

# tramos

nº 759 / junio 2025

Revista del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible

**Ferrocarriles españoles:  
estado actual y retos del futuro**



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRANSPORTES  
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

# Grupo Transportes



SENASA



renfe

seitt

lineco

INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
NACIONAL



ENAIRe

adif

aena



Salvamento Marítimo

CEDEX  
CENTRO DE ESTUDIOS  
Y EXPERIMENTACIÓN  
DE OBRAS PÚBLICAS

Puertos del Estado

adif  
ALTA VELOCIDAD

AESF

Sostenibles  
para ti



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRANSPORTES  
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

# Contenido

nº 759 / junio 2025

- 2 **Presente sólido con retos pendientes**
- 14 **Nuevostamos**
- 26 **Alternativa junto al embalse**
- 36 **Siempre conectadas**
- 44 **El Servicio de Posicionamiento GNSS en Tiempo Real del IGN**
- 56 **La educación azul como génesis de una Administración Marítima estable**
- 64 **Torres Quevedo, el pionero de los transbordadores aéreos**
- 72 **Tramos ejemplares**



## Créditos

**Edición y coordinación de contenidos:** Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

**Página web:** [www.transportes.gob.es](http://www.transportes.gob.es)

**Colaboran en este número:** Javier Rodríguez-Ventosa; Álvaro Parrilla Alcaide; Pilar Crespo Rodríguez; José Manuel Serna Puente; José Antonio Sánchez Sobrino; Christian Palomar Pozo; Francisco Javier Benítez y M. Carmen Moreno Herrero.

**Fotografía:** Adif; DCE en Aragón; Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible; Shutterstock.

**Comité de Redacción:** Presidencia: Rafael Guerra Posadas (Subsecretario). Vicepresidencia: Alejandra González Madrid (Secretaria General Técnica).

Vocales: Pere Rostoll Fernández (Director de Comunicación), Ainhoa Morondo Quintano (Directora del Gabinete de la Secretaría de Estado); Aida Joaquín Acosta (Jefa del Gabinete de la Subsecretaría), Mónica Marín Díaz (Jefa del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transporte Terrestre), Álvaro José Fernández-Iruegas Pombo (Jefe del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Transportes Aéreo y Marítimo) y Tomás Herrero González (Jefe del Gabinete Técnico de la Secretaría General de Movilidad Sostenible).

**Diseño y maquetación:** Chelo Cruz. Centro de Publicaciones.  
**Dirección:** Nuevos Ministerios. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. Teléfono: 915 977 000.  
**Suscripciones:** M<sup>a</sup> Ángeles Baltar Arnaiz: 915 977 260 y Estrella Benedito Culebras 915 977 814. **e-mail:** [cpublic@transportes.gob.es](mailto:cpublic@transportes.gob.es)

Acceso a la publicación en digital y compra de la revista en papel en <https://publicaciones.transportes.gob.es/>  
Y al histórico de la revista en <https://www.transportes.gob.es/el-ministerio/informacion-para-el-ciudadano/revista/listado-de-revistas>

Dep. Legal: M-666-1958. ISSN: 2792-4564. ISSN-e: 2792-4572.  
NIP0: 196-24-001-2 y NIP0e: 196-24-002-8.

Esta publicación no se hace necesariamente responsable solidaria con las opiniones expresadas en las colaboraciones firmadas.  
Esta revista se imprime en papel FSC o equivalente.

Un estudio de Mafex radiografía el sector ferroviario español y detalla sus fortalezas y necesidades

# Presente sólido con retos pendientes





El sector ferroviario español se encuentra en una posición sólida dentro del panorama tanto europeo como global, destacando por su impacto económico, sus récords de viajeros, su apuesta por la sostenibilidad y su liderazgo en innovación. No obstante, si quiere garantizar su crecimiento, debe aplicar soluciones para superar los desafíos futuros. Esta es la foto fija de la situación actual de la industria ferroviaria que se desprende de un estudio de cocreación presentado recientemente por Mafex, la asociación que representa al sector, en el que se diseccionan sus fortalezas, desafíos y oportunidades de crecimiento.

- Texto: Javier R. Ventosa
- Fotos: Adif

## La industria ferroviaria

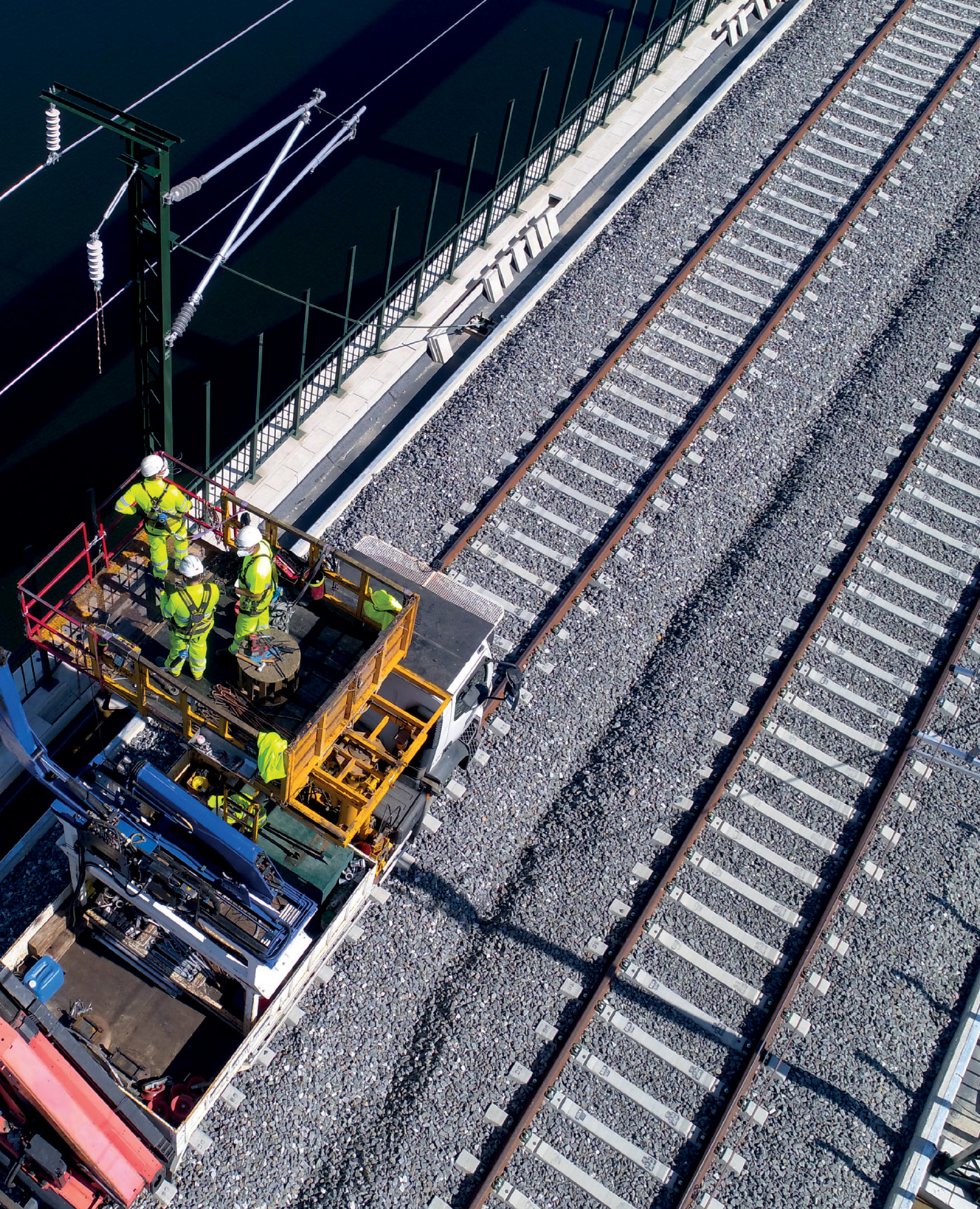
española es un pilar estratégico de la economía nacional y europea que tiene un impacto significativo en términos macroeconómicos, de empleo, innovación y sostenibilidad, representando cerca del 20 % de la facturación ferroviaria a escala comunitaria. En este contexto, la Asociación de la Industria Ferroviaria Española (Mafex) agrupa a 118 empresas del sector, que constituyen el 7,4 % del PIB industrial español y generan más de 33 000 empleos directos, destacando especialmente por su compromiso con la I+D+i y por su vocación exportadora. Este ecosistema es el principal motor del transporte ferroviario en España, modo que registra una demanda al alza (665 millones de viajeros en 2023, un 20,2 % más respecto al año anterior) y que es energéticamente más eficiente que la carretera o el avión a la hora de transportar viajeros y mercancías.

El sector ferroviario español presenta en la actualidad una posición sólida dentro del panorama europeo y global, con récords de viajeros, fuertes inversiones en el despliegue, renovación y modernización de infraestructuras y material rodante, el desarrollo de nuevas tecnologías, la apuesta por la sostenibilidad y la creciente internacionalización de sus empresas, según destaca el estudio de cocreación *Retos, fortalezas y necesidades futuras del sector ferroviario español*, presentado por Mafex en la sede del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible el pasado 10 de abril, en una jornada que contó con la presencia del ministro. Su principal valor reside en que está basado en las opiniones de los agentes del sector. Además de presentar un diagnóstico

El ministro, durante la presentación del estudio.



La electrificación de la red es una de las principales estrategias de descarbonización del modo ferroviario.





Los trenes eléctricos refuerzan la descarbonización del sector.

actual de la situación del ecosistema ferroviario, el estudio pone de manifiesto las principales preocupaciones de los profesionales del sector y detalla sus propuestas para mantener la competitividad de la industria nacional.

El informe se ha estructurado en cinco grandes ejes (descarbonización, innovación y transformación digital, competitividad industrial y talento, transporte de mercancías e internacionalización), en los cuales identifica un total de 30 fortalezas que el sector tiene que aprovechar y 37 necesidades que se deben afrontar conjuntamente entre todos los agentes del sector para impulsar la competitividad. Se desarrollan a continuación.

## Descarbonización

El futuro del sector ferroviario en España se perfila como un componente clave en la estrategia nacional para lograr un transporte descarbonizado y eficiente. A este objetivo contribuye decisivamente la ventaja estratégica del ferroca-

rril, que es el transporte menos contaminante y uno de los más eficientes, ya que genera solo el 0,4 % de emisiones en la UE pese a tener un 7,6 % de cuota. Su consumo energético, además, es siete veces más eficiente en las ciudades que el vehículo privado, y su capacidad para transportar mercancías y viajeros también es muy superior.

El estudio refleja el firme compromiso del sector español con la descarbonización como respuesta a las demandas sociales en materia de sostenibilidad, lo que constituye una de sus grandes fortalezas. Este compromiso se plasma en una elevada inversión en tecnologías limpias para reducir las emisiones y contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con infraestructuras verdes y resilientes. Ejemplos del uso de tecnologías sostenibles son la apuesta por la electrificación de la red, que hoy tiene una cobertura del 67 %, y el desarrollo de fuentes de tracción alternativas. El principal desafío del sector es la necesidad

de aumentar el trasvase modal al ferrocarril para reducir el impacto ambiental y limitar la dependencia del transporte por carretera.

Las líneas de trabajo principales para mejorar la sostenibilidad del sistema ferroviario son la ampliación de la red electrificada y el fomento de energías limpias como los trenes de hidrógeno, con potencial para el transporte regional de pasajeros en rutas sin electrificar. La fabricación y el mantenimiento también son ámbitos clave. En estos campos, el informe destaca que la industria realiza grandes inversiones y esfuerzos para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y conseguir llegar a un balance Net Zero en 2050. En este sentido, la economía circular es ya un enfoque clave en la industria y son muchas las empresas que diseñan productos o servicios (ecodiseño) con elementos y componentes recuperables al término de su vida operativa. Entre las soluciones para avanzar hacia esa meta destacan, entre otros, los sistemas avanzados de gestión de tráfico, las tecnologías de señalización eficientes, las tecnologías de recuperación, regeneración y almacenamiento de energía y las subestaciones reversibles.

El estudio hace hincapié en la necesidad de aprovechar la plena capacidad de los trenes para reducir la huella de carbono, con el argumento de que no hay un tren más insostenible que un tren vacío. Para consolidar al ferrocarril como un modo de transporte atractivo, los profesionales del sector creen indispensable implementar medidas que mejoren su accesibilidad, seguridad, frecuencia e intermodalidad, con el fin de provocar un cambio de mentalidad que transforme la percepción del viajero, que debe pasar de ser un usuario a un cliente de servicio. En esa línea,

para mejorar la concienciación social sobre el uso del ferrocarril, proponen la puesta en valor de las ventajas que ofrece, así como la necesidad de mejorar la experiencia del cliente y de tratar la fiabilidad de los servicios como una prioridad con el objetivo de aumentar la fidelización y el uso del tren.

## Innovación y transformación digital

Una de las ideas centrales del estudio es el carácter fuertemente innovador del sector, fortaleza que contribuye a impulsar su competitividad. La industria ferroviaria invierte de media un 4 % de su facturación en I+D+i para desarrollar nuevas tecnologías. En los últimos años se han puesto en marcha desarrollos novedosos, como el empleo de materiales cada vez más avanzados, ligeros y resistentes, la implementación de tecnologías para la detección de obstáculos y el frenado automático o la introducción de sensores IoT (Internet de las cosas) que moni-

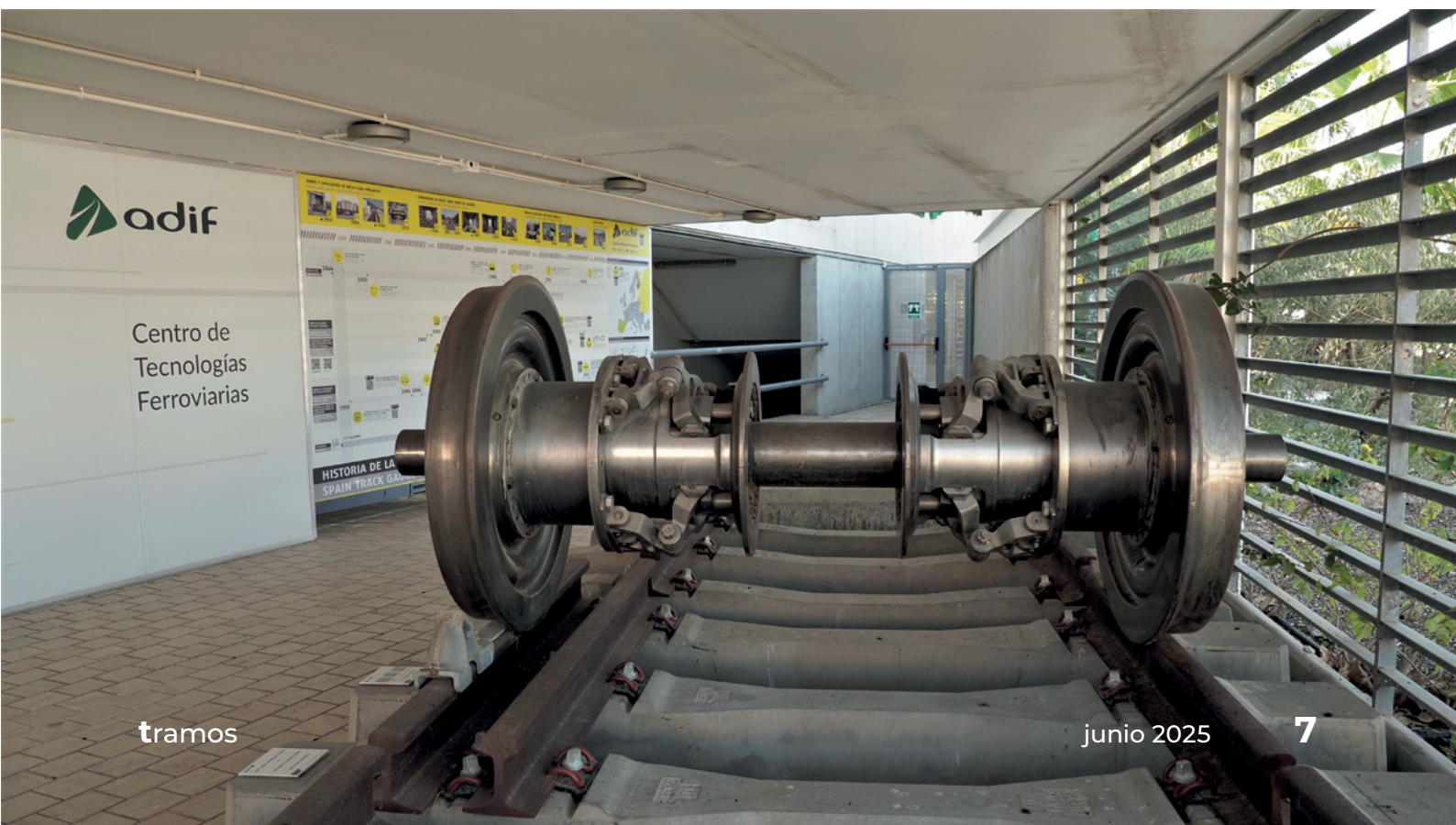
torizan en tiempo real las vías y los trenes. Además, el sector tiene una gran capacidad de adaptación a los desafíos asociados a la red de Adif, como lo demuestra el desarrollo de sistemas de cambio de ancho de vía que permiten a los trenes ser compatibles para su uso en los anchos estándar y convencional. Otra fortaleza, a escala europea, es el liderazgo de España en proyectos ferroviarios de la UE, siendo el segundo país por retorno y el primero por población en el clúster 5 del programa marco de I+i Horizon Europe, posición que se repite en los programas Shift2Rail y Europe's Rail, que están transformando y diseñando el sector ferroviario europeo del futuro. No obstante, se destaca que España debe mejorar la posición en el *ranking* de innovación de la UE mediante el impulso de nuevas estrategias de I+D+i.

En materia de ayudas, el sector percibe que, pese a las inversiones de los fondos Next Generation, existe una falta de financiación e inversiones públicas dedicadas a

la I+D+i ferroviaria. Por un lado, se identifica una baja participación del sector en líneas de ayuda de entidades como el Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (CDTI) y, por otro, se constata la necesidad de mejorar la comunicación con los organismos públicos encargados de proyectos de I+D+i para evitar consecuencias como la no habilitación de líneas de inversión para el sector. Por todo ello, el estudio plantea aumentar y coordinar la financiación pública para el sector, facilitar el acceso de las pymes a proyectos de investigación e impulsar la implantación real de las innovaciones en las infraestructuras. También propone la ampliación de la colaboración entre el tejido empresarial, las universidades y los centros logísticos.

Pese a la imagen altamente burocrática y con procesos largos y complejos que se tiene del sector, el estudio resalta la transición que atraviesa actualmente y el potencial de mejora que presenta la transformación digital en materia

Eje de ancho variable para trenes de mercancías, ejemplo de innovación de Adif.



# Portada

Baliza del sistema ERTMS en una vía de la LAV Madrid-Extremadura.



de experiencia del usuario, procesos operativos, capacitación de empleados y transformación del modelo de negocio. El sector ya está utilizando la inteligencia artificial (IA) y herramientas como la realidad virtual para mejorar la sostenibilidad, la seguridad y la operativa, como refleja la tecnología de trenes sin conductor (metros de Barcelona y próximamente de Madrid). También se destacan los avances tecnológicos en ciberseguridad, estratégico para el sistema ferroviario, y en el mantenimiento inteligente, clave para mejorar la eficiencia y la fiabilidad del servicio. Asimismo, los agentes del sector resaltan el potencial de contribución de las tecnologías avanzadas (IA, Big Data) para la gestión de datos digitales en campos como la trazabilidad de las mercancías, la optimización de la logística o las plataformas de gestión integral de viajes. Para mejorar la gestión de los datos, proponen fomentar la colaboración con expertos en IA y Big Data.

El estudio incide en dos retos de futuro en materia de innovación: la intermodalidad y la interoperabilidad. En el primero, se muestra la necesidad de utilizar los avances tecnológicos en el transporte de mercancías para establecer modelos de gestión que faciliten la reducción de tiempos de espera y costes operativos, una mayor flexibilidad en la cadena de suministro y proporcionen una fuente de información que aumente la confianza de los cargadores. En el transporte de viajeros, propugna la importancia de facilitar la movilidad combinada entre diferentes modos de transporte a través de billetes integrados. En materia de interoperabilidad, se destaca el carácter de España como pionera en el despliegue del ERTMS (Siste-

## Ejercicio de cocreación

El informe *Retos, fortalezas, y necesidades futuras del sector ferroviario español*, impulsado por Mafex, es una radiografía detallada de la situación actual de la industria ferroviaria española. Esta radiografía es el resultado de un ejercicio de cocreación colectivo desarrollado por la consultora Lasker y coordinado por un grupo de expertos independientes, en el que los agentes de la cadena de valor del sector (Administración pública, académicos, centros de investigación, expertos y la industria privada) han contribuido con sus opiniones a identificar las fortalezas y los desafíos de futuro del sector, así como las soluciones para afrontarlos. En el ámbito de la Administración se entrevistó a seis ministerios, incluido el de Transportes y Movilidad Sostenible, además de Adif y la Oficina del Comisionado del Corredor Atlántico.

De las entrevistas a los agentes del sector emergió un consenso prácticamente generalizado sobre la situación real del sector y sobre las diferentes temáticas a abordar en el estudio, que finalmente se estructuró en cinco grandes ejes. Con esta estructura como base, el informe desarrolla un listado de fortalezas que se tienen que aprovechar y de oportunidades que se deben afrontar conjuntamente con soluciones para impulsar al sector.

ma Europeo de Gestión del Tráfico Ferroviario), con récord de kilómetros operativos y un porcentaje de funcionamiento del 62 % en la red española, muy superior al resto de Europa. El sector estima que los Estados deben destinar mayores inversiones a implantar este “idioma común” ferroviario, identificado como obstáculo para las relaciones ferroviarias transeuropeas. Por último, se resalta la necesidad de la cadena de valor del sector de contar con un horizonte claro sobre los tiempos de instalación del ERTMS en las distintas vías.

### Competitividad industrial y talento

El ejercicio de cocreación impulsado por Mafex ha puesto de manifiesto que el impulso de la competitividad de la industria ferroviaria española está basado en fortalezas como la estabilidad y continuidad de las políticas públicas hacia el sector, con planes e inversiones en los últimos años que potencian la autonomía estratégica y la producción propia. Para impulsar la

competitividad, también destaca la importancia de las pymes (el 63 % del tejido ferroviario) y la transformación digital. Como desafíos de futuro, el estudio menciona la preocupación del sector por los procedimientos de licitación ante la subida generalizada de precios debido al contexto económico y geopolítico, propugnando la actualización del marco regulatorio en materia de contratación pública, la necesidad de un mayor apoyo a las pymes (financiación, negociación y transformación digital) y el reto de mantener e incluso elevar la inversión de la industria en transformación digital.

Por otro lado, el estudio dedica una parte destacada de la competitividad del sector a los procesos de liberalización ferroviaria en España. Como conclusión fundamental, se estima que estos procesos han producido avances significativos, aunque su consolidación efectiva dependerá de la eliminación de barreras y la implementación de modelos regulatorios que favorezcan una competencia equilibrada

y sostenible. Por segmentos, el sector considera que la liberalización del transporte de mercancías, iniciada a partir de 2005, ha permitido eliminar el monopolio existente y la entrada de nuevos operadores al mercado, aunque su impacto ha sido limitado ya que no se ha producido el incremento esperado de la cuota modal y los nuevos operadores se han centrado en cargas ligeras, sin alterar la cuota del sector. Como barreras en este proceso se destacan la falta de reciprocidad en la aplicación de las directivas europeas, el cuello de botella que supone el acceso a material rodante y la escasa inversión privada.

Respecto a la liberalización del transporte de viajeros de Alta Velocidad, iniciada en 2020, el sentir del sector es que ha permitido una expansión significativa de la

Alta Velocidad, impulsada por la introducción de la competencia y la oferta de precios más competitivos. Entre 2019 y 2023, la demanda de Alta Velocidad pasó de 21 a 31 millones de viajeros. El principal reto es garantizar la sostenibilidad del sistema ferroviario, influido por factores como el incremento de los precios de la energía, la coyuntura económica post-pandemia y los cambios en las culturas empresariales. Por ello, desde el sector se plantea una regulación para garantizar que las tarifas sean sostenibles a largo plazo sin afectar ni a la calidad del servicio ni a la rentabilidad de los operadores. Otro reto destacado es la necesidad de asegurar la fiabilidad del servicio, para lo cual se propone reforzar las estrategias de mantenimiento y gestión operativa.

En el caso de la liberalización del mercado de Obligaciones de Servicio Público (OSP), con fecha oficial de inicio a partir de 2028, el sector prioriza la necesidad de evaluar el modelo actual de Cercanías, con 50 años de operatividad, para determinar posibles áreas de mejora respecto a los procesos anteriores. Hay que señalar que los servicios OSP (Cercanías y Media Distancia) transportaron 491,6 millones de viajeros en 2023 (el 92,2 % del total). Con ese fin, los agentes del ecosistema ferroviario plantean que, para que el proceso sea exitoso, es imprescindible abordar los retos asociados a la regulación de los procesos de licitación y compra en sus diferentes aspectos (técnico, contractual, financiero, industrial y regulatorio), la gestión del material rodante, las condiciones de mantenimiento y prestación del servicio

La liberalización del transporte de viajeros en Alta Velocidad ha multiplicado las cifras de usuarios en este segmento.





El transporte de mercancías es la asignatura pendiente del ferrocarril español, según el estudio.

de los mismos y las condiciones laborales de los diferentes actores. También se plantea la conveniencia de que las comunidades autónomas asuman competencias en materia de Cercanías, aunque los expertos resaltan el papel crucial de Renfe en este proceso y la necesidad de preservar su participación en las grandes redes de Cercanías, asegurando que cualquier cambio en la gestión sea fruto de acuerdos nacionales bien fundamentados.

La búsqueda y atracción de talento es otro de los factores que influyen decisivamente en la competitividad del sector ferroviario, que necesita empleos cualificados en una gran variedad de ámbitos. Para afrontar este reto, los profesionales del sector creen necesario fomentar la formación alineando la oferta educativa con la demanda real del sector, así como aumentar la colaboración entre la universidad y la empresa con proyectos conjuntos y programas de especialización.

## Transporte de mercancías

El diagnóstico de los expertos entrevistados es unánime

al considerar el transporte de mercancías como la asignatura pendiente del ferrocarril español. Pese a la existencia de una extensa red (la quinta en la UE), con un gran potencial para la carga, el transporte ferroviario de mercancías registra una cuota modal del 4,88 %, muy alejada del 17 % de la media europea. Distintos motivos explican esta diferencia, desde la situación geográfica y la eficiencia del transporte por carretera hasta la infraestructura compartida, las terminales saturadas o las barreras de interoperabilidad por la existencia de dos redes con distintos anchos de vía. En opinión de los expertos consultados, los planes gubernamentales impulsados en las últimas dos décadas no han producido los cambios esperados. No obstante, perciben que iniciativas como Mercancías 30, cuya meta es alcanzar una cuota modal del 10 % en 2030, y los fondos Next Generation marcan una clara hoja de ruta para el futuro. De hecho, estiman que el impulso a los corredores estratégicos (Mediterráneo, Atlántico) y la puesta en circulación de nuevo material rodante produci-

rán un repunte en el transporte de mercancías a partir de 2027.

De cara a ese futuro, el sector coincide con las prioridades identificadas por la iniciativa Mercancías 30 y, partiendo de la fortaleza que supone la extensión de la red de Adif, proponen agilizar las inversiones en eficiencia y accesibilidad de nodos logísticos y puertos para facilitar los trasbordos de carga entre distintos modos de transporte. Otras acciones propuestas son el desarrollo de nuevas autopistas ferroviarias, el uso de vías convencionales exclusivas en mercancías y los avances en interoperabilidad (ERTMS, ancho de vía, acoplamiento automático digital) para facilitar el tráfico internacional. Junto a las actuaciones en infraestructura, también consideran imprescindible fomentar medidas de apoyo a los cargadores –sobre todo a las pymes– para que opten por el modo ferroviario en vez de la carretera. Tras destacar el compromiso del sector privado con la intermodalidad, plantean la ampliación de subvenciones a las empresas para cubrir el periodo entre la compra y entrega de material rodante, fijada

Ch. García Franco



El sector coincide con las prioridades de actuación de la iniciativa Mercancías 30.

por los fondos Next Generation para el 31 de diciembre de 2025, y la finalización de las obras de infraestructura de la red, prevista por Adif para octubre de 2026.

## Internacionalización

La internacionalización de la industria es considerada por el estudio de Mafex como un caso de éxito. Desde que, empujadas

por la crisis económica, salieron a partir de 2008 para buscar nuevos mercados en el exterior, las empresas del sector ferroviario, públicas y privadas, desde constructoras e ingenierías hasta suministradores de equipos, componentes y sistemas, han participado en numerosos proyectos en mercados desarrollados y emergentes de más de 100 países, consolidando al sector como un referente global en los segmentos de Alta Velocidad y movilidad urbana. Así lo avalan proyectos de Alta Velocidad tan emblemáticos como las líneas Meca-Medina, HS2, California, Follo Line, Tren Maya o Rail Baltica, o de movilidad urbana como los metros de Dubái, Quito, Londres y Nueva York, entre otros. Además, tiene una destacada participación en los principales programas de innovación europeos, lo que permite al sector tanto exportar su alto grado de especialización a proyectos de gran envergadura en otros países como aplicar el conocimiento adquirido en el exterior a proyectos nacionales. Por otro lado, se destaca que la industria

Túnel Blix de la línea Follobanen (Noruega), el más largo de Escandinavia, obra de la Marca España.

ACCIONA



exporta el 70 % de su volumen de negocio.

Pese a la fortaleza de la internacionalización, varios entrevistados coinciden en la existencia de importantes barreras que dificultan el acceso a mercados exteriores. A menudo, las empresas españolas se enfrentan a la imposibilidad de acceder a ellos o de hacerlo en igualdad de condiciones que sus empresas nacionales. Por ello, resaltan la importancia de disponer de recursos, presencia y licencias que dan acceso a los diferentes mercados, o incluso de adquirir empresas locales donde se quiere

desarrollar proyectos, como hizo Renfe al adquirir el 50 % del operador checo Leo Express, lo que le permite tener presencia en tres países europeos. El reto que tiene el sector ante sí es consolidar la posición en regiones clave (América Latina, Norteamérica y Asia-Pacífico) y diversificar mercados con proyectos integrales de ingeniería, operación y mantenimiento.

Para facilitar la expansión internacional, el estudio destaca como fortaleza el fuerte apoyo de mecanismos financieros del Gobierno y de instituciones internacionales (FIEM, CEF, Global Gateway, Banco

Europeo de Inversiones, Fondo de Coinversión) a los proyectos de las empresas españolas en el exterior. Como retos de mejora en este ámbito, los expertos entrevistados mencionan la adaptación de los instrumentos de financiación a las necesidades del sector, la mejora del intercambio de información entre la industria y la Administración para optimizar el uso de los instrumentos de financiación existentes y el fortalecimiento del apoyo a las pymes y empresas de consultoría en mercados internacionales para su implantación local. ■

La línea Meca-Medina es el proyecto de internacionalización más exitoso de las empresas españolas.



10:11 DEPARTURES				
Time	Destination	Train	Platform	Information
12:00	MAKKAH	80121	3	
12:30	MAKKAH	01121	3	
13:00	MAKKAH	81131	1	
15:00	MAKKAH	83151	1	
17:00	MAKKAH	80151	3	
19:30	MAKKAH	00171	3	
08:00	MAKKAH	80191	3	
08:00	MAKKAH	00081	3	
08:25	MAKKAH	80063	3	
12:00	MAKKAH	80081	3	
		80121	3	



قطار الحرمين السريع  
HARAMAIN HIGH SPEED RAILWAY

رؤية 2030  
VISION 2030  
الشركة السعودية للطرق الحديدية  
SAR  
السعودية العامة للسكك الحديدية  
KINGDOM OF SAUDI ARABIA



## Acuerdo histórico para reducir las emisiones del transporte marítimo mundial

La Organización Marítima Internacional ha dado un gran paso para conseguir el objetivo de cero emisiones en el sector del transporte marítimo mundial de aquí a 2050. El Comité de Protección del Medio Marino ha aprobado, en la última reunión en Londres, el marco normativo que regula la reducción de emisiones contaminantes del transporte marítimo.

Este acuerdo contempla, entre otros aspectos, un conjunto de normas obligatorias para reducir gradualmente la intensidad de los gases de efecto invernadero (GEI) procedentes de los buques, acelerar la introducción de combustibles, tecnologías y fuentes de energía de nulas o bajas emisiones y, favorecer una transición justa y equitativa. También regulará el grado de limpieza de la energía usada por un buque, en función de su impacto climático. Así mismo, implanta un régimen común de certificación para los combustibles que favorece la igualdad de condiciones, independientemente del lugar en el que se produzca, transporte o utilice un combustible. Por primera vez se introduce un mecanismo mundial de fijación de precios para las emisiones que, junto con otros incentivos financieros, favorece el empleo de combustibles más limpios.

El acuerdo se alinea con la política medioambiental de la Unión Europea y atiende las demandas expresadas por el Gobierno de España para establecer una estrategia global para la descarbonización del transporte marítimo. Las nuevas medidas, que entrarán en vigor en 2027, se incorporarán como un nuevo capítulo dentro del Anexo del VI Convenio MARPOL (Convenio Internacional para prevenir la contaminación procedente de los buques). 🌍



## Despliegue del sistema ERTMS en Extremadura

El ministro de Transportes y Movilidad Sostenible, Óscar Puente, ha recorrido el tramo Badajoz-Plasencia en el tren S106 para conocer de primera mano cómo se desarrollan las pruebas del sistema de señalización y seguridad ERTMS. Estos test consisten en la auscultación de la infraestructura y la catenaria, en ambas vías, a una velocidad creciente y escalonada entre 200 y 300 km/h.

La implantación del sistema de seguridad ERTMS facilitará duplicar la velocidad de circulación actual por Extremadura, recortar los tiempos de viaje con la capital de España entre 20 y 45 minutos, y mejorar la conectividad ferroviaria de la región.

Las infraestructuras para implantar la Alta Velocidad en Extremadura avanzan a buen ritmo. Próximamente se podrá en servicio el baipás de Mérida que ya cuenta con la autorización de la Agencia de Seguridad Ferroviaria. Además, ya han empezado las obras de duplicación de vía entre Aljucén y Mérida, que mejorarán la capacidad del tramo y el acceso en alta velocidad. Y el Consejo de Ministros ha autorizado licitar la electrificación del tramo de alta velocidad Talayuela-Plasencia por 38,6 millones de euros, un proyecto que se ejecutará a través de Adif Alta Velocidad. Este contrato incluye la instalación y mantenimiento de la catenaria y los sistemas asociados en este trazado de 70 kilómetros. Puente también ha confirmado que las obras en esta plataforma Talayuela-Plasencia estarán finalizadas en este año 2025. Desde 2018, Transportes, a través de Adif, ha ejecutado o están ejecutando inversiones por valor de 1208 millones de euros en los tramos Plasencia-Cáceres y Talayuela-Plasencia. 🌍



## El aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas estará conectado con la Alta Velocidad en 2026

El ministro de Transportes y Movilidad Sostenible, Óscar Puente, ha anunciado que el aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas estará conectado con toda la red de Alta Velocidad de España en 2026. Para ello, el Ministerio, a través de Adif, está invirtiendo 63 millones de euros en las obras necesarias para llevar a cabo esta conexión que permitirá fomentar la intermodalidad aéreo-ferroviaria en los viajes de media y larga distancia, así como un transporte más sostenible. Esto será posible gracias a la construcción de un nuevo acceso ferroviario en ancho estándar entre la cabecera norte de la estación Madrid Chamartín-Clara Campoamor y el aeropuerto. Además, se van a realizar trabajos en el túnel de acceso al mismo para el que se está aprovechando la infraestructura ya existente de la línea de Cercanías que conecta la estación y la Terminal.

El ministro ha hecho este anuncio durante una visita realizada junto con el comisario europeo de Transporte Sostenible y Turismo, Apostolos Tzitzikostas, a las instalaciones del aeropuerto, considerado el tercer *hub* internacional de la Unión Europea y la principal puerta de entrada a España con 66 millones de pasajeros en 2024. Previamente, han mantenido una reunión con el objetivo de abordar la importancia del despliegue de las conexiones transfronterizas en el marco de la Unión Europea para su desarrollo y cohesión. Además, han hablado de los planes de Aena para mejorar la capacidad de la red aeroportuaria española en los próximos años y de las actuaciones puestas en marcha para alcanzar las cero emisiones en toda la red de aeropuertos en 2030, un objetivo que se enmarca en el marco del Plan de Acción Climática de la compañía que cuenta con una inversión de 750 millones de euros.

El secretario de Estado, José Antonio Santano; el presidente de Adif, Pedro Marco; y el presidente de Aena, Maurici Lucena, acompañaron al ministro y al comisario durante la visita. 🌐

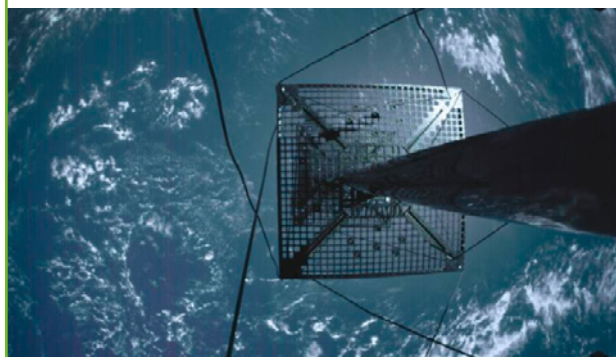


## Apuesta por la inversión en el proyecto Startical de servicios de satélites

El Consejo de Ministros ha autorizado una inversión de 10,5 millones de euros para impulsar, en el campo de la navegación aérea, el desarrollo de la constelación de satélites Startical. Se trata de una propuesta conjunta de Enaire e Indra que pretende redefinir el futuro de la gestión del tráfico aéreo a nivel global.

Tiene como objetivo la provisión de servicios satelitales globales de vigilancia (ADS-B), comunicaciones de voz vía a través de VHF y datos digitales gracias a una constelación de más de 200 satélites en órbita baja. A la vez, garantiza la cobertura en regiones remotas como el espacio aéreo oceánico de Canarias y el corredor a Sudamérica, donde actualmente no es posible disponer de cobertura con infraestructuras terrestres. Además, esta iniciativa mejora la seguridad y eficiencia del tráfico aéreo, al optimizar las rutas de vuelo y reducir el consumo de combustible y de las emisiones contaminantes promoviendo una mayor sostenibilidad.

El primer satélite de prueba IOD-1 del proyecto Startical fue lanzado con éxito el pasado mes de marzo y, actualmente, sigue el despliegue de todos sus elementos y sistemas radiantes en su configuración orbital. En esta primera fase está previsto lanzar en julio de 2025 un segundo satélite en pruebas dentro del proyecto europeo ECHOES con el que se ampliarán las actividades y se podrá probar la viabilidad de la constelación de satélites antes de iniciar su fabricación y despliegue completo en una segunda fase. 🌐





## Recta final de las obras del viaducto sobre los ríos Gállego y Aurín

Las obras del viaducto sobre los ríos Gállego y Aurín en la Autovía Múdejar A-23 han entrado en la recta final con más del 80 % de los trabajos ejecutados. Así lo ha podido comprobar personalmente el ministro de Transportes y Movilidad Sostenible, Óscar Puente, en una visita a esta futura infraestructura, un hito de innovación por su tipología y sistema de construcción.

El futuro viaducto presenta una longitud de 934 metros, una altura máxima de 50 metros sobre el terreno y un tablero único de 25,1 metros de ancho. Cuenta con 11 vanos, nueve de ellos de 90 metros de luz. Se trata de una infraestructura singular, en el que se ha empleado una autocimbra para vanos de más de 70 metros, lo cual no es habitual. De hecho, es la primera en España construida con autocimbra de estas características y en el mundo solo hay otro de esta misma longitud en Turquía. 🌍



## Impulso al anillo de circunvalación de Sevilla

El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha licitado por 101,3 millones de euros las obras para un nuevo tramo de la autovía de circunvalación del área metropolitana de Sevilla, SE-40. El nuevo tramo permitirá conectar Espartinas, en el enlace de la A-49 y Valencina. Con una longitud de cuatro kilómetros incluye un viaducto, tres pasos superiores y seis obras de drenaje transversal. Forma parte de un proyecto global de construcción de un anillo viario de circunvalación alejado de la ciudad de Sevilla, que cuenta ya con cinco tramos en servicio.

Además, también han sido adjudicadas las obras del tramo de sector noroeste Valencina-Salteras y la redacción del proyecto entre Dos Hermanas y Coria del Río, que incluye el puente sobre el Guadalquivir. Estas últimas, con un presupuesto total de 4,37 millones, posibilitarán avanzar en la redacción de los proyectos del tramo sur de esta autovía. La futura SE-40 permitirá mejorar la movilidad metropolitana y la seguridad vial en Sevilla al descongestionar la SE-30, así como aligerar el tráfico de los núcleos urbanos del entorno de la capital. 🌍





## España apoya la digitalización del sector de la construcción a nivel europeo: la Subsecretaría de Transportes y Movilidad Sostenible participa en la tercera reunión del EU BIM Public Officials Group



El 24 y 25 de abril de 2025 se celebró en Varsovia la tercera reunión del EU BIM Public Officials Group para acelerar la digitalización del sector de la construcción en Europa. La Subsecretaría, como presidencia de la Comisión Interministerial BIM (CIBIM), lideró la creación de este grupo durante la Presidencia Española de la UE en 2023, en el que se reúnen funcionarios de los Estados miembros, responsables gubernamentales de la implementación de BIM en sus respectivos países.

El objetivo de este grupo es intercambiar en el ámbito europeo las diferentes estrategias de implantación de BIM en la contratación pública, mejores prácticas y avances llevados a cabo por los Estados miembros. En el caso de España, esta estrategia se recoge en el "Plan BIM para la contratación pública", que entró en vigor en abril de 2024. En el Plan BIM se recoge una implantación gradual y progresiva de BIM a través de los Niveles BIM y define diferentes hitos temporales para lograrla: el segundo hito se alcanzará en octubre de 2025 para determinados contratos.

En esta reunión, representantes de diez Estados miembros y de la Comisión Europea continuaron trabajando en la consolidación de una estrategia europea para la implementación de BIM. Por parte de España, intervinieron representantes de la Subsecretaría de Transportes y Movilidad Sostenible y de la Dirección General de Carreteras del Ministerio, que destacaron la importancia de hacer un seguimiento del uso de BIM en la contratación pública europea y mostraron sus avances en la construcción de un Entorno Común de Datos (CDE) para la Administración General del Estado. También desde la Subsecretaría se moderaron varias sesiones y se resaltó la relevancia de estos encuentros para la transformación digital del sector y la eficiencia del gasto público en infraestructuras.

La Subsecretaría de Transportes y Movilidad Sostenible continúa liderando la iniciativa del EU BIM Public Officials Group y colaborando estrechamente con otros Estados miembros comprometidos con la implantación de BIM. En Varsovia, los Estados miembros acordaron mantener las reuniones del Grupo alineadas con las presidencias del Consejo de la UE, garantizando una integración constante de prioridades y estrategias.

### Más inversiones para los puertos del Corredor Atlántico

El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible invertirá 3143 millones de euros durante los próximos cinco años para el desarrollo y mejora de los puertos del Corredor Atlántico. Los fondos se destinarán a los puertos de A Coruña, Algeciras, Bilbao, Gijón, Huelva, Las Palmas, Santa Cruz de Tenerife, Santander y Sevilla. Todos ellos pertenecen a la Red básica de la Red Transeuropea del Transporte y son además hubs y enclaves intermodales, motores de desarrollo territorial.

## Finalizadas las obras en el enlace entre la A-7 y la N-344 en Murcia

El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha concluido los trabajos de mejora de la movilidad y la seguridad vial del enlace entre la A-7 y la N-344 situado en el municipio de Murcia. Gracias a ellos, se ha reordenado la conexión del actual ramal de entrada a la A-7 desde la carretera N-344 en sentido Murcia-Lorca situado en el p. k. 575 de la autovía. Para ello, se ha construido un enlace directo y una nueva glorieta, de 56 metros de diámetro exterior, que ayudarán a dar fluidez al tráfico. En la N-344, por su parte, se ha ensanchado la plataforma con la construcción de un segundo carril en sentido Las Torres de Cotillas hacia la A-7, una mediana de un metro y un carril bici paralelo separado mediante una barrera New-Jersey. Además, se ha mejorado el alumbrado público con la instalación de farolas dotadas de paneles solares.

Con estas actuaciones ya están en servicio todos los trabajos ejecutados para reforzar las condiciones de circulación, la fluidez del tráfico, la eficiencia energética y la seguridad de los usuarios vulnerables que circulan en bicicleta, una mejora esta última que se alinea con la Estrategia Nacional de la Bicicleta que pretende fomentar su uso en todos los ámbitos.

Para llevar a cabo estas mejoras, el Ministerio ha invertido 5,6 millones de euros, que han sido financiados con cargo a los fondos europeos NextGenerationEU en el marco de Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

Mejora de la seguridad vial del enlace entre A-7 y N-344



## Commemoración de 200 años del nacimiento de Ibáñez de Ibero

En 2025 se cumple el bicentenario del nacimiento del general Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, fundador y primer director del Instituto Geográfico y Estadístico de España, precursor del actual Instituto Geográfico Nacional (IGN). Por este motivo, el subsecretario de Transportes y Movilidad Sostenible, Rafael Guerra, ha rendido tributo a Ibáñez de Ibero con una ofrenda floral y el descubrimiento de una placa conmemorativa en la entrada de la sede central del IGN. También han asistido al acto el Comité de dirección del IGN y del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG).

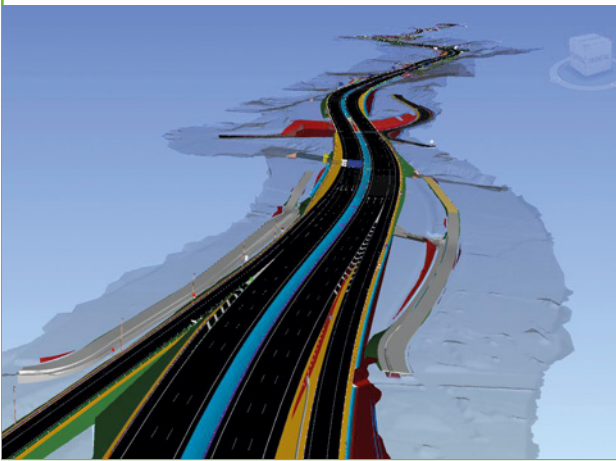
Durante el acto de homenaje se ha destacado la relevancia del general Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero y su contribución al progreso científico. Ibáñez de Ibero fue el primer presidente de la Asociación Internacional de Geodesia y del Comité Internacional de Pesas y Medidas. También fue el impulsor del primer gran levantamiento topográfico de España (Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000) a través de redes de triangulación precisas. Sus trabajos en las disciplinas de la geodesia, la geofísica, la astronomía, la cartografía e información geográfica prosiguen 155 años desde la institución que el fundó.





## Se definen los requisitos BIM para los proyectos y obras de la Red General de Carreteras del Estado

La Dirección General de Carreteras (DGC) del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha aprobado la Orden Circular 1/2025, sobre los requisitos BIM en los contratos relacionados con la construcción, que se deberán seguir en las próximas licitaciones. Se trata de adelantar al sector de la construcción las prescripciones técnicas que se incluirán y valorarán en futuras licitaciones, al mismo tiempo que se facilita a los autores de los pliegos de contratación como incorporar los requisitos BIM en cada tipo de contrato. En concreto, incluye información y condiciones de la metodología BIM para aplicar, entre otros, a los contratos de redacción de proyectos, de obras, de control y vigilancia, y para los de concesión que comprendan obras. La idea de la DGC es implantar progresivamente la metodología BIM en todos los proyectos y obras, en línea con el Plan BIM de la contratación pública. La metodología BIM favorece el trabajo colaborativo al integrar en un solo modelo digital toda la información sobre un proyecto de construcción.



## Duplicación de la N-340 en Oropesa

La Nacional 340, a su paso por la localidad castellanense de Oropesa, va a mejorar en seguridad y fluidez del tráfico al duplicarse seis kilómetros de vía. Para ello, el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha licitado la primera fase de las obras de duplicación con un presupuesto de 30 millones de euros (IVA excluido). Esta primera fase incluirá el acondicionamiento del trazado, la reordenación de accesos y mejoras en las conexiones con la AP-7.

La actuación transformará el tramo entre los pp. kk. 992,100 y 998,000, adaptándolo como futura primera calzada de una vía duplicada, lo que incrementará la seguridad y fluidez del tráfico. Por otra parte, se reordenarán los accesos directos desde propiedades colindantes y se construirá un nuevo enlace en La Renegá. Así mismo, se rediseñará el semienlace de Oropesa y la conexión con la AP-7 reemplazando la intersección en T por un paso superior tipo trompa que permitirá todos los giros posibles entre ambas vías.

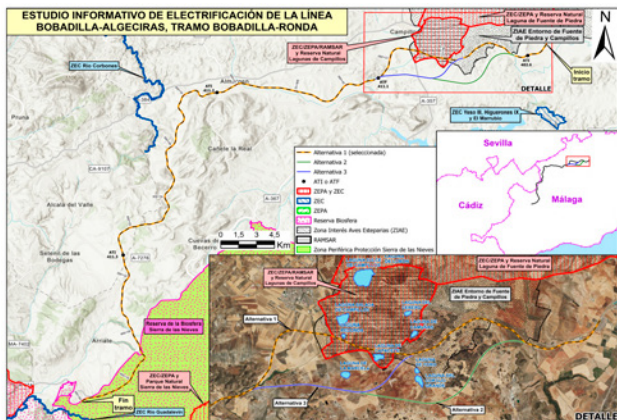


## El tramo Bobadilla-Ronda obtiene la Declaración de Impacto Ambiental para su electrificación

El Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha obtenido la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) favorable para electrificar el tramo de 74 kilómetros Bobadilla-Ronda, que transcurre por la provincia de Málaga. El estudio contempla la electrificación a 25 kV de la vía única de la línea ferroviaria entre las dos estaciones en una longitud exacta de 73,6 kilómetros, además de todas las obras necesarias para poder implementarla.

Esta actuación se enmarca en las actuaciones de renovación integral de la línea Bobadilla-Algeciras para mejorar y reforzar los servicios ferroviarios de pasajeros y mercancías, contribuir a descarbonizar el transporte y mejorar la conexión del puerto de la Bahía de Algeciras con la red europea, aumentando así su competitividad.

Con la obtención de la DIA por parte del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, se cumple con el último trámite previo a la aprobación definitiva del estudio informativo por parte del Ministerio, que supondrá la culminación de la fase de planificación de la infraestructura y abrirá paso a las siguientes fases de proyecto y ejecución de obras.



## Puertos del Estado participa en la feria internacional Intermodal

Puertos del Estado y las autoridades portuarias de Barcelona, Bilbao, Bahía de Algeciras, Las Palmas y Valencia han participado en el salón Intermodal South America celebrado en São Paulo entre el 22 y 24 de abril. Se trata de una de las principales ferias del sector logístico y del transporte en Latinoamérica. Bajo el lema "De nuestros puertos a cualquier lugar que imagines", los puertos españoles se han presentado como una plataforma logística global, con una red de infraestructuras y servicios que incluye más de 340 kilómetros de muelles, cerca de 100 millones de metros cuadrados de superficie logística, y conexiones marítimas con más de 200 puertos internacionales. Con su participación se consolidan y amplían los flujos comerciales entre España y Latinoamérica, una región estratégica para el sistema portuario español.

Durante los dos primeros meses de 2025, se han movido 9,7 millones de toneladas en sus intercambios con Latinoamérica, lo que convierten a esta región en uno de los principales socios comerciales.





## Entra en funcionamiento el nudo de Torrelavega

Desde el pasado 16 de abril está en funcionamiento el nuevo trazado del nudo de Torrelavega. Concretamente, se ha abierto al tráfico la calzada sentido Santander entre los pp. kk. 182,600 y 187,000 de la A-67 y su definitiva salida 181 hacia la A-8, dirección Bilbao, en el nudo de Torrelavega en Cantabria.

Por otra parte, el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible sigue avanzando en la ejecución de los trabajos del ramal Sierrapando-Barreda y en la mejora de los enlaces de Sierrapando, Barreda y Torrelavega.



## Teresa Castanedo, nueva directora del Museo del Ferrocarril

La periodista Teresa Castanedo ha sido nombrada nueva directora del Museo del Ferrocarril de Madrid. Licenciada en Ciencias de la Información por la Universidad Complutense de Madrid, Castanedo es máster en Marketing Digital y tiene una amplia experiencia profesional en la gestión de equipos, generación de contenidos, representación institucional, así como un profundo conocimiento del tejido cultural y turístico.



## Transportes se suma a la feria Aeroempleo

Por primera vez, el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha participado en Aeroempleo 2025, la feria de empleo organizada por la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio (ETSIAE) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Durante el evento, Transportes ha contado con un stand físico y virtual desde donde se han podido mostrar las oportunidades laborales y el impacto social de las políticas públicas que se impulsan. Además, el Ministerio de Transportes ha presentado la ponencia "El papel de los ingenieros aeronáuticos en la administración pública: visión y futuro del sector", donde se han expuesto las funciones clave de estos profesionales en organismos como la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) y la Dirección General de Aviación Civil, así como su función en la implantación del U-Space en España. Con esta iniciativa, Transportes refuerza su estrategia para atraer talento joven y promover la igualdad de oportunidