores de bajo nivel de ruido, en configuración balanceada, que tienen mejor adaptación con la bocina QRFH que los anteriores en configuración «*single-ended*». Estas dos mejoras reducen sustancialmente el rizado en la banda de paso del receptor.
- Nuevos acopladores direccionales de 30 dB, criogénicos, especialmente diseñados para VGOS, más fiables que los comerciales que no están especificados para temperaturas criogénicas
- Nuevos filtros para rechazo de interferencias de banda S
- Nuevos generadores de pulsos *PhaseCal*

Se ha terminado la construcción de un nuevo sistema de medida de retardo del cable para RAEGE, del cual han sido fabricadas tres unidades: dos para NMA y una para FGI. Los resultados serán publicados en un artículo a comienzos de 2022.

Se ha comenzado a investigar en una evolución de este sistema mediante enlaces de fibra óptica, lo que permitirá su funcionamiento con una longitud de cable mucho mayor, y con más estabilidad, dadas las ventajas de la fibra óptica sobre el cable coaxial en términos de sensibilidad frente a la temperatura.

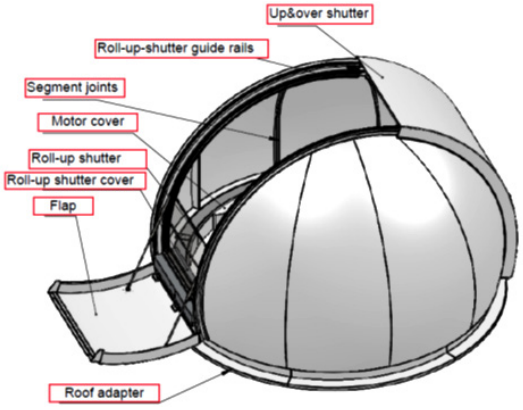
Se terminó la construcción de los conversores de frecuencia para toda la banda VGOS (2 - 14 GHz) compatibles con los backends dBBC3 y R2DBE.

Actividad en torno al proyecto SLR (Satellite Laser Ranging)

Se ha continuado trabajando junto con la empresa TTI NORTE S.L. en la construcción, instalación y puesta en marcha operativa de la estación, iniciándose algunas adquisiciones fundamentales como una cúpula de 5,3 m de la compañía Baader Planetarium GmbH, un sistema de telescopio receptor, foco Coudé y montura de Officina Stellare, o el desarrollo del sistema de control de la estación llevado a cabo por la empresa DiGOS GmbH. También se han adquirido y entregado otros elementos o componentes auxiliares como una estación meteorológica con diferentes sensores, sistemas de seguridad de la estación, el sistema RGG, etc.

Relacionado con estos trabajos, en octubre de 2021, se realizó una visita por parte de personal del Observatorio a la sede de la empresa Officina Stellare, para conocer sus instalaciones y profundizar en el estado del diseño y construcción del sistema de telescopios y montura.

En el mes de septiembre, se adjudicó el contrato la construcción del edificio, en el que se instalarán todos los subsistemas de la estación, a la empresa Seranco, S.A. La construcción que se llevará a cabo durante el año 2022. Posteriormente también se realizó la contratación de la dirección facultativa necesaria para la ejecución de la obra.

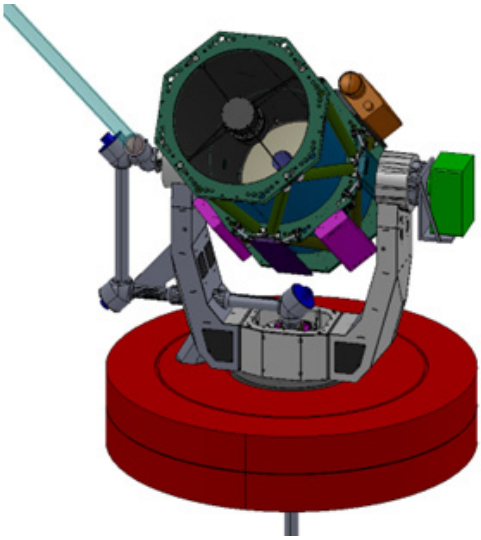


Cúpula de Baader Planetarium GmbH de 5.3 m seleccionada para YLARA.

Además, se contrató a la empresa ICEMM S.L. para un análisis detallado de la estructura de soporte del telescopio que garantice un comportamiento óptimo de la estación una vez que esté funcionando.

Debido a las limitaciones provocadas por crisis del COVID-19, la mayoría de las reuniones o congresos relacionados con el proyecto se han realizado de forma telemática. Cabe destacar:

- IAG 2021, Scientific Assembly of the International Association of Geodesy, que tuvo lugar del 28 de junio al 2 de Julio, donde se realizó la siguiente presentación: «Geodetic Analyses at the National Geographic Institute of Spain».
- ILRS Virtual World Tour 2021, organizado por el ILRS entre los días 25 y 29 de octubre y que permitió visitar 5 estaciones SLR situadas en diferentes países (Reino Unido, Alemania, China, Rusia y Estados Unidos) conociendo sus subsistemas, estado de la estación, realización de observaciones y al personal que trabaja en ellas.
- Reuniones de la Junta de Gobierno, Comité Permanente de Análisis y la Junta de Control de Calidad del ILRS, realizados por José Carlos Rodríguez.



Diseño preliminar del sistema de telescopios y montura de la empresa Officina Stellare.

Gravimetría, GNSS y colocalización en el Observatorio de Yebes

El Observatorio de Yebes cuenta con un pabellón de gravimetría aislado térmicamente del exterior que aloja un gravímetro superconductor y una serie de puestos sobre pilares conectados a la roca del terreno donde se sitúan otros gravímetros para su intercomparación, y sismógrafos.

A principios del 2021 se actualizó el cálculo de modelos de ondas de marea con los datos registrados durante el año 2020, por el gravímetro superconductor instalado en el pabellón de gravimetría y para ello se utilizó una serie total de 3.669 días sin prácticamente interrupciones en los datos. El análisis se realizó con la versión 3.4 de ETERNA, que permitió separar los distintos grupos de marea en función de su frecuencia. Se crearon dos modelos de mareas. Un modelo básico para correcciones de datos geofísicos que por el momento está compuesto por 22 ondas de marea, y otro modelo global para la estación conformado por 47 tipos de onda.

Se continuó con las labores de descarga, procesamiento y envió de medidas mensuales del gravímetro superconductor al IGETS International Geodynamics and Earth Tide Service of the International Association of Geodesy (IAG). El objetivo principal de este organismo es la monitorización de variaciones temporales del campo de la gravedad terrestre de largo periodo con observaciones de gravímetros, inclinómetros y otros sensores geodinámicos pertenecientes a múltiples redes. Además, se reparó en el Observatorio de Yebes uno de los cinco sensores de humedad que aportaban información auxiliar.

Se realizaron labores matemáticas y de programación para la estimación de la variación focal de los radiotelescopios VLBI del Observatorio por efecto de la gravedad, mediante técnica LIDAR. Además, se elaboró un software que, a partir de nubes de puntos masivas medidas con láser escáner de la superficie del radiotelescopio de 40 m, permite calcular la correlación de la focal y la elevación del paraboloide.

Durante el año 2021 se creó un grupo de trabajo GGOS dentro de la Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica con personal de la sede central en Madrid, en Yebes y de RAEGE en las islas Azores. El principal objetivo es organizar la futura incorporación del OY a la red de estaciones geodésicas fundamentales. Una de las líneas de trabajo es el estudio de parámetros geodésicos con VLBI y la influencia de los efectos instrumentales en las determinaciones de aquellos.

Para mejorar el cálculo de la colocalización entre los dos radiotelescopios operativos y la antena GNSS «YEBE» perteneciente al IGS, se realizaron medidas de localización del radiotelescopio de 40 m. Aprovechando que se desmontó la antena GNSS para instalar una plataforma «SECO» que eleva 6 cm la altura, se volvió a calcular la posición sustituyendo la antena por un prisma de alta precisión, pudiendo mejorar las observaciones previas y solo angulares del año 2016, con medidas de distancia obtenidas con estación total de alta precisión.

Además, se ha seguido trabajando en la comprobación de la validez del programa para la obtención del punto invariante de referencia programado en MATLAB y Python, utilizando el software AXIS que maneja el grupo de geodesia de Madrid.

Dentro de esta actividad se ha participado en algunas reuniones, todas ellas en formato telemático:

— GGOS Days 2021 – virtual
— 25th EVGA Working Meeting
— Second EU-VGOS Workshop
— Scientific Assembly of the International Association of Geodesy (IAG)
— Geometre: Large-scale dimensional measurements for geodesy (asistencia como *Stakeholder Committee*)

Personal

En junio de 2021 se incorporaron tres ingenieros y tres astrónomas al cuerpo de astrónomos. Los ingenieros están destinados en el Observatorio de Yebes junto con una de las astrónomas. Las dos astrónomas restantes están destinadas en el OAN, realizando una de ellas trabajos de apoyo al radiotelescopio de 40 m.

Se han tutorizado ocho estudiantes en prácticas curriculares de grado. Tres eran mujeres y cinco hombres; cuatro de ellos procedían de la Universidad de Alcalá de Henares (grados de Telecomunicación y de Informática), tres de la Universidad Complutense de Madrid (grados de física y matemáticas) y uno a la Universidad Autónoma de Madrid (grado de física).

Actividades del Observatorio Astronómico Nacional Investigaciones en Astronomía

Pasados los peores momentos de la pandemia de COVID-19, 2021 supuso la vuelta a una relativa normalidad en el Observatorio Astronómico Nacional (OAN). Continuando con la tendencia del segundo semestre de 2020, durante 2021 se retomó al trabajo presencial y se recuperaron actividades que habían quedado suspendidas por motivos sanitarios. La visibilidad del OAN como centro de divulgación científica y cultural se vio reforzada al declararse Patrimonio Mundial de la UNESCO el eje Prado-Retiro de Madrid, del cual el Real Observatorio es uno de sus elementos más singulares.

Durante 2021, se constató que el esfuerzo de la comunidad astronómica por mantener su actividad en 2020 ha «virtualizado» algunos aspectos clave de su trabajo. Las reuniones telemáticas, los seminarios en línea y los congresos virtuales organizados por institutos de todo el mundo se celebran ya de forma casi rutinaria utilizando recursos de videoconferencia. Todo ello agiliza la comunicación de los resultados y favorece la conectividad de los equipos. Los astrónomos del OAN emplean estas herramientas para integrarse y liderar distintas colaboraciones científicas, todas ellas a nivel internacional.

A lo largo de 2021, la mayoría de los observatorios empleados por los astrónomos del OAN (radiotelescopios de Yebes, EVN, IRAM, ALMA) volvieron a operar con normalidad, exceptuando algunas restricciones puntuales. Fue de gran importancia la puesta en marcha en otoño del interferómetro *Atacama Large Millimeter Array (*ALMA), uno de los instrumentos astronómicos más potentes del mundo, el cual había permanecido detenido durante más de un año y medio. Cabe destacar también el lanzamiento del telescopio espacial James Webb (JWST) el 25 de diciembre de 2021. El telescopio JWST, desarrollado por la agencia espacial de Estados Unidos (NASA) en colaboración con las agencias europea (ESA) y canadiense (CSA), observará principalmente en el rango de luz infrarroja y es el más potente jamás lanzado al espacio. Los astrónomos del OAN participan en algunos de los primeros proyectos científicos del JWST, el cual empezará a proporcionar datos a lo largo de 2022.

A continuación, se detallan algunos de los principales proyectos e hitos logrados en 2021 por los astrónomos del OAN dentro de sus tres áreas principales de actividad: formación estelar y planetaria, estrellas evolucionadas y galaxias externas. Las publicaciones a que han dado lugar todos estos hitos se recogen en la lista general en otro lugar de esta Memoria. Estas actividades de investigación están financiadas parcialmente por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través del Plan Estatal de I+D+i.

Formación de estrellas y planetas

El colapso gravitacional de la materia interestelar da lugar a nubes moleculares que se contraen y colapsan para formar protoestrellas y discos de gas y polvo, los cuales se encuentran en

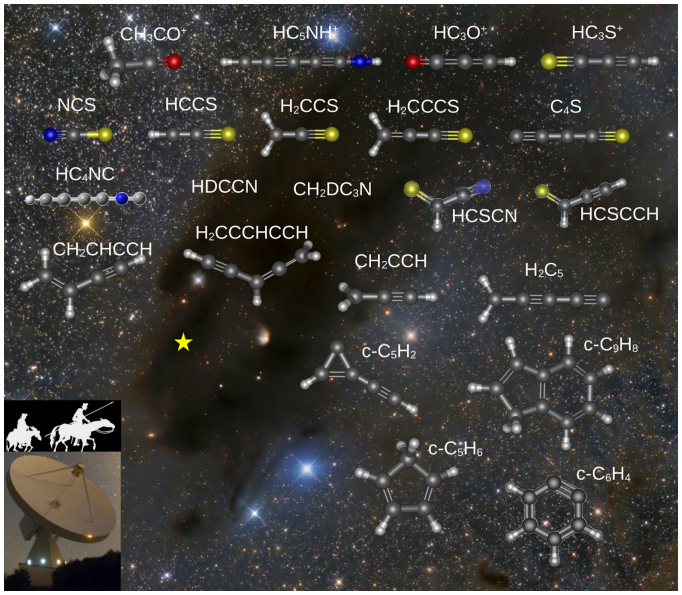
el origen de los sistemas planetarios. En el OAN se realizan estudios que abarcan desde la estructura y evolución de las nubes interestelares hasta la formación de estrellas y planetas, pasando por otros aspectos de suma importancia y actualidad, como la astroquímica. A continuación se describen algunos de los hitos científicos más notables logrados durante 2021.

Descubrimiento de 22 nuevas moléculas en el espacio

Uno de los objetivos primordiales de la astrofísica actual es caracterizar la composición química del gas en regiones de formación estelar. En particular, es importante determinar la abundancia de moléculas orgánicas complejas, pues estas podrían relacionarse con el desarrollo de la vida en un futuro sistema planetario. En los últimos años, se ha descubierto que las moléculas orgánicas no solo se encuentran en regiones activas de formación estelar, sino también en núcleos preestelares densos y fríos, donde todavía no se ha formado una protoestrella.

La nube molecular TMC-1, situada en la constelación de Tauro, ha sido estudiada en este contexto desde los inicios de la radioastronomía milimétrica. Pero es ahora cuando está desvelando su gran complejidad química gracias al ambicioso proyecto QUIJOTE (Q-band Ultrasensitive Inspection Journey to the Obscure TMC-1 Environment). Esta iniciativa, llevada a cabo por científicos del OAN y del CSIC, utiliza el radiotelescopio de 40m del Observatorio de Yebes para observar TMC-1 en torno a los 7 mm de longitud de onda. Esta ventana del espectro electromagnético resulta óptima para encontrar la firma inequívoca de la presencia de moléculas complejas.

A lo largo de 2021 se identificaron, gracias al proyecto QUIJOTE, 28 nuevas especies moleculares nunca antes detectadas en el espacio. Esto supone cerca del 10% del total de las identificadas en la historia de la astronomía. Entre las descubiertas con el radiotelescopio de Yebes, se encuentran varios cationes, moléculas con azufre y muchos hidrocarburos (formados por átomos de hidrógeno y carbono), incluyendo anillos como el indeno (c-C9H8) y la bencina (c-C6H4). La detección de estos últimos fue una sorpresa, al encontrarse en un entorno frío y protegido de la radiación ultravioleta. En algunos casos, se desconocía la longitud de onda exacta a la que emiten estas nuevas moléculas, por lo que fue necesario realizar medidas de laboratorio y contrastarlas con las observaciones en el cielo para identificarlas. Los resultados obtenidos hasta finales de 2021 se han publicado en 22 artículos en la prestigiosa revista europea Astronomy & Astrophysics. El equipo de QUIJOTE va a continuar su observación profunda de TMC-1 durante los dos próximos años. Su objetivo final, mediante la detección de muchas otras nuevas moléculas en su interior, es aportar claves fundamentales sobre el origen de la vida en el cosmos.



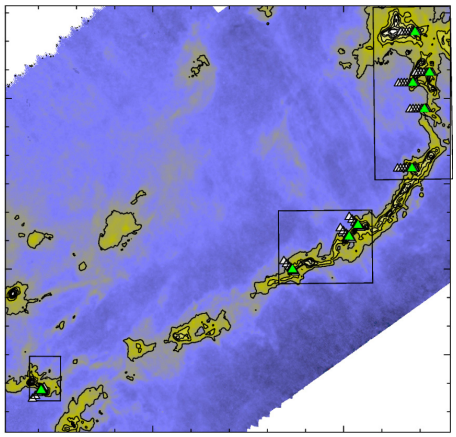
La posición de TMC-1 (estrella amarilla) se muestra sobre la nube molecular de Tauro (créditos: Grand Mesa Observatory, Terry Hancock y Tom Masterson). Las nuevas moléculas identificadas en el proyecto QUIJOTE aparecen superpuestas junto al radiotelescopio de 40m del Observatorio de Yebes.

El deuterio revela nuevos detalles de la formación estelar

Las nubes moleculares interestelares son los lugares de formación de las estrellas. Antes de la formación de una estrella, en dichas nubes encontramos gas y polvo dispuestos principalmente a lo largo de estructuras alargadas conocidas como filamentos. Estos filamentos canalizan el gas y polvo hacia concentraciones cada vez más densas que se contraen y fragmentan, dando lugar a núcleos sin estrellas unidos gravitacionalmente (núcleos preestelares) que finalmente formarán estrellas. El estudio de las propiedades del gas y el polvo en estos núcleos es clave para determinar su evolución y comprender en qué condiciones físicas y químicas comienza la formación estelar.

Una de las formas de entender la evolución de los núcleos preestelares es a través de moléculas deuteradas. En particular, se utiliza la medida del cociente de fraccionamiento (razón entre la abundancia de una molécula deuterada y su contrapartida hidrogenada). Se sabe que dicho cociente aumenta cuando un núcleo preestelar evoluciona, en torno al inicio del colapso gravitacional, y que luego decae cuando la estrella recién formada en el centro del núcleo comienza a calentar su entorno.

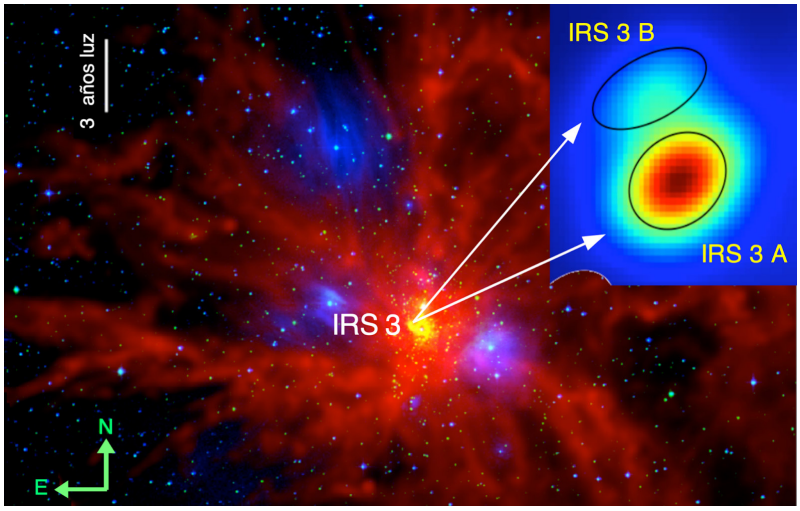
A lo largo del año 2021, un equipo dirigido por astrónomos del OAN estudió la evolución de una muestra de núcleos preestelares en diferentes regiones del cielo (situadas en las constelaciones de Perseo, Tauro y Orión). Para ello, analizaron la emisión de la molécula H_2CS y de sus contrapartidas deuteradas HDCS y D_2CS, observada con el telescopio de 30m de IRAM, del que el IGN es copartícipe. Los resultados permitieron identificar la etapa evolutiva en la que se encuentran los núcleos de la muestra, así como revelar varias de sus propiedades, tales como la densidad y la temperatura. Estos resultados también mostraron un cociente de fraccionamiento varios órdenes de magnitud mayor que el cociente elemental D/H. La combinación de observaciones con modelos químicos reveló que las reacciones químicas en la superficie del polvo (en particular, la desorción química a través de la molécula sólida DCS) son fundamentales para dicho enriquecimiento. Con todo ello, este estudio multiplicó por diez el número de regiones en las que se conoce el cociente de fraccionamiento de H_2CS. Los resultados están en curso de publicación en la revista *Astronomy & Astrophysics*.



Mapa de hidrógeno molecular de uno de los filamentos estudiados en la constelación de Tauro. Los triángulos verdes indican la posición de los núcleos preestelares considerados

Descubierto el nacimiento de una estrella masiva

De entre los centenares de miles de millones de estrellas que hay en la Vía Láctea, solo una de cada cien tiene una masa igual o superior a diez veces la masa del Sol (es lo que se denomina una estrella masiva). A pesar de ser escasas, las estrellas masivas son las que determinan la evolución de las galaxias debido a la gran energía que inyectan en el medio interestelar. La formación de una estrella masiva es un proceso raro y poco conocido si lo comparamos con la formación de una estrella de una masa solar. Sabemos que las estrellas masivas se forman en nubes moleculares gigantes que tienen tamaños de cientos de años luz. Otra característica importante es que las estrellas masivas no nacen aisladas, sino en asociaciones que llamamos cúmulos. También sabemos que el proceso por el que la estrella masiva en formación (protoestrella) acreta el material de la nube no es igual al que condujo a la formación del sistema solar hace unos 4.600 millones de años.



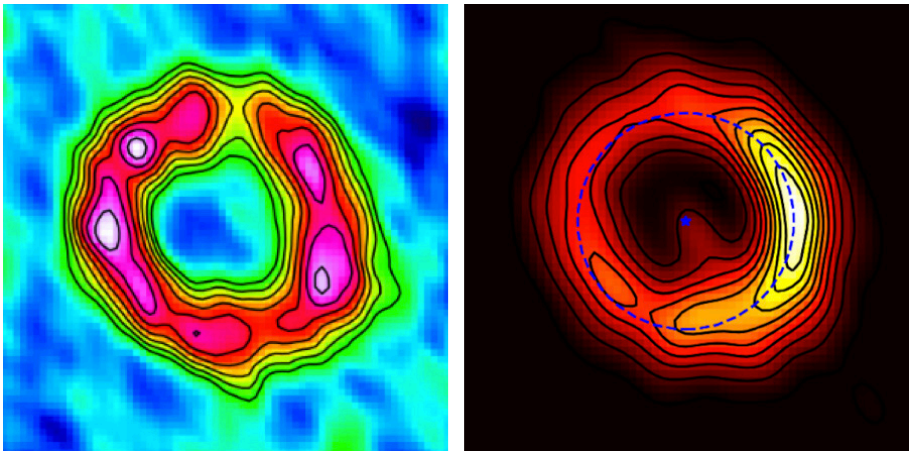
Región central de la nube molecular gigante Monoceros R2. Las elipses indican la posición de las protoestrellas IRS 3 A y IRS 3 B identificadas por ALMA.

Una de las nubes gigantes más cercanas en la que podemos estudiar el interesante proceso de la formación de una estrella masiva es Monoceros R2. En el año 2021, un equipo internacional liderado por astrónomos del OAN observó esta nube con el telescopio de 30m de IRAM, del que el IGN es copartícipe, y el interferómetro ALMA. En un primer estudio, utilizando el telescopio de 30m, se descubrió que la nube está formada por un conjunto de filamentos por los que el material fluye hasta desembocar en una condensación central que llamamos hub. El hub hospeda un grupo de estrellas masivas en formación (protoestrellas). IRS 3 es una de las componentes más jóvenes de esta agrupación. Por otra parte, las observaciones con ALMA mostraron que IRS 3 no es una única protoestrella, sino que está formada por dos componentes que llamamos IRS 3 A y IRS 3 B. Además, ALMA reveló que la protoestrella IRS 3 A está rodeada de un anillo de gas y polvo donde abundan las moléculas azufradas y moléculas orgánicas complejas, y cuyo material alimenta a la estrella masiva naciente. Este trabajo es uno de los pocos en los que se ha podido determinar la estructura física y química de un cúmulo de estrellas masivas en formación. Los resultados se publicaron en la revista Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.

Detección de planetas en formación

Los discos protoplanetarios son estructuras de gas y polvo que rodean a las estrellas jóvenes en cuyo interior se forman los planetas. Estudiando los discos protoplanetarios aspiramos a comprender cómo se forman los planetas y cuál fue la historia evolutiva de nuestro sistema solar. Mediante el desarrollo de observatorios punteros como ALMA y NOEMA (NOrthern Extended Millimeter Array), se ha alcanzado la sensibilidad y resolución espacial necesarias para estudiar en detalle estos apasionantes objetos. Gracias a estos observatorios, somos capaces de elaborar mapas detallados que nos dicen cómo se disponen los diversos elementos que componen el sistema, desde el polvo hasta el gas atómico y molecular, y avanzamos hacia la comprensión de sus propiedades y del proceso de formación planetaria. Aunque el gas domina la masa de estos objetos, sabemos muy poco sobre su composición química y sus propiedades físicas.

En el año 2021, un equipo liderado por astrónomos del OAN, cartografió el disco protoplanetario que rodea a la estrella AB Aurigae. Dicho disco presenta en sus regiones interiores una cavidad en el polvo de unas 90 veces la distancia de la Tierra al Sol, lo que se interpreta como resultado de formación planetaria. Para desarrollar su trabajo, el equipo empleó datos del interferómetro NOEMA del IRAM. El trabajo se centró en el estudio de la distribución espacial de especies moleculares como CO y H2CO (formaldehído), así como del polvo. Gracias a estos mapas, los autores pudieron comprobar que no todas las especies tienen la misma distribución



Disco protoplanetario que rodea la estrella AB Auriga. Izquierda: Mapa de emisión de la molécula formaldehído (H2CO). Derecha: Mapa de emisión del polvo.

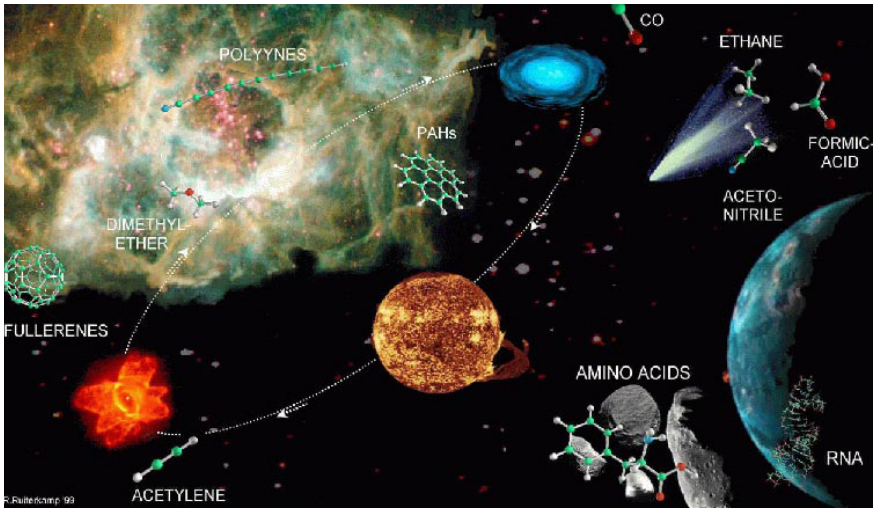
espacial, sino que distintas especies se sitúan a diferentes distancias de la protoestrella. Los autores determinaron que la razón de masa de gas a polvo es inferior al valor que se mide en las nubes moleculares, lo que interpretaron como un signo evolutivo conectado con la formación de planetas. Además, demostraron que el gas se extiende más allá del disco de polvo, y que en las regiones interiores hay grandes cantidades de especies moleculares como HCO+. Esta especie traza material que está cayendo hacia la estrella, atravesando la órbita de un posible planeta en formación. De confirmarse, se trataría de una de las primeras veces que captamos la formación de un planeta. Los resultados de este trabajo se publicaron en la prestigiosa revista europea *Astronomy & Astrophysics*.

Proyecto GEM S – Gas phase Elemental abundances in Molecular cloudS

El objetivo de este proyecto de tipo *Large Programme* del IRAM es determinar las abundancias elementales de azufre, carbono, nitrógeno y oxígeno, así como el grado de ionización del gas en función de la extinción visual. Estos parámetros son ingredientes esenciales para los modelos químicos y para las simulaciones de colapso de nubes, porque gobiernan el enfriamiento del gas y su acoplamiento con el campo magnético. Por lo tanto, son de suma importancia para los estudios galácticos de formación de estrellas. Desde el punto de vista químico, esta información es de gran importancia para derivar la composición química de los granos sólidos, que serán la semilla de los futuros planetas. Como producto intermedio, este proyecto proporciona un conjunto de datos moleculares sin precedentes en nubes oscuras. A finales de 2021, la colaboración GEMS puso los datos del proyecto a disposición de la comunidad astronómica internacional a través de la web de IRAM.

SHAPE – Hacia una teoría unificada de la formación de estrellas de alta y baja masa

En el marco de este proyecto, se desarrolla una herramienta de modelado y reconstrucción cinemática de objetos astrofísicos. Con este software se pueden construir rápidamente modelos de estructuras tridimensionales y compararlas directamente con datos reales para ayudar en la interpretación de las observaciones. A partir de un modelo de estructura 3D de este tipo, junto con un campo de velocidades de este modelo y sus propiedades de emisión, se pueden generar imágenes sintéticas y diagramas de posición-velocidad, mapas de canales, ecos de luz, curvas de luminosidad, curvas de luz y espectros unidimensionales, entre otros productos. También es posible estudiar la transferencia de radiación en función de la longitud de onda para caracterizar la emisión de líneas y la dispersión del polvo.



El gran ciclo cósmico: las estrellas nacen en el medio interestelar y, cuando mueren, devuelven a este mismo medio, parte de su material enriquecido en metales. En este medio enriquecido se vuelve a formar una nueva generación de estrellas y así sucesivamente. El estudio de los procesos químicos que tienen lugar durante este ciclo es uno de los mayores objetivos del OAN.

La cuna de la vida con el radiotelescopio gigante SKA

Este proyecto constituye la preparación científica para la realización de observaciones con el *Square Kilometer Array* (SKA), un radiotelescopio gigante que tomará imágenes de la emisión térmica del polvo en la zona habitable de discos protoplanetarios con un detalle sin precedentes. En particular, SKA mostrará dónde evolucionan las partículas de polvo interestelar desde motas de una micra de diámetro a «guijarros» de un centímetro, lo cual constituye el primer paso en el ensamblaje de planetas similares a la Tierra.

Los protoplanetas gigantes pueden abrir espacios casi vacíos en el material de los discos, revelando su presencia, así como impulsar ondas espirales a gran escala a través del mismo. Debido a que los tiempos orbitales en el disco interno son cortos, tan solo de unos pocos años, las observaciones con SKA realizadas a lo largo del tiempo pueden rastrear la evolución de estas características para discernir el mecanismo de formación de diferentes tipos de planetas. Durante el año 2021, los astrónomos del OAN continuaron las tareas de preparación científica para las observaciones que se llevarán a cabo con este radiotelescopio gigante.

PDRs4All

Las formación y evolución de las estrellas masivas determina la evolución del medio interestelar a escala galáctica. El proyecto PDRs4All, iniciado en el año 2021, pretende estimar el impacto de la formación de estrellas masivas en la evolución del medio circundante mediante observaciones de líneas infrarrojas del hidrógeno molecular y de diversos átomos con el telescopio espacial JWST. Posteriormente, las líneas serán modelizadas utilizando códigos químicos y de transferencia radiativa especializados.

PRODIGE

El objetivo de este proyecto es determinar la evolución física y química que experimentan las estrellas de tipo solar desde sus etapas iniciales, como protoestrellas de clase 0, hasta la fase de formación de una estrella joven rodeada de un disco protoplanetario. Esta evolución dura aproximadamente un millón de años y determina la arquitectura y composición química del futuro sistema planetario. Dado que el tamaño característico de los discos protoplanetarios es de unas 15 horas luz, para resolver su estructura se necesitan observaciones milimétricas de gran sensibilidad y resolución angular que solo se pueden conseguir con grandes interferóme-

tros como ALMA o NOEMA. Durante 2021 prosiguió la obtención de datos con NOEMA, que se extenderá hasta 2023.

Estrellas evolucionadas

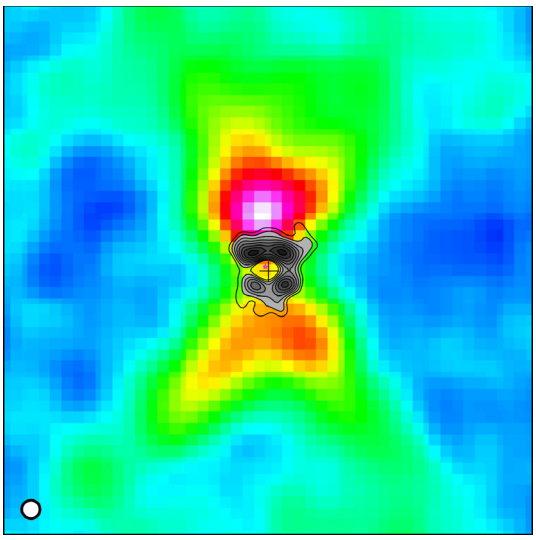
Durante 2021, el estudio de estrellas en sus fases finales de evolución continuó produciendo resultados de gran interés sobre todo tipo de objetos, desde las estrellas de la rama asintótica de las gigantes (AGB) hasta las nebulosas protoplanetarias y planetarias. Para todos estos estudios, han sido fundamentales las observaciones en longitudes de onda de radio realizadas con el radiotelescopio de 40m de Yebes, los instrumentos del IRAM (el radiotelescopio de 30m de Sierra Nevada y el radiointerferómetro NOEMA en los Alpes franceses) o con el radiointerferómetro ALMA. En particular, el uso de NOEMA y ALMA resultó clave en la consecución de algunos de los objetivos científicos alcanzados durante este año, pues permitió a los astrónomos del OAN caracterizar con un grado de detalle sin precedentes la cinemática, las condiciones físicas y la composición química en un número creciente de objetos evolucionados.

Disco en rotación y chorro bipolar en una estrella binaria evolucionada

Una de las fases más interesantes de la vida de las estrellas similares a nuestro Sol tiene lugar cuando, estando a punto de morir, estas estrellas se hinchan hasta alcanzar tamaños similares a la órbita de la Tierra. Al mismo tiempo se vuelven rojas, frías y muy luminosas. Esta fase es conocida como la rama asintótica de las gigantes, o AGB, por sus siglas en inglés. En esta etapa, a la que el Sol llegará transcurridos unos 4500 millones de años, las estrellas pierden grandes cantidades de gas y polvo que servirán para formar nuevas generaciones de estrellas.

Uno de los aspectos más enigmáticos de estas etapas evolutivas es la aparición de fenómenos de pérdida de masa preferentemente en una dirección. Estos chorros bipolares dan lugar a nebulosas planetarias con estructuras complejas y su origen es uno de los campos de trabajo más importantes de los astrónomos del OAN. En la actualidad, existe un creciente consenso de que la bipolaridad debe estar asociada a sistemas estelares binarios, pero la explicación detallada de estos fenómenos dista de ser conocida.

Durante 2021, astrónomos del OAN, del CSIC y del IRAM llevaron a cabo observaciones de alta resolución con el telescopio ALMA y revelaron la presencia de un disco en rotación alrededor de un sistema binario compuesto por una estrella AGB (QX Puppis) y una compañera más joven. Se cree que el disco, detectado gracias a la emisión de la molécula NaCl, la sal común, estaría en rotación alrededor de ambas estrellas (en la imagen, se muestra en contornos y escala de grises). Observaciones simultáneas de las moléculas de monóxido y sulfuro de silicio (SiO y SiS) mostraron un chorro bipolar que surge del centro del sistema (en falso color en la imagen) y que probablemente esté colimado por el disco en rotación. Esta es la primera vez que se observa una estructura de estas características en una estrella AGB. Las asociaciones de discos rotan-



Observaciones de ALMA del sistema binario QX Puppis donde se aprecian detalles de tan solo 30 unidades astronómicas (0,0005 años-luz, el tamaño del círculo blanco).

tes y vientos bipolares, que ya habían sido observadas por astrónomos del OAN en objetos más evolucionados, permiten establecer una clara conexión entre la existencia de sistemas binarios y el surgimiento de simetrías no esféricas en estrellas evolucionadas. Los resultados fueron presentados en el VIII congreso sobre Asymmetrical Post-Main-Sequence Nebulae y en el simposio 366 de la IAU sobre The Origin of Outflows in Evolved Stars.

Estrellas simbióticas: censo de máseres de monóxido de silicio (SiO)

Dos o varios organismos vivientes están en simbiosis cuando, conservando su independencia, se desarrollan en estrecha relación e intercambian elementos de sus vidas. También en astronomía existen fenómenos de este tipo: uno de los casos más notables es el de las llamadas estrellas simbióticas. Un sistema estelar simbiótico está formado por una pareja de estrellas, típicamente una gigante roja y una enana blanca más caliente y compacta, que orbitan una alrededor de la otra. Están tan próximas entre sí, que interactúan y se produce un trasvase de materia desde las capas externas de la gigante roja hacia su compañera. Al mismo tiempo, se potencia la capacidad del sistema para eyectar material al exterior. En estos sistemas ocurren fenómenos espectaculares, como explosiones tipo nova y la formación de complejas nebulosas a su alrededor.

Se conocen unas 200 estrellas simbióticas en todo el cielo. En 2021, un equipo de astrónomos del OAN completó un estudio de todas las que son visibles desde el hemisferio norte con el telescopio de 40m de Yebes. Este instrumento cuenta con una gran sensibilidad y la posibilidad de observar un amplio rango de frecuencias simultáneamente, lo que permite detectar simultáneamente la emisión de varias moléculas.

El objetivo principal de este proyecto era observar la emisión de monóxido de silicio (SiO), para investigar las regiones internas de las estrellas simbióticas y la dinámica de acreción de materia. La molécula de SiO tiene la ventaja de producir efecto máser, una emisión amplificada análoga a los láseres pero a frecuencias de microondas, lo cual facilita enormemente su detección. Se observaron 84 fuentes y se detectaron más de una docena de ellas, varias de ellas por primera vez, como la fuente que se muestra en la figura adjunta. En los paneles inferiores de la figura se representan distintas líneas de emisión de SiO detectadas en esta fuente, así como la absorción de la molécula de monosulfuro de carbono (CS). Estos resultados se publicarán en un artículo en preparación para la revista europea Astronomy & Astrophysics.

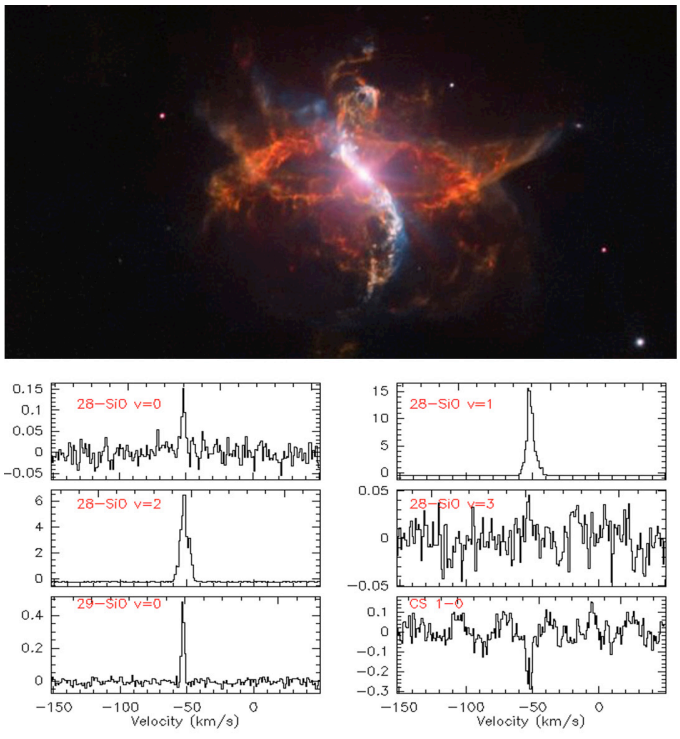
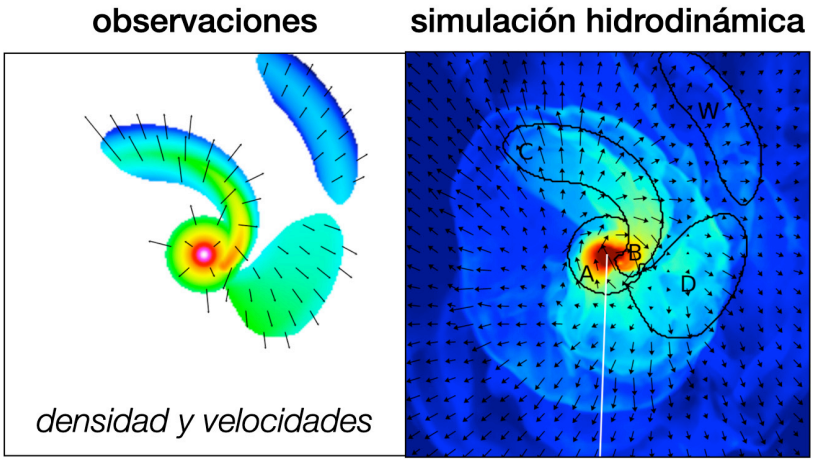


Imagen de la estrella simbiótica prototípica R Aquarii observada por el Very Large Telescope (VLT), en Chile. Los paneles inferiores muestran la detección de distintas líneas de emisión de la molécula de SiO y la absorción de la molécula CS en una estrella simbiótica.

Estrellas simbióticas: la vida de R Aquarii

R Aquarii, el prototipo de las estrellas simbióticas, se encuentra en la constelación de Acuario, a una distancia de unos 800 años luz. Es un sistema binario compuesto por una enana blanca y una estrella gigante roja, alrededor de las cuales se ha desarrollado una espectacular nebulosa. En 2021, un amplio grupo internacional, liderado por astrónomos del OAN, concluyó un estudio extraordinariamente preciso de la estructura interna de la nebulosa. Para ello, utilizaron datos de gran calidad obtenidos con el radiointeferómetro ALMA, así como simulaciones sofisticadas de la interacción gravitatoria entre los objetos y de la evolución química de la nebulosa.



Resultados de las observaciones del gas rico en moléculas en la estrella simbiótica R Aquarii comparados con una simulación hidrodinámica del sistema.

El gráfico adjunto muestra la estructura del gas nebular rico en moléculas, con un detalle y una fiabilidad muy superiores a los alcanzados hasta ahora. A la izquierda, vemos la distribución en el plano de la órbita de la densidad (colores; la mayor densidad se muestra en rojo) y de la velocidad (flechas), deducidas directamente de las observaciones. A la derecha, se muestra una compleja simulación hidrodinámica de la interacción simbiótica. Vemos que el gas molecular es una parte del total: el resto del gas sólo contiene átomos, debido a la radiación energética emitida por la estrella enana. La estructura espiral que se aprecia es consecuencia de la interacción gravitatoria entre el gas circunestelar y las estrellas. Estos resultados fueron publicados en la revista internacional *Astronomy & Astrophysics*.

Proyecto AxiN - El surgimiento de la simetría axial en nebulosas planetarias

Uno de los temas de más actualidad en astrofísica es el estudio de cuándo y por qué surge la ruptura de la simetría esférica en las envolturas de las estrellas evolucionadas, la cual da lugar a nebulosas planetarias con simetría axial. Aunque se está lejos de entender los mecanismos que dan lugar a esta transformación, existe un consenso cada vez más amplio de que la única explicación posible debe de estar relacionada con la existencia de estrellas compañeras alrededor de estrellas evolucionadas, lo cual daría lugar a sistemas binarios o múltiples. El proyecto AxiN, que ha continuado ejecutándose durante 2021, se centra en tres objetivos diferentes: 1) el estudio de la existencia de sistemas binarios en estrellas evolucionadas; 2) el estudio de los discos circumbinarios en sistemas dobles con estrellas en la fase post-AGB; 3) el estudio de la forma, dinámica y química peculiares en nebulosas preplanetarias y planetarias.

Proyecto INSPIRING

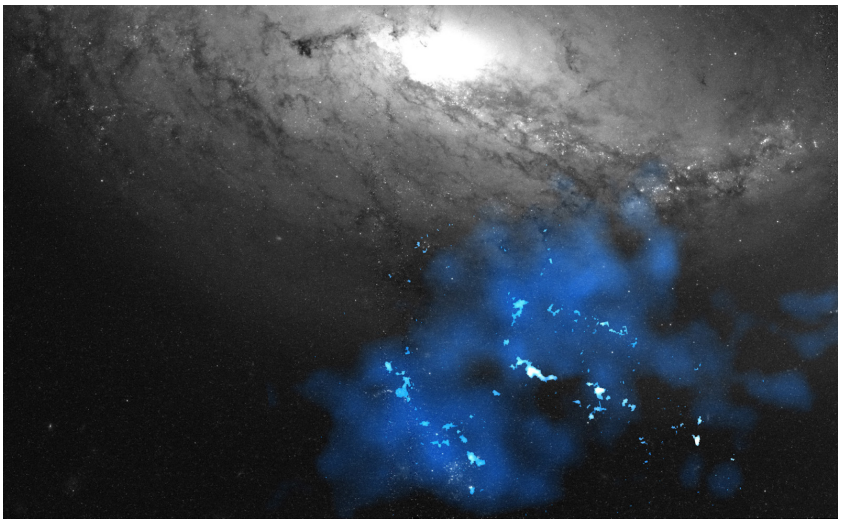
Se trata de un proyecto de tipo *Large Programme* del VLTI (Paranal, Chile) cuyo fin es obtener imágenes de discos circumbinarios alrededor de estrellas evolucionadas e investigar la evolución estelar binaria a través del estudio de post-AGB binarios. Las observaciones interferométricas en el infrarrojo cercano permiten resolver las primeras piezas de la formación de estos sistemas (el borde interno del disco circumbinario o los signos de acreción), mostrando una complejidad morfológica que los modelos geométricos no son capaces de reproducir. Utilizando imágenes del continuo de VLTI de 11 objetos: 1) se revelará la morfología 3D del borde interno del disco y se restringirán las interacciones disco / objetos binarios; 2) se determinarán las distancias absolutas, luminosidades y masas de los sistemas; 3) se encontrarán evidencias de acreción del disco circumbinario; 4) se confirmará la presencia de un disco de acreción secundario en toda la muestra; 5) se estudiará el origen de la componente de flujo extendido; 6) se estudiará una secuencia evolutiva del disco. La combinación de nuevos avances en técnicas de síntesis de apertura con modelos punteros de transferencia radiativa tridimensionales ofrecerá así una visión cada vez más clara de la estructura y la evolución de estos discos protoplanetarios de segunda generación.

Astronomía extragaláctica

Los trabajos de astronomía extragaláctica desarrollados en el OAN se centran en el estudio del gas interestelar en galaxias cercanas, en los efectos de los núcleos activos de galaxias y de las estrellas sobre el medio interestelar y, por último, en la evolución de la formación estelar durante la historia del universo. 2021 fue un año de gran trascendencia para varias de los proyectos internacionales en los que participan los astrónomos del OAN.

El nacimiento de una galaxia

Las colisiones entre galaxias son procesos espectaculares, verdaderos fuegos artificiales cósmicos en los que las estrellas se reorganizan produciendo formas únicas y el gas crea extensas colas. En este contexto, el interferómetro ALMA, situado en el desierto chileno de Atacama, ha atestiguado la formación de una nueva galaxia a partir del material reciclado en una colisión de este tipo. Esta joven galaxia, conocida técnicamente como enana de marea, ya ha dado lugar a una nueva generación de estrellas.



La galaxia enana de marea J1023+1952 (en azul) frente a la galaxia espiral de la que ha surgido (en grises). Las regiones blancas opacas en la galaxia azul son las nubes moleculares detectadas por ALMA.

En el año 2021, un grupo internacional dirigido por astrónomos del OAN observó con gran detalle esta nueva galaxia, surgida mediante la condensación de gas tras la colisión entre dos galaxias preexistentes. Las observaciones de ALMA permitieron identificar por primera vez nubes moleculares en este tipo de objetos astronómicos; el gas denso de estas nubes es el responsable directo de la formación de nuevas estrellas. Como consecuencia de la enorme distancia que nos separa de esta galaxia, las nubes moleculares aparecen como diminutas regiones en el cielo, comparables al tamaño de una moneda situada a varios kilómetros de nosotros, lo que hace tremendamente difícil identificarlas.

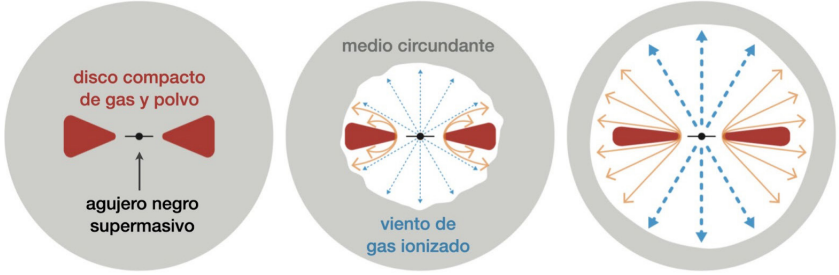
Las observaciones de ALMA demostraron que este sistema cuenta con nubes moleculares de masas y tamaños comparables a los de nuestra propia galaxia. Es más, una vez que se desencadena el colapso gravitatorio de estas nubes, la formación de estrellas parece proceder de forma similar a como ocurre en galaxias normales. Sin embargo, una de las mayores sorpresas de este estudio fue que la mayor parte del gas molecular no está concentrado en nubes compactas, sino que el 90% se encuentra en una fase difusa e inerte. Ese porcentaje de gas molecular difuso supera ampliamente la contribución observada en galaxias normales. Los resultados se publicaron en la revista europea *Astronomy & Astrophysics*.

Galaxias activas: un diseño inteligente para alimentar al monstruo central

La mayor parte de las galaxias del universo alberga en su zona central un agujero negro supermasivo. En una fracción de esas galaxias, los agujeros negros son alimentados por la caída de gas que se encuentra en su entorno cercano. Durante su caída hacia el agujero negro, el gas forma discos de gas ionizado, denominados discos de acreción, así como chorros de materia que son capaces de emitir grandes cantidades de energía. Mientras duran estos procesos, se dice que las galaxias están en una fase «activa».

Se han intentado explicar las propiedades de las galaxias activas en el marco de las llamadas «teorías de unificación», las cuales postulan la existencia de discos de gas molecular y polvo interestelar. Estos discos oscurecerían, en mayor o menor grado, la visión de la región central del disco de acreción del agujero negro que está siendo alimentado. La existencia de estos discos de gas molecular y polvo no se había podido comprobar con observaciones directas hasta el año 2021, cuando un equipo de 30 investigadores liderado por astrónomos del OAN concluyó un estudio con el interferómetro ALMA una muestra de 13 galaxias activas en el marco del proyecto GATOS (*Galaxy Activity Torus and Outflow Survey*).

Este equipo encontró que los discos compactos tienen diámetros de unos 120 años luz, casi un orden de magnitud más grandes de lo esperado. Además, la orientación de los discos respecto a las galaxias que los albergan, así como sus propiedades dinámicas, los convierten en entidades independientes, aunque conectadas con su entorno. Los discos moleculares son el lugar de lanzamiento de flujos de gas ionizado y radiación ultravioleta que interaccionan con el material del disco y su entorno, expulsando material hacia el exterior. Las observaciones confirmaron que la eficacia de este proceso aumenta con la luminosidad del núcleo activo de la galaxia.



Expulsión de gas molecular alrededor de los agujeros negros en galaxias activas. La interacción es más eficaz cuanto mayor es la luminosidad del objeto central, la cual aumenta de izquierda a derecha en el diagrama.

En definitiva, este estudia permitieron demostrar por primera vez que la distribución del gas en las regiones circunnucleares de las galaxias se atiene fielmente un diseño muy sofisticado que logra la autorregulación de la actividad nuclear. Todos estos resultados fueron publicados en dos artículos de la prestigiosa revista *Astronomy & Astrophysics*.

Proyecto GATOS – Galactic Activity, Torus and Outflow Survey

Este proyecto aúna los esfuerzos de un equipo multidisciplinar de astrónomos que investiga los procesos físicos que tienen lugar en los núcleos de las galaxias activas. Para ello, utilizan información procedente de observaciones en longitudes de onda milimétricas realizadas con el interferómetro ALMA, observaciones ópticas con GTC y VLT, así como instrumentación infrarroja a bordo del telescopio espacial JSWT. En el apartado anterior se describen algunos de los resultados principales obtenidos por GATOS en 2021.

Proyecto NUGA – NUclei of Galaxies

El proyecto NUGA cuenta con más de veinte años de vida y es una de las colaboraciones internacionales más longevas dentro del OAN. El objetivo de NUGA es estudiar los mecanismos de transferencia de momento angular del gas en los discos de una muestra de galaxias activas del universo local. Este proyecto usa observaciones de alta resolución espacial realizadas regularmente con interferómetros como NOEMA y ALMA, que operan en el rango de longitudes de onda milimétricas.

Proyecto PHANGS – Física del Gas y de la Formación Estelar en Galaxias Cercana

PHANGS es una gran colaboración internacional cuyo propósito es comprender la relación entre la física del gas y la formación estelar en pequeñas escalas con la estructura y la evolución de las galaxias. Combinando algunos de los instrumentos más punteros que operan en el rango de ondas milimétricas (ALMA, NOEMA) y en el visible (VLT/MUSE, HST) con observaciones en otras longitudes de onda, PHANGS pretende acumular una extensa base de datos con la que afrontar algunas cuestiones fundamentales sobre la población de galaxias cercanas. 2021 fue un año de gran importancia para PHANGS, pues la colaboración hizo públicos los datos obtenidos mediante sus tres grandes programas de observación con ALMA, VLT/MUSE y HST.

Proyecto PHIBSS2 – IRAM Plateau de Bure High-z Blue Sequence Survey

Este es un proyecto de legado realizado con el interferómetro NOEMA que investiga la evolución de las galaxias en el universo joven. Estas observaciones exploran el contenido y la cinemática del gas molecular en una muestra de galaxias situadas en la denominada secuencia principal durante la época de la historia del universo en la que la formación estelar global fue más intensa. Durante 2021 ha continuado la explotación de los datos obtenidos con NOEMA.

Proyecto VERTICO – The Virgo Environment Traced in CO Survey

Se trata de un proyecto tipo *Large Programme* de ALMA que revela los efectos del entorno galáctico en la evolución de las galaxias. Estas observaciones, realizadas en 51 galaxias del cúmulo de Virgo proporcionan un detalle sin precedentes del gas molecular, el combustible principal para la formación de estrellas. VERTICO tiene como objetivo avanzar en cuestiones clave sobre cómo el entorno impulsa la evolución de las galaxias y comprender el modo dominante

de influencia en las galaxias. Concluidas ya las observaciones, en 2021 se publicó el artículo científico que describe los resultados iniciales del programa.

Proyecto TIMER – Time Inference with Muse in Extragalactic Rings

TIMER es un programa de investigación dirigido por un equipo internacional de expertos con el objetivo de establecer el momento preciso del tiempo cósmico en que los discos galácticos se vuelven dinámicamente maduros. Los discos alcanzan este estado cuando tienen un soporte dinámico por la rotación diferencial y cuando la fuerza de gravedad es importante. El estudio se basa en observaciones de VLT/MUSE de 21 galaxias barradas masivas y cercanas.

Proyecto CHEX-MATE – The Cluster HEritage project with XMM-Newton – Mass Assembly and Thermodynamics at the Endpoint of structure formation

CHEX-MATE es un programa de legado del telescopio espacial XMM-Newton de tres megasegundos para obtener observaciones en rayos X de una muestra de 118 cúmulos de galaxias detectados por Planck a través del efecto Sunyaev-Zel'dovich. El programa tiene como objetivo estudiar los productos finales de la formación de estructuras en términos de tiempo y masa. La muestra comprende un conjunto de los objetos que se han formado más recientemente y un conjunto de los objetos de mayor masa del Universo. El programa está proporcionando: 1) una visión precisa de las propiedades estadísticas de la población subyacente; 2) medidas de cómo se forma el gas por colapso en el halo de materia oscura; 3) un estudio de la procedencia del calentamiento no gravitacional; 4) información sobre las principales incertidumbres en la determinación de la masa que limitan el uso de los cúmulos para la estimación de parámetros cosmológicos. En 2021 se publicó el artículo científico que describe las motivaciones, las observaciones y los principales objetivos del proyecto.

Proyecto NOEMA3D

Este proyecto pretende obtener un censo completo de la distribución y de la cinemática del gas molecular en galaxias masivas de la secuencia principal durante el pico de la actividad de formación estelar en el universo (desplazamientos al rojo de entre 0.5 y 2) y en la fase de declive posterior. NOEMA3D emplea el interferómetro NOEMA para resolver espacialmente la distribución y la cinemática del medio interestelar molecular en una muestra bien caracterizada de unas 60 galaxias masivas. NOEMA3D abordará una amplia gama de temas fundamentales para la evolución cósmica de las galaxias con formación estelar, tales como el ciclo bariónico, la formación de estrellas, la retroalimentación o la extinción. El programa de observaciones de NOEMA3D comenzó en 2019 y se espera que concluya en 2024.

Proyecto ALCHEMI – The ALMA Comprehensive High-resolution Extragalactic Molecular Inventory

Mediante este *Large Programme* de ALMA se está obteniendo el inventario molecular, resuelto espacialmente más completo de un entorno de intensos estallidos estelares. Para ese propósito, ALCHEMI está llevando a cabo observaciones espectrales no sesgadas y resueltas espacialmente, en la zona central molecular de la galaxia prototípica NGC253. El objetivo inmediato de ALCHEMI es proporcionar una plantilla uniforme de la emisión molecular en entornos extragalácticos de este tipo, minimizando los errores sistemáticos y determinando con precisión las condiciones físicas y químicas de los complejos de nubes moleculares individuales. En 2021 se publicaron los primeros resultados basados en la rica base de datos obtenida con ALMA gracias a este proyecto.

Proyectos más destacados del Observatorio Geofísico Central

Proyectos Internacionales:

Durante 2021 continúa la participación en el proyecto europeo ChEESE (Centre of Excellence for Exascale in Solid Earth). Este proyecto tiene por objeto establecer un Centro de Excelencia para preparar códigos bandera y facilitar servicios para la próxima supercomputación a exascala (2022) en el área de la Tierra Sólida (SE). Por ello, ChEESE reune a las instituciones europeas encargadas de las redes de vigilancia operativa, los centros de supercomputación de nivel 0, el mundo académico, los desarrolladores de hardware y terceros de las PYME, la industria y la administración pública. Dentro del esquema del proyecto, el IGN participaba como miembro del UIB (Industry & Users Board) o «usuario final». El resultado final principal del proyecto son los 10 códigos desarrollados, implementados y probados: 4 de sismoloía computacional, 2 de magnetohidrodinámica, 2 de volcanología física y 2 de modelización de tsunamis.

Además, durante el año 2021 han concluido dos proyectos internacionales de la Unión Europea con participación de personal del Observatorio Geofísico Central:

El 31 de enero de 2021 finalizó EUROVOLC (European Network of Observatories and Research Infrastructures for Volcanology) cuyo principal objetivo era construir e integrar una comunidad europea de instituciones que fuese capaz de mantener y explotar las estructuras de investigación y de vigilancia volcánicas existentes, desde nivel nacional a nivel pan-europeo. Las actividades de investigación incluyeron la modelización de transporte y dispersión de cenizas volcánicas durante las erupciones, el modelado integrado de los datos previos a la erupción y un catálogo completo de volcanes europeos. Este proyecto ha permitido integrar a la comunidad volcánica europea y proporcionar un acceso más amplio, simplificado y más eficiente a las infraestructuras de investigación europeas de cara a realizar una investigación volcánica mejorada, impulsando las buenas prácticas en los observatorios volcánicos.

Asimismo, durante el mes de diciembre de 2021 se celebró la reunión final del proyecto EVE (European Volcano Early Warning System). El proyecto EVE tenía por objetivo la interacción y la cooperación entre los científicos y los organismos de Protección Civil para anticiparse a los desastres volcánicos. Se proponía trabajar en construir un sistema europeo de alerta temprana para volcanes a partir del conocimiento del comportamiento eruptivo de los volcanes en el pasado y el análisis de la vigilancia en tiempo real. El proyecto ha facilitado la cooperación científica y técnica a escala regional e internacional mediante la definición de acciones y protocolos comunes para pronosticar los escenarios volcánicos y sus posibles impactos, en tiempo real durante una crisis volcánica.

Proyectos Plan Nacional

ANTROPICOSTA2 (Anthropocene sedimentary record of the coastal and marine areas of Northern Atlantic Iberia).
Ministerio de Ciencia.
Plan Nacional Retos. 01/01/2018 a 31/12/2021

Este proyecto está coordinado por la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) y en el que participa también personal del IGN perteneciente al Laboratorio de Magnetismo de Materiales y Magnetismo Ambiental (L-MAGMA, Servicio de Geomagnetismo, Observatorio Geofísico Central), además de investigadores de otras instituciones (Universidad de Cantabria, Universidad de Vigo, Instituto Español de Oceanografía, Universidad de Oviedo, Universidad Politécnica de Valencia, Universidad de Lisboa, Universidad de Coimbra, Universidad Nacional Autónoma de México). El objetivo del proyecto es el estudio multidisciplinar de sedimentos recientes, tanto costeros intermareales como marinos, en las rías de Bilbao, Avilés, Vigo y Mondego (Portugal)

que se cuentan entre las más afectadas por la actividad industrial y agrícola-ganadera del norte peninsular, y cuyos sedimentos constituyen un registro único de la evolución de dicha actividad y su contaminación y degradación ambientales asociadas durante los últimos siglos. En el proyecto se pretende examinar la evolución ambiental utilizando un conjunto muy amplio de análisis: sedimentología, geoquímica inorgánica y orgánica, metales pesados, magnetismo de rocas, presencia de plásticos y otros tecnofósiles, micropaleontología, palinología, radioisótopos tanto naturales como artificiales producidos durante los ensayos nucleares atmosféricos desde mediados del s. XX (238, 239, 240Pu, 206, 207, 208Pb, 210Pb, 137Cs), análisis de fotografía aérea histórica y actual.

ORCA2 Antarctic Cosmic Ray Observatory -2.
Ministerio de Ciencia e Innovación. 01/06/2020 a 31/05/2023

Tras la finalización en 2020 del proyecto ORCA (Antartic Cosmic Ray Observatory), liderado por la Universidad de Alcalá de Henares y con colaboración, entre otros, de investigadores del Instituto Geográfico Nacional. Se inició el proyecto ORCA2, también dentro del ámbito del estudio del efecto del campo magnético terrestre sobre la propagación de los rayos cósmicos y el analisis la actividad solar, pero planteando nuevas y ambiciosas acciones. La primera es integrar ORCA y CaLMa en la red mundial de monitores de neutrones NMDB y reforzar la capacidad de la NMDB en la observación de rayos cósmicos y partículas energéticas solares con la instalación de un nuevo detector de rayos cósmicos en Tenerife a una altura superior a los 2000 m. La segunda es continuar las observaciones latitudinales de la radiación cósmica iniciadas en 2018 a bordo del buque oceanográfico Sarmiento de Gamboa. Por último, la tercera acción consiste en la explotación de los datos ya existentes de ORCA y CaLMa y su correlación con las variaciones del campo magnético terrestre, así como su relación con parámetros del viento solar como velocidad, campo magnético y temperatura.

PROMEDED. Evolución de la productividad biológica marina en el Mediterráneo:nuevas perspectivas sobre el impacto del cambio climático, la desoxigenación y el aporte eólico.
Ministerio de Ciencia e Innovación. 01/06/2020-29/05/2023.

La investigación se centra en las variaciones de la productividad y la oxigenación a lo largo del tiempo sobre la base de nuevos enfoques y los conocimientos adquiridos sobre los indicadores sustitutivos de la productividad del bario. En este contexto, se evaluarán las variaciones de la productividad biológica marina y los vínculos entre los rápidos cambios climáticos y las oscilaciones de los aportes de nutrientes (incluidos los eólicos). El uso de variables sustitutivas convencionales y novedosas, como los isótopos metálicos y el magnetismo ambiental, así como las variaciones en las condiciones de oxígeno. Los objetivos incluyen la reconstrucción de las oscilaciones de productividad durante períodos seleccionados de cambio climático rápido, y proporcionar nuevos conocimientos sobre los procesos biogeoquímicos vinculados a los cambios de productividad y oxigenación, avanzando así en la comprensión de las posibles respuestas en los futuros escenarios climáticos.

GEOSTRAV. Modelos geofísicos de estructuras corticales singulares en La Palma y zona central de Tenerife (Teide-Pico Viejo) y estudio geodésico de deformaciones volcánicas en La Palma.
Ministerio de Ciencia e Innovación. 01/06/2020-29/05/2023.

Este proyecto está liderado por investigadores del CSIC y la UCM y con participación del IGN, en él se estudiarán dos de los complejos volcánicos más interesantes de Canarias: Teide-Pico Viejo en Tenerife y el volcán Cumbre Vieja en La Palma. Los objetivos principales son obtener modelos geofísicos de estructuras corticales y estudiar procesos geodinámicos ligados a su actividad volcánica, todo ello a partir de la aplicación de diferentes técnicas geodésicas y geofísicas.

IBERGIC-CAST. Modelling and forecasting of Geomagnetically Induced Currents in Spain.
Ministerio de Ciencia e Innovación.
Plan Nacional Retos de la Sociedad. 01/09/2021 a 31/08/2024

Los procesos internos en el Sol pueden conducir a fenómenos violentos como las fulguraciones solares y las eyecciones de masa coronal, arrojando enormes cantidades de energía al espacio interplanetario en forma de radiación electromagnética y de partículas que viajan en el seno del viento solar. La probabilidad de que dichas ráfagas impacten contra la Tierra no es despreciable, en cuyo caso pueden desencadenar diversos fenómenos conocidos como eventos de Meteorología Espacial. Así, los sistemas de corriente de nuestra magnetosfera e ionosfera experimentan en general variaciones dramáticas, dando lugar a campos magnéticos que finalmente inciden sobre la superficie, donde se extienden numerosos sistemas tecnológicos. La conductividad del subsuelo determina los campos geoeléctricos inducidos que se mapean a lo largo de conductores terrestres como las redes de transporte eléctrico, los ferrocarriles o los oleoductos y gasoductos. Las corrientes inducidas geomagnéticamente (GIC) así generadas son potencialmente peligrosas, pudiendo causar múltiples impactos socioeconómicos adversos.

Este proyecto, liderado por la Universidad de Barcelona y con colaboración de personal del Instituto Geográfico Nacional, tiene como objetivo elaborar instrumentos que permitan avanzar hacia la preparación contra esos fenómenos. Esto se llevará a cabo en varios frentes, como la predicción de las variaciones magnéticas en superficie (magnitud clave que da lugar a las GIC) basada en medidas satelitales del viento solar y la evaluación de la vulnerabilidad de la red eléctrica española frente a las GIC, proporcionando así productos útiles que permitan a los operadores de la red eléctrica mitigar sus efectos.

INTEGRAL. Internal structure and geodynamics of the Tenerife and Gran Canaria Channel.
Ministerio de Ciencia e Innovación.
Plan Nacional Retos de la Sociedad. 01/09/2021 a 31/08/2024

Uno de los principales intereses de la sociedad respecto al riesgo sísmico es saber dónde se van a producir los terremotos y qué tamaño máximo es esperable en cada zona. Esta información permite generar mapas de peligrosidad sísmica que proporcionan a las autoridades las herramientas para actuar con tiempo y minimizar los daños. El canal entre las islas de Tenerife y Gran Canaria es la zona de Canarias con mayor actividad sísmica recurrente. En esta región se producen unos 700 terremotos al año, y se localizó el terremoto de magnitud 5.2 del 9 de mayo de 1989, el mayor en la era instrumental del archipiélago. Se desconoce el origen concreto de la sismicidad en esta zona, así como su potencial peligro, debido principalmente a una limitación geográfica, causada por la distribución no homogénea de la red sísmica siempre sujeta a la disposición de las islas, disminuyendo la capacidad de localización y aumentando las incertidumbres en los parámetros focales del catálogo sísmico.

INTEGRAL es un subproyecto liderado por investigadores del IGN y que forma parte del proyecto coordinado GUANCHE (Procesos geodinámicos y riesgos naturales en el archipiélago Canario). El objetivo principal de INTEGRAL es el estudio de la geodinámica entre Tenerife y Gran Canaria mediante análisis de datos sísmicos, incluyendo la localización precisa y el estudio del mecanismo focal de los terremotos, así como estudios tomográficos de la zona y cálculo de movimientos relativos de las dos islas mediante análisis de datos geodésicos GNSS. Durante el proyecto se instalará una red temporal de sismómetros que permitirá mejorar el conocimiento de la sismicidad y sismotectónica de esta región y obtener una estimación de la peligrosidad sísmica potencial que pueda generar. Finalmente, los resultados obtenidos permitirán mejorar las capacidades del sistema de vigilancia sísmica en Canarias, responsabilidad que ostenta el IGN.

Otros proyectos (No Plan Nacional)

— Proyecto «Network of Resources» de la ESA para uso de la plataforma Geohazard Exploitation Platform (GEP) de procesado: https://geohazards-tep.eu/#!.
— Título del proyecto: GEP services to improve the Volcanic Monitoring System at Instituto Geográfico Nacional (Spain) (ID: 64001).
— Colaboración en el proyecto AGEO y el arranque del Observatorio Ciudadano de Deslizamientos en Canarias, proyecto liderado por el IGME y financiado por el programa Interreg Espacio Atlántico.

Anuncio de Oportunidades PAZ Ciencia. Proyecto «Monitorización de movimientos del terreno y la línea de costa mediante imágenes SAR-PAZ en la Isla Decepción - Archipiélago Shetland del Sur, Antártida». IGN incorporado al proyecto en marzo de 2021 hasta la campaña Antártica 2023-2024. En colaboración con personal de LABINGE-INTA, Escuela Politécnica del Ejército de Tierra (ESPOL) y ETSI Minas y Energía (UPM).

Proyectos más destacados del Observatorio Geofísico Central

Seguimiento de una erupción volcánica en Cumbre Vieja, La Palma.

La actividad más relevante realizada por la Unidad de Volcanología en 2021 ha sido sin duda el seguimiento de la erupción volcánica ocurrida en Cumbre Vieja, en la isla de La Palma. Esta erupción viene precedida de 4 años de registro de actividad precursora, desde octubre de 2017 hasta septiembre de 2021, identificando 7 periodos de actividad anómala. Esta actividad era exclusivamente sísmica, en forma de enjambre localizada a profundidades mayores de 20km.

Imagen de la parte superior del cono volcánico, emitiendo material incandescente

El 11 de septiembre, el IGN detecta un nuevo enjambre sísmico en la isla, pero en esta ocasión a una profundidad inferior a 15km, más superficial que los detectados anteriormente. Además, la actividad estaba acompañada, por primera vez, de una señal de deformación superficial del terreno en la zona epicentral. Desde ese momento, se intensificó el trabajo continuo de monitorización de la actividad volcánica en la zona, desplazando a más personal de la unidad de vulcanología hasta la isla para realizar muestreos in situ, y realizando una continua comunicación de la actividad al Comité Científico del Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por riesgo volcánico en la Comunidad Autónoma de Canarias (PEVOLCA), que fue convocado diariamente a partir del 13 de septiembre. Durante estos primeros días se llegaron a registrar por el IGN más de 6.500 sismos en la zona, cada vez más superficiales, y se midieron deformaciones verticales superiores a los 15 cm tanto con la red GNSS como con datos de InSAR.

El día 19 de septiembre se detectan centenares de terremotos, destacando uno de magnitud 3,8 mbLg que tuvo lugar a las 11:16, a una profundidad de unos 2 km y que fue ampliamente sentido en la isla. La deformación vertical de la superficie terrestre registrada en las estaciones GNSS alcanza un máximo de 15 cm, de los cuales 5 cm son de las últimas 24 horas. Esta actividad

desembocó finalmente en una erupción volcánica que comenzó a las 14:11 horas (UTC) del día 19 de septiembre en la zona de Cumbre Vieja, en el municipio de El Paso, en el barrio de Paraiso. La erupción presenta una tipología fisural con mecanismo estromboliano y con fases intermitentes de gran explosividad.

Personal del IGN comprobando el alcance de la colada de lava y preparándose para la toma de muestras in situ.

A raíz de la erupción el IGN puso en marcha un operativo especial para su monitorización, declaración de alertas y atención a los medios de comunicación. Desde este momento se incrementó la presencia en la isla, involucrando a más de 50 personas del IGN, poniendo operativo un centro de trabajo que coordina y centraliza al personal desplazado, en un local cedido por la Iglesia de Tajuya. Este Centro de Atención y Vigilancia de la Erupción (CAVE) fue el centro neurálgico donde el personal del IGN realizó las labores técnicas y científicas de seguimiento del proceso volcánico, atención a la población, autoridades y medios de comunicación.

De este modo, se han podido calcular más de 9.000 terremotos en la zona de afección del volcán, principalmente a profundidad intermedia, sobre los 12 km, y en zonas más profundas en torno a los 35 km, siendo en esta última área donde se localizan los de mayor magnitud (la mayor ha sido 5,1 mbLg) e intensidad (IV-V en la escala EMS). Se ha monitorizado especialmente la amplitud del tremor volcánico, por ser un parámetro importante para conocer la dinámica de la erupción. Igualmente se han seguido observando deformaciones del terreno en torno al cono eruptivo, que en estaciones como LP03 han llegado a alcanzar valores de hasta 33 cm, y que han sido coherentes con las deformaciones observadas mediante técnicas InSAR.

Tras 85 días y 8 horas de erupción, el 13 de diciembre, tras una fase de elevada explosividad cesa la emisión de material volcánico concluyendo la fase eruptiva del proceso. Esta erupción es la más larga de las erupciones históricas de La Palma y la de mayor afección ocurrida en Europa en el último siglo. La erupción, que se puede calificar de urbana, deja más de 7000 personas evacuadas, 2100 viviendas afectadas por las coladas lávicas, 65 kilómetros de carreteras afectadas y más de 300 hectáreas de cultivos afectadas. A pesar de haber finalizado la erupción, el IGN sigue trabajando en la vigilancia del proceso post eruptivo, principalmente emisiones de CO2 en La Palma.

Proyectos más destacados de la Red Sísmica Nacional

STRENGTH. Estructura y crecimiento de fallas activas en el mar de Alborán mediante tecnologías de muy alta resolución y caracterización del riesgo sísmica asociado. Ministerio de Ciencia e innovación. 01/06/2020-01/06/2023.

El principal objetivo del proyecto STRENGTH es investigar con la máxima resolución posible zonas específicas de fallas activas en el mar de Alborán, correspondientes a aguas españolas y marroquíes. El objetivo es obtener un foto-mosáico 3D de una ruptura asociada a la ocurrencia del terremoto ocurrido en enero de 2016 (Mw 6,4) en el margen de Marruecos, a partir de una micro-batimetría y de imágenes de vídeo de alta resolución adquiridos con AUV y ROV, respectivamente.

QUAKESPTEP. Monitoreo multiparamétrico, análisis cinemático y caracterización sismogénica en zonas de relevo de sistemas de fallas transcurrentes. Ministerio de Ciencia e Innovación. 01/01/2018 - 21/09/2021.

Este proyecto estudia dos sistemas de fallas transcurrentes; uno en las Béticas y otro en El Salavador. En la zona de cizalla de las Béticas orientales sus principales objetivos son desentrañar la estructura 3D de la corteza y manto superior y su cinemática de detalle; la caracterización sismogénica de las fallas del valle del Guadalentín mediante el estudio de la actividad paleosísmica y el análisis reológico y la monitorización sísmica y relocalización utilizando un modelo 3D de la corteza.

ATLANTIS. Estudio tomográfico tridimensional de la litosfera Atlántico-Norteafricana.
Ministerio de Ciencia e Innovación. -01/06/2020 - 01/06/2023

Los objetivos principales de este proyecto son:

1. Elaborar un modelo tridimensional de la litosfera del margen norteafricano y definir la localización y geometría de las principales fallas y su relación con la geología superficicial.

2. Comprobar la viabilidad de los modelos geodinámicos existentes para la formación de las cordilleras y cuencas del Mediterráneo occidental.

3. Proponer un nuevo modelo conceptual de los procesos de formación de la zona del Mediterráneo occidental.

PRUDEN. Proceso de ruptura de terremotos desde escala microscópica a macroscópica:
Aplicación a la región Ibero-Mogrebí. Ministerio de Ciencia e Innovación. 01/01/2018 – 30/09/2021.

Este proyecto tiene como objetivo proponer un modelo de fractura de los terremotos que tenga en cuenta la naturaleza microscópica del material, sus posibles transiciones de fases, de espín y que permita explicar el mecanismo de los terremotos que ocurren en la región Ibero-Mogrebí, mejorando así la estimación del riesgo sísmico y el desarrollo de los sistemas de alerta sísmica temprana para esta región.

Proyectos más destacados de Geodesia

Desarrollos del centro de Análisis GNSS

La Red de Infraestructuras Geodésicas participa como centro de análisis de datos GNSS en diferentes proyectos, nacionales e internacionales, siendo el centro de referencia en España del procesamiento preciso de datos GNSS para aplicaciones geodésicas y geodinámicas. Así mismo realiza actividades de investigación para la generación de nuevos productos basados en datos GNSS.

Dentro de las actividades de análisis GNSS que la unidad de Geodesia está realizando, se pueden destacar los siguientes proyectos:

— Centro de análisis de EUREF: el IGN es Centro de Análisis Local (LAC) de la subcomisión EUREF desde 2001, procesando actualmente una subred europea de casi 100 estaciones que abarcan tanto la Península Ibérica como otros países adyacentes. Este procesamiento se realiza utilizando tres constelaciones de satélites: GPS, GLONASS y GALILEO y se realizan procesamientos diarios y semanales, que se envían al Centro de Análisis de Combinaciones para producir soluciones europeas combinadas, no sólo para la obtención de coordenadas y velocidades, sino también otros parámetros, como retrasos troposféricos.

— E-GVAP, acrónimo de EUMETNET EIG GNSS *Water Vapour Programme* es un proyecto en que el IGN participa desde el año 2008 como institución experta en procesamiento GNSS, a petición de la Agencia Española de Meteorología (AEMET)- En este proyecto se procesa una red de unas 320 estaciones GNSS en España, Portugal y Francia en tiempo casi real para la obtención del retraso que sufre la señal GNSS a su paso por la troposfera (*Zenith Troposphere Delay*, ZTD) en las estaciones permanentes GNSS. Este parámetro está relacionado con el contenido de agua en la troposfera y es utilizado en aplicaciones meteorológicas.
En este proyecto se proporcionan resultados de ZTD en tiempo casi real a las agencias meteorológicas de EUMETNET cada hora a través del centro de distribución de datos de la agencia meteorológica británica, MetOffice. Actualmente se realizan dos procesamientos paralelos: uno con disponibilidad antes del minuto 15 en una subred reducida de unas 140 estaciones y otro con disponibilidad antes del minuto 30 de cada hora para la totalidad de las estaciones.

— IBERRED: Proyecto de procesamiento de forma continua de todas las estaciones GNSS del área de España y Portugal para la obtención de coordenadas precisas, monitorización de estaciones y elaboración de series temporales de coordenadas para geodinámica.
Los resultados de este proyecto sirven además para otros dos proyectos de procesamiento, uno de ámbito europeo y otro nacional. En el ámbito europeo, los resultados son enviados al proyecto EUREF Dense Velocity Field, en el que se determinan velocidades de una red de estaciones GNSS más densa que la de EUREF.

— Cálculo de la CESG: en el ámbito nacional, los resultados de IBERRED constituyen la base para el proyecto nacional de Cálculo de coordenadas oficiales ETRF00 de las redes GNSS públicas, en el marco del Grupo de Trabajo de la Comisión Especializada del Sistema Geodésico y gracias al cual todas las redes públicas GNSS tienen un marco de referencia de coordenadas común y homogéneo.

— Desarrollo de herramientas para la monitorización de desastres naturales: proyecto encaminado, por un lado, al desarrollo de un sistema de monitorización de la ionosfera que permita detectar perturbaciones producidas por tsunamis, que puedan servir como complemento al actual sistema de alerta de tsunamis de España; y por otro, a la detección de desplazamientos en las estaciones GNSS producidos por terremotos.

— Cálculo del nivel del mar mediante reflectometría GNSS (GNSS-R): esta novedosa técnica consiste en el análisis de la relación señal a ruido de las observaciones GNSS para la determinación de la variación de la altura de las superficies reflectantes próximas a la estación permanente. Esta técnica se puede aplicar a la determinación del nivel del mar en aquellas estaciones que están ubicadas en la línea de costa. En aquellas estaciones permanentes que están ubicadas sobre un mareógrafo RADAR es posible compara los valores obtenidos mediante ambas técnicas (RADAR y GNSS-R). En el centro de análisis GNSS, se ha desarrollado un proceso de cálculo automático diario y actualmente se está trabajando en el reprocesado de datos históricos.

Principales indicadores en 2021	
Publicaciones internacionales:	OAN (80 + 1 tesis) OGC (2) RSN (1) GEODESIA (3+1tesis doctoral) YEBES (33)
Publicaciones nacionales:	5 OAN (0) OGC (1) RSN (3) GEODESIA (1)
Publicaciones en congresos:	OAN (2) OGC (8) RSN (7) GEODESIA (3) YEBES (8)
Conferencias de divulgación:	41 OAN (16) OGC (12) RSN (4) GEODESIA (4) YEBES (5)

Principales indicadores en 2021	
Consultas:	599 OAN (44) OGC (150) RSN (200) GEODESIA (200) YEBES (5)
Visitas Presenciales:	64 RSN (60 personas) GEODESIA (2) YEBES (2 individuales, diferentes de las visitas regladas)
Porcentaje de operatividad de las redes geodésicas:	99%
Porcentaje de operatividad de los radiotelescopios/Red Sísmica/Instrumentación y vigilancia volcánica: • Radiotelescopios: – 40 m: 54 % (avería Filomena) – 13 m: 20 % (* Sólo se encuentra operative en modo VGOS) • Operatividad Red Sísmica 100 % • Porcentaje de operatividad de Vigilancia Volcánica: 100 %	
Visitas a los Observatorios: • Visitas a los Observatorios Geofísicos de Toledo y San Pablo de los Montes: Canceladas por Pandemia. • Visitas Presenciales al OGC en el Retiro y Tenerife: 10 personas. • Visitas a Yebes: 1545 personas. • Visitas a Real Observatorio de Madrid: 5.553 personas.	
Intervenciones en medios de comunicación:	~1033 OAN (~80) OGC(800) RSN(150) GEODESIA (2) YEBES (1)
OAN: web y redes sociales • Portal de astronomía: – visitas a páginas: 789.217 – Visitas únicas: 343.983 • Seguidores @RObsMadrid (twitter): ~22.500 • Seguidores @robsmadrid (facebook): ~14.939	
RSN: Más de 14 millones de visitas a la web de sismología Más de 50.000 descargas de la app «Sismología PRO» Más de 60.000 seguidores de @IGN_Sismologia al terminar 2021	
OGC: Más de 1.500.000 visitas a la web de volcanología Más de 50.000 visitas a la web de Geomagnetismo Más de 4.000 visitas a la web de Gravimetría	
GEODESIA Visitas a la web de geodesia: Más de 21.000 Más de 7000 usuarios del SPTR	
Observatorio de Yebes A Observatorio de Yebes: 19349	

PROGRAMA DE ACTUACIÓN NÚMERO 2
PRODUCCIÓN, ACTUALIZACIÓN Y MEJORA DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y LA CARTOGRAFÍA OFICIAL

DESCRIPCIÓN

En el marcode este programa queda comprendido el Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT), que dota al Estado de coberturas periódicas completas del territorio español —mediante imágenes aéreas y de satélite de alta, media y baja resolución—, así como permite la extracción de información geográfica de las mismas con propósito multidisciplinar. Este plan se estructura, a su vez, en el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), el Plan Nacional de Teledetección (PNT) y el Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España (SIOSE). La información geográfica, por su parte, se ha reorientado últimamente hacia la producción de Información Geográfica de Referencia, información que constituye un esqueleto único sobre el que basar el resto de los productos cartográficos y bases de información geográfica. Constituye consecuentemente un marco de actuación que permite de forma más eficiente la generación del resto de productos. Finalmente, este programa culmina con la producción y la actualización de las bases topográficas y cartográficas nacionales y de las series de cartografía oficial topográfica y temática derivadas de aquellas, entre las que debe destacarse el Mapa Topográfico Nacional de España a escalas 1:25.000 y 1:50.000 (MTN25 y MTN50) y el Atlas Nacional de España (ANE). Todas las actuaciones que se llevan a cabo dentro de este programa se desarrollan bajo el soporte de la Ley sobre las Infraestructuras y los Servicios de Información Geográfica en España (LISIGE) y, por tanto, siguiendo lo establecido en la directiva europea INSPIRE que la citada ley transpone a nuestro ordenamiento jurídico, satisfaciendo las necesidades multidisciplinares de la sociedad en general y particularmente de las Administraciones Públicas nacionales y europeas, y destacando por su importancia las que exige el programa de la Unión Europea COPERNICUS.

ACTIVIDADES A REALIZAR

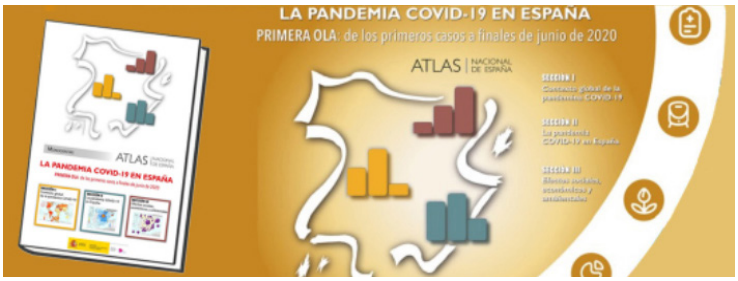
Las actividades necesarias para la ejecución de este programa de actuación se enmarcan en cuatro grandes áreas:

— Desarrollo del Plan Nacional de Observación del Territorio para la generación de coberturas periódicas de imágenes y de ocupación del suelo.
— Producción y actualización de los aspectos topográficos de la Información Geográfica de Referencia.
— Producción y actualización de las bases topográficas y cartográficas de ámbito nacional y de la cartografía oficial topográfica y temática derivada de ellas.

PROYECTOS MÁS DESTACADOS

La pandemia COVID-19 en España. Primera ola: de los primeros casos a finales de junio de 2020

En 2021, el Área de Cartografía Temática y Atlas Nacional de la Subdirección General de Cartografía y Observación del Territorio presentó la publicación *La pandemia COVID-19 en España*.



Monografía «La pandemia COVID-19 en España. Primera ola: de los primeros casos a finales de junio de 2020»

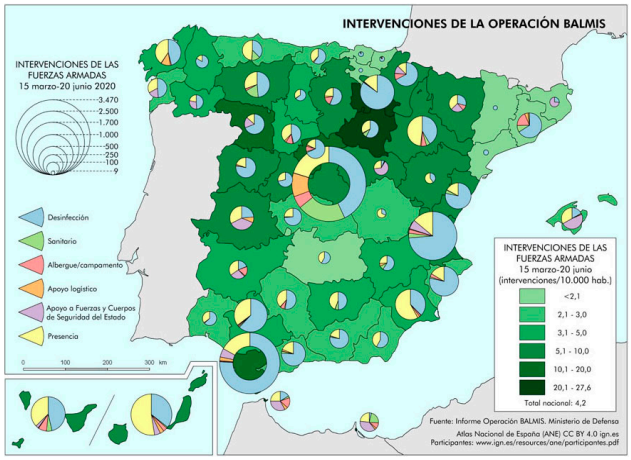
Primera ola: de los primeros casos a finales de junio de 2020, tanto en su versión impresa como en formato PDF en la sección de Libros digitales.

Esta monografía analiza, con una perspectiva geográfica, lo sucedido desde el punto de vista sanitario durante la primera ola de la pandemia COVID-19 en España y sus efectos sociales, económicos y ambientales.

La obra está estructurada en tres secciones que se desarrollan en 19 temas/capítulos. Para ello se han redactado los textos correspondientes y se han elaborado más de 400 recursos cartográficos y gráficos.

Esta nueva publicación del IGN ha contado con la colaboración científica de numerosos investigadores de 22 organizaciones (la Asociación Española de Geografía y 21 universidades) de la Red de organizaciones científicas y académicas para la dirección y colaboración científicas del ANE del siglo XXI (Red ANEXXI). También han participado investigadores de otras 4 universidades no pertenecientes a la citada Red.

La información ha sido proporcionada por 45 organizaciones diferentes (entidades de la Administración General del Estado y de las administraciones autonómicas y locales, entre las que han destacado especialmente las autoridades sanitarias). Todas ellas han asegurado la fiabilidad de los datos y han asesorado sobre los mismos cuando se les ha requerido, así como han realizado una excelente labor.

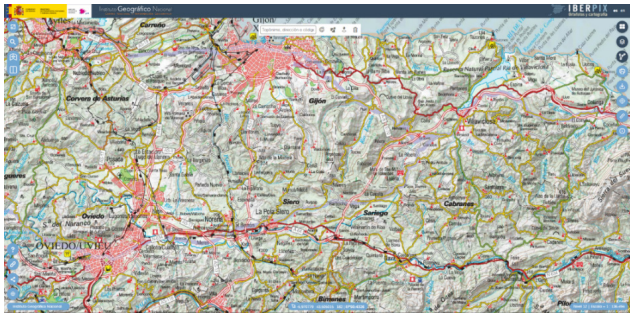


Ejemplo de cartografía temática de la monografía

La obra está disponible en diferentes soportes, el analógico y la publicación impresa (tapa dura con 160 páginas de tamaño 26 x 36,5 cm) podrá adquirirse en las tiendas físicas Casa del Mapa o en la Tienda Virtual del CNIG. La publicación digital en formato PDF podrá descargase del apartado Atlas Nacional de España de la sección Libros digitales, tanto en versión en español como en versión en inglés.

Mapa de España 1:200.000 ráster (ME200raster) en servicios web

A finales de 2021 se enviaron al Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) las primeras pruebas de un nuevo producto, el Mapa de España 1:200.000 ráster (ME200 ráster) en teselas para su publicación en servicios web interoperables.



ME200 ráster

Estos servicios son de tres tipos: un servicio web de mapas (WMS), otro de teselas de mapas (WMTS) y otro de teselas (TMS). El ME200 ráster ya puede encontrarse en el visualizador Iberpix.

El ME200 ráster se ha obtenido a través del diseño, desarrollo e im-

plantación de un proceso automatizado de extracción, transformación y carga (ETL —de Extract, Transform & Load—, por sus siglas en inglés) para simbolizar y rasterizar la BCN200 e incorporar las capas de sombreado y usos del suelo.

Dicho proceso se ha desarrollado para automatizar en el mayor grado posible la producción de la serie Mapas Provinciales a escala 1:200.000 (MP200), que se obtiene a partir de la BCN200. Por ello, el contenido y la simbolización ME200raster son los mismos que los de la serie MP200 y coincide con el de los últimos mapas publicados de esta.

Supone una mejora muy notable con respecto a la anterior capa ráster continua de España a la misma escala, con fecha de 2015, obtenida mediante un procesamiento manual de los mapas rasterizados de cada provincia del producto MP200.

En un primer momento, el ME200raster se ha producido por teselas para permitir esa distribución a través de servicios web. El siguiente paso será poner este producto como un mapa ráster continuo contenido en un único fichero en el Centro de Descargas del CNIG. En principio no se plantea generar un ME200vectorial, pues, aunque sin simbolización, el usuario ya dispone de la BCN200 a descarga.

Los procesos de automatización para generar la serie MP200 y el ME200raster se apoyan en conseguir una BCN200 completa y continuamente actualizada, en modo cambios, a partir de otras bases cartográficas y topográficas de mayor escala y otras fuentes de referencia como nomenclátores geográficos y delimitaciones territoriales.

Desde el Servicio de Cartografía Derivada, se está trabajando en los últimos años en este proceso de optimización de la BCN200. En primer lugar, revertiendo en dicha base cartográfica las geometrías y rótulos de los últimos MP200 actualizados por el Servicio de Cartografía Derivada, con la inestimable colaboración de los Servicios Regionales del IGN-CNIG. En segundo lugar, desde hace menos tiempo, editando directamente la BCN200 con las fuentes de referencia más adecuadas, que servirán de proyectos piloto para extenderlos a todos los Servicios Regionales que tengan el personal y los medios para colaborar en el mantenimiento de la BCN200, la cual será la base de la producción automatizada del ME200raster, los mapas provinciales (MP200) y los mapas autonómicos (MAUT) de su territorio.

Está previsto actualizar ME200raster con periodicidad anual, pero también se podría hacer con mucha mayor frecuencia en función de los cambios reflejados en la BCN200, obtenidos de las fuentes de información de referencia y con la colaboración fundamental de los Servicios Regionales.

Reorientación y actualización operativa de la imprenta oficial del estado del Instituto Geográfico Nacional

Este proyecto pretende dinamizar y reorientar la actividad desarrollada por los Talleres Cartográficos de la Imprenta Nacional del Instituto Geográfico Nacional que forman parte de la Subdirección General de Cartografía y Observación del Territorio.

Una vez realizado el ejercicio de diagnóstico de la situación existente, se determinaron las ventajas competitivas de la Imprenta y la estrategia genérica a emplear en función de sus características propias y de las de otras organizaciones similares.

Tradicionalmente, la administración pública, y su propia naturaleza, que hasta ahora bastaba para cumplir cualquier compromiso, ha estado más orientada a la eficiencia y la especialización que hacia el interés real del cliente.

Imprenta digital de pequeño formato

Entendiendo que la calidad de un servicio no es lo que ofrece este en sí mismo sino lo que el cliente recibe, la pretensión de este proyecto es la reorientación de su actividad para conseguir la satisfacción del cliente y la obtención de productos que se adapten a sus necesidades reales.

Para ello la Imprenta Nacional ha puesto en marcha las siguientes actuaciones:

Sustitución del obsoleto y complejo sistema de control de encargos por un sistema de desarrollo interno, adaptado a las necesidades diarias, para una gestión ágil de la producción y distribución.

— Adquisición de maquinaria moderna de impresión digital para adaptarnos a los trabajos bajo demanda y tiradas cortas cada vez más solicitados.
— Sistema de Impresión Digital en color de alta producción HP PageWide XL 8200.
— Konica Minolta Accurio Press C6100.

Adquisición de maquinaria moderna en el ámbito de la confección de libros para conseguir un nivel autónomo de producción editorial.

— Encuadernadora de cola PUR Megabind 420.
— Plegadora de succión Morgana Major.
— Laminadora Foliant Vega 530ª.
— Grapadora automática Morgana BM 350.
— Plegadora de alimentación manual ESTE 3000W 48»

Ya durante este año 2021 se pueden observar los beneficios de esta reorientación.

PROGRAMA BDIG: actualización continua de los objetos geográficos recogidos en bases de datos de información geoespacial

El programa BDIG como germen de la transformación digital de procesos

En los últimos años, se han llevado a cabo en la Subdirección de Cartografía y Observación del Territorio del Instituto Geográfico Nacional (IGN) dos procesos de transformación digital claves para la optimización de la producción y el mantenimiento de conjuntos de datos geoespaciales, la modernización y mejora de los procesos y procedimientos, y la capacitación del personal y la organización. El primero de ambos se ha centrado en un cambio del paradigma de la metodología de actualización de las bases de datos topográficas, mediante el desarrollo del programa denominado Bases de Datos de Información Geoespacial (BDIG), que basa la actualización en la detección semiautomática de cambios en el territorio, gracias a la incorporación de herramientas de monitorización continua. El segundo tiene como objetivo la automatización de la edición cartográfica de la serie del Mapa Topográfico Nacional escala 1:25 000 (MTN25).

El programa BDIG tiene por finalidad la actualización continua de diversos productos del IGN, de forma que los cambios sucedidos en el territorio se incorporen de forma rápida y eficiente para que el grado de actualización de los datos que se publican sea el máximo posible en todo momento. Este programa se encuentra en la actualidad en fase de puesta en producción y aúna la Base Topográfica Nacional (BTN) y la Información Geográfica de Referencia de la Red de Transportes (IGR-RT) en un único entorno de producción, actualización y gestión, si bien todo el proceso es trasladable a otros conjuntos de datos que se producen en el IGN. Cabe destacar que la información gestionada en BDIG será la fuente principal para la generación automática del MTN.

BDIG se fundamenta en tres pilares:

— Detección temprana de cambios sobre el territorio
— Gestión de órdenes de trabajo para «paquetizar» las actualizaciones y hacer un seguimiento de estas
— Entorno controlado de actualización

Procesos de detección de cambios sobre el territorio

Las posibilidades para detectar si ha ocurrido o va a ocurrir un cambio en el territorio son muy numerosas. Por ejemplo, es posible rastrear de manera automática multitud de fuentes informales u oficiales disponibles en internet mediante el uso de bots (pequeños programas informáticos que ejecutan tareas de manera automatizada). Es notorio que incluso mucho antes de que se produzca una gran alteración sobre el territorio, por ejemplo, debido a una infraestructura de obra civil, existe rastro digital al respecto. Este conjunto de bots permite la detección dichos cambios y su temporalidad, sea pasada, actual o futura, además de una localización de manera directa o indirecta. Sin embargo, la gran debilidad de estos sistemas es la necesidad de grandes rastros digitales para minimizar la incertidumbre de la propia detección. Por su parte, explotar el enorme patrimonio de imágenes de las que dispone el IGN para detectar qué ha cambiado sobre el territorio es también un viejo problema que ha tenido diferentes aproximaciones desde la propia existencia de las mismas imágenes. Sin embargo, las primeras pruebas realizadas en 2017 mediante otra aproximación totalmente distinta, Inteligencia Artificial (IA), ya arrojaron fiabilidades del 96 % en la detección de nuevos elementos sobre ortofotografías aéreas. La comparación de imágenes para detectar objetos geográficos concretos sobre el territorio constituye uno de los problemas mejor solucionados mediante IA a través de deep learning, esto es, a través de métodos de aprendizaje reforzado mediante conjuntos de datos de entrenamiento sin importar la causalidad, es decir, focalizando el esfuerzo en la solución y no en por qué se determina a esta.

La comparación con otras fuentes de datos disponibles y accesibles también sirve como origen para la detección e integración de posibles diferencias o cambios. Estas pueden ser organismos oficiales, como la información proporcionada por la Dirección General del Catastro, la cartografía de las comunidades autónomas o conjuntos de datos específicos de determinados ministerios, con los que se llega a hacer actualización automática de datos; y no oficiales, por ejemplo, la información geográfica voluntaria (VGI, por sus siglas en inglés), que como mínimo sirve de alerta de un posible cambio. A su vez, estas fuentes pueden ser en unos casos más estructuradas, como es la información catastral, y, en otros, tener un formato más libre (o menos rígido) u ofrecer datos en un estado más bruto. Como ejemplo de esto último, destacan las iniciativas de datos abiertos que pretenden que las distintas organizaciones publiquen los datos que recaban de la forma más primitiva e inmediata posible con objeto de que otros organismos los aprovechen (generalmente en combinación con otros). Por ejemplo, datos de aforos de tráfico, de nivel de ruido o de número de visitantes de edificios que sean Bien de Interés Cultural pueden ayudar a mejorar la completitud de las bases de información geoespacial y a

optimizar la jerarquización de los mismos, fundamental para facilitar la generación posterior de productos cartográficos y servicios geográficos. En definitiva, la diversidad de conjuntos de datos existentes, tanto del IGN como de otras organizaciones, unida a la complejidad, volumen y velocidad de actualización que tienen algunos de ellos, posibilitan, en teoría, mantener con un elevado grado de completitud, exactitud temática y actualidad la Base de Datos de Información Geoespacial (BDIG). En este sentido, las técnicas de *big data*, de macrodatos o de inteligencia de datos, deben ser ampliamente desarrolladas para poder aprovechar todo su potencial.

Proceso de gestión y consolidación de los cambios

Esta enorme profusión de cambios no está exenta de falsos positivos, reiteraciones en los mismos, errores en su categorización y muchos otros problemas de diversa índole. Así pues, los posibles cambios deben ser sometidos a un triaje y «empaquetados» en órdenes de trabajo que serán ejecutadas por los operadores cartográficos. En esta fase se realiza la gestión del proceso aplicando la metodología y tecnología de gestión de procesos de negocio BPM (Business Process Management). En el proceso de gestión y consolidación de cambios se generan listas de trabajos, que son asignados a diferentes operadores para su actualización en BDIG, y se realiza el seguimiento sobre la ejecución de estos.

Entorno controlado de actualización

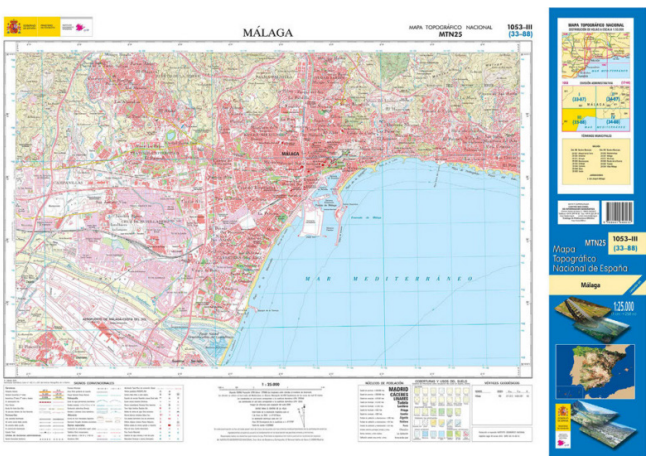
Para facilitar la ejecución de las órdenes de trabajo, se proporciona un espacio guiado, que permite la actualización conjunta de datos de diferente temática, que evite la comisión de errores y garantice una buena productividad y homogeneidad en la ejecución. Este entorno se desarrolla sobre *software* SIG y se configura en equipos accesibles mediante conexión remota, lo que facilita la ejecución de estas tareas tanto de forma externalizada como por medios propios.

La generación automática de cartografía

Cabe destacar que el producto principal al que debe dar soporte BDIG es el Mapa Topográfico Nacional (MTN). En este sentido, hemos de reseñar que BDIG se apoya en una base de datos coherente, esto es, está formalizado un conjunto de reglas topológico-semánticas a modo de aseguramiento de la calidad que permite disponer de la necesaria «inteligencia de producto» de la que carecían los antiguos sistemas CAD, por ejemplo, la generación automática de cartografía. Así pues, una vez son consolidados los cambios del territorio sobre BDIG es posible generar cartografía de manera automática.

Así pues, una vez son consolidados los cambios del territorio sobre BDIG, y dispuesta una base de datos de información geoespacial con la adecuada formalización de las relaciones entre objetos geográficos, es posible generar cartografía de forma automatizada.

Actualmente, este producto se obtiene por la aplicación de procesos automáticos que emulan las



Cartografía generada automáticamente a través de BDIG y editada para su publicación impresa

técnicas que aplicaban los operadores cartográficos en su producción tradicional. El resultado del proceso es directamente publicado a través de los servicios de visualización de la IDEE (Infraestructura de Datos Espaciales de España), donde la celeridad en la publicación de los datos para ser consumidos en navegadores web prima frente a otras componentes, e incorporado en aplicaciones que precisan de este soporte geoespacial para su funcionamiento, como es el caso de Mapa a la Carta. La navegación web es a su vez complementada con niveles de visualización adicionales que muestran la información geográfica a la resolución en la que se encuentra en la base de datos, y, por tanto, sin la restricción implícita en la escala 1:25 000 del producto, y con una simbología homóloga a la del mapa para que la transición entre niveles de visualización resulte totalmente natural. Sin embargo, para la salida impresa del producto y de ficheros a descarga, sobre el resultado del automatismo se llevan a cabo un conjunto de ediciones limitadas, orientadas a optimizar los aspectos en los que el proceso haya ofrecido una solución con un adecuado estándar de calidad cartográfica.

PNOA LiDAR 3ª cobertura

La información de elevaciones se ha obtenido en España desde 2009 a través del proyecto PNOA LiDAR, cubriendo todo el territorio nacional en dos ciclos o coberturas (2009-2015 y 2015-2022).

Se inicia ahora una nueva etapa en la que los usuarios de la Administración General del Estado (AGE) y las comunidades autónomas (CC.AA.) demandan mayor detalle en la información sobre elevaciones.

El presente proyecto consiste en la realización de una nueva cobertura LiDAR, de todo el territorio nacional, a mayor densidad de pulsos respecto a las coberturas anteriores, de manera que los productos derivados ofrezcan un detalle de mayor resolución y puedan abordarse un mayor número de usos para estos datos. Con este salto cualitativo se pretende, así mismo, un acercamiento significativo al estado del arte en esta tecnología, tanto de la AGE como de las empresas españolas del sector de sensores aerotransportados.

Este proyecto es de extraordinaria utilidad para organismos de diversos ministerios, tal y como lo demuestran las numerosas descargas de los productos LiDAR que se realizan desde el Centro de Descargas del CNIG.

PNOA LiDAR se inicia por iniciativa de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente (SEMA), a través de la Subdirección General de Política Forestal y Lucha Contra la Desertificación, del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO), así como del Instituto Geográfico Nacional (IGN), perteneciente al Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, quien coordina la ejecución de este proyecto

El objetivo es la realización de la 3.ª cobertura LiDAR de manera homogénea en todo el territorio nacional a una densidad de 5 p/m2, frente a 1 p/m2 de media en la cobertura anterior.

Las mejoras introducidas en las especificaciones técnicas de la 3ª cobertura LiDAR derivarán en una mejora de los productos que se generan tras el proceso de los datos adquiridos, lo cual redunda en diversos beneficios en las áreas de aplicación.

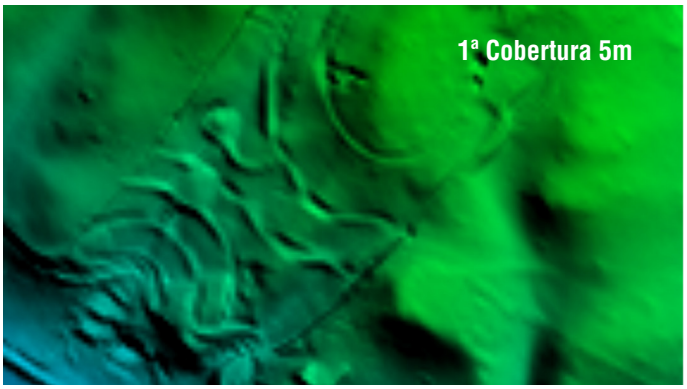
El aumento de densidad facilita un mejor ajuste altimétrico entre las diferentes pasadas de vuelo, estos dos aspectos permiten obtener una mejor precisión. La precisión altimétrica que se plantea inicialmente es de 10 cm de error medio cuadrático, siendo la de la 2ª cobertura de 15 cm.

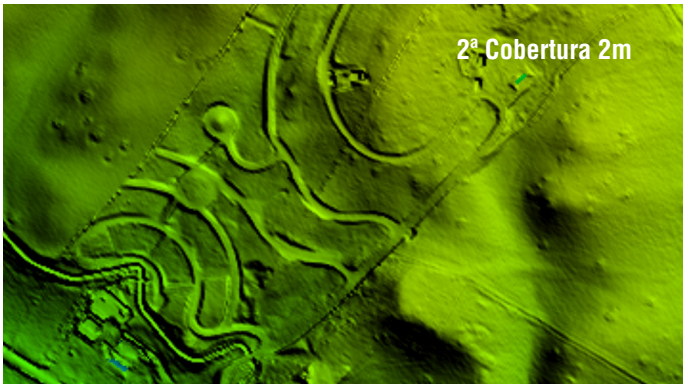
El aumento de densidad permite también mejorar significativamente la clasificación de la nube de puntos, el objetivo del proyecto es pasar de la identificación de tres clases (suelo, edificios y vegetación) a más de seis clases, manteniendo el nivel de fiabilidad en dicha clasificación. Además, este aumento de la densidad permite capturar información del territorio que no se podía obtener en anteriores coberturas, elementos como tendidos eléctricos, y capturar el resto de los elementos con mayor grado de detalle, como edificios.

Debido a la gran cantidad de datos a procesar, se pretende poner a punto una metodología para el procesado de datos con mayor grado de automatización. Así, se procura extraer el máximo de información de los datos obtenidos cumpliendo al mismo tiempo con los plazos de entrega del producto que requieren los usuarios.

Además de la nube de puntos procesada y clasificada, se quieren elaborar productos derivados de gran utilidad como los Modelos Digitales de Terreno y Ortofotos adquiridas simultáneamente al vuelo LiDAR, entre otros.

El proyecto consta de cuatro fases: vuelo, procesado, generación de productos derivados y distribución.





Los vuelos han comenzado en 2022 (sólo Cataluña) y está previsto que finalicen en 2025. Para ello, se ha realizado una distribución anual de zonas teniendo en cuenta, no solo as superficies de vuelo, si no la alternancia con los vuelos fotogramétricos del PNOA. Estos vuelos serán financiados a través de los fondos Europeos del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia, en particular a través del Componente 4. Conservación y restauración de ecosistemas y su biodiversidad, cuya entidad decisora es el Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Para las fases de procesado y la generación de productos derivados se espera poder colaborar con el resto de Las administraciones Publicas. El IGN colabora tanto con departamentos ministeriales como con las CC.AA. y sus entidades asociadas.

Entre los organismos usuarios de PNOA – LiDAR destacan el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (IGN, CNIG, ENAIRE, AENA, etc.), Ministerio de Agricultura, Pesca y

Alimentación (FEGA), Ministerio de Hacienda (Dirección General del Catastro), Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación) y el Ministerio de Defensa (Servicio Geográfico del Ejército, CECAF).

A estos importantes usuarios se añaden todas las comunidades autónomas, a través de las Consejerías responsables de Medio Ambiente, Agricultura, Fomento, Urbanismo, Ordenación del Territorio, Vivienda, etc.

Los productos generados en el ámbito de este proyecto estarán además a disposición libre y gratuita de todas las Administraciones, ciudadanos, empresas y otros agentes sociales, tanto para visualización por Internet, como para descarga de los ficheros y la generación de productos y servicios de valor añadido. Su difusión y uso son masivos y constantes, ya que satisfacen un amplio espectro de necesidades.

En las siguientes imágenes se puede apreciar la evolución del Modelo Digital Terreno (MDT) obtenido en la 1ª y 2ª cobertura (resoluciones de 5 y 2 metros) y una simulación del resultado que se obtendría en la 3ª cobertura (resolución de 50cm). El MDT es un producto que representa una modelización del suelo desnudo eliminado otro tipo de elementos (vegetación, edificios, etc.), siendo uno de los productos más importantes que se obtienen en el proyecto.

PROGRAMA DE ACTUACIÓN NÚMERO 3

GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE ESPAÑA, ASEGURANDO LA NORMALIZACIÓN Y DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA OFICIAL Y LOS SERVICIOS BASADOS EN ELLA

DESCRIPCIÓN

Este programa desarrolla la planificación y gestión de la Infraestructura de Información Geográfica de España, y la armonización y normalización, en el marco del Sistema Cartográfico Nacional, de la Información Geográfica oficial, y la planificación y desarrollo de servicios de valor añadido, de nuevos sistemas y aplicaciones en materia de información geográfica, especialmente para el aprovechamiento en el ámbito de las Administraciones Públicas.

La Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las Infraestructuras y los Servicios de Información Geográfica en España, en su artículo 4 asigna al Consejo Superior Geográfico, como órgano de coordinación y dirección de dichas infraestructuras y servicios en España, las funciones en relación con la constitución y mantenimiento de la Infraestructura de Información Geográfica de España, y especifica que tanto los datos geográficos como los servicios interoperables de información geográfica proporcionados a través de la Red Internet por las distintas Administraciones y organismos del sector público que se integren estarán disponibles a través del Geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales de España. Asimismo, en su artículo 5 establece que la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional, como Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico, constituirá y mantendrá ese Geoportal, que permitirá la localización de los datos geográficos y el acceso a los servicios interoperables, asegurando que todos los nodos con datos geográficos y servicios interoperables de información geográfica de las Administraciones Públicas sean accesibles a través de él.

También se desarrolla una importante tarea de fomento de la utilización de los servicios interoperables de información geográfica y de colaboración público-privada para generar valor añadido a partir de la información geográfica oficial, así como de difusión y capacitación de técnicos en las tecnologías y metodologías avanzadas desarrolladas por el sector de I+D+i español, tanto en España como en Iberoamérica, colaborando a la proyección en dichos ámbitos territoriales del sector de las tecnologías de la información geográfica público y privado de España.

ACTIVIDADES QUE REALIZAR

Las actividades necesarias para la ejecución de este programa de actuación se encuadran en las siguientes áreas:

- Planificación, desarrollo y gestión de la Infraestructura de la Información Geográfica de España.
- Armonización y normalización de la Información Geográfica oficial y su difusión en los ámbitos nacional e internacional.
- Ejecución de proyectos e iniciativas PPP y de actuaciones de I+D+i en el campo de la Información Geográfica. Desarrollo de proyectos de soporte y capacitación técnica en el ámbito de las Tecnologías de la Información Geográfica.

PROYECTOS MÁS DESTACADOS

Actualización del servicio de localización de direcciones postales (geocodificador)

A lo largo de 2021, se han incluido nuevas fuentes de datos de direcciones oficiales al geocodificador de Cartociudad, aumentado la base de datos en más de 4 millones de direcciones, siendo el total cercano a los 16 millones de direcciones.

Las organizaciones oficiales que participan en el proyecto Cartociudad son:

— Para obtener una cobertura nacional se toman las direcciones (calle y número) de la Dirección General de Catastro, Eusko Jaurlaritza-Gobierno Vasco y Gobierno de Navarra. Se complementan a nivel autonómico con las direcciones del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (CDAU), Comunidad de Madrid, Gobierno de La Rioja y Comunitat Valenciana y, a nivel local, con las direcciones de la Diputación de Barcelona y el Ayuntamiento de Cáceres.
— Los códigos postales procedentes del Grupo Correos con el fin de establecer una relación con las direcciones y núcleos de población del IGN. Además, el Grupo Correos aporta la geometría, a partir de la cual se generan los polígonos de códigos postales a través del servicio de visualización. Los códigos postales no están disponibles para su descarga.
— El nombre oficial y el tipo de vía urbana (calle, avenida, plaza, etc.) proceden del, Instituto Nacional de Estadística, recopilados a partir de los datos de los ayuntamientos. Anualmente también aporta los distritos y secciones censales cuya información se incorpora directamente a la base de datos de CartoCiudad.
— La red viaria procedente de la Red de Transporte de la Información Geográfica de Referencia (IGR RT) del SCNE, que está constituida por las vías interurbanas (autopistas, autovías, carreteras, caminos, pistas y sendas) con sus puntos kilométricos y los portales ubicados a borde de parcela.
— Las líneas límite, poblaciones y puntos de interés procedente del, Instituto Geográfico Nacional.

Desde el servicio de geocodificación, además de consultar las direcciones se pueden consultar la localización y geometría superficial de los municipios, provincias y comunidades autónomas, puntos de interés procedentes de la Base Topográfica Nacional a escala 1:25.000 (BTN25) y el Nomenclátor Básico de España (NGBE), y las poblaciones.

El servicio de geocodificación está disponible a través de los visualizadores del IGN y de la caja de búsqueda de topónimos y direcciones denominada «IGNSearch»:

https://componentes.ign.es/NucleoVisualizador/IGN_search.js

En el tema de la geolocalización, se destaca, además, el trabajo desarrollado en 2021 por el Subgrupo de Trabajo (SGT) del servicio de geocodificación en el proyecto de la Comisión Especializada de Normas Geográficas con el fin de definir las especificaciones básicas para la implementación de un servicio nacional de geocodificación de direcciones.

El SGT ha estado formado por 45 profesionales con una gran experiencia de diferentes organizaciones entre las que se encuentran el Ayuntamiento de Cáceres, Ayuntamiento de Madrid, O. A. Centro Nacional de Información Geográfica, Comunidad de Madrid, Consell de Mallorca, Diputación de Barcelona, Dirección General de Catastro, Gobierno de Canarias, Gobierno de Cantabria, Gobierno de La Rioja, Gobierno de Navarra, Gobierno del Principado de Asturias, Gobierno Vasco, Idearium Consultores, Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, Instituto Geográfico de Aragón, Instituto Geográfico Nacional, Instituto Nacional de Estadística, Junta de Extremadura, Sociedad Estatal Correos y Telégrafos, Xunta de Galicia. Su duración es de 12 meses y comenzó el 14 de diciembre de 2020.

Existe un visualizador que contiene las direcciones de las organizaciones que han participado y que está público en la siguiente dirección: https://www.iderioja.larioja.org/geocoder/test-ign/

La página web de desarrollo y la documentación del proyecto es la siguiente https://cenormas-geograficas.github.io/geocodificador

Por ahora, el proyecto piloto se ha ido desarrollando en los servidores del Gobierno de La Rioja y en los próximos meses se tiene que completar con datos de otros organismos productores e implementarse en el CNIG.

Nueva API del CNIG

El CNIG ha desarrollado una nueva API (interfaz de programación de aplicaciones) con el objetivo de que los diferentes visualizadores publicados por el IGN o por el CNIG compartan la misma tecnología.

La API-CNIG, basada en Javascript y OpenLayers, consta de un *core* ligero, extendido a través de diferentes *plug-in*, que resuelven de forma horizontal las diversas necesidades. El proyecto ha sido diseñado desde el primer momento pensando en facilitar su reutilización, tanto a nivel interno como para el resto de la comunidad geospacial. De esta forma, todo el código se puso a disposición del público en febrero de 2021 a través de un repositorio público de GitHub, y se ha documentado la configuración de los visualizadores en una wiki.

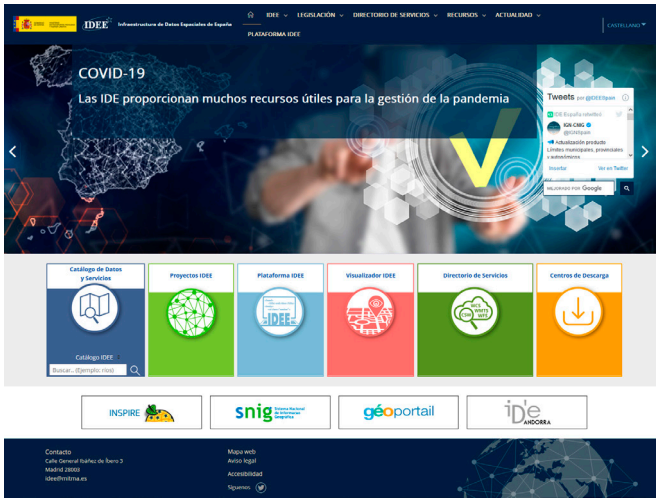
Durante el 2021, el CNIG y el IGN han llevado a cabo la migración de sus diferentes visualizadores a la API-CNIG, siendo Iberpix y la Fototeca Digital los primeros en estar disponibles con esta tecnología.

API-CNIG
Inicia su desarollo en 2019 por el Centro Nacional de Información Geográfica.
Nace con el objetico de ser la tecnología base común de las diferentes herramientas de visualización de información geográfica del Instituto Geográfico Nacional.
Utiliza HTML, CSS y javascript, estando basado en OpenLayers 6.

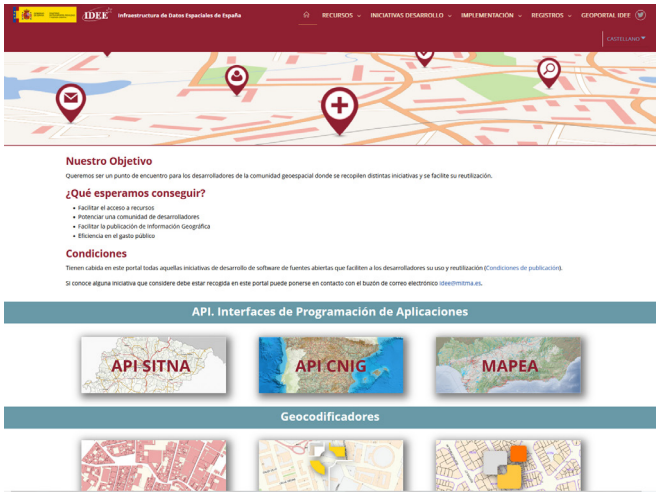
Nuevo geoportal y plataforma de la IDEE

El geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE), es el punto de acceso a toda la información geográfica interoperable y normalizada de España a nivel nacional, regional y local, permitiendo visualizar, descargar y acceder a los datos geográficos oficiales y digitales que obren en poder de una autoridad pública. Toda esta información está regulada por la Directiva 2007/2/CE, conocida como Directiva INSPIRE, que dispone que los Estados miembros faciliten a las instituciones y órganos de la Unión, el acceso a los conjuntos y servicios de datos espaciales con arreglo a unas condiciones armonizadas.

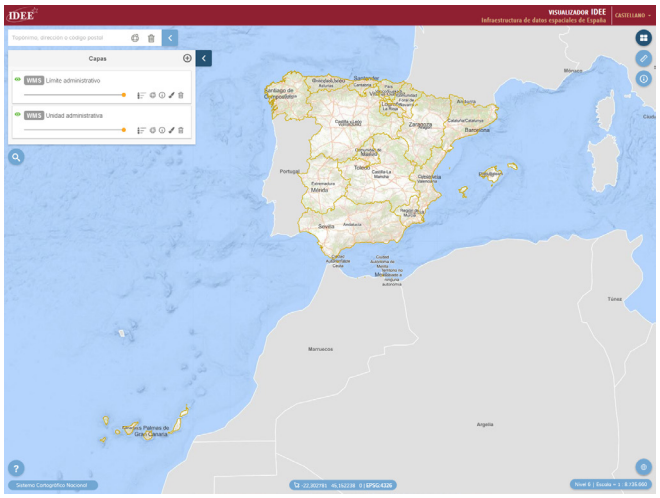
En abril de 2021, el CNIG actualizó el geoportal IDEE, su visualizador y lanzó su nueva plataforma. Todos ellos creados con un diseño más moderno que busca, no sólo renovar la imagen, sino también facilitar al usuario utilizar y encontrar cualquier contenido. Se decidió dividir los contenidos, creando así el Geoportal de la IDEE para el usuario general y la Plataforma de la IDEE para el usuario experto-desarrollador, ambos relacionados y conectados.



El Geoportal IDEE se centra en dar acceso a los recursos de información geográfica que se publican desde la IDEE, dando importancia a las herramientas que permiten buscar información geográfica y destacando las novedades que se van publicando en la IDEE y en el Twitter. Desde la página de inicio se puede acceder a los catálogos de la IDEE y del CODSI, a los Centros de Descarga de los diferentes organismos y al resto de geoportales de los nodos que integran la IDEE. Así como, a toda la legislación relativa a LISIGE, a INSPIRE y a los responsables del proyecto IDEE/Organización.



La Plataforma IDEE está enfocada en las iniciativas de desarrollo de *software*. Pretende ser un punto de encuentro para los desarrolladores de la comunidad geoespacial y facilitar la reutilización de los diferentes recursos. Se ha incluido también un apartado de Implementación de INSPIRE procurando que sea lo más intuitivo posible, con varias preguntas para intentar dar una respuesta de implementación personalizada, en función de la fase en la que se encuentre el usuario.



Asimismo, se ha actualizado el Visualizador IDEE, conservando las funcionalidades del anterior y con un diseño más claro e integrado con el nuevo portal. Ha sido realizado con la API-CNIG para visualizadores, desarrollo de *software* libre liderado por el CNIG, que se encuentra disponible para uso ge-

neral y a la que están siendo migrados los diferentes visualizadores de este organismo. En definitiva, se trata de un visualizador donde prima la sencillez y los protagonistas son los diferentes servicios que cumplen los reglamentos INSPIRE.

Nueva versión del visualizador IBERPIX v. 5.0

En julio de 2021 el CNIG publicó la versión 5.0 del visualizador IBERPIX, uno de sus visualizadores de mayor uso y prestigio. En él se prioriza la utilización de servicios desarrollados según los reglamentos INSPIRE publicados por el nodo IDE del IGN y CNIG, como son los servicios WMS, WMTS, WFS, WCS.

IBERPIX, en sus diferentes versiones, ha ido añadiendo nuevas funcionalidades utilizadas por distintos colectivos de usuarios: excursionistas, profesionales de la didáctica, consultores, gestores administrativos, geomáticos, etc. En esta nueva versión se ha tratado de simplificar y mejorar el uso de estas herramientas y de dotar de una sección de ayuda dirigida específicamente a ellos.

El nuevo IBERPIX se ha desarrollado, en su totalidad, con la API-CNIG.

Servicios web interoperables
https://fedeff.es/portfolio/box-m5/

Durante el 2021 se han actualizado los más de 60 servicios interoperables que ofrece el nodo IDE del IGN y CNIG. Entre los cambios realizados más destacables están:

— Servicio de Mapa Raster: inclusión del Mapa Alta Resolución rasterizado, información con la resolución en la que se encuentra en las fuentes de datos y conforme a la simbología característica del Mapa Topográfico Nacional.
— Ampliación de los servicios WMTS a extensión mundial: se han utilizado imágenes de relieve de GEBCO e imágenes de satélite aportadas por el departamento de Observación del Territorio del IGN.
— Nuevos servicios XYZ Teselas Ráster: Publicación de servicios Tile Map Service (TMS) para los servicios más demandados: Ortoimágenes PNOA-MA, Mapa Ráster. El servicio TMS proporciona acceso a las teselas prerrenderizadas a diferentes escalas. El acceso a estas fuentes de datos se produce vía la interfaz REST. La ventaja de estos servicios frente a los WMTS, es que los TMS optimizan el almacenamiento en caché y el acceso a las teselas. Sin embargo, tienen la desventaja de que sólo se sirven teselas ya prerrenderizadas, es decir, no se genera ninguna tesela nueva por medio de peticiones como sí ocurre con los servicios WMTS. En este sentido, es menos versátil, ya que sólo se ofrecen los sistemas de referencia, niveles y formatos pregenerados.

Información de las direcciones de los servicios:
https://www.idee.es/web/idee/servicios-teselas

— Migración del software de servicios: Se ha actualizado a las versiones de Geoserver 2.15. y Mapserver 7.4
— Servicios Web de Coberturas (WCS): creación de los servicios del Modelo Digital de Pendientes de España (5m) y del Modelo Digital de Superficies de España (5 y 2,5 m) con datos procedentes de la 1ª Cobertura de datos LiDAR.

Direcciones de los servicios:
https://wcs-pendientes.idee.es/pendientes y https://wcs-mds.idee.es/mds

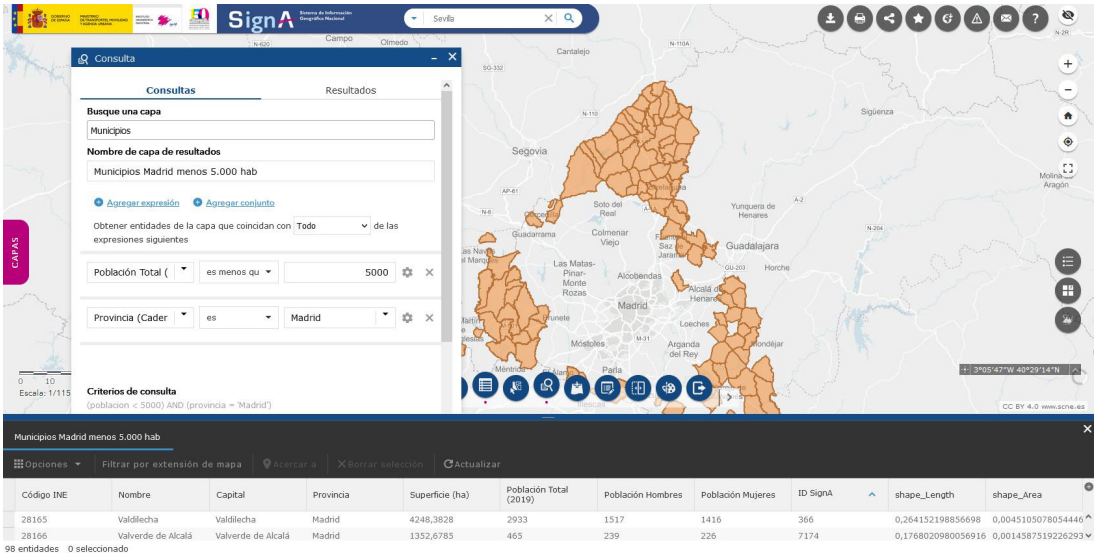
Nueva versión del Sistema de Información Geográfica Nacional (SIGNA)

En noviembre se publicó la última versión del Sistema de Información Geográfica Nacional (SIGNA). Se trata de una versión más actual e intuitiva, que mantiene toda la funcionalidad de versiones anteriores.

El SIGNA, es el SIG en línea del IGN que nació en 2010 y que 11 años después ha migrado de tecnología. Tiene como finalidad la integración de los datos y servicios del IGN en un SIG, para su análisis y consulta, a través de Internet, lo que a su vez implica el desarrollo de un geoportal propio versátil, interoperable y eficiente.

Dispone de todas las funcionalidades de un visualizador y, además, consta de una base de datos que se compone de más de 80 tipos de entidades (unidades administrativas, redes de transporte, hidrografía, construcciones, lugares protegidos, etc.) que se pueden visualizar, consultar y descargar.

Las usuarios del SIGNA han ido creciendo a lo largo de los años, siendo una herramienta de uso diario para multitud de aplicaciones, no solo para la ciudadanía, sino también para todo tipo de organismos públicos que necesitan visualizar, analizar y comparar diferente información. Esta nueva versión mejora la usabilidad y eficiencia de las versiones anteriores.



Principales indicadores en 2021	
Número de servicios web interoperables disponibles en el catálogo de la IDEE	4346
Número de conjuntos de datos en el catálogo de la IDEE	7709
Número de servicios web interoperables disponibles en el catálogo oficial de datos y servicios oficiales de INSPIRE	300
Número de conjuntos de datos disponibles en el catálogo oficial de datos y servicios oficiales de INSPIRE	242
Número de peticiones a los servicios web del nodo IGN y SCNE	23.249.367.348
Número de visitas al Geoportal y Plataforma de la IDEE	260.257
Número de técnicos en TIC capacitados en cursos presenciales y en línea	560

PROGRAMA DE ACTUACIÓN NÚMERO 4

COORDINACIÓN DE LA ACTUACIÓN PÚBLICA EN EL ÁMBITO DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA A TRAVÉS DE LOS MECANISMOS PREVISTOS EN EL CONSEJO SUPERIOR GEOGRÁFICO Y EN EL SISTEMA CARTOGRÁFICO NACIONAL

DESCRIPCIÓN

La Ley de las Infraestructuras y los Servicios de la Información Geográfica en España (LISIGE) tiene por objeto complementar la organización de los servicios de información geográfica y fijar, de conformidad con las competencias estatales, las normas generales para el establecimiento de infraestructuras de información geográfica en España orientadas a facilitar la aplicación de políticas basadas en la información geográfica por las Administraciones Públicas y el acceso y utilización de este tipo de información, especialmente las políticas de medio ambiente y políticas o actuaciones que puedan incidir en él.

El Sistema Cartográfico Nacional, aprobado mediante el Real Decreto 1545/2007, de 23 de noviembre, constituye el marco obligatorio de la actuación de la Administración General del Estado en materia cartográfica y de las Administraciones Públicas que se integren en el Sistema, y de los diferentes operadores públicos cuyas competencias concurren en este ámbito.

El órgano de dirección del Sistema Cartográfico Nacional es el Consejo Superior Geográfico, que ejerce la función consultiva y de planificación de la información geográfica y la cartografía oficial, tiene carácter colegiado y en él están representadas la Administración General del Estado, las Comunidades Autónomas y las Entidades Locales.

La herramienta con que cuenta el Consejo Superior Geográfico para coordinar y planificar la producción de cartografía y de servicios de información geográfica de la Administración General del Estado, y de ésta con las Administraciones Autonómicas, es el Plan Cartográfico Nacional, de cuya preparación se encarga la Comisión Especializada del Plan Cartográfico Nacional del Consejo Superior Geográfico. Durante el año 2021 se preparó el Plan Cartográfico Nacional 2021-2024 para informe por parte del Consejo Superior Geográfico, quien trasladó la propuesta al Ministro de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, que lo elevó para aprobación del Consejo de Ministros, que finalmente se produjo el 7 de diciembre de 2021. Así mismo, al amparo del Artículo 6.2 de la Ley 19/2013, de 9 de diciembre, de transparencia, acceso a la información pública y buen gobierno, la Inspección de Servicios y Obras auditó el citado Plan el octubre de 2021 declarando su evaluabilidad en informe provisional, finalmente ratificado como definitivo a mediados de diciembre del mismo año.

Al IGN le corresponde, a través de su Secretaría General, el ejercicio de la Secretaría Técnica del Consejo Superior Geográfico, lo que le atribuye la responsabilidad sobre el impulso y apoyo logístico al Sistema Cartográfico Nacional.

La ejecución operativa de la gestión del Consejo Superior Geográfico ha sido realizada por la Comisión Permanente, presidida por el Director General del IGN, con el apoyo de las propuestas e informes aportados por la Comisión Territorial, el Consejo Directivo de la Información Geográfica en España (CODIIGE), las seis Comisiones Especializadas (Sistema Geodésico, Plan Cartográfico Nacional, Normas Geográficas, Observación del Territorio, Infraestructura de Datos Espaciales y Nombres Geográficos) y la Secretaría Técnica, todos ellos, en calidad de órganos del Consejo Superior Geográfico.

La composición actual de la Comisión Territorial incluye a los representantes de todas las comunidades autónomas y ciudades con estatuto de autonomía integradas en el Sistema Cartográfico Nacional, a excepción de la Comunidad Autónoma de Cataluña, y al representante propuesto por la Asociación de Entidades Locales de mayor implantación en el territorio nacional (Federación Española de Municipios y Provincias).

La Secretaría General del Instituto Geográfico Nacional atiende a las funciones técnicas y gestoras y a la coordinación interna y externa de actuaciones en el ámbito que le otorga el Sistema Cartográfico Nacional.

ACTIVIDADES A REALIZAR

Las actividades a realizar para el cumplimiento del programa son las siguientes:

— Potenciación de la colaboración institucional a través del Consejo Superior Geográfico.
— Gestión de los instrumentos de soporte del Sistema Cartográfico Nacional.

PROYECTOS MÁS DESTACADOS

El Consejo Directivo de la Infraestructura de Información Geográfica de España, CODIIGE

El Consejo Directivo de la Infraestructura de Información Geográfica de España (CODIIGE) es un órgano colegiado del Consejo Superior Geográfico establecido por la Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las Infraestructuras y los Servicios de Información Geográfica en España (LISIGE) y formado por representantes de los tres ámbitos de la Administración (nacional, regional y local), expertos de las Comisiones del Consejo Superior Geográfico y expertos en políticas de medio ambiente. Tiene un carácter eminentemente ejecutivo, y su misión es coordinar y dirigir la Infraestructura de Información Geográfica de España desde planteamientos basados en el consenso, la colaboración interadministrativa y el marco legal vigente, cuyo núcleo fundamental en este campo es la Directiva INSPIRE y sus Normas de Ejecución, y la mencionada Ley 14/2010.

Mantiene al menos dos reuniones al año y sus funciones y normas son públicas.

— Informar a la Comisión Europea sobre los Conjuntos de Datos Espaciales y servicios existentes en España, en cumplimiento con Inspire.
— Organizar las Jornadas Ibéricas de las IDE 2021 que se celebraron de forma virtual desde el 15 al 19 de noviembre. Donde se presentaron sesiones técnicas, talleres y una mesa redonda para poner en común y dar a conocer la armonización, normalización y publicación de la información geográfica a través de las IDE. En concreto, en esta edición, se han abordado cuestiones relacionadas con la reutilización y los ecosistemas digitales. 61 comunicaciones agrupadas en 12 sesiones. Aproximadamente, unas 680 personas se inscribieron a las JIIDE 2021, la media de asistentes fue de unas 200 personas en cada una de las sesiones y de unos 90 asistentes en los talleres. En total hubo unas 3 365 inscripciones para atender las sesiones, mesa redonda, talleres y ceremonias de inauguración y clausura. Y, participaron unas 100 personas entre oradores y moderadores.
— Dinamizar la actividad del Grupo de Trabajo de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) y de los Grupos Técnicos de Trabajo. El GT de la IDEE se reunió dos veces en 2021.
— Actualizar el Plan de Acción que garantiza la implementación de la Directiva INSPIRE y la LISIGE en España dentro de los plazos establecidos, identificando los Conjuntos de Datos Espaciales que se pueden consultar en el Catálogo Oficial de Datos y Servicios Inspire (CODSI).

En este sentido y con el fin de garantizar la implementación de la Directiva INSPIRE para la aplicación de las políticas comunitarias en medio ambiente, el CODIIGE elaboró un Plan de

Acción estableciendo una lista de datos prioritarios y sus medidas necesarias para cumplir los compromisos de los Reglamentos de la Directiva Inspire en los plazos fijados. El Plan de Acción del CODIIGE se aplicó en la campaña de seguimiento de 2016 proporcionando el grado de interoperabilidad de los conjuntos de datos y servicios de 2015, y se envió a la Dirección General de Medioambiente de la Comisión para que conociera las acciones de España en sus revisiones y evaluaciones periódicas de la Directiva Inspire.

Cada año es posible analizar el estado de implementación de la Directiva INSPIRE en cada uno de los estados miembros analizando sus informes de seguimiento. Se trata de informes públicos, denominados actualmente Country Fiche, que se encuentran disponibles en la página de la Comisión Europea de la Directiva INSPIRE, que se publican en los primeros meses del año siguiente y describen la situación en cada país en el año anterior mediante una serie de indicadores acerca de los conjuntos de datos descritos a través de metadatos y su accesibilidad a través de servicios de visualización y de descarga y su correspondiente conformidad y descripciones. Estos indicadores se definieron mediante la Decisión de la Comisión del 19 de agosto de 2019 en lo relativo al Seguimiento e Informes.

El 15 de diciembre de 2021, el CODIIGE completó la campaña de *Seguimiento INSPIRE de España* correspondiente al año 2021, a partir de los metadatos de los conjuntos de datos y servicios publicados en el Catálogo Oficial de Datos y Servicios INSPIRE, CODSI tal y como se establece en el Plan de Acción para la implementación de INSPIRE.

De la información descriptiva en los ficheros de metadatos se extraen los indicadores que miden el grado de implementación de los Reglamentos de la Directiva, donde se establece el:

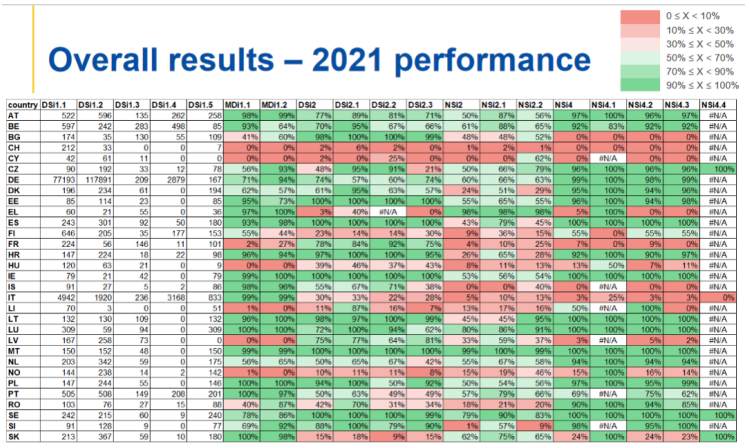
— Número de conjuntos de datos y servicios espaciales para los que existen metadatos.
— Número de datos que ya son utilizados por los Estados miembros con el fin de informar a la Comisión con arreglo a la legislación en materia de medio ambiente.
— % de conjuntos de datos y servicios espaciales cuyos metadatos son conformes.
— % de conjuntos de datos servicios espaciales conformes
— Número de conjuntos de datos espaciales que cubre el territorio regional y nacional.
— % de conjuntos de datos espaciales accesibles a través de servicios de visualización (WMS o WMTS) y descargarse (WFS, *ATOM Feed*).

En el seguimiento de la Directiva INSPIRE sobre España se informó de 544 recursos en 2021, donde 243 son conjuntos de datos y 301 servicios de red. De los 243 conjuntos de datos, 92 son conjuntos de datos prioritarios, que son aquellos conjuntos de datos espaciales (CDE) que tienen obligaciones con respectos a otras directivas medioambientales. Todos los CDE y servicios están descritos a través de metadatos y disponibles en el CODSI.

Imagen del Catálogo Oficial de Datos y Servicios INSPIRE, CODSI

La conformidad total de los CDE fue del 100 % según el Reglamento (UE) Nº 1089/2010 en lo que se refiere a la interoperabilidad de los conjuntos y los servicios de datos espaciales y su accesibilidad a través de

servicios de visualización y de descarga de un 43 %, siendo un 79 % la accesibilidad a través de servicios de visualización y un 45 % la accesibilidad de los conjuntos de datos a través de servicios de descarga. La conformidad de los servicios de red (visualización y descarga) fue del 100 % según el Reglamento modificado (CE) Nº 976/2009 en lo que se refiere a los servicios de red.



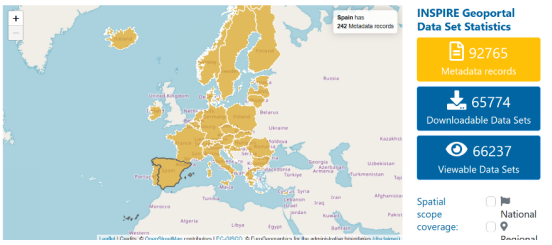
country	DSI1.1	DSI1.2	DSI1.3	DSI1.4	DSI1.5	MDI1.1	MDI1.2	DSI2	DSI2.1	DSI2.2	DSI2.3	NSI2	NSI2.1	NSI2.2	NSI4	NSI4.1	NSI4.2	NSI4.3	NSI4.4
AT	522	596	135	262	258	98%	99%	77%	89%	81%	71%	50%	87%	56%	97%	100%	96%	97%	#N/A
BE	597	242	283	498	85	93%	64%	70%	95%	67%	66%	61%	88%	65%	92%	83%	92%	92%	#N/A
BG	174	35	130	55	109	41%	60%	98%	100%	100%	99%	48%	48%	52%	0%	0%	0%	0%	#N/A
CH	212	33	0	0	7	0%	0%	2%	6%	2%	0%	1%	2%	1%	0%	0%	0%	0%	#N/A
CY	42	61	11	0	0	0%	0%	2%	0%	25%	0%	0%	0%	62%	0%	#N/A	0%	0%	#N/A
CZ	90	192	33	12	78	56%	93%	48%	95%	91%	21%	50%	66%	79%	96%	100%	96%	96%	100%
DE	77193	117891	209	2879	167	71%	94%	74%	57%	60%	74%	60%	66%	63%	99%	100%	98%	99%	#N/A
DK	196	234	61	0	194	62%	57%	61%	95%	63%	57%	24%	51%	29%	95%	100%	94%	96%	#N/A
EE	85	114	23	0	85	95%	73%	100%	100%	100%	100%	55%	65%	55%	96%	100%	94%	98%	#N/A
EL	60	21	55	0	36	97%	100%	3%	40%	#N/A	0%	98%	98%	98%	5%	100%	0%	0%	#N/A
ES	243	301	92	50	180	93%	98%	100%	100%	100%	100%	43%	79%	45%	100%	100%	100%	100%	#N/A
FI	646	205	35	177	153	55%	44%	23%	14%	14%	30%	9%	36%	15%	55%	0%	55%	55%	#N/A
FR	224	56	146	11	101	2%	27%	78%	84%	92%	75%	4%	10%	25%	7%	0%	9%	0%	#N/A
HR	147	224	18	22	98	96%	94%	97%	100%	100%	95%	26%	65%	28%	92%	100%	90%	97%	#N/A
HU	120	63	21	0	9	0%	0%	39%	46%	37%	43%	8%	11%	13%	13%	50%	7%	11%	#N/A
IE	79	21	42	0	79	99%	100%	100%	100%	100%	100%	53%	56%	54%	100%	100%	100%	100%	#N/A
IS	91	27	5	2	86	98%	96%	55%	67%	71%	38%	0%	0%	40%	0%	#N/A	0%	0%	#N/A
IT	4942	1920	236	3168	833	99%	99%	30%	33%	22%	26%	5%	10%	13%	3%	25%	3%	3%	0%
LI	70	3	0	0	51	1%	0%	11%	87%	16%	7%	13%	17%	16%	50%	#N/A	100%	0%	#N/A
LT	132	130	109	0	132	96%	100%	98%	97%	100%	99%	45%	45%	95%	100%	100%	100%	100%	#N/A
LU	309	59	94	0	309	100%	100%	72%	100%	94%	62%	80%	86%	91%	100%	100%	100%	100%	#N/A
LV	167	258	73	0	0	0%	0%	75%	77%	64%	81%	33%	59%	37%	3%	#N/A	5%	2%	#N/A
MT	150	152	48	0	150	99%	99%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	#N/A
NL	203	342	59	0	175	56%	65%	50%	65%	67%	42%	55%	67%	58%	94%	100%	94%	94%	#N/A
NO	144	238	14	2	142	1%	0%	10%	11%	11%	8%	15%	19%	46%	15%	100%	16%	14%	#N/A
PL	147	244	55	0	146	100%	100%	94%	100%	50%	92%	50%	54%	56%	97%	100%	95%	99%	#N/A
PT	505	508	149	208	201	100%	97%	50%	63%	49%	49%	57%	79%	66%	69%	#N/A	75%	62%	#N/A
RO	103	76	27	15	88	40%	87%	42%	70%	31%	34%	18%	21%	20%	90%	100%	94%	85%	#N/A
SE	242	215	60	9	240	78%	86%	100%	100%	100%	95%	79%	90%	83%	100%	100%	100%	100%	100%
SI	91	128	9	0	77	69%	92%	88%	100%	79%	90%	1%	57%	5%	98%	#N/A	95%	100%	#N/A
SK	213	367	59	10	180	100%	98%	15%	18%	9%	15%	62%	75%	65%	24%	100%	24%	23%	100%

Resultado de todos los indicadores del seguimiento 2021 de los Estados Miembros

Los indicadores del seguimiento 2021 están disponibles en la Country Fiche de 2022 y los CDE se pueden consultar tanto en el CODSI, como en el Geoportal INSPIRE.

Label	Legislation	Parent
Actual pollutant releases (European Pollutant Release and Transfer Register)	Regulation (EC) 166/2006	Regulation (EC) 166/2006
Agglomerations (Air Quality Directive)	Directive 2008/50/EC	Management zones and agglomerations (Air Quality Directive)
Agglomerations (Noise Directive)	Directive 2002/49/EC	Directive 2002/49/EC
Agglomerations (Urban Waste Water Treatment Directive)	Directive 91/271/EEC	Directive 91/271/EEC
Agglomerations - aircraft noise exposure delineation (Noise Directive)	Directive 2002/49/EC	Environmental noise exposure (Noise Directive)
Agglomerations - aircraft noise exposure delineation - night (Noise Directive)	Directive 2002/49/EC	Agglomerations - aircraft noise exposure delineation (Noise Directive)
Agglomerations - aircraft noise exposure delineation day-evening-night (Noise Directive)	Directive 2002/49/EC	Agglomerations - aircraft noise exposure delineation (Noise Directive)
Agglomerations - industrial noise exposure delineation (Noise Directive)	Directive 2002/49/EC	Environmental noise exposure (Noise Directive)
Agglomerations - industrial noise exposure delineation day-evening-night (Noise Directive)	Directive 2002/49/EC	Agglomerations - industrial noise exposure delineation (Noise Directive)
Agglomerations - noise exposure delineation (Noise Directive)	Directive 2002/49/EC	Environmental noise exposure (Noise Directive)
Agglomerations - noise exposure delineation - night (Noise Directive)	Directive 2002/49/EC	Agglomerations - noise exposure delineation (Noise Directive)
Agglomerations - noise exposure delineation day-evening-night (Noise	Directive 2002/49/EC	Agglomerations - noise exposure delineation (Noise Directive)

Lista de datos prioritarios definidos en el Registro INSPIRE



Recursos de España en el Geoportal INSPIRE

Delimitaciones Territoriales

El IGN acometió desde finales del siglo XIX hasta mediados del siglo XX los trabajos de deslinde necesarios para la realización del Mapa Topográfico Nacional. Debido al tiempo transcurrido hasta nuestros días, a los métodos e instrumentos topográficos utilizados en su día para estos trabajos, y a la aparición de imprecisiones transmitidas en las sucesivas ediciones analógicas del mapa, muchas de estas líneas no reúnen la precisión geométrica que demandan los distintos usuarios en la actualidad. Gracias a la documentación técnica y jurídica obrante en el Registro Central de Cartografía es posible recuperar con métodos e instrumentos actuales la posición de los hitos o mojones establecidos en su día para señalizar el deslinde, tanto de aquellos que aún se conservan sobre el terreno, como de los que han desaparecido con el tiempo. De esta forma se fijan coordenadas de los puntos que definen las líneas límite con precisión decimétrica, válida para aplicaciones sobre cartografía a gran escala.

Actualmente están en marcha dos convenios del IGN-CNIG con las CC. AA. de Cantabria y Castilla-La Mancha para la recuperación y mejora geométrica de las líneas límite entre todos los municipios cántabros, en el primer caso, y entre municipios castellano manchegos ordenados según criterios de población, en el segundo. Ambos proyectos avanzan según los plazos

establecidos y están consiguiendo un porcentaje casi completo de acuerdos de deslinde entre ayuntamientos limítrofes. En el caso de Castilla–La Mancha, los trabajos ya finalizados en las capitales de provincia y en otros municipios de población importante, han continuado durante 2021. En Cantabria han continuado los trabajos durante todo el 2021, finalizando el año con reuniones para presentar las líneas y firmar las actas.

Por otra parte, el IGN sigue acudiendo a realizar informes técnicos preceptivos sobre expedientes de deslinde cuando es requerido para ello por la Administración instructora correspondiente (la Comunidad Autónoma para líneas intracomunitarias y el Estado para líneas intercomunitarias). En 2021 se han recibido 22 solicitudes de expedientes de deslinde. Dentro de los convenios que el IGN mantiene con las comunidades autónomas en relación con el Sistema Cartográfico Nacional se ha procedido a la recuperación y mejora geométrica de varias líneas límite entre municipios de diferentes comunidades autónomas. Estos trabajos han consistido en culminar la fase administrativa y jurídica de los deslindes ya observados en campo entre la Región de Murcia y la Comunitat Valenciana (8 líneas) y entre la Comunidad Foral de Navarra y Aragón (6 líneas).

En cuanto a las líneas de frontera internacional, se ha continuado con la campaña de recuperación y observación de las mugas (hitos fronterizos) en la frontera con Francia. El IGN aporta personal y medios técnicos a la campaña estival que realiza el Centro Geográfico del Ejército en colaboración con la Administración francesa. Las campañas de observación tienen una duración aproximada de dos semanas y se realizan en verano. La campaña de 2021 se ha ampliado a un mes de duración y se realizó en septiembre. Se tomaron coordenadas de un total de 44 señales fronterizas, repartidas de forma discontinua entre los municipios de Bielsa y Gistaín, en la provincia de Huesca, y Es Bòrdes, Vilamòs, Arres, Bòssost, Les y Bausen en la de Lleida. Según la denominación de los tratados internacionales, estas señales fueron de la 324 a la 330, de la 335 a la 351, y de la 386 a la 406.

El futuro del proyecto de recuperación y mejora geométrica en Castilla-La Mancha continúa con la tercera edición del convenio (2021 a 2024). Han finalizado los trabajos del primer año y están comenzando los de 2022. En Cantabria durante 2022 continuarán los trabajos de mejora geométrica, estando prevista la finalización de todas las líneas interiores el próximo año 2023. También se seguirá acudiendo preceptivamente a expedientes de deslinde surgidos entre ayuntamientos limítrofes cuando existen divergencias sobre el trazado de la línea. Los trabajos de recuperación de líneas intercomunitarias se extenderán en 2022 a varios municipios entre las comunidades de Andalucía y Extremadura y entre el Principado de Asturias y Galicia. En cuanto a los trabajos en la frontera con Francia, la duración de la campaña se estima en tres años adicionales.

Nomenclátor Geográfico Básico de España

El Nomenclátor Geográfico Básico de España (NGBE) es un proyecto realizado por el IGN según lo establecido en el Real Decreto 1545/2007, de 23 de noviembre, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional. El NGBE se forma a partir de las denominaciones georreferenciadas sobre cartografía topográfica a escalas 1:25.000 y menores, tanto en castellano como en las lenguas cooficiales correspondientes. En 2013 se publicó la primera versión de este nomenclátor con el resultado de la depuración de la toponimia procedente del Mapa Topográfico Nacional 1:25.000. Desde entonces, se continúa trabajando en la actualización de esta base de datos en coordinación con los diferentes organismos (estatales, autonómicos y locales) con competencias en materia de toponimia, ya sea mediante la inclusión de oficio de las distintas denominaciones oficialmente establecidas y publicadas o a través de la realización de distintos proyectos conducentes a la armonización del NGBE con la información toponímica (normalizada u oficial) proporcionada por los correspondientes organismos de las CC. AA. Todas estas actualizaciones pueden ser consultadas en las distintas publicaciones y servicios web del NGBE.

Aunque el proyecto de formación del NGBE haya finalizado, la constante actualización de la toponimia que publican los distintos organismos con competencias en la materia obliga al mantenimiento continuo del NGBE, mediante la investigación y validación de las propuestas de cambio toponímicas que son inmediatamente puestas a disposición de los usuarios. Concretamente en 2021 se han actualizado 175451 atributos correspondientes a topónimos procedentes de todas las CC.AA.

El NGBE servirá también para la futura formación del Nomenclátor Geográfico Nacional, resultado de la armonización, e integración en su caso, del NGBE y de los Nomenclátores Geográficos de cada una de las CC. AA., cuyo número de topónimos es mayor ya que corresponden a cartografías a escala mayor que 1:25.000, lo cual aportará una información más detallada y rica sobre la toponimia. Por otra parte, ya ha comenzado el proyecto para el desarrollo informático del Nomenclátor Geográfico Nacional mediante los contactos previos con las CC. AA. Está previsto comenzar la producción del Nomenclátor Geográfico Nacional en 2022.

Registro Cartográfico Distribuido

El Real Decreto 1545/2007, de 23 de noviembre, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional (SCN), establece la necesidad de conectar telemáticamente el Registro Central de Cartografía (RCC) con los Registros de cartografía correspondientes de las Administraciones públicas integradas en el SCN. De esta forma, no será necesario remitir al RCC aquella información que ya figure inscrita en un Registro Cartográfico autonómico. Basándose en esta premisa se creó un Grupo de Trabajo dentro de la Comisión Especializada del Plan Cartográfico Nacional, con el objetivo de definir la arquitectura de este nuevo Registro Cartográfico Distribuido. Como resultado de estos trabajos se definió también el nuevo modelo de ficha registral con el que deben realizarse las inscripciones, modelo que fue aprobado por la Orden FOM 1615/2013, de 9 de agosto de 2013.

A finales de 2018 se comenzaron los preparativos para lanzar el desarrollo de una nueva aplicación de Registro Cartográfico Distribuido que se comenzó a desarrollarse en 2019 y se finalizó en 2020.

Principales indicadores en 2021	
Número de líneas límite municipales replanteadas en apoyo a convenios trabajos del CNIG:	65
Participación preceptiva en expedientes de deslinde municipal:	5
Número de informes técnicos sobre líneas límite municipales:	97
Apoyo al CEGET en la observación precisa de la línea de frontera con Francia:	2 técnicos, 1 mes, 44 señales fronterizas
Número de consultas sobre toponimia atendidas (organismos públicos y usuarios privados):	74
Número de ficheros del NGBE y del NGMEP descargados:	10.031
Número de visitantes a la Sala de Exposiciones:	557 en visita guiada; 350 en visita libre
Número de consultas atendidas por la Cartoteca y el Archivo Topográfico:	850
Número de ficheros descargados a través del Centro de Descargas correspondientes a fondos digitalizados de la Biblioteca:	650.000

ACTUACIONES DE RACIONALIZACIÓN DE LA GESTIÓN

La ejecución material de los programas descritos anteriormente e incluidos en el Plan Estratégico del Ministerio de Fomento precisa de la realización de ciertas actuaciones de soporte y apoyo que se pueden encuadrar en tres grandes grupos:

— Gerencia: se incluyen actividades relacionadas con la gestión tanto de los medios personales como materiales. En particular le corresponde la elaboración de la propuesta de anteproyecto de presupuestos y la gestión y tramitación de los créditos y gastos asignados al órgano directivo, sin perjuicio de las competencias de otros órganos superiores o directivos del Departamento y en coordinación con ellos. Igualmente, y tanto para su propio ámbito como para el relativo a su organismo autónomo, la definición del marco estratégico conjunto y la coordinación funcional de los servicios centrales y periféricos y de los proyectos nacionales e internacionales; y, de acuerdo con las directrices de la Subsecretaría, la colaboración en la inspección operativa, en el desarrollo de las políticas de recursos humanos, en la gestión del régimen interior y de los sistemas informáticos comunes y en el soporte jurídico necesario para el ejercicio de las funciones encomendadas.
— Soporte informático: actualmente el apoyo en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones es esencial en cualquier actividad que se realice. En el caso, además, de este Centro Directivo tanto el tipo de tareas que se llevan a cabo como el enorme volumen de información que se maneja, exigen una especial y adecuada atención en esta área.
— Documentación geográfica: se engloban aquí las labores de incorporación de nuevos fondos, las relacionadas con la difusión de información geográfica, así como la conservación y actualización de los fondos bibliográficos, de la cartografía histórica, de la documentación técnica, y del archivo de información jurídica georreferenciada, facilitando su acceso al público.

3 Relaciones institucionales

Las relaciones con otras instituciones son una actividad fundamental e ineludible, y de creciente valor estratégico, que se despliega a través de cursos, convenios o participación en organizaciones y proyectos internacionales o nacionales.

ACTIVIDADES FORMATIVAS

Durante el año 2021 el personal del IGN y del CNIG ha impartido los siguientes cursos y seminarios:

Cursos en línea

En 2021 se realizaron 10 cursos en línea con un total de 714 alumnos.

Del 15 febrero al 26 de marzo:
- 3ª edición del curso «El programa Copernicus aplicado a la producción y gestión de la información geoespacial».

Del 19 de abril al 28 de mayo:
- 23ª edición del curso «Sistemas de Información Geográfica básico».
- 5ª edición del curso «Sistemas de Información Geográfica avanzado».
- 14ª edición del curso «Teledetección, Fotogrametría, LiDAR y Ocupación del suelo».

Del 4 de octubre al 12 de noviembre:
- 4ª edición del curso «El programa Copernicus aplicado a la producción y gestión de la Información geoespacial».

Del 18 de octubre al 26 de noviembre:
- 1ª edición de 2021 del curso «Infraestructura de Datos Espaciales».
- 17ª edición del curso «Cartografía Temática».
- 6ª edición del curso «Sistemas de Información Geográfica avanzado».
- 15ª edición del curso «Teledetección, Fotogrametría, LiDAR y Ocupación del suelo».
- 24ª edición del curso «Sistemas de Información Geográfica básico».

Formación impartida por el Observatorio Geofísico Central

Durante el año 2021, el personal del Observatorio Geofísico Central ha impartido los siguientes cursos formativos:

- «Riesgos Naturales: Identificación y análisis» (Edición 2021) en la Escuela Nacional de Protección Civil. Fecha: 6 – 23 mayo 2021
- «Medidas preventivas estructurales y no estructurales frente a riesgos naturales» (Edición 2021) en la Escuela Nacional de Protección Civil. Fecha: 21-22 mayo
- «Gestión de catástrofes» (Edición 2021) en la Unidad Militar de Emergencias. Fecha:12 febrero 2021
- «El programa Copernicus para la Administración Pública: datos Copernicus e información geoespacial de referencia» Fecha:16 al 26 de marzo de 2021 y del 27 septiembre al 7 de octubre de 2021
- «Técnicas de control de deformaciones con interferometría radar de apertura sintética (InSAR)» del Plan de Formación Interadministrativo IGN-CNIG. Fecha: 22 al 26 de noviembre.

Plan de formación interadministrativo del CNIG

Durante el cuarto trimestre de 2021, y en el marco del Plan de Formación Interadministrativo del CNIG, se celebraron los siguientes cursos:

- «Terremotos y tsunamis en España. Redes de Alerta» (22 a 26 de noviembre)
- «Introducción a la historia de la cartografía y a la gestión de los fondos cartográficos históricos» (22 a 26 de noviembre)
- «Servicios interoperables desde clientes (QGIS, Iberpix, API CNIG) y aplicaciones móviles» (22 a 26 de noviembre)
- «GPS-GNSS: fundamento, aplicaciones y práctica» (15 de noviembre al 18 de noviembre)
- «Los límites municipales y la toponimia en España» (10 a 12 de noviembre)
- «QGIS aplicado a la gestión y análisis de datos geográficos» (25 de octubre al 5 de noviembre)
- «Herramientas ETL» (8 al 19 de noviembre)
- «Técnicas de control de deformaciones con interferometría radar de apertura sintética» (InSAR) (22 al 26 de noviembre)
- «Servicios de teselas vectoriales. El Mapa XYZ del Sistema Cartográfico Nacional» (10 al 12 de noviembre)
- «Geología en áreas volcánicas: procesos internos y manifestaciones superficiales. Técnicas aplicadas» (13 al 17 de diciembre)
- «PyQGIS: Scripts de geoprocesamiento vectorial y ráster en Python en entorno QGIS» (29 de noviembre al 17 de diciembre)
- «Creación y conversión de metadatos geográficos INSPIRE en el portal de datos abiertos» (29 al 30 de noviembre)

OTROS CURSOS

Curso de Monitores Starlight

Del 28 de junio al 3 de julio de 2021, se celebró en Sigüenza (Guadalajara) un curso de Monitores Astronómicos *Starlight* que contó con la participación de seis astrónomos del OAN como profesores. El objetivo del curso era preparar a profesionales del sector turístico de cara a poder

acompañar a grupos como guía astronómico, transmitiendo nociones básicas sobre el universo y organizando observaciones del cielo a simple vista o con telescopios.

La fundación *Starlight*, organizadora del curso y quien expide la acreditación oficial como Monitor Astronómico *Starlight*, tiene entre sus principales cometidos evaluar y certificar espacios naturales protegidos que se comprometen a salvaguardar la calidad del cielo nocturno. En este contexto, los astrónomos del IGN ofrecieron en el curso una visión panorámica del campo de la astrofísica, desde el sistema solar hasta cuestiones candentes en cosmología. La actividad, que contó con la financiación de la Asociación para el desarrollo local de la Sierra Norte de Guadalajara (ADEL), formó parte de los cursos de verano de la Universidad de Alcalá del pasado año. El curso tuvo un total de 60 horas presenciales, distribuidas entre clases teóricas y prácticas de campo. La asistencia estuvo limitada a 29 alumnos, por lo que quedó una lista de espera de 80 personas también interesadas en asistir al curso.

Cartel del curso de Monitores *Starlight*.

Talleres

En 2021 se han celebrado diversos congresos y eventos relacionados todos ellos con el ámbito de la didáctica de la Geografía en los que El Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) han participado.

GEONIGHT. La noche de la Geografía

El 9 de abril se celebró la Noche Internacional de la Geografía, promovida por la Unión Geográfica Internacional (UGI) con el apoyo de la Asociación de Sociedades Geográficas de Europa (EUGEO). El Instituto IGN y el CNIG participaron con la divertida actividad: ¿Cuánto sabes de Geografía? Te retamos a demostrarlo con GeoSapiens.

Se trató de una actividad virtual lúdica dirigida a jóvenes y personas de todas las edades con el objetivo de promover el conocimiento geográfico.

XIII edición del curso «La Educación de la Geografía en la Enseñanza Secundaria»

Organizado por la Asociación Española de Geografía (AGE), se celebró los días 17 y 24 de abril de 2021 de manera virtual, con el tema «Riesgos naturales».

El IGN y el CNIG fueron invitados a participar en este curso, impartiendo la ponencia: *«La Web del IGN como recurso didáctico para el estudio del riesgo natural»*. Se expuso, de manera didáctica, una selección de documentación, actividades, y cartografía del IGN y el CNIG sobre

Terremotos y tsunamis, y Volcanes. Estas presentaciones se pusieron a disposición de la comunidad educativa a través de la web Educa IGN.

Conferencia anual de EUROGEO

En la conferencia anual de EUROGEO (Asociación Europea de Geógrafos) Celia Sevilla y Ana Velasco, del CNIG, realizaron un taller presentando una síntesis de los más de 50 recursos educativos abiertos de Geografía que ofrece el IGN, priorizando aquellos disponibles en inglés, debido al público al que se dirigía.

XII Olimpiada de Geografía 2021

El IGN y el CNIG han participado en la XII Olimpiada de Geografía, organizada por el Colegio de Geógrafos y la Asociación Española de Geografía y dirigida a estudiantes de 2º de Bachillerato.

Celebrada de manera virtual, el IGN y el CNIG, además de ser patrocinadores del evento, han participado activamente en la fase estatal, organizando dos actividades fundamentales para el éxito completo de la olimpiada, permitiendo el encuentro lúdico entre el alumnado:

Un juego preolímpico Escape Map, donde el alumnado se organizó en grupos para resolver en equipo el Escape room virtual del IGN «La leyenda de las joyas perdidas».

Un juego pasa-palabra, en el que se puso a prueba a los grupos anteriormente formados para resolver una ruleta de términos geográficos que forman parte de los contenidos de Geografía de los que próximamente se examina el alumnado participante, en las pruebas de acceso a la universidad.

Actividades en la Semana de la Ciencia y la innovación de Madrid 2021

Entre el 1 y el 14 de noviembre se celebró la Semana de la Ciencia y la Innovación de Madrid. El Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) organizaron diferentes actividades para sumarse a este evento de divulgación.

Se realizó un total de 9 actividades diferentes, combinando la presencialidad con la modalidad en línea, que consistieron en: 2 talleres presenciales, 3 actividades en línea, 2 visitas guiadas y 3 conferencias.

Taller «Geolocalización por satélite: ¿Qué es y cómo funciona?»:

Este taller consistió en una charla donde se explicaron los principios generales de funcionamiento de los sistemas de navegación por satélite y sus aplicaciones, así como una práctica guiada de uso de instrumentos de observación topográficos y geodésicos.

Taller «La Red Sísmica Nacional: Los vigilantes de la Tierra»

En este caso, el personal de la Red Sísmica Nacional del IGN, describió en qué consiste su trabajo. Además, por medio de talleres interactivos, se explicaron aspectos fundamentales de la estructura de la Tierra, la tectónica de placas, la transmisión de las ondas sísmicas y el registro de estas.

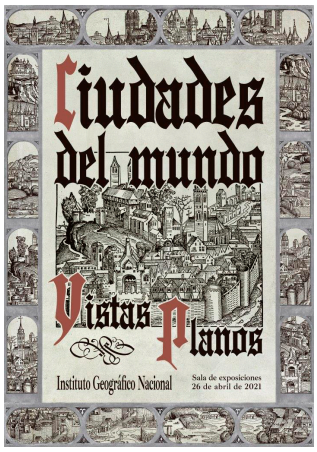
Taller «Escape room geográfico del IGN»

La propuesta consistió en invitar a las personas interesadas a participar en el *Escape room* virtual «La leyenda de las joyas perdidas», publicado en conmemoración de su 150 aniversario, en el cual es necesario desarrollar habilidades geográficas y cartográficas. El juego en línea está abierto para utilizar en cualquier momento, de manera individual o en grupo. Está dirigido a personas a partir de 12 años o menores si es en grupo.

Taller «Descubre los recursos educativos del Instituto Geográfico Nacional»

En este taller, destinado a docentes de Geografía, Historia, Ciencias Sociales o Ciencias Naturales se dieron a conocer los recursos educativos del IGN, mostrando la página de acceso y enseñando muchos de ellos de manera práctica. Al realizarse de manera virtual, la convocatoria reunió a docentes de toda España de educación primaria, secundaria y otras modalidades.

Visita guiada por la exposición «Ciudades del Mundo. Vistas. Planos»



Esta exposición reúne una esmerada selección de vistas y planos de ciudades del mundo a lo largo de la historia ordenadas cronológicamente. En las visitas guiadas se realiza un recorrido por la sala explicando todas las piezas expuestas y mostrando al visitante cómo se han ido representando las ciudades desde la Edad Antigua hasta el siglo XIX con la invención de la litografía.

Visita guiada por la exposición «150 años del Instituto Geográfico Nacional»

En 2020 se cumplieron 150 años de la creación del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Con motivo de esta efeméride se ha organizado esta exposición que repasa los hitos más destacados de este siglo y medio de trayectoria.

En las visitas guiadas se realiza un recorrido por la sala explicando todas las piezas expuestas donde se muestran documentos, mapas, instrumentos y algunos de los objetos más representativos en el ejercicio de sus competencias en información geográfica y ciencias de la Tierra. El recorrido nos transporta en el tiempo para conocer cómo se trabajaba en el pasado y cómo ha sido la evolución hasta el presente.

Conferencias de astronomía en el Observatorio Astronómico Nacional

El Observatorio Astronómico Nacional organizó tres conferencias de astronomía durante la Semana de la Ciencia para acercar al público a los resultados más recientes de la investigación en distintos campos de la astronomía.

La primera conferencia, titulada «Los misterios del sistema solar», fue impartida por Marina Rodríguez Baras, y repasó todo lo que todavía nos queda por entender de nuestra vecindad solar, desde la existencia de agua en Marte, el océano subterráneo en el satélite de Júpiter Europa, o la posible existencia del llamado «planeta 9» en los confines del sistema solar.

En la segunda conferencia, Miguel Querejeta Pérez habló sobre «El Universo de las galaxias» y se centró en las escalas espaciales más grandes para describir el agujero negro que existe en el centro de la Vía Láctea, nuestra futura colisión con la vecina galaxia de Andrómeda, y la enorme cantidad de galaxias aisladas y en interacción que se han formado en el universo gracias a la todavía misteriosa fuerza de la materia oscura.

Conferencia

La última conferencia fue impartida por Ana Chacón Tanarro con el título «Telescopios y radiotelescopios de ahora y del futuro» y sirvió para presentar la enorme variedad de instrumentos astronómicos de construcción reciente y futura, gracias a los cuales hemos podido observar directamente la formación de nuevas estrellas y planetas, la sombra que forman los agujeros negros

supermasivos, o las ondas gravitacionales que se producen en las colisiones cósmicas más energéticas.

Cerca de 200 personas participaron en las actividades de manera presencial: casi 50 en las visitas guiadas, 90 en las charlas del OAN, 25 y 29 respectivamente en los talleres de geodesia y geofísica. Además, el taller virtual recibió 60 asistentes, el *Escape room* virtual recogió 450 participantes en las dos semanas de duración del evento y unos 60 usuarios se conectaron a las charlas a través del canal YouTube del OAN. En total, se puede decir que este evento reunió a casi 770 personas interesadas en la actividad que desarrolla nuestra institución.

ACTIVIDADES DIVULGATIVAS

Eclipse de Sol retransmitido desde el Real Observatorio de Madrid

El eclipse de Sol del 10 de junio de 2021 fue retransmitido en directo por YouTube desde el Real Observatorio de Madrid. El eclipse, que fue anular desde zonas de Canadá, el océano Ártico y Rusia, fue visible como parcial desde España. El máximo oscurecimiento del disco solar ocurrió en el noroeste peninsular, mientras que en Madrid se alcanzó una magnitud de 0,12, lo que significa que un 12% del diámetro solar fue eclipsado por la Luna. El eclipse parcial se inició a las 11:01 (hora local) y se extendió hasta las 12:29.

Eclipse parcial de Sol retransmitido por YouTube desde el Real Observatorio de Madrid. Imagen inferior derecha: seguimiento desde el IES Pintor Luis Sáez de Burgos.

La retransmisión se llevó a cabo desde el edificio del Sol del Real Observatorio de Madrid, construido hace algo más de 100 años precisamente con el fin de observar nuestra estrella. En la emisión de YouTube se alternó la técnica de imagen directa con la proyección a través de un telescopio moderno y se habilitó un chat donde dos astrónomos respondieron a las cuestiones que iban planteando los espectadores.

La retransmisión tuvo una buena acogida y contó con cientos de seguidores conectados simultáneamente y con una participación muy activa mediante el chat. Muchas de las conexiones se llevaron a cabo desde centros educativos, donde el eclipse fue retransmitido para grupos de estudiantes como parte de las actividades docentes. Los medios de comunicación también se interesaron por el evento y Europa Press emitió nuestro directo. Aunque se trató de un eclipse modesto, esta actividad sirvió como preparación para los eclipses totales de Sol que serán visibles desde España en agosto de 2026 y 2027 y que, sin duda, atraerán una gran atención internacional.

Participación en la Semana de la Ingeniería de Caminos de Madrid

Entre el 27 de septiembre y el 3 de octubre de 2021, se celebró la Semana de la Ingeniería de Caminos en Madrid (SICMA). Bajo el lema «En Madrid, el futuro tiene ingenio», la sexta edición de esta iniciativa pretendía mostrar las oportunidades de recuperación y futuro tras la pan-

El edificio Villanueva del Real Observatorio de Madrid iluminado con motivo de la Semana de la Ingeniería de Caminos en Madrid.

demia, poniendo el foco en la capacidad que tiene la ingeniería de caminos como generadora de actividad y de mejoras para la vida del ciudadano.

Entre las acciones de esta semana, el 28 de septiembre se iluminaron edificios e infraestructuras emblemáticas a lo largo de toda la Comunidad de Madrid, en horario comprendido entre las 21:00 y las 23:30 horas. Entre ellos, se iluminaron la sede central del IGN y el edificio Villanueva del Real Observatorio de Madrid. También se celebraron conciertos junto a espacios arquitectónicos singulares, con el fin de poner en valor la relación entre la música y las infraestructuras. En este marco, el 2 de octubre tuvo lugar un concierto de música clásica en los jardines del Real Observatorio de Madrid. El dúo Música Alchemica, formado por violín y clave, interpretó piezas de música española barroca bajo el título «Soñando ingeniería».

El Real Observatorio de Madrid, incluido en el eje Prado-Retiro, Patrimonio Mundial de la UNESCO

El Real Observatorio de Madrid, adscrito al Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) a través del Instituto Geográfico Nacional (IGN), está incluido en el eje Prado-Retiro, «Paisaje de la Luz», que, en julio de 2021, fue declarado Patrimonio Mundial de la UNESCO en la categoría de Paisaje Cultural. Con ello, la UNESCO reconoció la relevancia de aunar, en un entorno urbano, naturaleza, cultura y ciencia desde mediados del siglo XVI hasta hoy.

El Real Observatorio de Madrid, fundado en 1790, ocupa un papel protagonista dentro del eje Prado-Retiro de Madrid, pues se trata de una institución científico-técnica con más de 200 años de historia en la que se sitúa la sede del Observatorio Astronómico Nacional. El MITMA dedica un gran esfuerzo a la conservación y promoción de su valioso patrimonio arquitectónico, siendo el Real Observatorio de Madrid declarado Bien de Interés Cultural desde 1995, uno de los más interesantes exponentes de la arquitectura neoclásica española.

Cartel utilizado por la UNESCO en su comunicado oficial.

El Real Observatorio representa el valor que en época de Carlos III se asignó a las disciplinas científicas en el siglo XVIII. Cuenta con la espectacular réplica del telescopio de 25 pies, construido en 1796-98 por

uno de los más grandes astrónomos de la historia, William Herschel (1738-1822), y que fue uno de los tres mayores telescopios del mundo en su época. Completa este complejo arquitectónico la Sala de Ciencias de la Tierra y del Universo donde se muestra la valiosa colección de instrumentos antiguos del Observatorio.

Además de su incalculable valor histórico y artístico, hay que destacar que el Real Observatorio ha conservado vivo su espíritu ilustrado hasta nuestros días. En sus instalaciones se siguen realizando hoy observaciones astronómicas, aunque en modo remoto, utilizando grandes radiotelescopios en otras ubicaciones (sobre todo los del IGN en Yebes (Guadalajara) y Pico Veleta, Granada) y se desarrollan investigaciones de primer nivel internacional sobre el origen y evolución de estrellas y galaxias. Asimismo, acoge la sede del Observatorio Geofísico Central del IGN, que gestiona los sistemas e infraestructuras de alerta y vigilancia de desastres naturales como los ocasionados por terremotos o crisis volcánicas.

Difusión, seminarios y charlas impartidas

Durante el año 2021 se han realizado más de 700 entrevistas en medios de comunicación, por parte del personal del Observatorio Geofísico Central, la mayoría a raíz de la reactivación y erupción volcánica en la isla de La Palma. Asimismo, se han impartido numerosos seminarios en los últimos meses, entre los que cabe destacar:

— C. López y M. J. Blanco. «De Julio Verne a las redes de vigilancia volcánica» Conferencia impartida dentro del ciclo de conferencias del 150 Aniversario del IGN. Fecha: 27- mayo 2021.

— Domínguez Cerdeña. Entrevista para Planeta Podcast / Cometa Colin. Episodio 23: ¿Cómo se forman los volcanes? Fecha: 7 de mayo de 2021

— González-Alonso E. «InSAR para medida de deformaciones: fundamentos y aplicaciones». Grado en Matemáticas UCM. 21 de enero de 2021

— González-Alonso E. «Medida de deformaciones con InSAR y su aplicación a los riesgos naturales». Master de Gestión de Riesgos. UCM. 14 de abril de 2021.

— Alicia Felpeto. «Erupción de La Palma 2021», Reunión de la Comisión Española de Geodesia y Geofísica. Fecha: 17 noviembre 2021

— Alicia Felpeto. «Erupción de La Palma 2021», VI Jornada Anual de FEDECA (Federación Española de Asociaciones de los Cuerpos Superiores de la Administración General del Estado). Fecha: 23 noviembre 2021

— Domínguez Cerdeña. «Erupciones volcánicas y su vigilancia a través de la Física.» En el COEFIS XIII de la Universidad de La Laguna. Fecha: 16 de abril de 2021

— Domínguez Cerdeña. «Precursores, vigilancia y proceso eruptivo de La Palma 2021» en el Museo de la Ciencia y el Cosmos de La Laguna. Fecha: 15 de octubre de 2021

— S. Meletlidis Tsiogalos. «Vigilancia, proceso eruptivo y gestión en la erupción de La Palma». VI Semana de la Ciencia «Margarita Salas». La Nueva España. Oviedo. Fecha: 22 de noviembre de 2021.

— M.J. Blanco. «Actividad actual en el archipiélago canario». En el curso de la UIMP «El volcanismo de las islas canarias». Fecha 16-18 noviembre de 2021.

— López Moreno C. Imparte dos charlas presenciales «la Geodinámica del archipiélago canario» y «Preparación y evolución de la erupción de La Palma», en el Curso de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo, Tenerife, 16-18 de noviembre de 2021.

— López Moreno C. ha impartido presencialmente los bloques sobre «Monitorización volcánica» de 27 horas en el Curso de Posgrado en Vulcanología de 110 horas presenciales, que ha organizado la Fundació d'Estudis Superiors d'Olot y la Universidad de Gerona del 18 al 31 de octubre de 2021.

ACTIVIDAD INTERNACIONAL

Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS)

El IGN, a través de la Red Sísmica Nacional forma parte de los estados miembros de este organismo que tiene como fin cooperar entre los distintos países iberoamericanos en el desarrollo de estudios sobre sismología. Fundado en 1971, cuenta actualmente con 15 países participantes. En la actualidad y desde 2018, la Red Sísmica Nacional está contribuyendo con instrumentación de desarrollo y fabricación propia a las redes acelerométricas de los países miembros.

Centro Sismológico Euro-Mediterráneo (CSEM)

Este Centro de ámbito europeo tiene actualmente su sede en el Laboratoire de Detection et de Géophysique (LDG), perteneciente a la Atomic Energy Commission (CEA), proporciona desde 1987 las alertas sísmicas al Consejo de Europa. Está actualmente constituido por 34 miembros de los cuales solamente dos son Miembros Nodales, España y Francia. Con la intervención de la red sísmica del Instituto Geográfico Nacional se asegura no sólo una alerta rápida de terremoto, sino un acceso a la base de datos sísmica, permitiendo al CSEM información esencial en las alertas tales como los mecanismos focales y momentos sísmicos en caso de terremoto. Las operaciones permanentes de los sistemas de alerta sísmica están asegurados dentro de CSEM ante cualquier problema de funcionamiento del sistema por el Instituto Geográfico Nacional.

Grupo Intergubernamental de Coordinación del Sistema de Alerta Temprana contra los Tsunamis y Atenuación de sus Efectos en el Atlántico Nororiental y el Mediterráneo y Mares Adyacentes (ICG/NEAMTWS)

Este grupo se creó a raíz del trágico tsunami del 26 de diciembre de 2004, en el que perecieron más de 250.000 personas en la región del océano Índico. En varias reuniones internacionales y regionales, en particular la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres de Kobe (Japón), del 18 al 22 de enero de 2005, y la reunión ministerial sobre cooperación regional en materia de alerta temprana contra los tsunamis en Phuket (Tailandia), el 28 y 29 de enero de 2005, la comunidad internacional confió a la Comisión Oceanográfica Intergubernamental de la UNESCO (COI) el mandato de coordinar la creación del sistema. En su 23ª reunión (21 a 30 de junio de 2005), la Asamblea de la COI decidió oficialmente crear el ICG/NEAMTWS en su Resolución IOC-XXIII-14. El grupo fue reconocido por el Consejo de la Unión Europea en 2007 y actualmente lo forman más de 40 países. Entre sus objetivos están: organizar y facilitar datos para la operabilidad del Sistema de Alerta de Tsunamis; promover la investigación sobre tsunamis y promover el desarrollo de sistemas de alerta nacionales.

Proyecto H2020 «Galileo improved services for cadastral augmentation development on-field validation (GISCAD-OV)»

Programa financiado por el programa Horizon 2020 de la Unión Europea y la European Global Navigation Satellite Systems Agency. Durante 2021 se han llevado a cabo diferentes trabajos de campo en San Martín de la Vega, municipio escogido para la validación de campo de las operaciones catastrales utilizando la señal HAS de GALILEO.

Comité INSPIRE de la Unión Europea

La Unión Europea creó el Comité INSPIRE para promover el desarrollo reglamentario de la Directiva 2007/2/CE por la que se establece una Infraestructura de Información Espacial en la Unión Europea y para el seguimiento y control de la implementación de las normas de ejecución resultantes. La Directiva INSPIRE fue traspuesta al ordenamiento jurídico español por la Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España.

El Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación designó al IGN como representante titular de España y en el Real Decreto 495/2021 el 6 de julio de 2021, por el que se establece la estructura orgánica básica del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, se asigna al CNIG la función de la planificación y gestión de la Infraestructura de Información Geográfica de España, así como la armonización y normalización, en el marco del Sistema Cartográfico Nacional, de la información geográfica oficial. Igualmente, la planificación y desarrollo de servicios de valor añadido y de nuevos sistemas y aplicaciones en materia de información geográfica, especialmente para el aprovechamiento en el ámbito de las administraciones públicas.

En 2013, el Comité Inspire creo el Grupo de Implementación y Mantenimiento de INSPIRE (MIG) con representantes de los estados miembros y en el que se realiza el intercambio de experiencias, se abordan deficiencias y obstáculos para la implementación y se desarrolla un programa de trabajo.

En 2021 se celebraron, en junio y noviembre, la 13ª y 14ª reuniones virtuales del Maintenance and Implementation Expert Group (MIG) para identificar y asesorar sobre las cuestiones prioritarias que deben abordarse en la implementación de la Directiva INSPIRE y las reuniones 64ª y 65ª y 66ª y 67ª virtuales del MIG Permanent Technical Sub-Group (MIG-T). El MIG-T tiene como objetivo facilitar la implementación de los Reglamentos de la Directiva INSPIRE y medir su grado de implementación. En el MIG-T se propusieron los siguientes subgrupos de trabajo, que posteriormente se fueron presentando sus resultados al MIG para su aprobación: Acción 2.1: Need driven data prioritisation, Acción 2.2: Roadmap for priority-driven implementation, Acción 2.3.1. Governance of INSPIRE Artefacts y Acción 2.3.2. Simplification of data-service linking.

Además, la Comisión, a través del MIG, ha realizado la «Evaluación de INSPIRE» desde octubre del 2020 a septiembre de 2021 y que ha publicado a través del documento titulado «Support to the evaluation of the implementation of the Directive 2007/2/EC on Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)». En dicho informe se resume hasta qué punto INSPIRE ha alcanzado sus objetivos como mejorar la disponibilidad, calidad, organización, accesibilidad y puesta en común de la información espacial entre los distintos niveles de la administración pública, entre los diferentes sectores y a través de las fronteras para ayudar a la elaboración de políticas con un impacto directo o indirecto en el medio ambiente.

Para ello, se ha valorado la eficacia, la eficiencia, la relevancia, la coherencia y el valor añadido a nivel europeo y su implementación en consonancia con otras regulaciones. La evaluación abarca el período comprendido entre 2014 y 2020 de los 27 Estados miembros de la EU y cuatro países del EEE/EFTS. Donde se destaca que España ha obtenido buenos resultados en comparación con otros Estados miembros.

Además, este estudio ha contribuido a asegurar el alineamiento de INSPIRE con otras áreas como la iniciativa «*GreenData4All*» como parte de la Estrategia Europea de Datos donde INSPIRE es clave para para la implementación del espacio de datos del Tratado Verde y planteándose una extensión del alcance de INSPIRE para el cumplimiento de los objetivos o su alineamiento con la Directiva de datos abiertos en relación con los datos de alto valor.

Una de las modificaciones que se han realizado en 2021 respecto a la legislación, ha sido la actualización del Reglamento (UE) nº 1089/2010 en lo que se refiere a la interoperabilidad de los conjuntos y los servicios de datos espaciales, que facilitarán su implementación y será más coherente con las normas comunitarias existentes sin perder las ventajas de la normalización y la interoperabilidad.

En los siguientes enlaces se accede al reglamento modificado:

- Reglamento nº 1089/2010
- Anexos

ISO Y UNE

La Organización Internacional de Normalización (ISO), a través del Comité Técnico 211 (TC211), se encarga de normalizar todos los aspectos relativos a la Información Geográfica Digital mediante la definición de normas internacionales (IS), informes técnicos (TR) y especificaciones técnicas (TS).

Tales normas y documentos definen modelos, métodos, herramientas y servicios para la gestión, adquisición, procesamiento, análisis, acceso, presentación y transferencia de datos geográficos digitales entre diferentes usuarios, sistemas y localizaciones.

ISO/TC 211 ha aprobado 90 normas internacionales y trabaja en unos 25 documentos adicionales de la familia de normas ISO 19100 aplicables a la información geográfica. En el año 2021 se han publicado 6 normas nuevas o revisadas.

El Comité de Normalización español relativo a la Información Geográfica Digital es el UNE/CTN148. El CNIG ostenta la secretaría del comité desde su fundación en 1992. La participación en los trabajos de ISO/TC 211 consiste esencialmente en asistir a las reuniones plenarias, participar en la elaboración de normas y documentos internacionales, emitir votos y comentarios, y difundir sus resultados, con lo que se consigue tener al tanto e involucrar a la comunidad española de actores del sector. En 2021 el CTN148 lo componen 43 expertos en información geográfica procedentes de 24 empresas, universidades y organismos públicos, y de ellos, 4 a título personal.

También se está trabajando desde el año 1995 en la traducción y adopción como normas españolas (UNE) de las citadas normas ISO 19100, de las que ya hay disponibles en castellano más de 45, cifra que aumenta de manera continua.

En este enlace se pueden consultar el listado de Normas de información Geográficas disponibles como normas españolas:

https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/IDE-Listado-Normas.pdf

CONGRESOS, CONFERENCIAS Y REUNIONES, NACIONALES E INTERNACIONALES

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

Conferencias

— Curso de monitores de astronomía «Starlight». Sigüenza, 28 junio- 3 julio
Rafael Bachiller, Javier Alcolea, Miguel Querejeta

— Hitos en la conquista del sistema solar. Real Academia de Doctores de España, 14 de abril

— Ciencia, arte e historia en el Real Observatorio de Madrid. Águilas, 13 de agosto
Rafael Bachiller

— El Real Observatorio de Madrid y la Ilustración. Ciudad Rodrigo, 3 de septiembre
El sabio legado astronómico de Alfonso X.- Real Academia de Doctores de España, 3 de noviembre
Rafael Bachiller

— La astronomía de Alfonso X.- Museo de Santa Cruz, Toledo, 18 noviembre
Contaminación lumínica. Asociación de Periodistas Medioambientales, Madrid, 22 de noviembre
Rafael Bachiller

— Alfonso X el Sabio, octavo centenario. Planetario de Madrid, 26 de noviembre
Rafael Bachiller

— Curso de monitores de astronomía «Starlight». Ávila 12-17 julio
Javier Alcolea

— Curso de monitores de astronomía «Starlight». Valle de Alcudia y Sierra Madrona, Puertollano 8 y 13 de noviembre
Javier Alcolea

— Curso de Iniciación a la Astronomía 2021: Ventanas al Universo. «Galaxias: Los ladrillos que construyen el Universo». CaixaForum Madrid, 21 de junio
Marina Rodríguez Baras

— Ciclo de conferencias de la semana de la ciencia. «Los misterios del Sistema Solar». Real Observatorio de Madrid, 4 de noviembre
Marina Rodríguez Baras.

— XI Ciclo de conferencias «La diversidad en la Astronomía». «Mujeres en la Astronomía»
Museo de Ciencias de Castilla-La Mancha, 2 de noviembre
Asunción Fuente

— Programa Ciencia en Acción 2021. Contribución dos charlas online sobre William y Caroline Herschel y sus telescopios. Septiembre
Marina Rodríguez Baras

— «Tecnomarcadores: buscar marcianos sin salir en Cuarto Milenio», NAUKAS Bilbao
24 de septiembre
Miguel Santander

— «Nebulosas planetarias, mariposas entre las estrellas». Agrupació astronòmica de Terrassa, 23 de octubre
Miguel Santander

— Ciclo de conferencias en la Semana de la Ciencia. «El universo de las galaxias», 10 de noviembre
Miguel Querejeta

Reuniones

— Consejo de dirección de ESO (European Southern Observatory) 3- 4 marzo, 8-9 junio, 27-28 septiembre, 7-8 diciembre
Rafael Bachiller

— Consejo de dirección de SKA (Square Kilometer Array) 3-4 febrero, 27-28 abril, 24-25 junio, 14-15 octubre.
Rafael Bachiller

— Consejo de dirección del IRAM (Instituto de Radioastronomía Milimétrica) 24-25 noviembre
José Antonio López Fernández, Mónica Groba, Rafael Bachiller

— Reunión de los presidentes de paneles de evaluación del ERC (Consejo Europeo de Investigación) 9 marzo
Rafael Bachiller

— Reuniones de los delegados nacionales en la IAU (Unión Astronómica Internacional) 26-27 agosto
Rafael Bachiller

— Comisión Nacional de Astronomía, 22 abril
Lorenzo García Asensio, José Antonio López Fernández, Rafael Bachiller

— Red de Infraestructuras de Astronomía, 14-15 de septiembre
José Antonio López Fernández, Rafael Bachiller

— European Scientific Advisory Committee. 22 febrero y 29 de septiembre a 1 de octubre
Mario Tafalla

— ALMA Scientific Advisory Committee. 10-12 marzo y 5-7 octubre
Mario Tafalla

— IRAM Scientific Advisory Committee. 4-5 de octubre
Mario Tafalla, Santiago García Burillo

Red Sísmica Nacional

— Comité Estatal de Coordinación y Dirección (CECOD) del Plan Estatal de Protección Civil ante el riesgo de maremotos. Videoconferencia 16 de junio de 2021.
José Antonio Fernández y Juan Vicente Cantavella

— Reunión semestral del Comité Técnico de Normalización CTN-140 Eurocódigos Estructurales. 2 de junio de 2021. Videoconferencia.
Luis Cabañas Rodríguez

— Cantavella, J. V. La Red Sísmica Nacional. Conferencia Ayuntamiento de Málaga. 14 de julio de 2021.

— Cantavella, J. V. Sistema Español de alerta temprana de tsunamis. Jornada Instituto Andaluz de Matemáticas. Las matemáticas como herramienta para mejorar los servicios públicos. 30 de septiembre de 2021. Online.

— Cantavella, J. V. La Red Nacional de Alerta de Tsunamis. Ayuntamiento de Chipiona. I Conferencia de conmemoración maremoto de Lisboa 1755. 4 de noviembre de 2021.

— Cantavella, J. V. Maremotos. Concepto. Red de Alerta ante maremotos. Jornada Técnica sobre Riesgo de Maremotos. Escuela Nacional de Protección Civil. 2 de diciembre de 2021.

— Fernandez Fraile, J., E. Buforn, M. Mattesini, J. V. Cantavella (2021). Focal parameter analysis of earthquakes of the S-SE of the Iberian Peninsula (1900-1923), EGU General Assembly 2021, online, 19–30 Apr 2021, EGU21-3020, https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-3020, 2021.

— López-Sánchez, C., E. Buforn, M. Mattesini, S. Cesca, J. V. Cantavella, L. Lozano, A. Udías (2021). Focal mechanism of intermediate depth earthquakes in the Alboran Sea (Western Mediterranean), EGU General Assembly 2021, online, 19–30 Apr 2021, EGU21-8209, https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-8209, 2021.

— Li, Y., Z. Spica, B. Gaite, S. Ruiz-Barajas (2021). Near-surface shallow velocity model using Distributed Acoustic Sensing and ambient seismic noise in an urban area: Granada, Spain. AGU 2021

— Llorente, M., R. León, J. V. Cantavella, J. Macías, O. Tello, J. T. Vázquez, M. Gómez, (2021). The littoral zone: a unique sedimentary system split in two different worlds. EMODnet Open Conference, 14-16 June 2021.

— Benjumea, B., B. Gaite, Z. Spica, F. Bohoyo, M. Schimel, S. Ruiz-Barajas (2021). DAS dataset analysis for reflection imaging with ambient noise in urban areas: Granada, Spain. Near Surface Geoscience Conference & Exhibition 2021, 29 August – 2 September. Bordeauz, France & Online.

— Sánchez-Roldán, J.L., J.J. Martínez-Díaz, J.V. Cantavella, J.A. Álvarez-Gómez, y J. Morales (2021). Relocalización de terremotos y sismotectónica mediante un nuevo modelo cortical 3D en el área de la Falla de Alhama de Murcia (SE Iberia). X Congreso Geológico de España. Vitoria-Gazteiz, 5-7 de julio de 2021.

— Xiao, H., T. Tanimoto, Z. Spica, B. Gaite, S. Ruiz Barajas (2021). Distributed acoustic sensing of seismic noise on the western Mediterranean bottom. AGU 2021.

Observatorio Geofísico Central

— C. del Fresno, A. Felpeto, I. F. Domínguez Cerdeña, L. García-Cañada, S. Meletlidis, E. González-Alonso, P. A. Torres González, N. Luengo-Oroz, S. Sainz-Maza, R. López Díaz, D. Moure y B. Casas. «The challenge of monitoring volcanic unrest processes in small oceanic islands: the case of Tagoro volcano (Canary Islands)». Presentación virtual. vEGU21: Gather Online 19-30 de abril de 2021.

— P. A. Torres González, N. Luengo-Oroz y L. Pujol. «Monitoring dissolved radon-222 in groundwater in a volcanic island (Tenerife, Canary Islands)». Presentación virtual. vEGU21: Gather Online 19-30 de abril de 2021.

— E. A. Díaz Suárez, I. F. Domínguez Cerdeña, C. del Fresno, J. V. Cantavella y J. Barco. «Automatic swarm analyzer based on matched filtering algorithms: El Hierro 2011 and Torreperogil 2012-2013». Presentación virtual. vEGU21: Gather Online 19-30 de abril de 2021.

— E. González-Alonso, A. Fenández-García, J. López-Gea, D. Botija. «Monitoring long-term deformation processes in GEP: the Canary Islands case». Presentación virtual. FRINGE 2021. Virtual Event. 31 de mayo a 4 de junio 2021.

— Fernández-García, E. González-Alonso, L. García-Cañada, H. Lamolda, J. López-Gea. «Towards an automatic InSAR processing to the study of the deformation associated with Geophysical Phenomena». Presentación virtual. FRINGE 2021. Virtual Event. 31 de mayo a 4 de junio 2021.

— V. Villasante-Marcos, A. Gomis, J. M. Tordesillas, M. Fernández de Villalta. «L-MAGMA: nuevo Laboratorio de MAGnetismo de materiales y Magnetismo Ambiental en el Instituto Geográfico Nacional». Póster. X Congreso Geológico de España. Victoria-Gastéiz 5-7 de julio de 2021.

— V. Villasante-Marcos, R. González, F. Martin, M. Morellón, J. Gardoki. «Propiedades magnéticas de los sedimentos recientes de los lagos Ausente e Isoba (Cordillera Cantábrica, Norte de España) como trazadores de cambios ambientales e influencia antrópica. Póster. X Congreso Geológico de España. Victoria-Gastéiz 5-7 de julio de 2021.

— López Moreno C, ha participado on-line en el Simposio de la Fundación AON (Observatorio de Catástrofes), en la Escuela Nacional de Protección Civil, 25 de noviembre, Madrid.

— A.Felpeto y C. López. «La Palma eruption 19-September 2021 -?» Final Workshop of EVE (European Volcano Early Warning System) Project financed by the EU Civil Protection Mechanism. Fecha: 15 diciembre 2021

Observatorio Astronómico Nacional

— Common Envelope Physics and Outcomes (CEPO 2021). Comunicación Oral «Deciphering the structure of the central regions of M1-92».
Haifa, Israel, 30 de agosto – 3 de septiembre
Javier Alcolea

— Asymmetrical Post-main-sequence Nebulae 8 e2021The Shaping of Stellar OutflowsCongreso internacional. Comunicación Oral «M1-92 revisited: new findings and open questions» Granada, Instituto de Astrofísica de Andalucía 4 – 8 de octubre
Javier Alcolea

— IAU Symposium 366 «The Origin of Outflows in Evolved Stars». Poster: «The new orbital parameters of the R Aquarii symbiotic system». Comunicación oral «Dissecting the central regions of OH231.8 with ALMA: a salty rotating structure at the base of a young bipolar outflow». Lovaina, Bélgica 1-5 de noviembre
Javier Alcolea

— European VLBI Network Mini-symposium and Users. Virtual Meeting, 12-14 de julio
https://www.ucc.ie/en/evn2021/programme/
Jean François Desmurs

— Asymmetrical Post-main-sequence Nebulae 8 e2021: The Shaping of Stellar Outflows. Granada, 4-8 de octubre
https://sites.google.com/view/apn8-e2021
Jean François Desmurs

— IAU Symposium 366: The Origin of Outflows in Evolved Stars. 1-5 de noviembre
https://iaus366.be/
Jean François Desmurs

— Workshop SOFIA: Evolved Stars and Their Circumstellar Environments. 14-17 de diciembre
https://sofia-science-series.constantcontactsites.com/
Jean François Desmurs

— «Core2Disk2». 18-28 de mayo
https://indico.ijclab.in2p3.fr/event/7100/timetable/#20210518
Ana Chacón Tanarro

— Ciclo de conferencias en la Semana de la Ciencia: «Telescopios y radiotelescopios de ahora y del futuro». Real Observatorio de Madrid, 12 de noviembre
https://www.madrimasd.org/semanacienciaeinnovacion/actividad/telescopios-y-radiotelescopios-de-ahora-y-del-futuro
Ana Chacón Tanarro

— Puzzles of Star Formation». Contribución oral: «Can molecular clouds be in free fall?». Castillo de Ringberg (Alemania), 11-14 de julio
https://www2.mpia-hd.mpg.de/homes/beuther/ringberg2021_puzzles.html
Mario Tafalla

— European Astronomical Society Annual Meeting. Conferencia invitada: «Gas phase Elemental abundances in Molecular cloudS (GEMS)». 28 de junio -2 de julio
Asunción Fuente

— Astrochemical Frontiers 2021. 5-9 de julio
Gisela Bañó Esplugues, Marina. Rodríguez Baras

— CEPO 2021: Common Envelopes Physics and Outcomes. Contribución oral: «Lessons from the ionised and molecular mass of post-CE PNe».
30 de agosto – 3 de septiembre 2021
https://phsites.technion.ac.il/common-envelope-physics-and-outcomes/
Miguel Santander

— Asymmetrical Planetary Nebulae 8: The shaping of stellar outflows. Contribución oral: «Lessons from the ionised and molecular mass of post-CE PNe». 4-8 de octubre
https://sites.google.com/view/apn8-e2021 2021
Miguell Santander

— IAU Symposium 366: The origin of outflows in evolved stars. Contribución oral: «Lessons from the ionised and molecular mass of post-CE PNe», 1-5 de noviembre
https://iaus366.be/
Miguel Santander

— European Astronomical Society.2021 «The many faces of black hole accretion». Conferencia «The Galaxy Activity, Torus, and Outflow Survey (GATOS)» Leiden 28 de junio – 2 de julio
Santiago García Burillo

— NRAO/UVA «colloquia series», Conferencia invitada «The many faces of Molecular Tori in AGNs unveiled by ALMA», 2 de diciembre
Santiagao García Burillo

— Congreso anual de la colaboración PHANGS Contribución oral: «Environmental masks for PHANGS»1-5 de febrero
Miguel Querejeta

— Universidad de Southampton: Conferencia invitada: «Molecular gas and star formation in nearby galaxies» 16 de junio
Miguel Querejeta

Subdirección General de Cartografía y Observación del Territorio

- Jornadas SIG Libre. Marzo de 2021
- II Congreso GeoEuskadi 2021. Bilbao, del 14 al 15 de octubre de 2021
- Jornadas Ibéricas de Infraestructura de Datos Espaciales (JIIDE) 2021. De manera virtual. Del 15 al 19 de noviembre de 2021
- European Commission & JRC Integrated Administration and Control System (IACS) data sharing for Common Agricultural Policy. 15 de febrero de 2021
- European Environment Agency, Copernicus Coastal Zones – Land Cover Land Use mapping. 8 de marzo de 2021
- European Commission Launch of the Knowledge Centre on Earth Observation (KCEO). 20 de abril de 2021
- European Environment Agency, Copernicus Pan European High-Resolution Snow & Ice Monitoring Product launch. 14 de mayo de 2021
- EuroGeographics, Supporting the EEA with Copernicus in situ data. 16 de mayo de 2021
- EuroSDR Socio-economic benefits of geospatial information and systems. 19 de mayo de 2021
- European Commission & JRC landscape features (LF) in the CAP. 29 de mayo de 2021
- European Commission & DG AGRI. Follow-up of the GREX meeting (process for IACS data sharing). 8 de junio de 2021
- 1st ISO Advisory Group 13 on Land Cover and Land Use. 20 de agosto de 2021
- 2nd ISO Advisory Group 13 on Land Cover and Land Use. 1 de diciembre de 2021
- ICA International Cartographic Conferencie 2021. Florencia (Italia). Del 14 al 18 de mayo de 2021

Centro Nacional de Información Geográfica

- Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales JIIDE 2021. Virtual, del 15 al 19 de noviembre, 2021.
- INSPIRE *Conference* 2021. Virtual, del 25 al 29 de octubre, 2021.

- II Congreso geoEuskadi Kongresua 2021: Cartografía e Información Geográfica del 14 al 15 de octubre. Bilbao, 2021.

- Reuniones virtuales del GT de la IDEE el 29 de abril y el 22 de octubre de 2021.

- 80 edición Feria del Libro de Madrid. «Guía del rutero conectado» Jacinto Fernández (CNIG), 18 de septiembre de 2021.

- Semana de la Ingeniería de Caminos en Madrid 2021, «App de los caminos de España», 29 de septiembre de 2021.

- I Congreso Internacional y XIII Nacional de Didáctica de la Geografía de la Asociación Española de Geografía (AGE), que se celebró de manera virtual los días 19 y 20 de marzo de 2021.

- XIII edición del curso «La Educación de la Geografía en la Enseñanza Secundaria», organizado por la Asociación Española de Geografía (AGE), que se celebró los días 17 y 24 de abril de 2021 de manera virtual, con el tema «Riesgos naturales».

- 30th International Cartographic Conference. Florencia, Italia. Del 13 al 18 de diciembre de 2021.

CONVENIOS

El IGN-CNIG, dentro del ámbito de sus competencias, mantiene estrechas relaciones con otras instituciones, tanto públicas como privadas. En la actualidad, teniendo en cuenta la existencia de una activa sociedad civil muy capacitada, el grado de descentralización del Estado español y los principales efectos de la globalización (como la internacionalización o la aceleración de las transformaciones en todos los ámbitos), es necesario que los organismos públicos sepan construir unas intensas y eficaces relaciones institucionales, sin las cuales es imposible cumplir adecuadamente con el servicio público al que deben ordenar su actividad.

Consciente de esta realidad, el IGN-CNIG ha consolidado su relación con múltiples entes públicos y privados, como atestiguan los convenios firmados en el año 2021, el mejor indicador para mostrar el comportamiento de cualquier organización en lo que se refiere a sus relaciones institucionales.

— Comunidades autónomas: 15
— Universidades: 1
— Otras entidades nacionales públicas y privadas: 16

Relación de convenios tramitados por el Organismo Autónomo CNIG en el año 2021:

- Convenio entre la Comunidad Autónoma de Canarias y el O.A. Centro Nacional de Información Geográfica para actuaciones conjuntas en el Plan Nacional de Ortofotografía.

- Convenio entre la Consejería de Fomento de Castilla-La Mancha y el O.A. Centro Nacional de Información Geográfica, para la recuperación y mejora geométrica de Líneas Límite Jurisdiccionales de Términos Municipales de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha en el periodo 2021-2024

- Convenio entre el O.A. Centro Nacional de Información Geográfica y la Comunidad Autónoma de Catalunya para el desarrollo del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea.

- Convenio entre la Entidad Pública Empresarial Enaire y el O.A. Centro Nacional de Información Geográfica, para la disponibilidad de datos TOD mediante la participación en el programa del Plan Nacional de Observación del Territorio.

- Convenio entre la Secretaría General Técnica del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (Centro de Publicaciones) y O.A. Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica para la difusión y comercialización de publicaciones.

- Adenda modificativa del convenio entre el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana a través del O.A. Centro Nacional de Información Geográfica a través del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico a través de la Confederación Hidrográfica del Miño Sil, O.A., para la mejora de la Red Hidrográfica de Referencia en el Territorio de la Demarcación Hidrográfica del Miño-Sil.

Relación de convenios

- Convenio entre la Administración del Estado a través de la Presidencia del Consejo Superior Geográfico, y la Administración de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, a través de la Consejería de Fomento, por el que la Comunidad Autónoma Castilla-La Mancha se integra en el Sistema Cartográfico Nacional.

- Convenio entre la Administración del Estado a través de la Presidencia del Consejo Superior Geográfico, y la Administración de la Comunidad Autónoma de Aragón, a través de la Consejería de Vertebración del Territorio, Movilidad y Vivienda, por el que la Comunidad Autónoma de Aragón se integra en el Sistema Cartográfico Nacional.

- Convenio entre la Administración General del Estado, a través de la Presidencia del Consejo Superior Geográfico y la Administración de la Comunidad Autónoma de Galicia, a través de la Consejería de Medio Ambiente, Territorio y Vivienda, por el que la Comunidad Autónoma de Galicia se integra en el Sistema Cartográfico Nacional.

- Convenio entre la Administración General del Estado, a través de la Presidencia del Consejo Superior Geográfico y la Administración de la Comunidad de Madrid, a través de la Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Sostenibilidad, por el que la Comunidad de Madrid se integra en el Sistema Cartográfico Nacional.

- Convenio entre la Administración General del Estado, a través de la Presidencia del Consejo Superior Geográfico, y la Administración de la Comunidad de Castilla y León, A través de la Consejería de Fomento y Medio Ambiente, por el que la Comunidad de Castilla y León se integra en el Sistema Cartográfico Nacional.

- Convenio entre la Administración General del Estado, a través de la Presidencia del Consejo Superior Geográfico, y la Administración de la Comunidad Autónoma de Cantabria, a través de la Consejería de Obras Públicas, Ordenación del Territorio y Urbanismo, por el que la Comunidad Autónoma de Cantabria se integra en el Sistema Cartográfico Nacional.

- Convenio entre la Administración General del Estado, a través de la Presidencia del Consejo Superior Geográfico y la Administración de la Comunidad Autónoma de la Rioja, a través de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Mundo Rural, Territorio y Población, por el que la Comunidad Autónoma de la Rioja se integra en el Sistema Cartográfico Nacional.

- Convenio marco entre la Administración General del Estado, a través de la Presidencia del Consejo Superior Geográfico, y la Administración de la Junta De Andalucía, a través

de La Consejería de Transformación Económica, Industria, Conocimiento y Universidades, por el que la Administración de la Junta de Andalucía se integra en el Sistema Cartográfico Nacional.

- Convenio entre la Administración General del Estado, a través de la Presidencia del Consejo Superior Geográfico, y la Administración de la Ciudad Autónoma de Melilla, a través de la Consejería de Infraestructuras, Urbanismo y Deporte, por el que la Ciudad Autónoma de Melilla se integra en el Sistema Cartográfico Nacional.

- Convenio entre la Administración General del Estado, a través de la Presidencia del Consejo Superior Geográfico, y la Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco, a través del Departamento de Planificación Territorial, Vivienda y Transportes, por el que la Comunidad Autónoma del País Vasco se integra en el Sistema Cartográfico Nacional.

- Protocolo general de actuación para la gestión y coordinación de la red de infraestructuras de astronomía RIA.

- Baleares exposiciones -Convenio entre el Instituto Geográfico Nacional y el Servei D'informació Territorial de les Illes Balears para la realización de las exposiciones tituladas: «Los mapas y la primera vuelta al mundo. La expedición de Magallanes y Elcano» y «Baleares en los mapas entre los siglos II y XVIII».

- Convenio entre la Administración General del Estado, a través de la Presidencia del Consejo Superior Geográfico, y la Administración de la Comunidad Autónoma de Extremadura, a través de la Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Población y Territorio, por el que la Comunidad Autónoma de Extremadura se integra en el Sistema Cartográfico Nacional.

- Puertos del Estado Convenio entre el Instituto Geográfico Nacional y Puertos del Estado en relación con la monitorización del nivel del mar y la generación de alerta de maremotos.

- Convenio entre el Instituto Geográfico Nacional y el Ayuntamiento de A Coruña para la realización de la exposición titulada «los mapas y la primera vuelta al mundo. La expedición de Magallanes y Elcano».

- Convenio entre el Instituto Geográfico Nacional y ENUSA Industrias Avanzadas, S. A. S.M.E. para el estudio, análisis y difusión de la información y el conocimiento de la sismicidad y estudios de peligrosidad sísmica.

- Convenio entre la Administración General del Estado, a través de la Presidencia del Consejo Superior Geográfico, y la Administración de la Comunidad Foral de Navarra, a través del Departamento de Cohesión Territorial, por el que la Comunidad Foral de Navarra se integra en el Sistema Cartográfico Nacional.

- Convenio entre la Administración General del Estado, a través de la Presidencia del Consejo Superior Geográfico, y el Principado de Asturias a través de la Consejería de Medio Rural y Cohesión Territorial, por el que El Principado de Asturias se integra en El Sistema Cartográfico Nacional.

- Convenio entre el Instituto Geográfico Nacional y el Ayuntamiento de Águilas para la realización de la exposición titulada «de Iberia a España a través de los mapas.

- Convenio entre la Administración General del Estado, a través de la Presidencia del Consejo Superior Geográfico, y la Administración de la Comunidad Autónoma de las Illes Ba-

lears, a través de la Consejería de Medio Ambiente y Territorio, por el que la Comunidad Autónoma de las Illes Balears se integra en El Sistema Cartográfico Nacional.

- Convenio entre la Administración General del Estado, a través de la Presidencia del Consejo Superior Geográfico, y la Región de Murcia, a través de la Conselleria Fomento e Infraestructuras, por el que la Región de Murcia se integra en El Sistema Cartográfico Nacional.

- Convenio para la concesión directa de una subvención por el Instituto Geográfico Nacional del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana a favor de la Fundación Observatorio del Ebro para la realización de actividades en el ámbito de la Geofísica en el año 2021.

- Convenio para la concesión directa de una subvención por el Instituto Geográfico Nacional del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana a favor de la Real Sociedad Geográfica en materia de información geográfica en el año 2021.

- Convenio entre el Instituto Geográfico Nacional y el Ayuntamiento de Logroño para la realización de la exposición titulada: «los mapas y la primera vuelta al mundo. La expedición de Magallanes y Elcano»

- Convenio entre la Entidad Pública Empresarial RED.ES, M.P. y el Instituto Geográfico Nacional para el establecimiento, puesta en servicio y explotación de la conexión del Centro Sismológico de la Red Sísmica Nacional en Sonseca (Toledo) a la Red de Fibra Óptica de RED-IRIS.

- Protocolo General de actuación entre la Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, y el Instituto Geográfico Nacional Para el desarrollo de estudios en materia de astronomía, geodesia y geofísica.

- Convenio entre el Instituto Geográfico Nacional y la Confederación Española de Aulas de la Tercera Edad -CEATE-para la realización de actividades culturales y de divulgación científica en el Real Observatorio de Madrid.

ARTÍCULOS Y PUBLICACIONES CIENTÍFICAS, E INFORMES TÉCNICOS

Subdirección General de Astronomía, Geodesia y Geofísica

— Análisis del nivel de ruido sísmico durante la COVID-19
— Informe de la actividad sísmica en Atarfe-Santa Fe (Granada) 2020-2021.
— Informe de la actividad sísmica en el sur del Mar de Alborán 2021
— Sánchez-Roldán, J. L., J. J. Martínez-Díaz, J. V. Cantavella, J. A. Álvarez-Gómez, J. Morales (2021). Relocation of Seismicity in the Guadalentín Tectonic Valley, Eastern Betics Shear Zone (Southeast Iberia). https://doi.org/10.1785/0220200341. Supplemental

Geodesia

— V. Puente, M. Folgueira, 2021. The Celestial Frame and the Weighting of the Celestial Pole Offsets in the Computation of VLBI-Based Corrections for the Main Lunisolar Nutation Terms. Sensors 21(24), 8276.
— V. Puente, E. Azcue, Y. Gómez-Espada, S. García Espada, 2021. Comparison of common VLBI and GNSS estimates in CONT17 campaign. Journal of Geodesy, 95(11):120

— V. Puente, 2021. A priori zenith wet delays in the analysis of VLBI CONT sessions. Advances in Space Research, 67(8).

Observatorio Geofísico Central

Mezcua, J., Rueda, J. (2021) A seismicity revision and a probabilistic seismic hazard assessment using the Monte Carlo approach for the Canary Islands (Spain). Nat Hazards. https://doi.org/10.1007/s11069-021-04747-0

Longpré, M. A.; Felpeto, A. (2021) Historical volcanism in the Canary Islands; part 1: A review of precursory and eruptive activity, eruption parameter estimates, and implications for hazard assessment. Journal of Volcanology and Geothermal Research, vol 419, 107363, ISSN 0377-0273. https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2021.107363

Blanco, M.J., López, C., (2021). «Tomando el pulso al Teide». En «Ciencia en el Parque Nacional del Teide 2009-2019». Editado por Cabildo de Tenerife.

Observatorio Astronómico Nacional

García-Bernete I., Alonso-Herrero A., García-Burillo S., Pereira-Santaella M., García-Lorenzo B., Carrera F. J., Rigopoulou D., Ramos Almeida C., Villar Martín M., González-Martín O., Hicks E. K. S., Labiano A., Ricci C., Mateos S.
Multiphase feedback processes in the Sy2 galaxy NGC 5643.
Astronomy and Astrophysics, 645, A21, 01/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202038256

Tercero F., López-Pérez J. A., Gallego J. D., Beltrán F., García O., Patino-Esteban M., López-Fernández I., Gómez-Molina G., Diez M., García-Carreño P., Malo I., Amils R., Serna J. M., Albo C., Hernández J. M., et al.
Yebes 40 m radio telescope and the broad band Nanocosmos receivers at 7 mm and 3 mm for line surveys.
Astronomy and Astrophysics, 645, A37, 01/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202038701

González-Alfonso E., Pereira-Santaella M., Fischer J., García-Burillo S., Yang C., Alonso-Herrero A., Colina L., Ashby M. L. N., Smith H. A., Rico-Villas F., Martín-Pintado J., Cazzoli S., Stewart K. P.
A proto-pseudobulge in ESO 320-G030 fed by a massive molecular inflow driven by a nuclear bar.
Astronomy and Astrophysics, 645, A49, 01/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202039047

Cabezas C., Neeman E. M., Tercero B., Bermúdez C., Cernicharo J.
Comprehensive rotational study and astronomical search for cyclopropanecarboxaldehyde.
Astronomy and Astrophysics, 645, A75, 01/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202039924

Querejeta M., Lelli F., Schinnerer E., Colombo D., Lisenfeld U., Mundell C. G., Bigiel F., García-Burillo S., Herrera C. N., Hughes A., Kruijssen J. M. D., Meidt S. E., Moore T. J. T., Pety J., Rigby A. J.
ALMA resolves giant molecular clouds in a tidal dwarf galaxy.
Astronomy and Astrophysics, 645, A97, 01/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202038955

Salomé Q., Longinotti A. L., Krongold Y., Feruglio C., Chavushyan V., Vega O., García-Burillo S., Fuente A., Olguín-Iglesias A., Patiño-Álvarez V. M., Puerari I., Robleto-Orús A.
Evidence of galaxy interaction in the narrow-line Seyfert 1 galaxy IRAS 17020+4544 seen by NOEMA.
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 501, 219, 01/2021
http://dx.doiorg/10.1093/mnras/staa3626

Kamiński T., Steffen W., Bujarrabal V., Tylenda R., Menten K. M., Hajduk M.
Molecular remnant of Nova 1670 (CK Vulpeculae). II. A three-dimensional view of the gas distribution and velocity field.
Astronomy and Astrophysics, 646, A1, 02/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202039634

Bulut N., Roncero O., Aguado A., Loison J.-C., Navarro-Almaida D., Wakelam V., Fuente A., Roueff E., Le Gal R., Caselli P., Gerin M., Hickson K. M., Spezzano S., Riviére-Marichalar P., Alonso-Albi T., et al.
Gas phase Elemental abundances in Molecular cloudS (GEMS). III. Unlocking the CS chemistry: the CS+O reaction.
Astronomy and Astrophysics, 646, A5, 02/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202039611

Bittner A., de Lorenzo-Cáceres A., Gadotti D. A., Sánchez-Blázquez P., Neumann J., Coelho P., Falcón-Barroso J., Fragkoudi F., Kim T., Martín-Navarro I., Méndez-Abreu J., Pérez I., Querejeta M., van de Ven G.
Galaxies within galaxies in the TIMER survey: stellar populations of inner bars are scaled replicas of main bars.
Astronomy and Astrophysics, 646, A42, 02/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202039505

Tafalla M., Usero A., Hacar A.
Characterizing the line emission from molecular clouds. Stratified random sampling of the Perseus cloud.
Astronomy and Astrophysics, 646, A97, 02/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202038727

Cabezas C., Endo Y., Roueff E., Marcelino N., Agúndez M., Tercero B., Cernicharo J.
Space and laboratory observation of the deuterated cyanomethyl radical HDCCN.
Astronomy and Astrophysics, 646, L1, 02/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202040210

Cernicharo J., Cabezas C., Endo Y., Marcelino N., Agúndez M., Tercero B., Gallego J. D., de Vicente P.
Space and laboratory discovery of HC_3S^+.
Astronomy and Astrophysics, 646, L3, 02/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202040013

Cernicharo J., Cabezas C., Bailleux S., Margulès L., Motiyenko R., Zou L., Endo Y., Bermúdez C., Agúndez M., Marcelino N., Lefloch B., Tercero B., de Vicente P.
Discovery of the acetyl cation, CH_3CO^+, in space and in the laboratory.
Astronomy and Astrophysics, 646, L7, 02/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202040076

Marcelino N., Tercero B., Agúndez M., Cernicharo J.
A study of C_4H_3N isomers in TMC-1: Line by line detection of $HCCCH_2CN$.

Astronomy and Astrophysics, 646, L9, 02/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202040177

Goicoechea J. R., Aguado A., Cuadrado S., Roncero O., Pety J., Bron E., Fuente A., Riquelme D., Chapillon E., Herrera C., Duran C. A.
Bottlenecks to interstellar sulfur chemistry. Sulfur-bearing hydrides in UV-illuminated gas and grains.
Astronomy and Astrophysics, 647, A10, 03/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202039756

Cernicharo J., Agúndez M., Cabezas C., Marcelino N., Tercero B., Pardo J. R., Gallego J. D., Tercero F., López-Pérez J. A., de Vicente P.
Discovery of CH_2CHCCH and detection of HCCN, HC_4N, CH_3CH_2CN, and, tentatively, CH_3CH_2CCH in TMC-1.
Astronomy and Astrophysics, 647, L2, 03/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202140434

Cernicharo J., Cabezas C., Agúndez M., Tercero B., Marcelino N., Pardo J. R., Tercero F., Gallego J. D., López-Pérez J. A., deVicente P.
Discovery of allenyl acetylene, $H_2CCCHCCH$, in TMC-1. A study of the isomers of C_5H_4.
Astronomy and Astrophysics, 647, L3, 03/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202140482

Agúndez M., Cabezas C., Tercero B., Marcelino N., Gallego J. D., de Vicente P., Cernicharo J.
Discovery of the propargyl radical (CH_2CCH) in TMC-1: One of the most abundant radicals ever found and a key species for cyclization to benzene in cold dark clouds.
Astronomy and Astrophysics, 647, L10, 03/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202140553

Belli S., Contursi A., Genzel R., Tacconi L. J., Förster-Schreiber N. M., Lutz D., Combes F., Neri R., García-Burillo S., Schuster K. F., Herrera-Camus R., Tadaki K.-. ichi ., Davies R. L., Davies R. I., Johnson B. D., et al.
The Diverse Molecular Gas Content of Massive Galaxies Undergoing Quenching at $z \sim 1$.
The Astrophysical Journal, 909, L11, 03/2021
http://dx.doiorg/10.3847/2041-8213/abe6a6

Anand G. S., Lee J. C., Van Dyk S. D., Leroy A. K., Rosolowsky E., Schinnerer E., Larson K., Kourkchi E., Kreckel K., Scheuermann F., Rizzi L., Thilker D., Tully R. B., Bigiel F., Blanc G. A., et al.
Distances to PHANGS galaxies: New tip of the red giant branch measurements and adopted distances.
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 501, 3621, 03/2021
http://dx.doiorg/10.1093/mnras/staa3668

Rosolowsky E., Hughes A., Leroy A. K., Sun J., Querejeta M., Schruba A., Usero A., Herrera C. N., Liu D., Pety J., Saito T., Bešlić I., Bigiel F., Blanc G., Chevance M., et al.
Giant molecular cloud catalogues for PHANGS-ALMA: methods and initial results.
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 502, 1218, 03/2021
http://dx.doiorg/10.1093/mnras/stab085

Miller-Jones J. C. A., Bahramian A., Orosz J. A., Mandel I., Gou L., Maccarone T. J., Neijssel C. J., Zhao X., Ziółkowski J., Reid M. J., Uttley P., Zheng X., Byun D.-Y., Dodson R., Grinberg V., et al.
Cygnus X-1 contains a 21-solar mass black hole—Implications for massive star winds.

Science, 371, 1046, 03/2021
http://dx.doiorg/10.1126/science.abb3363

van Dishoeck E. F., Kristensen L. E., Mottram J. C., Benz A. O., Bergin E. A., Caselli P., Herpin F., Hogerheijde M. R., Johnstone D., Liseau R., Nisini B., Tafalla M., van der Tak F. F. S., Wyrowski F., Baudry A., et al.
Water in star-forming regions: physics and chemistry from clouds to disks as probed by Herschel spectroscopy.
Astronomy and Astrophysics, 648, A24, 04/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202039084

Gallardo Cava I., Gómez-Garrido M., Bujarrabal V., Castro-Carrizo A., Alcolea J., Van Winckel H.
Keplerian disks and outflows in post-AGB stars: AC Herculis, 89 Herculis, IRAS 19125+0343, and R Scuti.
Astronomy and Astrophysics, 648, A93, 04/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202039604

Choudhury S., Pineda J. E., Caselli P., Offner S. S. R., Rosolowsky E., Friesen R. K., Redaelli E., Chacón-Tanarro A., Shirley Y., Punanova A., Kirk H.
Transition from coherent cores to surrounding cloud in L1688.
Astronomy and Astrophysics, 648, A114, 04/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202039897

Rodríguez-Baras M., Fuente A., Riviére-Marichalar P., Navarro-Almaida D., Caselli P., Gerin M., Kramer C., Roueff E., Wakelam V., Esplugues G., García-Burillo S., Le Gal R., Spezzano S., Alonso-Albi T., Bachiller R., et al.
Gas phase Elemental abundances in Molecular cloudS (GEMS). IV. Observational results and statistical trends.
Astronomy and Astrophysics, 648, A120, 04/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202040112

Cernicharo J., Cabezas C., Agúndez M., Tercero B., Pardo J. R., Marcelino N., Gallego J. D., Tercero F., López-Pérez J. A., de Vicente P.
TMC-1, the starless core sulfur factory: Discovery of NCS, HCCS, H_2CCS, H_2CCCS, and C_4S and detection of C_5S.
Astronomy and Astrophysics, 648, L3, 04/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202140642

Williams T. G., Schinnerer E., Emsellem E., Meidt S., Querejeta M., Belfiore F., Bešlić I., Bigiel F., Chevance M., Dale D. A., Glover S. C. O., Grasha K., Klessen R. S., Kruijssen J. M. D., Leroy A. K., et al.
Applying the Tremaine-Weinberg Method to Nearby Galaxies: Stellar-mass-based Pattern Speeds and Comparisons with ISM Kinematics.
The Astronomical Journal, 161, 185, 04/2021
http://dx.doiorg/10.3847/1538-3881/abe243

Rizzo J. R., Cernicharo J., García-Miró C.
SiO, ^{29}SiO, and ^{30}SiO Emission from 67 Oxygen-rich Stars: A Survey of 61 Maser Lines from 7 to 1 mm.
The Astrophysical Journal Supplement Series, 253, 44, 04/2021
http://dx.doiorg/10.3847/1538-4365/abe469

Rico-Villas F., Martín-Pintado J., González-Alfonso E., Rivilla V. M., Martín S., García-Burillo S., Jiménez-Serra I., Sánchez-García M.

Vibrationally excited HC_3N emission in NGC 1068: tracing the recent star formation in the starburst ring.
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 502, 3021, 04/2021
http://dx.doiorg/10.1093/mnras/stab197

Falstad N., Aalto S., König S., Onishi K., Muller S., Gorski M., Sato M., Stanley F., Combes F., González-Alfonso E., Mangum J. G., Evans A. S., Barcos-Muñoz L., Privon G. C., Linden S. T., et al.
CON-quest. Searching for the most obscured galaxy nuclei.
Astronomy and Astrophysics, 649, A105, 05/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202039291

Casadio C., MacDonald N. R., Boccardi B., Jorstad S. G., Marscher A. P., Krichbaum T. P., Hodgson J. A., Kim J.-Y., Traianou E., Weaver Z. R., Gómez Garrido M., González García J., Kallunki J., Lindqvist M., Sánchez S., et al.
The jet collimation profile at high resolution in BL Lacertae.
Astronomy and Astrophysics, 649, A153, 05/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202039616

Lorenzo M., Teyssier D., Bujarrabal V., García-Lario P., Alcolea J., Verdugo E., Marston A.
Fast outflows in protoplanetary nebulae and young planetary nebulae observed by Herschel/HIFI.
Astronomy and Astrophysics, 649, A164, 05/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202039592

Agúndez M., Roueff E., Cabezas C., Cernicharo J., Marcelino N.
First detection of doubly deuterated methyl acetylene (CHD_2CCH and CH_2DCCD).
Astronomy and Astrophysics, 649, A171, 05/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202140843

Agúndez M., Marcelino N., Tercero B., Cabezas C., de Vicente P., Cernicharo J.
O-bearing complex organic molecules at the cyanopolyyne peak of TMC-1: Detection of C_2H_3CHO, C_2H_3OH, $HCOOCH_3$, and CH_3OCH_3.
Astronomy and Astrophysics, 649, L4, 05/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202140978

Cernicharo J., Agúndez M., Cabezas C., Tercero B., Marcelino N., Pardo J. R., de Vicente P.
Pure hydrocarbon cycles in TMC-1: Discovery of ethynyl cyclopropenylidene, cyclopentadiene, and indene.
Astronomy and Astrophysics, 649, L15, 05/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202141156

Rodríguez-Almeida L. F., Jiménez-Serra I., Rivilla V. M., Martín-Pintado J., Zeng S., Tercero B., de Vicente P., Colzi L., Rico-Villas F., Martín S., Requena-Torres M. A.
Thiols in the Interstellar Medium: First Detection of HC(O)SH and Confirmation of C_2H_5SH.
The Astrophysical Journal, 912, L11, 05/2021
http://dx.doiorg/10.3847/2041-8213/abf7cb

Pessa I., Schinnerer E., Belfiore F., Emsellem E., Leroy A. K., Schruba A., Kruijssen J. M. D., Pan H.-A., Blanc G. A., Sanchez-Blazquez P., Bigiel F., Chevance M., Congiu E., Dale D., Faesi C. M., et al.
Star formation scaling relations at ~100 pc from PHANGS: Impact of completeness and spatial scale.

Astronomy and Astrophysics, 650, A134, 06/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202140733

Cabezas C., Tercero B., Agúndez M., Marcelino N., Pardo J. R., de Vicente P., Cernicharo J.
Cumulene carbenes in TMC-1: Astronomical discovery of l-H_2C_5.
Astronomy and Astrophysics, 650, L9, 06/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202141274

Cernicharo J., Cabezas C., Endo Y., Agúndez M., Tercero B., Pardo J. R., Marcelino N., de Vicente P.
The sulphur saga in TMC-1: Discovery of HCSCN and HCSCCH.
Astronomy and Astrophysics, 650, L14, 06/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202141297

Cabezas C., Roueff E., Tercero B., Agúndez M., Marcelino N., de Vicente P., Cernicharo J.
Detection of deuterated methylcyanoacetylene, CH_2DC_3N, in TMC-1.
Astronomy and Astrophysics, 650, L15, 06/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202141371

Meidt S. E., Leroy A. K., Querejeta M., Schinnerer E., Sun J., van der Wel A., Emsellem E., Henshaw J., Hughes A., Kruijssen J. M. D., Rosolowsky E., Schruba A., Barnes A., Bigiel F., Blanc G. A., et al.
The Organization of Cloud-scale Gas Density Structure: High-resolution CO versus 3.6 μm Brightness Contrasts in Nearby Galaxies.
The Astrophysical Journal, 913, 113, 06/2021
http://dx.doiorg/10.3847/1538-4357/abf35b

Kim J., Chevance M., Kruijssen J. M. D., Schruba A., Sandstrom K., Barnes A. T., Bigiel F., Blanc G. A., Cao Y., Dale D. A., Faesi C. M., Glover S. C. O., Grasha K., Groves B., Herrera C., et al.
On the duration of the embedded phase of star formation.
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 504, 487, 06/2021
http://dx.doiorg/10.1093/mnras/stab878

Rivilla V. M., Jiménez-Serra I., Martín-Pintado J., Briones C., Rodríguez-Almeida L. F., Rico-Villas F., Tercero B., Zeng S., Colzi L., de Vicente P., Martín S., Requena-Torres M. A.
Discovery in space of ethanolamine, the simplest phospholipid head group.
Proceedings of the National Academy of Science, 118, 2101314118, 06/2021
http://dx.doiorg/10.1073/pnas.2101314118

Bujarrabal V., Agúndez M., Gómez-Garrido M., Kim H., Santander-García M., Alcolea J., Castro-Carrizo A., Mikołajewska J.
Structure and dynamics of the inner nebula around the symbiotic stellar system R Aquarii.
Astronomy and Astrophysics, 651, A4, 07/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202141002

Fonfría J. P., Montiel E. J., Cernicharo J., DeWitt C. N., Richter M. J., Lacy J. H., Greathouse T. K., Santander-García M., Agúndez M., Massalkhi S.
Multifrequency high spectral resolution observations of HCN toward the circumstellar envelope of Y Canum Venaticorum.
Astronomy and Astrophysics, 651, A8, 07/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202040082

Pereira-Santaella M., Colina L., García-Burillo S., Lamperti I., González-Alfonso E., Perna M., Arribas S., Alonso-Herrero A., Aalto S., Combes F., Labiano A., Piqueras-López J.,

Rigopoulou D., van der Werf P.
Physics of ULIRGs with MUSE and ALMA: The PUMA project. II. Are local ULIRGs powered by AGN? The subkiloparsec view of the 220 GHz continuum.
Astronomy and Astrophysics, 651, A42, 07/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202140955

Leroy A. K., Hughes A., Liu D., Pety J., Rosolowsky E., Saito T., Schinnerer E., Schruba A., Usero A., Faesi C. M., Herrera C. N., Chevance M., Hygate A. P. S., Kepley A. A., Koch E. W., et al.
PHANGS-ALMA Data Processing and Pipeline.
The Astrophysical Journal Supplement Series, 255, 19, 07/2021
http://dx.doiorg/10.3847/1538-4365/abec80

den Brok J. S., Chatzigiannakis D., Bigiel F., Puschnig J., Barnes A. T., Leroy A. K., Jiménez-Donaire M. J., Usero A., Schinnerer E., Rosolowsky E., Faesi C. M., Grasha K., Hughes A., Kruijssen J. M. D., Liu D., et al.
New constraints on the ^{12}CO(2-1)/(1-0) line ratio across nearby disc galaxies.
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 504, 3221, 07/2021
http://dx.doiorg/10.1093/mnras/stab859

Baruteau C., Wafflard-Fernandez G., Le Gal R., Debras F., Carmona A., Fuente A., Rivière-Marichalar P.
Observational signatures of eccentric Jupiters inside gas cavities in protoplanetary discs.
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 505, 359, 07/2021
http://dx.doiorg/10.1093/mnras/stab1045

Rivière-Marichalar P., Fuente A., Le Gal R., Arabhavi A. M., Cazaux S., Navarro-Almaida D., Ribas A., Mendigutía I., Barrado D., Montesinos B.
H_2S observations in young stellar disks in Taurus.
Astronomy and Astrophysics, 652, A46, 08/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202140470

Wakelam V., Dartois E., Chabot M., Spezzano S., Navarro-Almaida D., Loison J.-C., Fuente A.
Efficiency of non-thermal desorptions in cold-core conditions. Testing the sputtering of grain mantles induced by cosmic rays.
Astronomy and Astrophysics, 652, A63, 08/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202039855

García-Burillo S., Alonso-Herrero A., Ramos Almeida C., González-Martín O., Combes F., Usero A., Hönig S., Querejeta M., Hicks E. K. S., Hunt L. K., Rosario D., Davies R., Boorman P. G., Bunker A. J., Burtscher L., et al.
The Galaxy Activity, Torus, and Outflow Survey (GATOS). I. ALMA images of dusty molecular tori in Seyfert galaxies.
Astronomy and Astrophysics, 652, A98, 08/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202141075

Alonso-Herrero A., García-Burillo S., Hönig S. F., García-Bernete I., Ramos Almeida C., González-Martín O., López-Rodríguez E., Boorman P. G., Bunker A. J., Burtscher L., Combes F., Davies R., Díaz-Santos T., Gandhi P., García-Lorenzo B., et al.
The Galaxy Activity, Torus, and Outflow Survey (GATOS). II. Torus and polar dust emission in nearby Seyfert galaxies.
Astronomy and Astrophysics, 652, A99, 08/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202141219

Cernicharo J., Agúndez M., Kaiser R. I., Cabezas C., Tercero B., Marcelino N., Pardo J. R., de Vicente P.
Discovery of benzyne, o-C_6H_4, in TMC-1 with the QUIJOTE line survey.
Astronomy and Astrophysics, 652, L9, 08/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202141660

Pardo J. R., Cabezas C., Fonfría J. P., Agúndez M., Tercero B., de Vicente P., Guélin M., Cernicharo J.
Magnesium radicals MgC_5N and MgC_6H in IRC +10216.
Astronomy and Astrophysics, 652, L13, 08/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202141671

Navarro-Almaida D., Fuente A., Majumdar L., Wakelam V., Caselli P., Rivière-Marichalar P., Treviño-Morales S. P., Cazaux S., Jiménez-Serra I., Kramer C., Chacón-Tanarro A., Kirk J. M., Ward-Thompson D., Tafalla M.
Evolutionary view through the starless cores in Taurus. Deuteration in TMC 1-C and TMC 1-CP.
Astronomy and Astrophysics, 653, A15, 09/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202140820

Eiroa C., Montesinos B., Rebollido I., Henning T., Launhardt R., Maldonado J., Meeus G., Mora A., Rivière-Marichalar P., Villaver E.
The A-shell star φ Leo revisited: its photospheric and circumstellar spectra.
Astronomy and Astrophysics, 653, A115, 09/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202141140

Stuber S. K., Saito T., Schinnerer E., Emsellem E., Querejeta M., Williams T. G., Barnes A. T., Bigiel F., Blanc G., Dale D. A., Grasha K., Klessen R., Kruijssen J. M. D., Leroy A. K., Meidt S., et al.
Frequency and nature of central molecular outflows in nearby star-forming disk galaxies.
Astronomy and Astrophysics, 653, A172, 09/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202141093

Chung E. J., Lee C. W., Kim S., Gopinathan M., Tafalla M., Caselli P., Myers P. C., Liu T., Yoo H., Kim K. H., Kim M.-R., Soam A., Cho J., Kwon W., Lee C., et al.
TRAO Survey of the Nearby Filamentary Molecular Clouds, the Universal Nursery of Stars (TRAO FUNS). II. Filaments and Dense Cores in IC 5146.
The Astrophysical Journal, 919, 3, 09/2021
http://dx.doiorg/10.3847/1538-4357/ac0881

Codella, C.; Bianchi, E.; Podio, L.; Mercimek, S.; Ceccarelli, C.; Lopez-Sepulcre, A.; Bachiller, R.; Caselli, P.; Sakai, N.; Neri, R.; Fontani, F.; Favre, C.; Balucani, N.; Lefloch, B.; Viti, S.; Yamamoto, S.
VizieR Online Data Catalog: SVS13-A Class I IRAM-NOEMA images (Codella+, 2021)
VizieR Online Data Catalog, 36540052C, 09/2021

Bešlić I., Barnes A. T., Bigiel F., Puschnig J., Pety J., Herrera Contreras C., Leroy A. K., Usero A., Schinnerer E., Meidt S. E., Emsellem E., Hughes A., Faesi C., Kreckel K., Belfiore F. M. C., et al.
Dense molecular gas properties on 100 pc scales across the disc of NGC 3627.
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 506, 963, 09/2021
http://dx.doiorg/10.1093/mnras/stab1776

Rivilla V. M., Jiménez-Serra I., García de la Concepción J., Martín-Pintado J., Colzi L., Rodríguez-Almeida L. F., Tercero B., Rico-Villas F., Zeng S., Martín S., Requena-Torres M.

A., de Vicente P.
Detection of the cyanomidyl radical (HNCN): a new interstellar species with the NCN backbone.
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 506, L79, 09/2021
http://dx.doiorg/10.1093/mnrasl/slab074

Cabezas C., Agúndez M., Marcelino N., Tercero B., Cuadrado S., Cernicharo J.
Interstellar detection of the simplest aminocarbyne H_2NC: an ignored but abundant molecule.
Astronomy and Astrophysics, 654, A45, 10/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202141491

Codella C., Bianchi E., Podio L., Mercimek S., Ceccarelli C., López-Sepulcre A., Bachiller R., Caselli P., Sakai N., Neri R., Fontani F., Favre C., Balucani N., Lefloch B., Viti S., et al.
SOLIS. XII. SVS13-A Class I chemical complexity as revealed by S-bearing species.
Astronomy and Astrophysics, 654, A52, 10/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202141485

Holdship J., Viti S., Martín S., Harada N., Mangum J., Sakamoto K., Muller S., Tanaka K., Yoshimura Y., Nakanishi K., Herrero-Illana R., Mühle S., Aladro R., Colzi L., Emig K. L., et al.
The distribution and origin of C_2H in NGC 253 from ALCHEMI.
Astronomy and Astrophysics, 654, A55, 10/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202141233

Rodríguez-Almeida L. F., Rivilla V. M., Jiménez-Serra I., Melosso M., Colzi L., Zeng S., Tercero B., de Vicente P., Martín S., Requena-Torres M. A., Rico-Villas F., Martín-Pintado J.
First detection of C_2H_5NCO in the ISM and search of other isocyanates towards the G+0.693-0.027 molecular cloud.
Astronomy and Astrophysics, 654, L1, 10/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202141989

Cabezas C., Agúndez M., Marcelino N., Tercero B., Pardo J. R., de Vicente P., Cernicharo J.
Discovery of interstellar 3-cyano propargyl radical, CH_2CCCN.
Astronomy and Astrophysics, 654, L9, 10/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202142156

Zeng S., Jiménez-Serra I., Rivilla V. M., Martín-Pintado J., Rodríguez-Almeida L. F., Tercero B., de Vicente P., Rico-Villas F., Colzi L., Martín S., Requena-Torres M. A.
Probing the Chemical Complexity of Amines in the ISM: Detection of Vinylamine ($C_2H_3NH_2$) and Tentative Detection of Ethylamine ($C_2H_5NH_2$).
The Astrophysical Journal, 920, L27, 10/2021
http://dx.doiorg/10.3847/2041-8213/ac2c7e

Lefloch B., Busquet G., Viti S., Vastel C., Mendoza E., Benedettini M., Codella C., Podio L., Schutzer A., Rivera-Ortiz P. R., Lépine J. R. D., Bachiller R.
HCN/HNC chemistry in shocks: a study of L1157-B1 with ASAI.
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 507, 1034, 10/2021
http://dx.doiorg/10.1093/mnras/stab2134

Fuente A., Treviño-Morales S. P., Alonso-Albi T., Sánchez-Monge A., Rivière-Marichalar P., Navarro-Almaida D.
Probing the kinematics and chemistry of the hot core Mon R2 IRS 3 using ALMA observations.
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 507, 1886, 10/2021
http://dx.doiorg/10.1093/mnras/stab2216

Tang X. D., Henkel C., Menten K. M., Gong Y., Chen C.-H. R., Li D. L., Lee M.-Y., Mangum J. G., Ao Y. P., Mühle S., Aalto S., García-Burillo S., Martín S., Viti S., Muller S., et al.
Kinetic temperature of massive star-forming molecular clumps measured with formaldehyde. IV. The ALMA view of N113 and N159W in the LMC.
Astronomy and Astrophysics, 655, A12, 11/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202141804

Cernicharo J., Agúndez M., Kaiser R. I., Cabezas C., Tercero B., Marcelino N., Pardo J. R., de Vicente P.
Discovery of two isomers of ethynyl cyclopentadiene in TMC-1: Abundances of CCH and CN derivatives of hydrocarbon cycles.
Astronomy and Astrophysics, 655, L1, 11/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202142226

Audibert A., Combes F., García-Burillo S., Hunt L., Eckart A., Aalto S., Casasola V., Boone F., Krips M., Viti S., Muller S., Dasyra K., van der Werf P., Martín S.
Black hole feeding and star formation in NGC 1808.
Astronomy and Astrophysics, 656, A60, 11/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202039886

Singh A., Matzner C. D., Friesen R. K., Martin P. G., Pineda J. E., Rosolowsky E., Alves F., Chacón-Tanarro A., Chen H. H.-H., Chen M. C.-Y., Choudhury S., Di Francesco J., Keown J., Kirk H., Punanova A., et al.
Are Massive Dense Clumps Truly Subvirial? A New Analysis Using Gould Belt Ammonia Data.
The Astrophysical Journal, 922, 87, 11/2021
http://dx.doiorg/10.3847/1538-4357/ac20d2

Kamp I., Honda M., Nomura H., Audard M., Fedele D., Waters L. B. F. M., Aikawa Y., Banzatti A., Bowey J. E., Bradford M., Dominik C., Furuya K., Habart E., Ishihara D., Johnstone D., et al.
The formation of planetary systems with SPICA.
Publications of the Astronomical Society of Australia, 38, e055, 11/2021
http://dx.doiorg/10.1017/pasa.2021.31

Martín S., Mangum J. G., Harada N., Costagliola F., Sakamoto K., Muller S., Aladro R., Tanaka K., Yoshimura Y., Nakanishi K., Herrero-Illana R., Mühle S., Aalto S., Behrens E., Colzi L., et al.
ALCHEMI, an ALMA Comprehensive High-resolution Extragalactic Molecular Inventory. Survey presentation and first results from the ACA array.
Astronomy and Astrophysics, 656, A46, 12/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202141567

Querejeta M., Schinnerer E., Meidt S., Sun J., Leroy A. K., Emsellem E., Klessen R. S., Muñoz-Mateos J. C., Salo H., Laurikainen E., Bešlić I., Blanc G. A., Chevance M., Dale D. A., Eibensteiner C., et al.
Stellar structures, molecular gas, and star formation across the PHANGS sample of nearby galaxies.
Astronomy and Astrophysics, 656, A133, 12/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202140695

Cernicharo J., Agúndez M., Cabezas C., Tercero B., Marcelino N., Fuentetaja R., Pardo J. R., de Vicente P.
Discovery of HCCCO and C_5O in TMC-1 with the QUIJOTE line survey.

Astronomy and Astrophysics, 656, L21, 12/2021
http://dx.doiorg/10.1051/0004-6361/202142634

Brown T., Wilson C. D., Zabel N., Davis T. A., Boselli A., Chung A., Ellison S. L., Lagos C. D. P., Stevens A. R. H., Cortese L., Bahé Y. M., Bisaria D., Bolatto A. D., Cashmore C. R., Catinella B., et al.
VERTICO: The Virgo Environment Traced in CO Survey.
The Astrophysical Journal Supplement Series, 257, 21, 12/2021
http://dx.doiorg/10.3847/1538-4365/ac28f5

Leroy A. K., Schinnerer E., Hughes A., Rosolowsky E., Pety J., Schruba A., Usero A., Blanc G. A., Chevance M., Emsellem E., Faesi C. M., Herrera C. N., Liu D., Meidt S. E., Querejeta M., et al.
PHANGS-ALMA: Arcsecond CO(2-1) Imaging of Nearby Star-forming Galaxies.
The Astrophysical Journal Supplement Series, 257, 43, 12/2021
http://dx.doiorg/10.3847/1538-4365/ac17f3

Centro de Desarrollos Tecnológicos. Observatorio de Yebes

Publicaciones: 42

Publicaciones arbitradas: 33

— Radiotelescopio Yebes de 40 m y los receptores nanocosmos de banda ancha a 7 mm y 3 mm para estudios de línea
F. Tercero, J.A. López-Pérez, J.D. Gallego, F. Beltrán, O. García, M. Patino-Esteban, I. López-Fernández, G. Gómez-Molina, M. Diez, P. García-Carreño, I. Malo, R. Amils, J.M. Serna, C. Albo, J.M. Hernández , B. Vaquero, J. González-García, L. Barbas, J.A. López-Fernández, V. Bujarrabal, M. Gómez-Garrido, J.R. Pardo, M. Santander-García, B. Tercero, J. Cernicharo, P. de Vicente
A&A, vol. 645, A37
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202038701

— Descubrimiento de CH2CHCCH y detección de HCCN, HC4N, CH3CH2CN y, tentativamente, CH3CH2CCH en TMC-1
Cernicharo, J.; Agúndez, M.; Cabezas, C.; Marcelino, N.; Tercero, B.; Pardo, J. R.; Gallego, J. D.; Tercero, F.; López-Pérez, J. A.; de Vicente, P.
A&A 647, L2 (2021)
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140434

— Técnicas de calibración de polarización para la nueva generación de VLBI
Martí-Vidal, I.; Mus, A.; Janssen, M.; de Vicente, P.; González, J.
A&A, 646, A52 (2021)
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039527

— Descubrimiento espacial y de laboratorio de HC3S+
Cernicharo, J.; Cabezas, C.; Endo, Y.; Marcelino, N.; Agúndez, M.; Tercero, B.; Gallego, J. D.; de Vicente, P.
A&A, 646, L3 (2021)
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202040013

— Descubrimiento del catión acetilo, CH3CO+, en el espacio y en el laboratorio
Cernicharo, J.; Cabezas, C.; Bailleux, S.; Margulès, L.; Motiyenko, R.; Zou, L.; Endo, Y.;

Bermúdez, C.; Agúndez, M.; Marcelino, N.; Lefloch, B.; Tercero, B.; de Vicente, P.
A&A, 646, L7
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202040076

— Un receptor refrigerado por tres bandas para VLBI geodésico
López-Pérez, J.A.; Tercero-Martínez, F.; Serna-Puente, J.M.; Vaquero-Jiménez, B.; Patino-Esteban, M.; García-Carreño, P.; González-García, J.; García-Pérez, Ó.; Beltrán-Martínez, F.J.; Albo-Castaño, C.; Gallego-Puyol, J.D.; López-Fernández, I.; Díez-González, C.; Malo-Gómez, I.; Barbas-Calvo, L.; de Vicente-Abad, P.; López-Fernández, J.A.
Sensores, vol. 21, no. 8, 2021
https://doi.org/10.3390/s21082662

— TMC-1, la fábrica de azufre de núcleo sin estrellas: Descubrimiento de NCS, HCCS, H2CCS, H2CCCS y C4S y detección de C5S*
Cernicharo, J.; Cabezas, C.; Agúndez, M.; Tercero, B.; Pardo, J. R.; Marcelino, N.; Gallego, J. D.; Tercero, F.; López-Pérez, J. A.; de Vicente, P.
A&A, 648 (2021) L3
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140642

— Descubrimiento del acetileno allenil, H2CCCHCCH, en TMC-1*
Cernicharo, J.; Cabezas, C.; Agúndez, M.; Tercero, B.; Marcelino, N.; Pardo, J. R.; Tercero, F.; Gallego, J. D.; López-Pérez, J. A.; de Vicente, P.
A&A, 647 (2021) L3
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140482

— La saga del azufre en TMC-1: Descubrimiento de HCSCN y HCSCCH
Cernicharo, J.; Cabezas, C.; Endo, Y.; Agúndez, M.; Tercero, B.; Pardo, J. R.; Marcelino, N.; de Vicente, P.
A&A, 650 (2021) L14
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141297

— Carbenos de cumuleno en TMC-1: Descubrimiento astronómico de l-H2C5*
Cabezas, C.; Tercero, B.; Agúndez, M.; Marcelino, N.; Pardo, J. R.; de Vicente, P.; Cernicharo, J.
A&A, 650 (2021) L9
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141274

— Detección de metilcianoacetileno deuterado, CH2DC3N, en TMC-1
Cabezas, C.; Roueff, E.; Tercero, B.; Agúndez, M.; Marcelino, N.; de Vicente, P.; Cernicharo, J.
A&A, 650 (2021) L15
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141371

— Un estudio de isómeros C4H3N en TMC-1: Detección línea por línea de HCCCH2CN
Marcelino, N.; Tercero, B.; Agúndez, M.; Cernicharo, J.
A&A, 646 (2021) L9
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202040177

— Moléculas orgánicas complejas portadoras de O en el pico de cianopoliinos de TMC-1: Detección de C2H3CHO, C2H3OH, HCOOCH3 y CH3OCH3
Agúndez, M.; Marcelino, N.; Tercero, B.; Cabezas, C.; de Vicente, P.; Cernicharo, J.
A&A, 649 (2021) L4
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140978

— Relaciones de escala de formación estelar a ~ 100 pc de PHANGS: Impacto de la integridad y la escala espacial
Pessa, I.; Schinnerer, E.; Belfiore, F.; Emsellem, E.; Leroy, A. K.; Schruba, A.; Kruijssen, J.M. D.; Pan, H.-A.; Blanc, G. A.; Sánchez-Blázquez, P.; Bigiel, F.; Chevance, M.; Congiu, E.; Dale, D.; Faesi, C.M.; Glover, S.C. O.; Grasha, K.; Arboledas, B.; Ho, I.; Jiménez-Donaire, M.; Klessen, R.; Kreckel, K.; Koch, E. W.; Liu, D.; Meidt, S.; Pety, J.; Querejeta, M.; Rosolowsky, E.; Saito, T.; Santoro, F.; Sol, J.; Usero, A.; Watkins, E. J.; Williams, T. G.
A&A, 650 (2021) A134
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202140733

— Nuevas restricciones en la relación de línea 12CO(2–1)/(1–0) a través de galaxias de disco cercanas
den Brok, J. S.; Chatzigiannakis, D.; Bigiel, F.; Puschnig, J.; Barnes, A. T.; Leroy, A. K.; Jiménez-Donaire, M. J.; Usero, A.; Schinnerer, E.; Rosolowsky, E.; Faesi, C.M.; Grasha, K.; Hughes, A.; Kruijssen, J.M. D.; Liu, D.; Neumann, L.; Pety, J.; Querejeta, M.; Saito, T.; Schruba, A.; Stuber, S.
Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 504, No. 3, julio de 2021, pp. 3221–3245
https://doi.org/10.1093/mnras/stab859

— El perfil de colimación a chorro a alta resolución en BL Lacertae
Casadio, C.; MacDonald, N. R.; Boccardi, B.; Jorstad, S. G.; Marscher, A. P.; Krichbaum, T. P.; Hodgson, J. A.; Kim, J.-Y.; Traianou, E.; Weaver, Z. R.; Gómez Garrido, M.; González García, J.; Kallunki, J.; Lindqvist, M.; Sánchez, S.; Yang, J.; Zensus, J. A.
A&A, 649 (2021) A153
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039616

— Estudio rotacional exhaustivo y búsqueda astronómica de ciclopropanocarboxaldehído
Cabezas, C.; Neeman, E.M.; Tercero, B.; Bermúdez, C.; Cernicharo, J.
A&A, 645 (2021) A75
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039924

— Abundancias elementales en fase gaseosa en nubes moleculares (GEMS) - IV. Resultados observacionales y tendencias estadísticas
Rodríguez-Baras, M.; Fuente, A.; Riviére-Marichalar, P.; Navarro-Almaida, D.; Caselli, P.; Gerin, M.; Kramer, C.; Roueff, E.; Wakelam, V.; Esplugues, G.; García-Burillo, S.; Le Gal, R.; Spezzano, S.; Alonso-Albi, T.; Bachiller, R.; Cazaux, S.; Commercon, B.; Goicoechea, J. R.; Loison, J.C.; Treviño-Morales, S. P.; Roncero, O.; Jiménez-Serra, I.; Laas, J.; Hacar, A.; Kirk, J.; Lattanzi, V.; Martín-Doménech, R.; Muñoz-Caro, G.; Pineda, J. E.; Tercero, B.; Ward-Thompson, D.; Tafalla, M.; Marcelino, N.; Malinen, J.; Friesen, R.; Giuliano, B.M.
A&A, 648 (2021) A120
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202040112

— Descubrimiento de bencino, o-C6H4, en TMC-1 con el estudio de la línea QUIJOTE
Cernicharo, J.; Agúndez, M.; Kaiser, R. I.; Cabezas, C.; Tercero, B.; Marcelino, N.; Pardo, J. R.; de Vicente, P.
A&A, 652 (2021) L9
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141660

— Procesamiento de datos VLBI en experimentos de radiosondeo coronal de Mars Express
Maoli M., Molera G., Cimo G., Zhang P., Xiong M., Li, P., Kummamuru P., Chu Z.,

Jiang T., Xia B., Tetsuro K., Tong F., de Vicente P., Quick J., Zhang H., Chen Z.
AJ, Vol. 162, N. 4
https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-3881/ac0dc1

— Ciclos de hidrocarburos puros en TMC-1: Descubrimiento de etinil ciclopropenilideno, ciclopentadieno e indeno
Cernicharo, J., Agundez, M., Cabezas,C., Tercero, B., Marcelino, N., Pardo J.R. y de Vicente, P.,
A&A, 649L, 15C
https://www.aanda.org/articles/aa/full_html/2021/05/aa41156-21/aa41156-21.html

— Tioles en el medio interestelar: primera detección de HC(O)SH y confirmación de C2H5SH
Rodriguez-Almeida, L.F., Jimenez-Serra, I., Rivilla, V.M., Martin-Pintado, J., Zeng, S., Tercero, B., de Vicente, P., Colzi, L., Rico-Villas, F., Martin, S., Requena-Torres, M.A.
ApJ, 912L, 11R
https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/abf7cb

— Descubrimiento en el espacio de la etanolamina, el grupo de cabeza de fosfolípidos más simple
Rivilla, V.M., Jiménez-Serra, I., Martín-Pintado, J., Briones, C., Rodríguez-Almeida, L.F., Rico-Villas, F.,Tercero, B., Zeng, S., Colzi, L., de Vicente, P., Martín, S., Requena-Torres, M.A.
PNAS, 118, 22, id. 2101314118
https://doi.org/10.1073/pnas.2101314118

— Radicales de magnesio MgC5N y MgC6H en IRC +10216
Pardo, J.R., Cabezas, C. Fonfría, J.P., Agúndez, M., Tercero, B., de Vicente, P., Guélin, M., Cernicharo, J.
A&A, 625L, 13P
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141671

— Detección del radical cianomidil (HNCN): una nueva especie interestelar con la columna vertebral ncn
Rivilla, V.M., Jiménez-Serra, I., García de la Concepción, J., Martín-Pintado, J., Colzi, L., Rodríguez-Almeida, L.F., Tercero, B., Rico-Villas, F., Zeng, S., Martín, S., Requena-Torres, M.A., de Vicente, P.
MNRAS, 506, 1, L79-L84
https://doi.org/10.1093/mnrasl/slab074

— Primera detección de C2H5NCO en el ISM y búsqueda de otros isocianatos hacia la nube molecular G+0.693-0.027
Rodríguez-Almeida, L. F. búsqueda por orquídea; Rivilla, V.M., Jiménez-Serra, I., Melosso, M., Colzi, L., Zeng, S., Tercero, B., de Vicente, P., Martín, S., Requena-Torres, M. A., Rico-Villas, F., Martín-Pintado, J.
A&A, 654L, 1R
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141989

— Descubrimiento del radical propargil 3-ciano interestelar, CH2CCCN
Cabezas, C., Agúndez, M., Marcelino, N., Tercero, B., Pardo, J.R., de Vicente, P., Cernicharo, J.
A&A, 654, L9, 5pp
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202142156

— Procesamiento de datos VLBI en experimentos de radiosondeo coronal de Mars Express
Ma M., Molera-Calvés G., Cimo G., Zhang P., Xiong M., Li P., Kummamuru P., Chu Z., Jian T., Xia B., Tetsuroro K., Tong F., de Vicente P., Quick J., Zhang H., Chen Z.
AJ, 162, 141
https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-3881/ac0dc1

— Sondeo de la complejidad química de las aminas en el ISM: detección de vinilamina (C2H3NH2) y detección tentativa de etilamina (C2H5NH2)
Zeng S., Jiménez-Serra I., Rivilla V.M., Martín-Pintado J., Rodríguez-Almeida L.F., Tercero B., de Vicente P.. Rico-Villas F., Colzi L., Martín S., Requena-Torres M.A.
ApJ, 920, L27
https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ac2c7e

— Descubrimiento de dos isómeros de etinil ciclopentadieno en TMC-1: Abundancias de CCH y derivados CN de ciclos de hidrocarburos
Cernicharo, J. ; Agúndez, M. buscar por orcid ; Kaiser, R. I.; Cabezas, C. búsqueda por orquídea; Tercero B., Marcelino N., Pardo J.R., de Vicente, P.
A&A, 655, L1
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202142226

— J2102+6015: una fuente de radio joven en z = 4.575
Zhang Y., An T., Frey S., Yang X., Krezinger M., Titov, O., Melnikov A., de Vicente P., Shu F., Wang A.
MNRAS, 507, 3
https://academic.oup.com/mnras/article/507/3/3736/6348117

— Descubrimiento de HCCCO y C5O en TMC-1 con el estudio de la línea QUIJOTE
Cernicharo J., Agúndez M., Cabezas C., Tercero B., Marcelino N., Fuentetaja R., Pardo J.R., de Vicente P.
A&A 656, L21
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202142634

— Discos keplerianos y salidas en estrellas post-AGB: AC Herculis, 89 Herculis, IRAS 19125+0343 y R Scuti
Cava Gallardo, I.; Gómez-Garrido, M.; Bujarrabal, V.; Castro-Carrizo, A.; Alcolea, J.; Van Winckel, H.
A&A 648, A93 (2021)
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202039604

Número de procedimientos: 8

— Nuevos diseños en los front-ends VGOS en el Observatorio Yebes
Gómez-Molina, G.; García-Pérez, O.; Tercero, F.
25ª Reunión de Trabajo de EVGA, 2021

— Gestión del espectro para la VGOS
Hase, H.; López-Pérez, J. A.; Bautista-Durán, M.; Kallunki, J.; Kupiszewski, P.; Tornatore, V.; Madkour, W.; Lindqvist, M.; Winkel, B.
25ª Reunión de Trabajo de EVGA, 2021

— El estado actual de RAEGE
López-Pérez, J. A.; Ferreira, J. S.; González García, J.; Albo-Castaño, C.; García-

Castellano, A.; Vicente-Abad, P.; López-Fernández, J. A.; Macedo, F.; Santos, L. R.; Pavao, S.
25ª Reunión de Trabajo de EVGA, 2021

— Módulo preamplificador para VGOS y compatibilidad de observaciones S/X heredadas en presencia de señales RFI
López-Pérez, J. A.; Patino-Esteban, M.; García-Carreño, P.; Serna-Puente, J.M.; Bautista-Durán, M.; Rivera-Lavado, A.
25ª Reunión de Trabajo de EVGA, 2021

— Consistencia de las estimaciones de VLBI en la campaña CONT17
Puente, V.; Azcue, E.; Martínez, E,; Moreira, M.; García, M.
25ª Reunión de Trabajo de EVGA, 2021

— Un experimento geodésico VLBI con la diseminación de un reloj común a través de un enlace de fibra óptica coherente

— *Ricci, R.; Negusini, M.; Perini, F.; Calonico, D.; Clivati, C.; Mura, A.; Levi, F.; Siciliani-de-Cumis, M.; Santamaría-Amato, L.; Bianco, G.; Roma, M.; Bortolotti, C.; Maccaferri, G.; Stagni, M.; Haas, R.; Tercero, B.*
25ª Reunión de Trabajo de EVGA, 2021

— Resultados de la campaña de intercomparación de antena reflectora de alta ganancia en banda X/Ku/Ka
Saporetti, M.A.; Empañado, L.J.; Tercero, F.; Culotta-López, C.; Böttcher, M.; Álvarez-López, Y.; Zetterstrom, O.; Sierra Castañer, M.
Simposio de la Asociación de Técnicas de Medición de Antenas (AMTA), 2021
https://doi.org/10.23919/AMTA52830.2021.9620719

— Análisis de datos geodésicos de experimentos VGOS
Alef, W et al.
XXXIV Asamblea General y Simposio Científico de la Unión Internacional de Radiociencias (URSI GASS), 2021
https://doi.org/10.23919/URSIGASS51995.2021.9560322

Número de capítulos/libros: 1

— Fundamentos de dispositivos y aplicaciones de terahercios: fuentes de THz fotoconductoras impulsadas a 1550 nm
Elliot R. Brown, B. Globisch, G. Carpintero-del Barrio, A. Rivera-Lavado, D.Segovia-Vargas y A. Steiger
Ed.Wiley, Capítulo 3, pp.43-136
https://www.wiley.com/en-ie/Fundamentals+of+Terahertz+Devices+and+Applications-p-9781119460749

Informes técnicos

CDT (Centro de Desarrollos Tecnológicos), división OAN en Yebes se convirtió en un centro independiente desde 2011

Número de informes técnicos este año: 17

— Calibración de fuentes de ruido de diodo ENR de alta calidad para los receptores C-X y K-Ka Band Yebes
J.D. Gallego, C. Diez González, I. López-Fernández, I. Malo, R. Amils
Informe Técnico CDT 2021-1

— Desarrollo y prototipado de un amplificador criogénico IF de bajo ruido: verificación LNA de placa de prueba
Isaac López-Fernández, Carmen Diez, Juan Daniel Gallego, Inmaculada Malo
Informe Técnico CDT 2021-2

— Calibración de fuentes de ruido de guía de onda de banda Q
J.D. Gallego, C. Diez González, I. López-Fernández, I. Malo, R. Amils
Informe Técnico CDT 2021-3

— Código Python para la automatización de la medición de LNA criogénicos con el método de carga de temperatura variable utilizando el NFA N8975B
Pablo Collado Soto, Juan Daniel Gallego Puyol
Informe Técnico CDT 2021-4

— Control externo de los radiotelescopios del Observatorio de Yebes para satélites artificiales
P. Collado, F. Beltrán, P. de Vicente
Informe Técnico cdT 2021-5

— Marco de configuración basado en red sin cabeza con Ansible y Flask
P. Collado
Informe Técnico CDT 2021-6

— Medición directa del efecto de autocalentamiento en resistencias de chip utilizadas para redes de polarización de amplificadores criogénicos
I. López-Fernández, J.D. Gallego, C. Diez González, R. I. Amils, I. Malo
Informe Técnico cdT 2021-7

— Automatización de la instalación de ACS 2020-DEC en Debian 10 con Ansible
C. Ortega, F. Beltrán, P. de Vicente, P. Collado
Informe Técnico CDT 2021-8

— Documento de control de interfaz para el software de control del motor de carga de calibración Q/W
Gabriel Gómez-Molina, Fco. Javier Beltrán, Félix Tercero, Oscar García
Informe Técnico CDT 2021-9

— YSG 3001 - 3011 0.1-1.1 GHz informe de amplificador criogénico de bajo ruido
Isaac López-Fernández, Carmen Diez, Ricardo Amils, Juan Daniel Gallego, Inmaculada Malo
Informe Técnico CDT 2021-10

— Diseño de un sistema de calibración para los receptores de banda Q y W para el Radiotelescopio Aries XXI 40m
Gabriel Gómez-Molina, Félix Tercero, Oscar García-Pérez, Francisco Valle-Sierra, Héctor Martín Pérez-Martínez, Alfonso Bollo-Alejandre
Informe Técnico CDT 2021-11

— DDS AD9850: PRUEBA Y CARACTERIZACIÓN
A. Río, A. Alonso, P. García, C. Almendros
Informe Técnico CDT 2021-12

— UNIDAD DE SINCRONISMO 1PPS CON LPC1768
A. Río, A. Alonso, P. García, C. Almendros, F. Valle
Informe Técnico CDT 2021-13

— Antena QRFH (YQR-03-003)
D. Regajo, O. García, F. Tercero
Informe Técnico CDT 2021-14

— Antena QRFH (YQR-03-004)
D. Regajo, O. García, F. Tercero
Informe Técnico CDT 2021-15

— Antena QRFH (YQR-03-005)
D. Regajo, O. García, F. Tercero
Informe Técnico CDT 2021-16

— Actualización y Mantenimiento del Astrógrafo del Observatorio de Yebes.
1.- Consideraciones Preliminares
Héctor Martín Pérez Martínez, Alfonso Bollo Alejandre, Joaquín Fernández-Paniagua Simón, Alejandro Rivera Lavado
Informe Técnico CDT 2021-17

Centro Nacional de Información Geográfica

— JIIDE2021. Presentación: «Cartociudad 2021». Doñate Vadillo, Itziar; Abad Power, Paloma, López Romero, Emilio. Virtual, del 15 al 19 de noviembre, 2021.

— JIIDE2021. Presentación: «Geoportal y Plataforma IDEE». Alemany, Laura, García Malmierca, José María,Juanatey, Marta, Abad Power, Paloma, López Romero, Emilio. Virtual, del 15 al 19 de noviembre, 2021.

— JIIDE2021. Presentación: «Las Infraestructuras de Datos Espaciales en las Redes Sociales». B. Rodríguez, A. Sánchez. Virtual, del 15 al 19 de noviembre, 2021.

— II Congreso geoEuskadi Kongresua 2021: Cartografía e Información Geográfica. Presentación: «Implementación del mapa base XYZ del Sistema Cartográfico Nacional basado en vector tiles». García Malmierca, José María,Abad Power, Paloma, López Romero, Emilio, Juanatey, Marta. Bilbao, del 14 al 15 de octubre, 2021.

— Informe técnico «Economic benefits of the SDI central node (CNIG and University of Leuven)». Emilio López Romero y Universidad de Leuven. CODIIGE. 2021.

4 Difusión y Comunicación

GEOPORTALES, SERVICIOS WEB Y APLICACIONES MÓVILES

Web institucional del IGN

El sitio web del IGN/CNIG tiene como objetivo fundamental acercar a la sociedad los datos, servicios, recursos y aplicaciones geográficas que se generan en estos organismos. Durante este año se han realizado trabajos, mantenimientos y actualización de contenidos en cada una de sus secciones a partir de la información recibida de cada una de las áreas de actividad del IGN y el CNIG.

Os invitamos a acceder y consultar la información disponible a través de http://www.ign.es

Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica

El 21 de mayo de 2021 se publicó en el Boletín Oficial del Estado el nuevo Estatuto del Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica (Real Decreto 310/2021). Con motivo de este nuevo Estatuto se ha actualizado tanto de contenido como de diseño de la página de este organismo en el portal web.

En esta nueva página se incluye la presentación del organismo y se destacan sus principales funciones con las descripciones de cada una, se informa de su marco normativo, su política de privacidad y protección de datos personales, los principales trabajos que lleva a cabo e información para contactar.

Toda información de contacto está disponible en el siguiente enlace: https://www.cnig.es

Archivo Nacional de Datos Geofísicos

El Instituto Geográfico Nacional creó en el año 2006 el Archivo Nacional de Datos Geofísicos, ubicado en el recinto del Observatorio Geofísico de Toledo. La finalidad de este Archivo es la recopilación, catalogación y conservación de todos los datos que han sido generados por los distintos Observatorios sismológicos y Observatorios geomagnéticos que el IGN ha tenido operativos a lo largo de su historia. De este modo, el Archivo Nacional de Datos Geofísicos, cuenta entre sus fondos con los registros sísmicos y geomagnéticos de los Observatorios de Alicante, Almería, Güímar, Logroño, Málaga, Moca, San Pablo de los Montes, Santiago de Compostela, Sonseca, Tenerife y Toledo.

Para informar sobre este Archivo y darlo a conocer a la sociedad se ha añadido en el portal web del IGN un nuevo apartado dónde se puede consultar la siguiente información:

— Una presentación de este servicio.
— Su historia y localización de los Observatorios Geofísicos (sismológicos y geomagnéticos).
— Cuál es la documentación sísmica y geomagnética disponible.
— Descripción de la exposición de instrumentación geofísica histórica ubicada en el Observatorio de Toledo.

Además, se ofrece la posibilidad de cumplimentar un impreso para solicitar datos e información.

Toda la información está disponible en el siguiente enlace:
https://www.ign.es/web/ign/portal/archivo-datos-geofisicos

Información de la erupción de la isla de La Palma

Con motivo de la erupción del volcan de la isla de La Palma se publicó en el mes de septiembre una página web informativa que incluye información de la actividad volcánica registrada, las últimas noticias, así como contenido técnico relativo. En esta nueva sección incluida en la web de IGN, los ciudadanos podían consultar la siguiente información:

— Sismicidad de la Serie La Palma: imágenes de estudios de amplitud de la señal RSAM, histogramas, localización de eventos.
— Deformación de la Serie La Palma: imágenes del control de deformación GNSS, INSAR, etc.
— Enlaces a los visualizadores de la erupción 2D y 3D publicados.
— Información geográfica libre y gratuita a descarga.
— Mapa especial de la isla de La Palma a escala 1:50.000.
— Vídeos en nuestro canal en YouTube.
— Escena 3D de la isla de La Palma. Zona de erupción.
— Galería de fotografías de los trabajos realizados.

Toda la información está disponible en el siguiente enlace:

https://www.ign.es/web/ign/portal/vlc-serie-palma

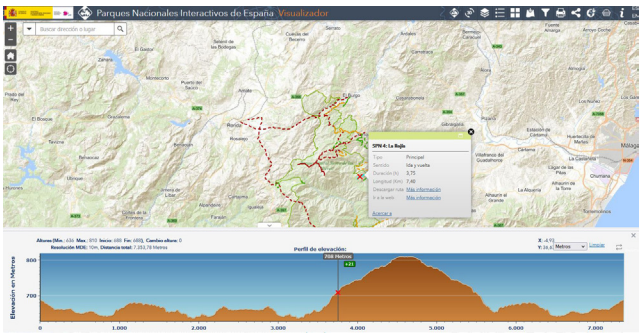
Nuevo Parque Nacional de la Sierra de las Nieves en la web de Parques Nacionales Interactivos

El Parque Nacional de la Sierra de las Nieves es un espacio natural español protegido declarado como Parque Nacional por la ley 9/2021, de 1 de julio. Con motivo de esta declaración de un nuevo Parque Nacional, la web de Parques Nacionales Interactivos se ha actualizado para incluir su información.

En la sección se puede consultar la historia del Parque, las rutas disponibles, la flora y la fauna, fotografías y curiosidades, y acceder al visualizador cartográfico.

El visualizador permite navegar por el Parque y ver cada una de las rutas para planificar una visita. Las rutas están clasi-

ficadas según su dificultad y se pueden ordenar por duración, distancia y tipo de recorrido (ida, circular e ida y vuelta). También se pueden descargar en diferentes formatos, ya sea accediendo desde la web de Parques Nacionales Interactivos o desde el Centro de Descargas en el apartado de «Rutas, ocio y tiempo libre».

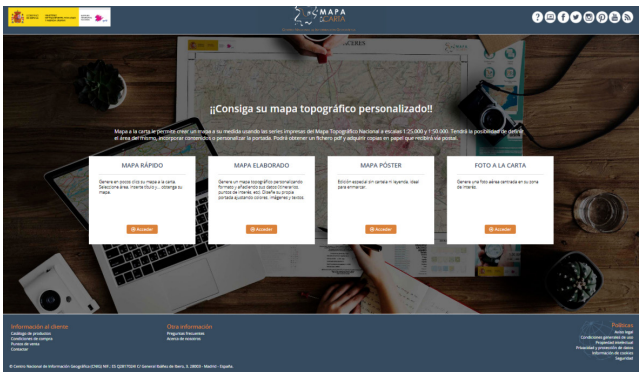


Toda la información está disponible en el siguiente enlace:

https://parquesnacionales.cnig.es/web/cnig/sierra-de-las-nieves

Nueva aplicación Mapa a la Carta para personalizar mapas topográficos

En marzo de 2021, se publicó la aplicación web Mapa a la Carta que permite a los usuarios configurar la impresión de un mapa topográfico a su gusto y necesidades, permitiendo elegir la fracción de territorio que va a contener la hoja, el fondo cartográfico (MTN25 o MTN50), la escala (dentro de unos rangos) e incluso personalizando el título y la portada del mapa.Esta aplicación, también permite dibujar sobre la cartografía puntos, líneas y polígonos que pueden ser rotulados, o bien insertar otros datos geográficos propios como una ruta a pie capturada por medio de un GPS, o los datos obtenidos tras una consulta en el Centro de Descargas u otro tipo de información descargada de internet en diferentes formatos (GPX, KML, Shape y GeoJson).



Con todo ello se consigue que pasemos de ser usuarios o lectores de cartografía a creadores de nuevos mapas reutilizando los recursos del Mapa Topográfico Nacional, y disponiendo del producto digital en formato PDF en cuestión de minutos y de manera gratuita, con la posibilidad de compartirlo entre nuestros contactos. También se da la opción de obtener el mapa generado en formato papel estándar o resistente al agua y con la calidad de impresión de nuestros talleres cartográficos. Para ello, no hay más que comprar la hoja personalizada a través de nuestra Tienda Virtual.

De esta forma se generan mapas exclusivos, personalizados y bajo demanda con la calidad de siempre. Es una buena opción para hacer un regalo especial, para recordar un viaje o para promocionar un negocio, hay multitud de usos a tu alcance.

Toda la información está disponible en el siguiente enlace:

https://mapaalacarta.cnig.es/

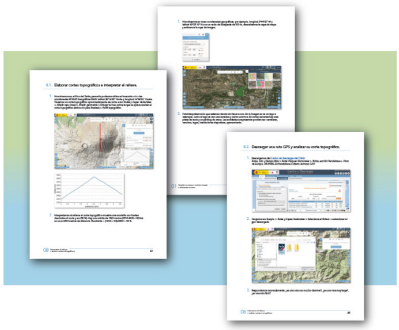
Recursos Educativos

El IGN y el CNIG continuaron dando apoyo a la comunidad educativa con recursos didácticos para distintos niveles educativos. Como viene haciendo desde hace años, se priorizan los materiales en línea y gratuitos.

Actividades de Geografía con visualizadores para ESO y Bachillerato. Utilización de Iberpix y el Comparador de ortofotos del IGN.

Libro en formato digital que ofrece al profesorado materiales didácticos desarrollados en entornos digitales. Consta de un conjunto de actividades para distintos niveles y áreas de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, en relación con contenidos y estándares de aprendizaje evaluables del currículo oficial. Las actividades fomentan el uso interactivo de mapas, de la cartografía de la ocupación del suelo y de las ortofotografías aéreas actuales e históricas con las que se puede trabajar a través de las herramientas Iberpix y el Comparador de ortofotos PNOA.

En 2021 se editó la segunda edición, donde se han rehecho las actividades para acomodarse a la nueva versión de Iberpix, publicada este mismo año y que incorpora importantes cambios que afectaban a la explicación de las actividades.



Este libro está disponible en la sección de Libros gratuitos de la web del IGN.

Toda la información está disponible en el siguiente enlace:
https://www.ign.es/web/ign/portal/libros-digitales/actividades-geografia-ign?filtro=EDU&orden

Presentaciones interactivas Terremotos y tsunamis y Volcanes

Estos dos recursos recogen, de manera didáctica, una selección de documentación, actividades y cartografía del IGN y el CNIG y la ponen a disposición de la comunidad educativa.

Estos materiales se crearon para la XIII edición del curso «La Educación de la Geografía en la Enseñanza Secundaria», organizado por la Asociación Española de Geografía (AGE) con el tema «Riesgos naturales». El curso estuvo dirigido al profesorado de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO) y de Bachillerato. Por su interés para la docencia se hicieron accesibles como recurso didáctico en los apartados de la web del IGN de Información sísmica, Vigilancia volcánica y Recursos educativos.

TIENDA VIRTUAL

La Tienda Virtual del CNIG, a la que se accede a través de la dirección https://www.cnig.es/home, ofrece a la ciudadanía la posibilidad de adquirir desde casa y de un modo rápido, sencillo y seguro, una gran variedad de productos geográficos en formato impreso, así como contratar algunos servicios del IGN, como los cursos en línea, o certificaciones de Fototeca.

Las distintas agrupaciones de productos geográficos están organizadas en un menú desplegable al que se accede desde la cabecera de la web, en la pestaña «Productos». Las agrupaciones incluyen un contenido muy variado, que van desde los mapas topográficos de diversas escalas, láminas y murales de España o del mundo hasta mapas en relieve, mapas turísticos y de la naturaleza, como los del Camino de Santiago, los Parques Nacionales, los Espacios Naturales o de ciudades y su entorno, cartografía antigua, mapas técnicos relacionados con las Ciencias de la Tierra, el Atlas Nacional de España, libros técnicos, acceso a la descarga de diversos libros digitales, etc. También es posible realizar la compra de entradas para visitar el Real Observatorio de Madrid o la inscripción a los cursos en línea que ofrece el IGN y CNIG. Desde esta web, además, está accesible toda la información sobre otros servicios que se ofrecen, como son Fototeca, Laboratorio de Control de Calidad, Documentación Geográfica, Delimitaciones Territoriales, etc., así como los datos de contacto de los distintos puntos de venta que están distribuidos por toda la geografía española.

La web tiene en su cabecera una cinta de imágenes que se va renovando periódicamente, en la que se van destacando distintos productos, campañas de promociones, nuevas convocatorias de cursos en línea, congresos y las diversas actividades que desarrolla el IGN y CNIG. Además, existen dos secciones dedicadas a destacar tanto las novedades de productos como algunas agrupaciones, con el fin de dotarlos de mayor visibilidad durante un periodo de tiempo.

Lleva funcionando desde mediados de 2002, siendo 100% gestionada por el CNIG. Durante 2021 se han facturado a través de la Tienda Virtual 143.892,83 euros, lo que supone un aumento del 33,28% respecto del año 2020, consolidando aún más la tendencia al alza de los últimos años respecto de los puntos de venta instalados en las diferentes provincias españolas. Se atendieron 4.700 pedidos en línea, de los cuales 4.569 fueron desde España y el resto desde otros países, fundamentalmente europeos, como Francia, Alemania, Bélgica, Portugal o Estonia, pero también desde Estados Unidos y otros países de América central y del sur.

Todos los productos disponibles en este portal web se pueden adquirir presencialmente en los puntos de venta, y en los casos en los que aparecen sin stock para venta on-line, se informa en qué tiendas se pueden comprar presencialmente, a través del buzón de consultas general (consulta@cnig.es).

En cuanto a los productos físicos más demandados durante 2021, destaca el «Calendario IGN-CNIG 2022», el «Mapa guía turístico del Camino de Santiago. Estuche obra completa 10 mapas» y demás cartografía del mismo itinerario, la lámina «El cielo en España», el «Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama (4 mapas + guía)», entre los mapas provinciales, los de Asturias, To-

ledo y León; así como diversa cartografía histórica, destacando «La Villa de Madrid, Corte de los Reyes Católicos» y «Mundo. Cartas náuticas. Gerard van Keulen». En cuanto al Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000 (MTN25), la hoja «508-2 Puerto de Navacerrada» fue la más vendida. Y respecto a los mapas en relieve impresos sobre lámina de PVC, ha sido «Comunidad Madrid (Relieve 1:200.000)» el de mayor número de ventas durante el año 2021. Respecto a los libros, destaca el éxito del «Anuario del Real Observatorio Astronómico 2021», así como la publicación de «Catálogo de la exposición - Los mapas y la primera vuelta al mundo», con motivo de su reciente 500 aniversario.

La novedad en este 2021 ha sido el servicio de «Mapa a la carta», con atención exclusiva a través de la Tienda Virtual, pero que próximamente se implantará también en los diversos puntos de venta de forma presencial. La aceptación ha sido muy buena siendo uno de los servicios más demandados, ya que cubre la necesidad de aquellas personas usuarias que quieren ampliar o centrar zonas de su interés.

Fototeca del CNIG

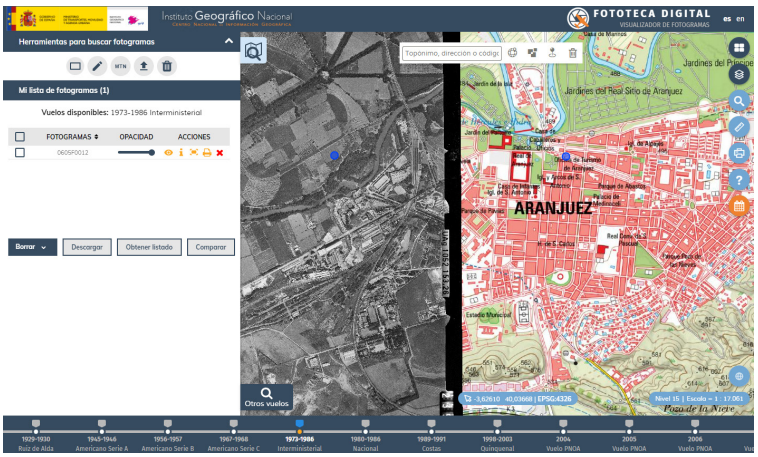
En el año 2021 el equipo de Fototeca continuó trabajando en las labores de catalogación de vuelos y fotogramas custodiados en su Archivo, todo ello con el objetivo de mejorar la atención al público y la rapidez de respuesta a las consultas que se reciben diariamente, así como la preparación de vuelos para su digitalización e inventariado.

Respecto a las actividades de digitalización del Archivo de Fototeca, durante el 2021 se finalizaron los trabajos sobre el vuelo Interministerial, añadiendo 58.778 imágenes digitales al catálogo, y así completar el trabajo iniciado en el año 2015. También se digitalizaron varias referencias a escala 1:18.000 de 1967 y 1968 cuya cobertura abarca las hojas del MTN de la Comunidad de Madrid, siendo un total de 2.222 imágenes.

La base de datos de Fototeca se mantiene actualizada con la información procedente de los trabajos de digitalización, catalogación del archivo y nuevos vuelos del PNOA. Esta base de datos proporciona los datos necesarios para el correcto funcionamiento de los siguientes servicios:

— Certificación de fotogramas.
— Fuente de datos la Fototeca Digital (http://fototeca.cnig.es/).
— Fuente de catálogos de consulta online.
— Preparación de actualizaciones y nuevos productos de fotografía aérea en el Centro de Descargas.
— Fuente de datos para la generación del servicio WMS de Fototeca

Cabe destacar la publicación de la nueva aplicación Fototeca Digital en julio de 2021 cuyo visualizador se basa en la API-CNIG. Como novedad fundamental respecto a la anterior aplicación está la explotación del catálogo de vuelos, no solo los digitales, sino de los fondos analógicos que alberga el Archivo, además de presentar un diseño renovado



que facilita el descubrimiento de vuelos, coberturas, huellas de fotogramas e información alfanumérica procedente de la Base de Datos de la Fototeca.

Los accesos a la Fototeca Digital (http://fototeca.cnig.es/) durante 2021, medidos con la herramienta *Google Analytics*, ascienden a un total de 222.725 sesiones y 109.041 usuarios, con la distribución de mensual que puede verse en la siguiente tabla:

	2021	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Sesiones	222.725	17.996	20.704	21.258	21.006	18.612	16.099	16.318	14.926	20.335	20.678	18.979	15.814
Usuarios	109.041	11.445	12.842	12.799	12.779	11.550	9.393	9.475	9.182	13.026	12.737	11.189	9.541

Sesiones: tendencia al alza

— En 2019 hubo 185.593 sesiones y supuso un aumento anual del 5,2 %.
— En 2020 hubo 195.618 sesiones y supuso un aumento anual del 5,4 %.
— En 2021 hubo 222.251 sesiones y supuso un aumento anual del 13,6 %.

Usuarios: tendencia al alza

— En 2019 fueron 93.168 usuarios y aumentaron un 7,0% respecto al año anterior.
— En 2020 fueron 97.533 usuarios y aumentaron un 4,7% respecto al año anterior.
— En 2021 fueron 109.041 usuarios y aumentaron un 11,8% respecto al año anterior.

En cuanto a la atención directa de usuarios, se sirvieron un total de 3.708 productos correspondientes a fotografías, ortofotos y ampliaciones de fotografías, tanto imágenes digitales, como impresiones en *plotter*, laboratorio y PDF certificados. Se atendieron 214 usuarios de forma presencial, 1.525 por correo electrónico y 364 procedentes de la aplicación de Fototeca Digital.

Para facilitar la asignación de fecha y hora en la atención presencial por parte de los usuarios, se implementó una herramienta de cita previa que terminó siendo integrada en el visualizador de Fototeca Digital.

En comparación con los datos del año 2020 se observa un aumento significativo en cuanto al número de productos servidos y usuarios atendidos presencialmente. Esto puede justificarse al hecho de que no se realizó atención presencial durante los meses de marzo, abril y mayo de

2020 debido a la pandemia COVID y que mermó significativamente la tramitación de petición de usuarios. Este incremento también pudo ser impulsado por la publicación de la nueva aplicación Fototeca Digital en julio de 2021.

Además, con el objetivo de promocionar esta aplicación y difundir los servicios que ofrece a los usuarios, en agosto de 2021 se comenzó a realizar la publicación mensual en redes sociales de una imagen aérea singular extraída del archivo de la Fototeca. También se editó un nuevo tríptico con información actualizada sobre fondos disponibles, servicios y forma de atención y consulta de usuarios.

CENTRO DE DESCARGAS

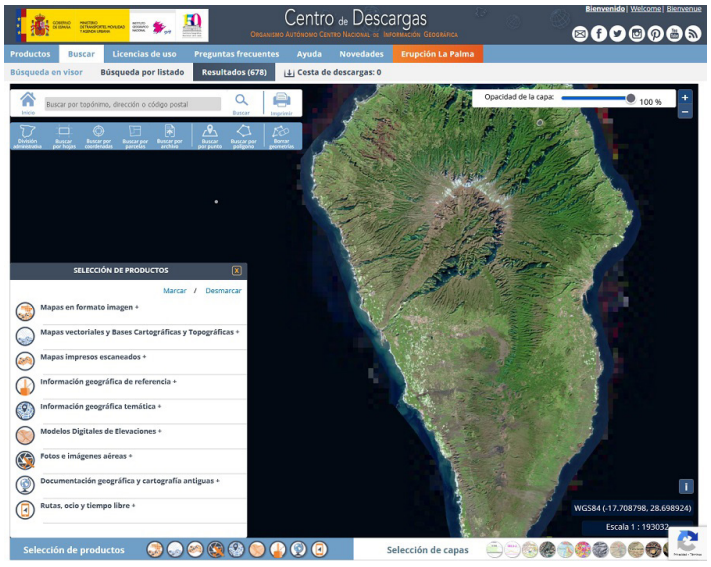
En el año 2021 se han añadido nueve productos nuevos:

— SIOSE Alta Resolución.
— Modelo Digital de Superficies normalizado de Vegetación – MDSnV2,5.
— Mapas Geomagnéticos de España.
— Mapas de peligrosidad por inundación fluvial 2º Ciclo.
— Ortofotos históricas PNOA 10.
— Ortofotos expeditas PNOA.
— Modelo Digital de Superficies normalizado de Edificaciones – MDSn2,5.
— Senderos GR, PR y SL de FEDME.
— Mapa autonómico vectorial.

También se han realizado para descarga 65 actualizaciones del resto de productos que ya ofrecía el Centro de Descargas. En total en el año 2021, considerando la subida de productos nuevos y la ampliación y actualización de los productos existentes, se han incorporado una media de siete operaciones de subida de información por mes.

Respecto a la *web* se han realizado las siguientes mejoras:

— Página especial dedicada a la Erupción de la isla de La Palma con una selección de productos y ficheros de información geográfica de interés y ayuda en la gestión de la emergencia.
— Inserción de nuevas capas WMS en el carrusel del buscador mediante visualizador.
— Actualización de las unidades administrativas para facilitar búsquedas, y mejora en la identificación de municipios con mismo nombre pero situados en provincias distintas.
— Cambios en la denominación del CNIG como Organismo Autónomo.
— Mejora en la gestión de imágenes para los procesos de actualización de contenidos.
— Información sobre accesibilidad.



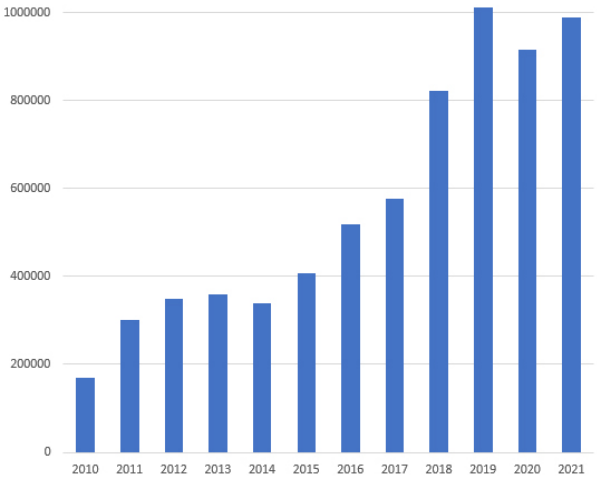
Estadísticas

Cuando se publicó el nuevo Centro de descargas, a comienzos de abril de 2017, se observó un incremento importante en el número de accesos a la *web* (sesiones), con un aumento del 60% en todo el 2017 con respecto al año 2016. Durante los años siguientes ha seguido aumentando el número de sesiones, aunque se aprecia una estabilización y consolidación.

AÑO	sesiones	Δ anual
2017	654.438	60,60%
2018	816.079	24,70%
2019	901.205	10,43%
2020	1.180.941	31,04%
2021	1.239.815	5,00%

En el año 2021, la media mensual de sesiones fue de 103.318.

En la siguiente gráfica, realizada a partir de los datos recogidos por la herramienta *Google Analytics*, se puede ver observar el aumento progresivo de sesiones desde 2017. Como dato de interés se observa un máximo histórico en el mes de mayo con 203.594 sesiones:

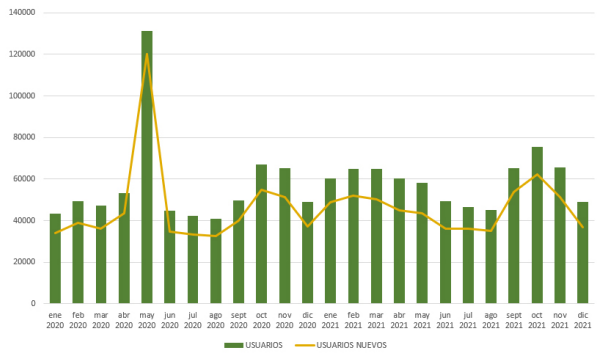


El número de usuarios ha estado aumentando desde el 2017 hasta 2020. Sin embargo, en el año 2021 se apreció un ligero descenso del 1,3%, contando con un total de 558.915 usuarios.

En este año, la media mensual de usuarios fue de 46.576.

Un incremento en el número de sesiones, pero un descenso en el número de usuarios puede ser interpretado como una mayor especialización y fidelización por parte del público usuario de los productos de información geográfica.

Según los datos recogidos a través de otra herramienta de desarrollo propio, se observa que el número de sesiones de descarga, que no es lo mismo que sesiones de acceso a la *web* visto anteriormente, ha ido en aumento cada año desde la publicación de la nueva web en 2017, con la salvedad del año 2020 que se produjo un descenso, pero que en este ejercicio ha recuperado la tendencia alcista y misma proyección de crecimiento anual:



AÑO	SESIONES
2010	125.218
2011	226.208
2012	266.524
2013	276.909
2014	264.846
2015	328.491
2016	442.594
2017	446.825
2018	647.495
2019	820.695
2020	698.032
2021	770.685
Total	**5.314.522**

Igualmente, el número de productos descargados ha ido aumentado año tras año, como puede observarse en la segunda columna de la siguiente tabla, así como una consolidación en torno a los 10 millones de ficheros descargados por año, y el millón se acciones de descargas:

AÑO	TOTAL DE DESCARGAS	TOTAL DE FICHEROS
2010	170.095	636.419
2011	301.479	1.102.308
2012	348.579	1.188.185
2013	359.342	1.107.851
2014	339.741	1.132.385
2015	406.754	8.710.485
2016	518.089	11.368.503
2017	577.834	11.217.059
2018	821.687	10.608.194
2019	1.013.002	13.349.630
2020	916.057	9.835.698
2021	986.056	99.923.413
Total	**6.758.715**	**80.180.130**

Servicios web de visualización y descarga y metadatos

Uno de los trabajos que lleva a cabo el IGN, a través del CNIG, es la publicación de la información geográfica del Sistema Cartográfico Nacional del IGN y de otros organismos a través de servicios web de visualización y descarga para ser utilizados como bases cartográficas, tanto en aplicaciones desarrolladas por el propio CNIG como en aplicaciones externas, y la descripción de los productos y servicios web a través de los metadatos.

A continuación, se describen los trabajos desarrollados a lo largo del año 2021:

Creación y mantenimiento de los servicios web de visualización y de descarga

SERVICIOS DE VISUALIZACIÓN Y DESCARGA DEL SISTEMA CARTOGRÁFICO NACIONAL	
Copernicus Land Monitoring Service	https://servicios.idee.es/wms/copernicus-landservice-spain
Direcciones y Códigos Postales	https://www.cartociudad.es/wms-inspire/direcciones-ccpp https://www.cartociudad.es/wfs-inspire/direcciones
Hidrografía - Información Geográfica de Referencia	https://servicios.idee.es/wms-inspire/hidrografia https://servicios.idee.es/wfs-inspire/hidrografia https://www.ign.es/atom/dataset_feeds/hidro_igr.es.xml
Callejero (mapa base)	https://www.ign.es/wms-inspire/ign-base https://www.ign.es/wmts/ign-base https://tms-ign-base.idee.es/1.0.0/IGNBaseOrto/{z}/{x}/{-y}.png https://tms-ign-base.idee.es/1.0.0/IGNBaseTodo/{z}/{x}/{-y}.jpeg
Modelos Digitales del Terreno (MDT)	https://servicios.idee.es/wms-inspire/mdt https://servicios.idee.es/wmts/mdt https://servicios.idee.es/wcs-inspire/mdt?version=2.0.1
Modelo Digital de Superficies (MDS)	https://wmts-mapa-lidar.idee.es/lidar
	https://wcs-mds.idee.es/mds
Mosaicos de Satélite históricos de España	https://wms-satelites-historicos.idee.es/satelites-historicos
Ocupación del Suelo	https://servicios.idee.es/wms-inspire/ocupacion-suelo https://servicios.idee.es/wmts/ocupacion-suelo https://servicios.idee.es/wfs-inspire/ocupacion-suelo
Ocupación de Suelo histórico	https://servicios.idee.es/wms-inspire/ocupacion-suelo-historico
Ortofotos históricas	https://www.ign.es/wms/pnoa-historico
Ortofotos máxima actualidad del PNOA	https://www.ign.es/wms-inspire/pnoa-ma https://www.ign.es/wmts/pnoa-ma
	https://tms-pnoa-ma.idee.es/1.0.0/pnoa-ma/{z}/{x}/{-y}.jpeg
Pendientes	https://wcs-pendientes.idee.es/pendientes
Red de Transporte - Información Geográfica de Referencia	https://servicios.idee.es/wms-inspire/transportes https://servicios.idee.es/wfs-inspire/transportes

SERVICIOS DE VISUALIZACIÓN Y DESCARGA DEL IGN	
Camino de Santiago	https://www.ign.es/wms-inspire/camino-santiago
Cartografía ráster	https://www.ign.es/wms-inspire/mapa-raster https://www.ign.es/wmts/mapa-raster https://tms-mapa-raster.ign.es/1.0.0/mapa-raster/{z}/{x}/{-y}.jpeg
Cuadrículas cartográficas	https://www.ign.es/wms-inspire/cuadriculas
Fototeca	https://wms-fototeca.idee.es/fototeca
Hojas kilométricas (Madrid - 1860)	https://www.ign.es/wms/hojas-kilometricas
Información sísmica y volcánica	https://www.ign.es/wms-inspire/geofisica
Nombres Geográficos	https://www.ign.es/wms-inspire/ngbe https://www.ign.es/wfs-inspire/ngbe https://www.ign.es/atom/dataset_feeds/nomen_geo_bas.es.xml
Planimetrías	https://www.ign.es/wms/minutas-cartograficas
Planos históricos de Madrid (1622 - 1960)	https://www.ign.es/wms/planos https://www.ign.es/wmts/planos
Primera edición de los Mapas Topográficos Nacionales	https://www.ign.es/wms/primera-edicion-mtn https://www.ign.es/wmts/primera-edicion-mtn
Red de Vigilancia Volcánica del IGN	https://wms-volcanologia.ign.es/volcanologia
Redes geodésicas	https://www.ign.es/wms-inspire/redes-geodesicas https://www.ign.es/wfs/redes-geodesicas
Unidades administrativas	https://www.ign.es/wms-inspire/unidades-administrativas https://www.ign.es/wfs-inspire/unidades-administrativas https://www.ign.es/atom/dataset_feeds/lin_lim_mun.es.xml https://vt-unidades-administrativas.ign.es/1.0.0/uadministrativa/{z}/{x}/{y}.pbf

SERVICIO DE VISUALIZACIÓN DEL MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO	
Peligrosidad	https://servicios.idee.es/wms-inspire/riesgos-naturales/inundaciones

SERVICIO DE VISUALIZACIÓN MINISTERIO DE DEFENSA, CEGET Y CECAF	
Cartografía	http://wms-defensa.idee.es/mapas

En relación con los accesos a los servicios web, durante el año 2021 han aumentado un año más, siendo los más utilizados los servicios de visualización teselados (WMTS y TMS) del PNOA MA (ortoimágenes), del Callejero (mapa base) y de Cartografía (mapas topográficos a diferentes escalas). En 2021 se consideran de forma conjunta las estadísticas de los nuevos servicios TMS y WMTS, ya que hay usuarios que utilizaban los WMTS, que han pasado a utilizar los TMS.

	Peticiones 2021 TMS	Peticiones 2021 WMTS	Peticiones 2020 WMTS
PNOA MA	2.477.149.500	5.090.382.142	6.172.695.458
Mapa base de España	1.227.220.741	5.898.834.762	6.149.213.927
Cartografía Ráster	1.634.702.276	5.596.510.829	5.525.294.473

Los conjuntos de datos sobre los que operan los servicios web del IGN y del Sistema Cartográfico Nacional están también disponibles para su descarga bajo una licencia CC BY 4.0 en el Centro de Descargas del CNIG.

Los metadatos creados y actualizados de los productos del IGN y del Sistema Cartográfico Nacional están disponibles a través de los siguientes catálogos: Catálogo de la IDEE y el Catálogo Oficial de datos y servicios oficiales INSPIRE

Tanto en el catálogo de la IDEE como en el CODSI se lleva a cabo la actualización continua de los metadatos de los datos y servicios de los nodos IDE nacionales y regionales. Los recursos almacenados en el CODSI se envían cada mes al catálogo de la Comisión Europea denominado «INSPIRE Geoportal». https://inspire-geoportal.ec.europa.eu para informar del estado de implementación de la IDEE respecto al cumplimiento de los Reglamentos de la Directiva INSPIRE.

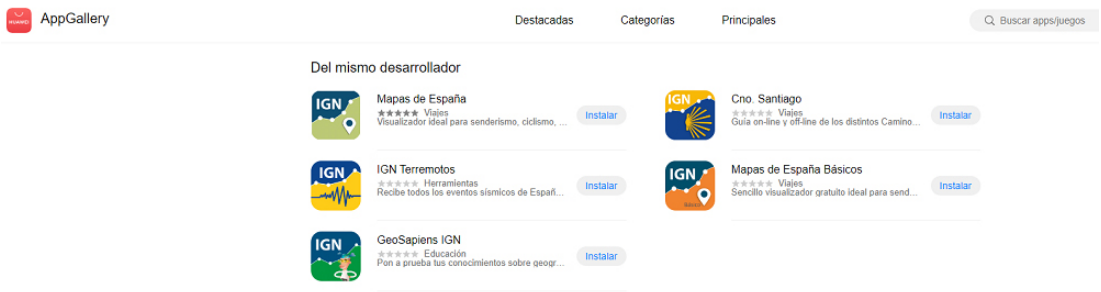
Para consultar los recursos de España en el «INSPIRE Geoportal» puede accederse a través de este enlace.

El mantenimiento de los catálogos implica, entre otras tareas, el mantenimiento de los servicios de localización, CSW, necesarios para recolectar los metadatos de los catálogos de las IDE regionales y nacionales.

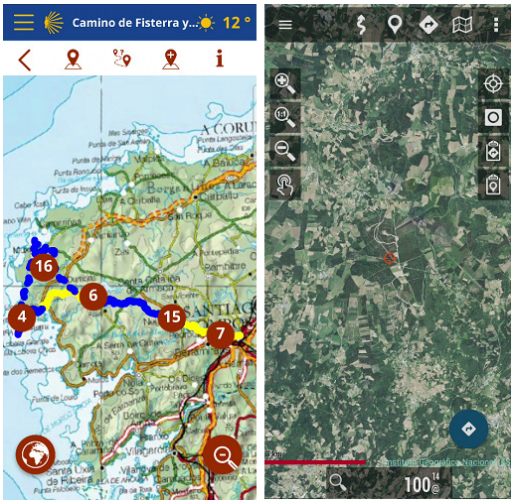
Catálogo Oficial de Datos y Servicios INSPIRE	https://www.idee.es/csw-codsi-idee/srv/spa/csw
Servicio de localización Inspire de IDEE	https://www.idee.es/csw-inspire-idee/srv/spa/csw

Aplicaciones móviles

Durante el año 2021, el desarrollo de las aplicaciones móviles ha estado marcado con la incorporación de la mayoría de las apps a un nuevo *market*, el de los dispositivos Huawei, y denominado App Gallery. En enero se incorporó Mapas de España y GeoSapiens, a la vez que se iban actualizando las versiones a los demás *markets*. En marzo se incorporó IGN Sismología PRO (la antigua IGN Terremotos). En julio, al actualizar la versión de Mapas de España Básico se incorpora éste al nuevo *market* y en octubre se incorpora la del Camino de Santiago, también al actualizar su versión.



Las actualizaciones más destacadas han sido la de Mapas de España con 5 actualizaciones en el año 2021, y que desarrollan la versión 2.0 de la actualización. Las demás aplicaciones (excepto Parques Nacionales) sufrieron una sola actualización a lo largo del año, con la actualización de librerías y permisos y la corrección de errores como novedad principal en todas ellas, y particularmente en la del Camino de Santiago con la actualización del motor de mapas.



Se pueden consultar todas nuestras aplicaciones móviles en este enlace:

https://www.ign.es/web/ign/portal/dir-aplicaciones-moviles

CANALES DE DIFUSIÓN

Redes Sociales

El Instituto Geográfico Nacional dispone de las siguientes redes sociales:

— *Facebook* (https://www.facebook.com/IGNSpain/)
— *Twitter* (https://twitter.com/IGNSpain)
— *Youtube* (https://www.youtube.com/user/IGNSpain)
— *Instagram* (https://www.instagram.com/ignspain/)
— *Pinterest* (**https://www.pinterest.es/IGNSpain/**)

Durante el año 2021, el número de seguidores de *Facebook* ha llegado a la cifra de 85.921 seguidores y 82.519 me gusta, lo que supone un aumento de 10.559 y 8.569 respecto a las cifras del año anterior, casi el quíntuple del incremento del año anterior, y pone de manifiesto como este canal se está consolidando como un medio de difusión muy importante en el contacto día a día con los usuarios para informarle de las novedades en relación con nuestros productos, servicios, eventos, etc.

También se realizó la promoción en *Facebook* de varias publicaciones, con el objetivo de dar a conocer la institución y las actividades que realiza, así como varios directos para acercar de un modo más humano y cercano la astronomía a los ciudadanos.

En lo que respecta al canal de *Twitter,* la cifra de seguidores ha crecido hasta llegar al valor de 39.456, lo que supone un aumento de 18.986 seguidores con respecto al año anterior. Todo un logro, ya que el ejercicio anterior las cifras anuales estaban en torno a los 4.000 nuevos seguidores. Además, durante este año, como los años anteriores los *Post* más visitados a través de este ca-

nal han sido también difundidos en el canal de *Twitter* del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana junto con las publicaciones del propio Ministerio. La actividad del año 2021 creció considerablemente en esta red social, pasando a publicar en torno a unas 20 publicaciones diarias y colaborando más con otras cuentas, tanto nacionales como europeas e internacionales, compartiendo contenido. Debido a acontecimientos relevantes como la tormenta Filomena, la crisis sísmica de Atarfe-Santa Fe en Granada y, sobre todo, la erupción de la isla de La Palma, hicieron que el canal de Twitter del IGN se convirtiese en un medio de referencia para el seguimiento continuo de información sobre estos eventos ocurridos.

Tweet principal tuvo 105 mil impresiones

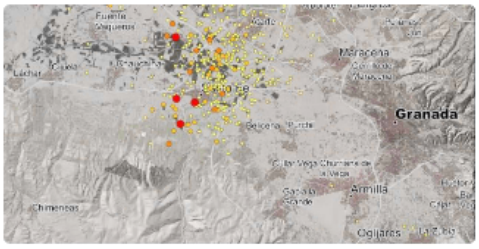
¡ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN! ⚠ Informe actividad sísmica en #Atarfe-#SantaFe (#Granada)

Publicada nueva versión, hoy 28 de enero

👉bit.ly/3ckZJV0

Desde el 1 de diciembre de 2020 se han calculado 585 #terremotos en esta zona

#TerremotosGranada
#RedSísmicaNacional #IGNSpain
pic.twitter.com/zDeWcd7FfM

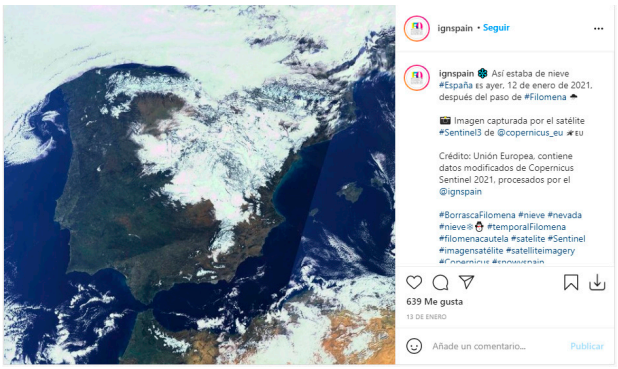


58 95

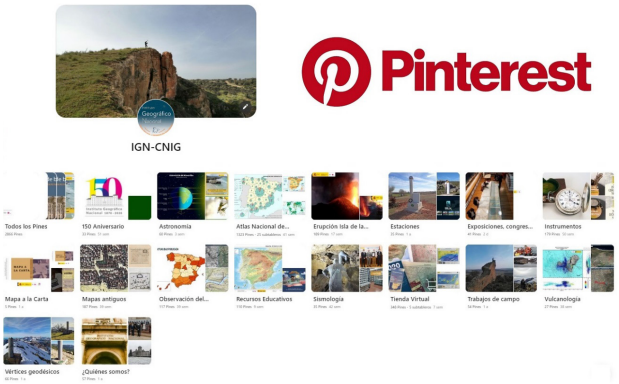
En relación con el canal de *Youtube,* el número de suscriptores ha alcanzado la cifra de 5.680 seguidores; En el año 2021 ha tenido más de 300.000 visualizaciones y ha superado el 1.500.000 de impresiones. En este canal se publican vídeos educativos, entrevistas, *Webinar* y eventos relacionados con las áreas de actividad del IGN. Durante el año 2021, también se han publicado en este canal la serie de conferencias realizadas con motivo del 150 aniversario del IGN, que finalmente se han grabado debido a la pandemia y que están disponibles en la lista de reproducción «150 años del Instituto Geográfico Nacional».

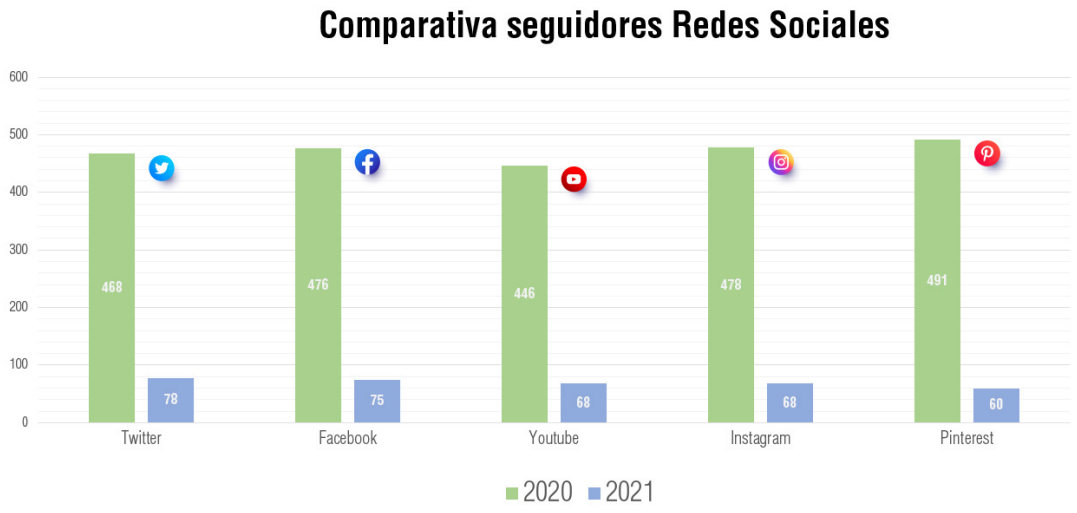
La red social *Instagram* ha conseguido un importante aumento de seguidores y actividad en el año 2021 si lo comparamos con respecto al año anterior, pasando de 5.171 seguidores a casi alcanzar la cifra de los 14.000 seguidores. En esta red social, se realizan publicaciones diarias en el *feed*, se publica nuevo contenido en tendencia como son los *reels* y se publican *stories* con información sobre las actividades del IGN, así como encuestas, preguntas y cuestionarios, mediante las cuales el público interactúa con nuestra entidad y les aporta gran valor para los usuarios. Se muestra así la actividad que se desarrolla en el IGN y el organismo CNIG de un modo más cercano los usuarios, y también de un modo más gráfico.

Por último, la red social *Pinterest,* creada a mediados del año 2019, cuenta una cifra de 833 seguidores a finales de 2021. Esta red social tiene un total de 17 tableros donde se publica un contenido más visual como, por ejemplo, imágenes de cartografía antigua, cartografía temática, fotos de Parques Nacionales, imágenes de instalaciones y trabajos de las distintas áreas de actividad que realiza en el IGN.



Las Redes Sociales del IGN se han convertido en un canal de difusión clave para dar a conocer las distintas actividades que se realizan desde el IGN y CNIG y también en un canal de comunicación muy importante de cara a los usuarios, como así se ha demostrado en la gestión de las crisis surgidas en el año 2021 como la actividad sísmica de Granada y la erupción de la isla de La Palma.





Blog de la IDEE

El *Blog* de la comunidad de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (https://blog-idee.blogspot.com/) publica diariamente noticias y opiniones técnicas sobre el mundo de las Infraestructuras de Datos Espaciales (aspectos legales, geoportales, nodos, INSPIRE, etc.), la geomática, la información geográfica, la cartografía en la *web*, los servicios y los datos abiertos.

Algunos datos sobre el *Blog*-IDEE en el año 2021 son:

— Número de entradas publicadas: 121.
— Número de visitas: 332.721.

En cuanto a los accesos por países, el principal es España, con un 66 % de las visitas, seguido de EE. UU. (11 %), México (3,7 %), Argentina (2,6 %) y otros países hispanoamericanos. Los contenidos más visitados han sido los relacionados con nuevas actualizaciones y nuevos recursos disponibles tales como IBERPIX, Fototeca digital, BTN, visualizadores y geoportales. También han producido interés noticias sobre datos abiertos y jornadas o congresos, entre los que cabe destacar las JIIDE y la Conferencia INSPIRE.

SERVICIO DE INFORMACIÓN Y ATENCIÓN AL PÚBLICO

Prestación de servicios

Gestión y atención para distribución de productos analógicos y prestación de servicios

La gestión de la comercialización de publicaciones y servicios se ha venido tramitando por el CNIG desde hace muchos años mediante un sistema de gestión comercial propio (actualmente MapcomV2), que gestiona las entradas y existencias de artículos, todo el proceso de venta de productos y servicios bajo presupuestos, contratos o convenios, así como desde la Tienda Virtual. Igualmente gestiona la correspondiente facturación y parte de la contabilidad comercial. Integra también las TPV de los puntos de venta en delegaciones y Casas del Mapa, la conexión con la Tienda Virtual, así como la aplicación GESALDIS para la autogestión por parte de los distribuidores de sus stocks y liquidaciones.

La cantidad de productos y servicios gestionados y adquiridos por usuarios, organismos, librerías y distribuidores durante 2021 por cualquier medio, fue de unos 115 850, con una facturación de 1 951 188,78 euros (sin portes). Estos datos incluyen también la facturación de los distribuidores del CNIG, cuya cifra fue de 40 316,18 euros.

En 2021 se asistió de forma presencial a varias ferias del libro por todo el territorio: Madrid, Toledo, Valladolid, Palencia y León, así como a la Feria internacional del libro LIBER, con un rendimiento evidentemente menor que en otros años por la vigencia de restricciones de aforo.

Además de productos analógicos dentro y fuera de la Tienda Virtual, se gestiona la atención comercial de las prestaciones de servicios como cursos en línea, visitas ROM, imagen aérea certificada, documentación de cartoteca y archivo técnico, servicios astronómicos, etc., así como trabajos de delimitaciones territoriales, de observación del territorio y cartográficos, de imprenta, de laboratorio de calidad de papel, de geofísica y otros servicios que, bajo presupuesto o convenios y dentro de las competencia del IGN y CNIG, sea viable prestar sin perturbar el normal funcionamiento de las funciones ordinarias encomendadas a la institución. Hay que destacar que el CNIG adquiere ciertos materiales necesarios para algunas de estas prestaciones comerciales.

Esta atención, según corresponda, se realiza presencialmente en las Casas del Mapa y otros puntos de información y venta, así como en la fototeca presencial y otras dependencias. A esto se suma los servicios prestados en línea con la Tienda Virtual y desde otras aplicaciones como la Fototeca Digital o el Centro de Descargas, así como la atención por correo electrónico o telefónico.

Servicio de información y atención de la Red Sísmica Nacional

La Red Sísmica Nacional (RSN) tiene un servicio de información a la ciudadanía sobre los sismos registrados en el área Ibero-Magrebí y en el resto del mundo. Este servicio se realiza a través de la información automática en la página *web* www.ign.es y a través de la aplicación para móviles, «IGN_Sismología». Durante 2021 las visitas a la web de sismología han sido superiores a treinta millones.

Por otro lado, la RSN realiza, a petición de parte, certificaciones sobre sismos que pudieran haber afectado a propiedades a efectos de reclamaciones judiciales o al Consorcio de Compensación de Seguros.

Servicio de información y atención del Observatorio Geofísico Central

El Observatorio Geofísico Central ofrece a través del servicio *web* IGN, información acerca de distintos campos geofísicos de incidencia directa en la ciudadanía, ofreciendo datos actualizados en tiempo real de diversos indicadores. Así, se pueden consultar los datos de variación del campo magnético medidos en los observatorios de San Pablo de los Montes (Toledo) y de Guímar (Tenerife), la red de observación de la gravedad absoluta que se actualiza periódicamente, así como la información registrada por la red de vigilancia volcánica desplegada en las islas Canarias. Además, se ofrecen noticias de actualidad, el cálculo de la declinación magnética en cualquier fecha y lugar del territorio, los anuarios, boletines y cartografía geomagnética y los fondos cada vez más completos del archivo Nacional de Datos Geofísicos.

En las redes sociales del IGN se publica el valor del índice K asociado a la ocurrencia de tormentas magnéticas, así como los terremotos sentidos en el territorio. Una de las páginas más consultada es la que ofrece información sobre la actividad sismo-volcánica ocurrida en las Canarias, pudiendo destacar en 2021 la actividad, sobre todo en forma de series sísmicas y enjambres, ocurrida en la isla de Tenerife y La Palma y entre las islas de Tenerife y Gran Canaria. También se ofrece abundante material general sobre volcanología y técnicas de vigilancia, así como proyectos, artículos y enlaces de interés.

http://www.ign.es/web/ign/portal/vlc-area-volcanologia

Visitas al Real Observatorio de Madrid

El Real Observatorio de Madrid es una de las instituciones científicas más antiguas de Europa, ubicado en las inmediaciones del Parque de El Retiro.

Las visitas al Real Observatorio son todas guiadas y tienen una duración máxima de una hora y treinta minutos. El recorrido comienza en el edificio principal, obra de Juan de Villanueva, que alberga la biblioteca, una colección de relojes y otros instrumentos antiguos incluyendo el círculo meridiano de Repsold de 1854; continúa en la sala con la reconstrucción del gran telescopio de Herschel de 1804, a tamaño natural; y finaliza en la Sala de las Ciencias de la Tierra y el Universo con una amplia colección de instrumentos de Astronomía, Geodesia y Geofísica de los siglos XIX y principios del XX.

Con el propósito de potenciar y mejorar las visitas en las que se demanda con frecuencia la realización de observaciones astronómicas, una de las cúpulas del edificio denominado «Sol» está equipada con un telescopio para la observación solar y para el seguimiento de fenómenos astronómicos destacables, como eclipses, conjunciones o tránsitos de Mercurio.

Durante el año 2021, el centro ha recibido un total de 1.977 visitantes, un dato superior al del año anterior, ya que se recupera la asistencia que se vio reducida a causa de la pandemia. Aun así, el dato general ha seguido siendo bajo con respecto a años anteriores al 2020 porque se mantuvieron activas las medidas preventivas conforme a las directrices, protocolos y recomendaciones de las autoridades sanitarias, para poder realizar las visitas con la mayor seguridad.

El número de visitas de particulares que tuvieron lugar fueron 176, con 1.774 participantes, junto con 131 estudiantes de 9 centros de toda España que demostraron interés en nuestra colección.

En cuanto a las visitas extra, es decir, aquellas que se realizan fuera del horario habitual, con petición anticipada, se recibió a 2 grupos con 72 participantes.

Como vemos en los datos, es clara la repercusión que todavía demuestra la pandemia durante este año, obligando además a continuar con las medidas especiales, entre otras, la limitación de aforo a 9 participantes por sesión.

Además, se mantienen las siguientes actividades paralelas:

— Elaboración de una *newsletter* mensual para el público aficionado.
— Comunicación diaria con los más de 10 000 seguidores de Twitter.
— Participación en la Semana de la Ciencia y la Innovación 2021 en el mes de noviembre.
— Colaboración con Renfe desde 2018 gracias al cual se oferta la venta del billete junto con la visita al ROM para público escolar.

La venta de entradas continuó realizándose a través de la página web, con cambios en el sistema de reservas interno con el objetivo de mejorar la gestión.

Cabe destacar finalmente el papel de los guías, que durante este 2021 han seguido demostrando su apoyo a la institución y su adaptación a las situaciones surgidas. Su papel es fundamental para garantizar que todo visitante que se acerque a conocernos termine unido a nosotros y nos elija otro año más como un plan cultural imprescindible de la ciudad.

Visitas al Observatorio Geofísico de Toledo

Durante gran parte del año 2021 han estado canceladas las visitas al Observatorio Geofísico de Toledo, con motivo de la pandemia de la COVID. Éstas se retomaron a partir del mes de noviembre, recibiéndose la visita de unas 50 personas.

Visitas al Observatorio de Yebes

El aula de Astronomía es un espacio divulgativo que otorga un valor educativo al emplazamiento del Observatorio de Yebes. Pretende acercar de forma amena y comprensible, tanto al alumnado como al público en general el conocimiento y la investigación astronómica. El Aula integra los contenidos curriculares que, sobre astronomía, se incluyen en los programas docentes no universitarios. La radioastronomía tiene un papel protagonista y singular en los contenidos del Aula al tratarse de la principal actividad del Observatorio de Yebes.

El proyecto del Aula de Astronomía se vertebra en torno al convenio de colaboración suscrito por el Ayuntamiento de Yebes y el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana a través del Instituto Geográfico Nacional. Durante el año 2021 se recibieron unas 1545 visitas en el último trimestre del año. Las visitas estuvieron suspendidas hasta el 10 de octubre debido a la pandemia COVID-19, momento en el que se abrió el aula y se retomaron las visitas

Visitas a la Red Sísmica Nacional

La irrupción de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones ha tenido una especial relevancia en la forma de trabajar en las redes de alerta de fenómenos naturales. En concreto, las Redes de Alerta Sísmica y de Tsunamis en nuestro país han aprovechado, en los últimos años, nuevos componentes integrantes de otros dispositivos electrónicos para desarrollar una innovadora instrumentación, como es el caso de los nuevos acelerógrafos fabricados

en el propio IGN que cuentan con tecnología de teléfonos móviles inteligentes. El personal de vigilancia de estas redes puede controlar al mismo tiempo eventos simultáneos sobre paneles de alta definición, lo que en los años setenta se hacía sobre papel. Este año, debido a las restricciones sanitarias solo se han podido recibir 2 grupos interesados en conocer in situ las instalaciones y personal que proporcionan información a las redes internet y redes sociales acerca de los avisos sísmicos.

PRODUCCIÓN EDITORIAL

En cumplimiento con los objetivos recogidos en el Plan de Publicaciones Oficiales de la Administración General del Estado (AGE) para el año 2021, las publicaciones del Programa Editorial del O. A. Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) como editorial del Instituto Geográfico Nacional (IGN), están dirigidas fundamentalmente a difundir la cartografía, los datos estadísticos, la investigación, el desarrollo tecnológico, la innovación y la cultura; así como servir a los procesos de enseñanza y publicar estudios sobre materias incluidas en el ámbito de las ciencias geográficas.

Se incluyen en el programa todas las publicaciones cartográficas y libros papel, los libros y folletos digitales, vídeos editados (no las meras grabaciones o publicidad), aplicaciones móviles y aplicaciones web de uso diferenciado. No se incluyen la puesta a disposición de miles de ficheros de productos de información geográfica técnicos, que se distribuyen en el Centro de Descargas ni los visualizadores o contenido de uso corriente en los distintos apartados y portales desde la web del IGN.

De las 107 publicaciones programadas en 2021 se han editado 56 de ellas (1 arrastrada a 2022), pero generando 856 productos distintos, siendo este dato un 116% más de lo planteado y 2,25 veces más que en 2020, lo que denota la recuperación de la producción tras la fase dura de la pandemia. Algunas de ellas han sido con motivo del 150 aniversario del IGN. Muchas de las publicaciones retrasadas lo fueron a falta de determinar algunos aspectos como idiomas o formatos, por lo que tuvieron que ser duplicadas o triplicadas a la espera de confirmación. Igualmente debido a los problemas de suministros de papel y otros materiales por la situación global post-pandémica, así como una avería de muy largo recorrido de la máquina plegadora grande, algunas publicaciones en papel no se pudieron finalmente realizar en 2021.

La tipología de las publicaciones editadas es la siguiente, de las cuales un 62% son gratuitas:

— Periódicas: 6 (10,9 %) en 16 productos.
— Material cartográfico: 10 (18.2 %) en 755 productos distintos.
— Unitarias: 24 (43,6 %).
— Láminas 2 (3,7 %) en 4 productos.
— Apps, videos, apartado web diferenciados y juegos: 7 (12,7 %), todas gratuitas.
— Otras como trípticos, folletos, etc.: 6 (10,9 %) en 29 productos.

Atendiendo al soporte de las publicaciones realizadas, la distribución es la que figura a continuación:

— En línea: 29 (52,7 %), todas gratuitas.
— Papel: 25 (45,5 %), en 833 productos distintos, la mayor parte, material cartográfico.
— Plástico: 1, correspondiente a mapas en relieve.

Para la elaboración de las publicaciones analógicas comprendidas en el Programa Editorial, el CNIG gestiona la adquisición de los consumibles necesarios para la Imprenta del IGN (medio propio) o la elaboración externa en caso necesario. De acuerdo con las recomendaciones del

Plan de Contratación Pública Verde, en la Imprenta Nacional del IGN se adoptaron hace tiempo medidas contundentes encaminadas a la implantación del modelo de eco-edición, como forma innovadora de gestionar el proceso productivo de las publicaciones, donde la maquinaría permite adaptarse a las tiradas necesarias, evitando un exceso de almacenaje o destrucción de ediciones superadas. Por otro lado, las publicaciones electrónicas, son más del 52% de las publicaciones este año.

Cabe destacar que todas las publicaciones electrónicas del libros o folletos del Programa Editorial del CNIG son gratuitas, así como las apps y recursos o vídeos educativos, pudiendo descargarse a través del portal www.ign.es, por ejemplo, en los enlaces:

— https://www.ign.es/web/ign/portal/publicaciones-boletines-y-libros-digitales
— https://www.ign.es/web/ign/portal/dir-aplicaciones-moviles
— https://www.ign.es/web/ign/portal/recursos-educativos
— https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp

Entre los libros digitales publicados y puestos a descarga gratuita durante 2021 que se añaden a los ya existentes, cabe destacar: «Infraestructura de datos Espaciales»; «150 aniversario del IGN»; «Curiosidades cosmográficas»; «Anuario Astronómico»; «Concurso de narrativa breve 2021»; «Viaje por tierras alavesas»; «El mundo dibujado por los niños»; «La pandemia COVID19 en España. Primera ola».

Durante 2021 el número de descargas de libros digitales totales disponibles fue de 31 599, un 32% más que en 2020, siendo las publicaciones más descargadas:

— Tu amigo el mapa.
— Actividades de Geografía con visualizadores para ESO y Bachillerato.
— España en mapas. Una síntesis geográfica.

A su vez, además de múltiples vídeos menores, se publicó un nuevo vídeo con NIPO de las Infraestructuras de Datos Espaciales. También, cabe destacar el juego web de enigmas «La Leyenda de las Joyas perdidas», así como varias historias interactivas web.

A las publicaciones en papel se suman diversos folletos y trípticos en papel sin PVP, de distribución gratuita.

Se indican a continuación los productos de las publicaciones en papel ingresadas en almacenes para su venta durante el 2021, tanto novedades como nuevas ediciones, con NIPO 2021 e incluidas ediciones de NIPO 2020 que salieron a la venta ya en 2021, excluidas reimpresiones de éstas y productos de terceros, y que se añaden a las ingresadas en años anteriores.

Cartografía

— MTN25: 615 hojas de nueva edición, con una tirada mínima de 125 ejemplares cada una.
— MTN50: 6 hojas de nueva edición, con una tirada mínima de 125 ejemplares cada una.
— Provinciales: 3 (Guadalajara, Soria y Valencia), con 550, 1000 y 600 ejemplares respectivamente.
— Mapas en relieve: 3 (Canarias, Islas Baleares, Península Ibérica) con una tirada de 400, 400 y 1000 respectivamente.
— Mapas de cartografía antigua: 2 (España 1884 de Ibáñez de Ibero, Villa de Madrid de la Corte de los Reyes Católicos) con unas tiradas de 575 y 500 ejemplares respectivamente.
— Mapas temáticos: Parques Nacionales de Sierra de las Nieves y del Teide; Especio natural de Cabo de Gata-Níjar y Serranía de Cuenca; Rutas marítimas de Peregrinación a Santiago, Caminos de Santiago de Europa), en torno a 600-1000 ejemplares por título.

— Mapas y láminas generales: 2 (La primera Vuelta al Mundo, láminas físicas de Europa política, Mapa general de España autonómico) con una tirada de 1000, 5000 y 1000 ejemplares respectivamente.

Libros y folletos

— Curiosidades cartográficas.
— Anuario del Real Observatorio Astronómico Nacional: publicación que contiene fenómenos astronómicos, calendarios y tiempos, efemérides astronómicas, catálogos, datos de la Tierra, tablas complementarias y artículos de divulgación.
— El terremoto de Alcoy de 1620 y la Serie Sísmica de 1644 en la comarca.
— Revisión de catálogo Sísmico de las Islas Canarias (1341-2000)
— El mundo dibujado por los Niños.
— Calendario IGN-CNIG 2022.
— Catálogo artístico del IGN
— Los terremotos de Almería de 1804. En el Archivo Histórico Nacional
— The World drawn by children /El mundo dibujado por los niños
— Concurso de narrativa breve IGN 2021
— Concurso de narrativa breve IGN 2020

Anuarios, memorias y boletines

— Anuario del Observatorio Astronómico 2022
— Memoria IGN de actividades 2020
— 11 boletines mensuales IGN-CNIG año 2021

BIBLIOTECA, CARTOTECA Y ARCHIVO TOPOGRÁFICO

Real Decreto 495/2021, de 6 de julio, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, establece, entre otras funciones del Instituto Geográfico Nacional, «La gestión de los fondos históricos, cartográficos y documentales, de los fondos bibliográficos, de la colección de instrumentos y del resto del patrimonio histórico del Instituto Geográfico Nacional, promoviendo su conocimiento en la sociedad».

Esas tareas están encomendadas al Servicio de Documentación Geográfica y Biblioteca, perteneciente a la Secretaría General del IGN, que gestiona los fondos cartográficos y bibliográficos y atiende el archivo de documentación técnica, de gran valor para el desarrollo de las competencias que tiene encomendadas el Instituto en materia cartográfica.

Toda la documentación mencionada requiere de labores de catalogación, clasificación, ordenación, conservación, digitalización y gestión adaptadas a las posibilidades que hoy ofrecen las nuevas tecnologías, con el fin de garantizar un adecuado servicio, tanto a las unidades de la propia Dirección General del IGN, como al resto de organismos públicos y a la sociedad en general.

Debido a la diversidad de los fondos que constituyen el ámbito de actuación del Servicio, existen tres unidades diferenciadas dentro de la unidad general de Biblioteca:

— La Biblioteca, propiamente dicha.
— La Cartoteca.
— El Archivo Topográfico.

La Biblioteca se creó en 1870, cuando se fundó el entonces llamado Instituto Geográfico. Durante sus años de existencia, se ha especializado y dotado con fondos bibliográficos sobre las materias objeto de la actividad del IGN, además de contar con fondos antiguos que son de interés para la investigación histórica.

La Biblioteca del IGN dispone de monografías y publicaciones seriadas sobre geodesia, cartografía, topografía, fotogrametría, geografía, sismología, geomagnetismo, gravimetría, teledetección, sistemas de información geográfica, geomática, astronomía y otras ciencias de la Tierra. Todos los fondos están informatizados con el gestor integrado de gestión bibliotecario *AbsysNET*. La Biblioteca ofrece sus fondos a través del catálogo disponible en la página *web* del IGN (ign.es), así como servicios de información y atención al público por co-rreo electrónico, teléfono o presencialmente en la propia Biblioteca. Se permite el acceso libre a los usuarios para consulta de los fondos bibliográficos en la sala de lectura, que cuenta con 18 puestos de lectura y un puesto de consulta del catálogo automatizado (OPAC).

La Cartoteca tiene también su origen en la creación del Instituto Geográfico en el año 1870. Nació con el cometido principal de testimoniar y conservar las diferentes producciones cartográficas utilizadas para confeccionar el Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, razón de ser del entonces incipiente IGN. También dispone de una valiosa colección de mapas, algunos de los cuales se remontan al periodo incunable. Con el paso del tiempo ha pasado a ser depositaria y testigo de todas las producciones cartográficas del propio Instituto, así como de otros organismos públicos y privados que, por mecanismos de intercambio y acuerdos entre centros, han enriquecido sus fondos con diferentes tipos de series cartográficas derivadas y temáticas.

Anualmente se enriquecen los fondos bibliográficos y cartográficos de la Biblioteca mediante adquisiciones de obras de interés en el mercado de antigüedades o por donación. En 2021, hay que destacar la adquisición de: La *Compendiosa Historia Hispanica*, de Rodrigo Sánchez de Arévalo, que se convierte en la obra más antigua que posee la Biblioteca (1469); el mapa de Hispania de la edición de la Geografía de Ptolomeo publicada en Roma en 1478; la Biblia latina del impresor Johann Froben, primera Biblia impresa en formato de bolsillo (octavo) de la historia (1491); ; el volumen dedicado a España de la Geografía Blaviana (edición en español), del cartógrafo holandés Joan Blaeu (1672); el plano de Madrid de Mancelli-Janssonius (1657), con la firma manuscrita del grabador (W. Hollar), hasta ahora desconocido; la edición en francés de la Cosmografía de Pedro Apiano (1553); la edición de 1612 del primer volumen del atlas de ciudades *Civitates Orbis Terrarum*; la edición de 1620 del islario de Thomaso Porcacchi (1620).

La Cartoteca ofrece un servicio de atención al público, tanto presencial como por correo electrónico. Gran parte de sus fondos cartográficos están digitalizados y aquellos propiedad del IGN o libres de derechos se pueden consultar y descargar gratuitamente en la *web* del IGN, dentro del apartado «Catálogo de la Cartoteca» y también en el Centro de Descargas: la colección de mapas de España y del resto del mundo entre los siglos XV a XIX, y todas las ediciones del MTN 1:50.000, MTN 1:25.000, Provinciales y Autonómicos.

Biblia de Froben de 1491

El Archivo Topográfico custodia muchos de los documentos generados en los procesos de producción cartográfica realizados por el Instituto Geográfico desde su fundación hasta aproximadamente la introducción de los métodos de fotogrametría aérea. Además, conserva numerosos documentos elaborados

por otros organismos previos al IGN, como la Junta General de Estadística o la Comisión de Estadística. En la actualidad alma- cena y actualiza las actas de deslinde municipales en las que los ayuntamientos vecinos acuerda sus límites jurisdiccionales.

El Archivo Topográfico atiende también peticiones de los usuarios y una gran parte de su documentación se puede descargar gratuitamente a través del Centro de Descargas (actas de deslinde, cuadernos de campo, minutas cartográficas, planos de poblaciones y planos de edificios).

La atención de pedidos que devengan gastos de digitalización, puesta en soporte y distribución se lleva a cabo en colaboración con el Centro Nacional de Información Geográfica, que es el organismo competente para esta labor de tipo comercial.

Fondo bibliográfico

La Biblioteca cuenta con dos grupos de fondos claramente diferenciados:

Monografías:
— Libros: En torno a unos 16.000 ejemplares.
— Folletos técnicos: Aproximadamente 3.000 ejemplares.

Publicaciones seriadas:
— Periódicas: 35 títulos de revistas técnicas adquiridas mediante suscripción, que pueden ser consultadas por el personal del IGN a través del portal electrónico, más 30 títulos recibidos mediante donación e intercambio.
— No periódicas: Grupo integrado por enciclopedias, diccionarios geográficos, etc. que forman parte de la sección de referencia y que, en su inmensa mayoría, se encuentran ubicados en la sala de lectura.

La Biblioteca también presta publicaciones a diferentes departamentos del IGN, constituyendo así diversas bibliotecas puntuales y de uso continuado. Estas unidades se denominan «bibliotecas de trabajo», y se organizan cuando se considera imprescindible y bajo petición, estando siempre referenciadas como entradas en el catálogo general de la Biblioteca.

El principal soporte de este fondo bibliográfico es el papel, aunque desde hace unos años también se nutre de otros formatos como CD o DVD y de publicaciones digitales a las que se tiene acceso a través de Internet.

Los fondos están catalogados informáticamente en formato MARC21, mediante el sistema integrado de gestión bibliotecaria *AbsysNET*.

Fondo cartográfico y documental

Actualmente, la Cartoteca del IGN, como unidad dentro de la Biblioteca, dispone de una extensa colección de fondos cartográficos nacionales e internacionales. Los mapas que se conservan son de diverso tipo: mapas topográficos, mapas temáticos, mapas militares, cartas náuticas, atlas, series cartográficas, imágenes de satélite, etc. y las series completas con todas las ediciones del MTN 1:50.000 y del MTN 1:25.000, ade más de las series derivadas y temáticas que publica el IGN.

Cuenta con un gran número de fondos (unos 100.000), de los cuales un alto porcentaje corresponde a cartografía moderna (posteriores al año 1900, el 85 %), y una menor proporción a cartografía antigua (anteriores al año 1900, el 10 %). Estas cifras aproximadas varían de manera

continua con la entrada de nuevas publicaciones. En 2021 se incorporaron 15.979 documentos de cartografía, muchos de ellos correspondientes al MTN50, que estaban registrados en otra base de datos.

Todo el material cartográfico está catalogado ajustándose exactamente a la normativa internacional en esa materia —ISBD(CM)— con sus correspondientes fichas catalográficas automatizadas en formato Marc21, gestionadas, al igual que en la biblioteca, mediante el gestor de bases de datos documentales *AbsysNET*. Esto permite recuperar la información desde cualquier entrada y proceder al intercambio de dicha información con las bibliotecas y cartotecas de otras entidades que utilizan la misma herramienta de gestión.

Entre los fondos depositados en la Cartoteca merece mención especial, por su singularidad e importancia histórica, la colección de cartografía antigua, fechada antes del año 1900, de ámbito nacional e internacional y cuyos dos mapas más antiguos están datados en 1478. Este material cartográfico antiguo se puede consultar en el catálogo publicado en línea dentro de la página www.ign.es (http://www.ign.es/web/cata- logo-cartoteca/)

El Archivo Topográfico dispone de multitud de documentos, la mayoría manuscritos originales, de información tanto literal como cartográfica. Los documentos más antiguos datan de mediados del siglo XIX, si bien se siguió almacenando documentación técnica generada por el Instituto Geográfico Nacional hasta la primera mitad del siglo XX. Entre todos los fondos que se conservan cabe destacar las hojas kilométricas y cédulas catastrales de la Junta General de Estadística; planimetrías, altimetrías, planos de población y cuadernos de campo para la elaboración del antiguo MTN50; y las actas y cuadernos de línea límite. Los documentos más demandados se encuentran actualmente digitalizados y georreferenciados.

Algunos de estos documentos se pueden descargar a través del Centro de Descargas:

— Minutas cartográficas: mapas manuscritos que corresponden a los trabajos previos para la elaboración del Mapa Topográfico Nacional, realizados entre 1870 y 1950; se clasifican en minutas planimétricas y altimétricas. Se dibujaron a escala 1:25.000, con una precisión de obtención de la información correspondiente a 1:50.000. La leyenda de masas de cultivo permite interpretar algunas de las abreviaturas que aparecen en las planimetrías.
— Minutas a escala 1:25.000 del MTN50, denominadas «catastrones», que se produjeron entre 1910-1970.
— Planos de poblaciones: planos manuscritos de cascos urbanos a escalas 1:1.000, 1:2.000 o 1:5.000, realizados entre 1870 y 1950 como trabajos previos a la realización del Mapa Topográfico Nacional (MTN). No existen documentos de todos los municipios.
— Planos de edificios: planos manuscritos de edificios singulares realizados a diferentes escalas, principalmente 1:250 y 1:500, entre los años 1850 y 1900.
— Actas y cuadernos de línea límite.

Sala de Exposiciones

La sala de exposiciones tiene el objetivo de difundir el conocimiento y despertar el interés por la cartografía histórica, dando a conocer parte de los fondos cartográficos y documentales del IGN, reproducciones facsímil de documentos de otras instituciones, globos terráqueos e instrumentos científicos utilizados a lo largo de la historia para navegación, la obtención de coordenadas y la confección de cartografía.

Las exposiciones giran en torno a un tema común y son de carácter anual. En abril de 2021 se inauguró la exposición «Ciudades del mundo, Vistas, planos». Como ya es habitual, se ha publicado una visita virtual que permite consultar la exposición a través de la página *web* del IGN.

5 150 aniversario del Instituto Geográfico Nacional

La creación del Instituto Geográfico Nacional (IGN), el 12 de septiembre de 1870, fue el paso definitivo para la institucionalización en nuestro país del acceso al conocimiento en las ramas de la ciencia dedicadas al estudio de la Tierra, su estructura, los elementos que la componen y el espacio circundante, pues, pese a su trascendental impacto en la evolución humana a lo largo de la Historia, no se institucionalizó por parte de los Estados hasta el siglo XVIII.

En estos 150 años, el IGN ha sido la institución española de referencia en disciplinas como la geodesia, la geofísica, la astronomía, la cartografía y la información geográfica, e incluso en algunas otras que después fueron atribuidas a otros organismos especializados, como la meteorología, la estadística, el catastro o la metrología.

Durante el año 2021, las actividades, para celebrar sus 150 años de historia, han continuado y toda esta información se ha incorporado en el sitio web del «150 aniversario Instituto Geográfico Nacional» dónde se han añadido nuevos contenidos correspondientes a los actos, eventos, actividades, conferencias, fotografías y documentación relativos a esa anualidad.

Consulta toda la información en el siguiente enlace

PROGRAMA DE ACTOS

Presentación del libro «Instituto Geográfico Nacional, 1870-2020, 150 aniversario»

El 26 de abril, festividad de San Isidoro, patrón del Instituto Geográfico Nacional, el subsecretario de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana presentó en el Real Observatorio de Madrid el libro «Instituto Geográfico Nacional. 1870-2020. 150 aniversario», con el que los profesionales del IGN y de su organismo autónomo Centro Nacional de Información Geográfica han querido dejar testimonio de tan larga y rica historia de la institución y de los compromisos que hoy mantiene contraídos con la sociedad.

En él se destacan de forma amena los hitos principales que han marcado la historia del IGN, los di-

versos colectivos de personal específico que fueron adscribiéndose a la institución y las numerosas actividades que desarrolla actualmente.

El libro se encuentra disponible a descarga gratuita y en versión impresa a la venta en la tienda virtual del CNIG.

Exposición del IGN en la estación de Metro de Guzmán el Bueno de Madrid

La exposición del IGN en la estación de Metro de Guzmán el Bueno de Madrid fue inaugurada el 29 de junio en un acto que ha contado con la participación del Subsecretario del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, Jesús M. Gómez; el Consejero de Transportes e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid, David Pérez, el Director General del IGN, Lorenzo García, y la Consejera Delegada de Metro de Madrid, Silvia Roldán.

Esta exposición realiza un recorrido por las distintas actividades que realiza el IGN en el desarrollo de sus funciones con textos explicativos y numerosas ilustraciones dónde se hace especial alusión a los beneficios que proporcionan a la ciudadanía y a las administraciones públicas.

La exposición está formada por vinilos decorativos colocados en los andenes que se corresponden con las siguientes temáticas:

— 150 años al servicio del ciudadano
— Sede del Instituto Geográfico Nacional
— Observamos y medimos la Tierra
— Representamos tu mundo
— Representamos el territorio
— Observamos el espacio
— Observamos y medimos la Tierra
— Vigilamos la Tierra con técnicas geomagnéticas
— Vigilamos la Tierra con técnicas sismológicas y volcánicas
— Protegemos el patrimonio geográfico
— Cartografía histórica
— Instrumentación y exposiciones
— La información geográfica en tus manos

Consulta toda la información en el siguiente enlace

Clausura del programa de actos

El 24 de noviembre tuvo lugar este acto de clausura en el que la ministra de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, Raquel Sánchez, felicitó al IGN por la sala de exposiciones abierta en su sede central para mostrar a la ciudadanía sus fondos cartográficos, bibliográficos e instrumentales. También ha querido felicitarles por la labor de difusión a través de su web y redes sociales gestionadas por el Centro Nacional de Información Geográfica que difunden una gran

cantidad de información geográfica, visualizadores, recursos educativos y aplicaciones para el beneficio de toda la ciudadanía.

Consulta toda la información en el siguiente enlace.

EVENTOS: CICLOS DE CONFERENCIA

Con motivo del 150 aniversario del Instituto Geográfico Nacional se programaron un ciclo de conferencias de contenido divulgativo y científico-técnico relacionado con las áreas de conocimiento de Astronomía, Geodesia, Geomática y Cartografía.

Las conferencias celebradas en el año 2021 fueron:

Ciclo General

— 11 de marzo: «La amenaza silenciosa de los terremotos en nuestra vida diaria» impartida por Emilio Carreño. La seguridad de nuestra vivienda, la sismicidad natural, la inducida por embalses e incluso las pruebas nucleares son ejemplos de lo que está en continua y minuciosa vigilancia por nuestras redes sísmicas.
— 25 de marzo: «El kilo cuántico y las nuevas unidades del SI» impartida por José Manuel Bernabé. Breve reseña de la historia de la Metrología, su etapa en el IGN y explicación de cómo se definen ahora las unidades del Sistema Internacional.
— 15 de abril: «El mapa del futuro ya está aquí» impartida por Celia Sevilla. Escenas 3D hiperrealistas de los Parques Nacionales, tu Mapa a la Carta, Atlas Interactivo, SIGNA, Aplicaciones móviles y Servicios Web Estándar: cómo la tecnología está cambiando nuestra relación con los mapas.
— 29 de abril: «Prodigiosos Agujeros Negros» impartida por Pablo de Vicente. Historia de los fascinantes Agujeros Negros, resumen de sus propiedades y explicación de cómo se ha conseguido fotografiar uno.
— 13 de mayo: «La evolución de la imagen del mundo» impartida por Marcos Pavo. La imagen que el hombre ha tenido del mundo en el que habita está indisolublemente unida a su representación cartográfica. La historia de la cartografía es un fiel reflejo del progresivo descubrimiento de un mundo inabarcable y desconocido hasta no hace tanto
— 27 de mayo: «De Julio Verne a las redes de vigilancia volcánica» impartida por Carmen López y María José Blanco. Repaso de los principales fenómenos volcánicos. Desde el Vesubio y Plinio el Joven, pasando por Santorini, el Krakatoa, hasta los volcanes en erupción actuales. La erupción de El Hierro, los últimos avances en vigilancia volcánica y la vigilancia volcánica en el IGN
— 18 de noviembre: «Tecnología en la nube como plataforma GIS para monitorización y control de una operación tipo BALMIS» impartida por Carlos Borrallo. Jornada Técnica de la Asociación de Ingenieros Geógrafos en la que se presenta «Arqueología aérea desde los recursos del IGN en Torreparedones, Mellaria y otros yacimientos arqueológicos

de la provincia de Córdoba» con Antonio Monterroso Checa. La tecnología en la nube es una realidad. Durante la operación BALMIS, llevada a cabo durante los primeros meses de la crisis sanitaria del COVID 19, se comprobaron las innumerables ventajas que puede ofrecer en el ámbito de defensa y protección civil.

— 25 de noviembre: «Las Comisiones del Mapa de España predecesoras del Instituto Geográfico Nacional» impartida por Andrés Arístegui.
— 2 de diciembre: «La constante evolución de la cartografía catastral» impartida por Fernando Serrado de la Dirección General de Catastro. La evolución de la cartografía catastral desde los primeros trabajos realizados por el Instituto Geográfico Nacional hasta los trabajos del presente y futuro más inmediato acometidos en colaboración entre las Direcciones Generales del Catastro y del Instituto Geográfico Nacional.
— 10 de diciembre: «AEMET: Más de un siglo al servicio de la seguridad y bienestar de los ciudadanos» impartida por Fernando Belda de AEMET. La Agencia Estatal de Meteorología tiene como una de sus principales responsabilidades proporcionar información adecuada para contribuir a la seguridad de personas y bienes y al bienestar y desarrollo sostenible de la sociedad española, así como prestar apoyo a las políticas medioambientales mediante asesoramiento científico en asuntos relacionados con la variabilidad y cambio climático. AEMET lleva más de un siglo al servicio de los ciudadanos, durante este tiempo la cooperación entre organismos tanto a escala nacional como internacional ha sido vital para ofrecer un servicio de calidad.
— 16 de diciembre: «La historia de España a través de sus nombres» impartida por Angélica Castaño. Las distintas civilizaciones que han habitado España a lo largo del tiempo han dejado su impronta en los nombres geográficos que han llegado a nuestros días, siendo fieles testigos de nuestra historia.
— 23 de diciembre: «Inteligencia Artificial en la sociedad y la cartografía» impartida por Fco. Javier González Matesanz. El ser humano ha tratado siempre de conceptualizar matemáticamente los problemas técnicos en cartografía, pero… ¿estábamos equivocados? Quizá simplemente debemos abordarlos como se aprende desde la niñez.
— 30 de diciembre: «Aprende geografía a golpe de clic con el IGN» impartida por Ana Velasco. El IGN elabora recursos educativos sobre información geográfica que facilitan la labor de docentes y estudiantes de todas las edades y niveles, prestando atención a criterios pedagógicos y a la normativa vigente en materia educativa.

Ciclo historia de la Astronomía

— 4 de marzo: «La Astronomía se revoluciona» impartida por Miguel Santander. El Renacimiento supuso una auténtica revolución de la Astronomía. El modelo copernicano, la invención y uso del telescopio por Galileo o la obsesión de Kepler por el movimiento de los planetas son ejemplos de una época apasionante.
— 18 de marzo: «La Astronomía en el Barroco» impartida por Javier Alcolea. Al final de la

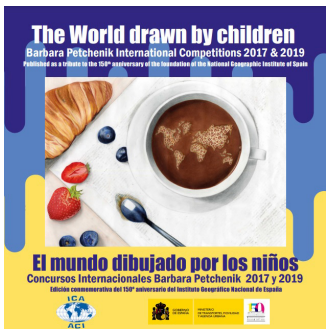
Edad Moderna, el auge del racionalismo acelera el avance de la Astronomía, comenzando por la Ley de Gravitación Universal de Newton y acabando por las primeras medidas del tamaño del Universo entonces conocido.

— 8 de abril: «El sistema solar se puebla y se estudian las nebulosas» impartida por Asunción Fuente. La revolución tecnológica, científica y social que sacudió Europa en el siglo XIX tuvo su reflejo en la Astronomía. Las mujeres, recién incorporadas a la ciencia, desempeñaron un papel estelar en esta transición.
— 22 de abril: «El Universo crece y evoluciona: el nacimiento de la astrofísica» impartida por Santiago García Burillo. En el siglo XX se completa la transformación de la Astronomía en la moderna ciencia astrofísica. Se estudia la evolución estelar y la estructura y dimensiones tanto de nuestra Galaxia como del Universo a gran escala.
— 6 de mayo: «La astrofísica en nuestros días. El espectro se manifiesta» impartida por Valentín Bujarrabal. Hasta el siglo XX, la observación de los astros estaba prácticamente limitada a su luz visible, bien a simple vista, bien con telescopios tradicionales. El progreso tecnológico nos ha posibilitado observar el cielo con otros ojos.
— 20 de mayo: «Astronomía desde el espacio» impartida por Pablo de Vicente. La carrera espacial da pie a una nueva etapa en la historia de la Astronomía. El ser humano alcanza la Luna, las sondas robóticas exploran el Sistema Solar y los telescopios espaciales revolucionan nuestros conocimientos.
— 3 de junio: «La Astronomía del futuro» impartida por Rafael Bachiller. Exoplanetas, materia y energía oscuras, agujeros negros, o protoestrellas son algunos de los temas en la vanguardia de la ciencia. Para su estudio se están construyendo los observatorios más ambiciosos de la historia y se recurre a la detección de ondas gravitacionales y de diversas partículas que nos llegan desde el espacio.

Todas las presentaciones se pueden consultar en este enlace.

ACTIVIDADES DESARROLLADAS

Publicación del libro «The World drawn by children / El Mundo dibujado por los niños. Concursos internacionales Barbara Petchenik 2017 y 2019»



Coincidiendo con el Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia, 11 de febrero de 2021, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) ha publicado el libro «The World drawn by children. Barbara Petchenik International Competitions 2017 & 2019». La obra, en edición bilingüe (inglés/castellano), expone los dibujos realizados por niñas y niños para las ediciones de 2017 y 2019 del Concurso Internacional Barbara Petchenik.

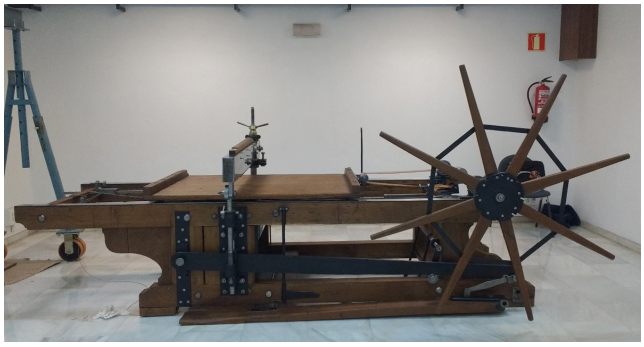
Este libro ha sido elaborado por el Área de Atlas Nacional como parte de las actividades conmemorativas del 150.º ani-

versario del Instituto Geográfico Nacional, y editado por el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Se ha contado con la valiosa aportación de la Comisión de Cartografía y Niños de la Asociación Cartográfica Internacional (ICA), la Sociedad Española de Cartografía, Fotogrametría y Teledetección (SECFT) y el Instituto Geográfico Nacional de Argentina.

Acceso al libro en su versión digital.

Restauración de una prensa litográfica Brisset

Con motivo del 150 aniversario del IGN, desde el Observatorio Geofísico de Toledo se abordó la restauración de una prensa litográfica Brisset. Este trabajo fue llevado a cabo por el personal de este Observatorio.



Dicha prensa se conservaba totalmente desmontada en los sótanos de IGN en Madrid.

Tras un montaje preliminar, se comprobó que se conservaban todas las piezas, así que se procedió a comenzar su restauración. Dicha restauración se llevó a cabo en los talleres del Observatorio Geofísico de Toledo.

Una vez finalizada la restauración de todas las piezas, la prensa fue montada en el edificio principal de la sede central del IGN, quedando en exposición para la celebración del 150 aniversario del IGN.

Publicación del Catálogo Artístico del Instituto Geográfico Nacional y del Real Observatorio de Madrid

El IGN y el Real Observatorio Astronómico Nacional, además de su rico patrimonio cartográfico, también posee un amplio patrimonio artístico que, con motivo del 150 aniversario del IGN, se ha pretendido dar a conocer mediante esta publicación de 68 páginas.

En el libro se recoge la riqueza patrimonial de ambas instituciones, fruto de su larga trayectoria histórica y correspondiente a diferentes aspectos artísticos. Comenzando por la arquitectura de su edificio principal, que fue declarado como Bien de Interés Cultural (BOE del 28 de enero de 1992), con categoría de monumento, sigue una colección de pintura compuesta de varios retratos de

los siglos XIX y XX. Es muy singular la escultura de san Isidoro, fundida en bronce por Codina Hermanos y situada en el vestíbulo de entrada del edificio principal. También se muestran un par de vidrieras artísticas y los bocetos originales de su diseño, así como un conjunto de valiosas alfombras elaboradas en la Real Fábrica de Tapices (fundada en el siglo XVIII). Por último, se reproduce una variada colección de relojes tanto de sobremesa como de pared o de pie, que adornan diferentes estancias y salas.

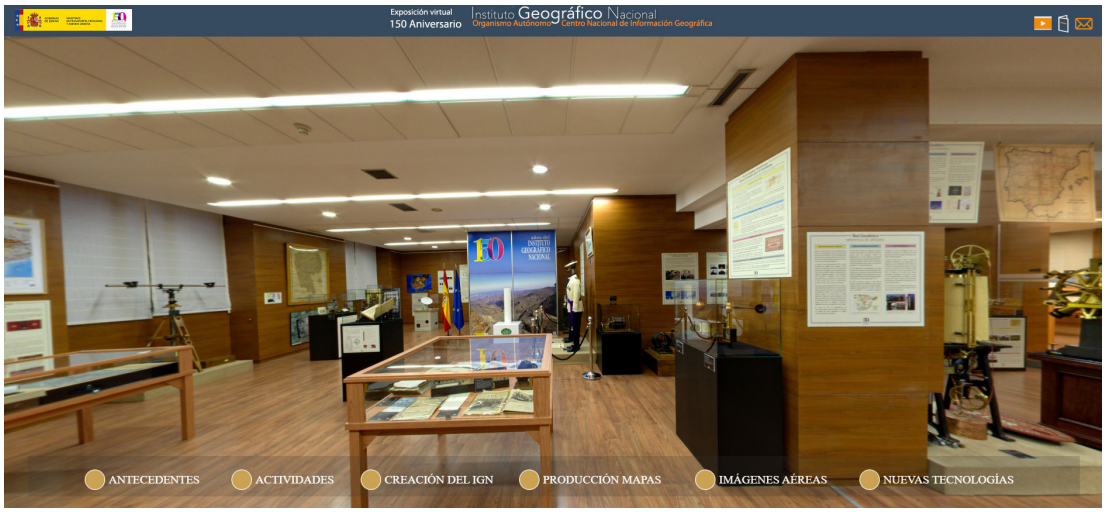
Acceso al catálogo en su versión digital.

Publicación de la Exposición virtual del 150 aniversario del IGN

Con motivo del 150 aniversario del IGN, se ha incluido en la web del IGN la «Exposición virtual 150 Aniversario del IGN», en la sección de exposiciones virtuales.

El IGN ha sido y es la institución española de referencia en disciplinas como la geodesia, la geofísica, la astronomía, la cartografía y la información geográfica, e incluso lo fue en algunas otras que fueron posteriormente asumidas por otros organismos especializados, como la meteorología, la estadística, el catastro y la metrología.

Se puede recorrer la exposición y conocer la historia del IGN a través de este enlace.



Recibida la Cruz al Mérito Militar con Distintivo Blanco

El 8 de diciembre el IGN estuvo presente en los actos de celebración de la festividad de la Patrona del Centro Geográfico del Ejército de Tierra (CEGET), la Inmaculada Concepción, presididos por el general jefe de la Jefatura CIS y Apoyo Técnico (JCISAT), general de División D. Joaquín Salas Alcalde.

En reconocimiento a los 150 años de trayectoria de la institución y la estrecha y permanente colaboración entre ambas instituciones, se impuso la Cruz al Mérito Militar con Distintivo Blanco al director general del IGN, D. Lorenzo García Asensio.

Exposiciones

Durante el año 2021 se han celebrado las siguientes exposiciones para dar a conocer nuestros fondos cartográficos e instrumentación:

Exposición anual

— Ciudades del mundo. Vistas. Planos
Esta exposición reúne una esmerada selección de vistas y planos de ciudades del mundo a lo largo de la historia.
Madrid. Del 26 de abril 2021 al 1 de abril de 2022.

Exposiciones itinerantes

— Los mapas y la primera vuelta al mundo. La expedición de Magallanes y Elcano
La exposición muestra en un recorrido cartográfico aspectos interesantes del viaje: sus antecedentes, preparativos, desarrollo y consecuencias.
A coruña: Hasta el 25 de abril de 2021
Palma: Del 19 de junio al 28 agosto de 2021
Logroño: Del 18 noviembre 2021 al 9 enero de 2022

— De Iberia a España a través de los mapas
Recorrido por las diferentes representaciones cartográficas de España a lo largo de su historia
Murcia: mayo 2021 - julio 2021
Águilas: 13 agosto 2021 - 31 octubre 2021

— La Cartografía de los Picos de Europa
El hilo conductor de la exposición lo establece la representación de los Picos de Europa en la cartografía, desde la antigüedad, en la que se representaban los relieves mediante dibujos de montañas abatidas, hasta nuestros días.
Potes: hasta el 15 de abril de 2021

Dirección General del
Instituto Geográfico Nacional

General Ibáñez de Íbero, 3
28003 – MADRID (España)
www.ign.es

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL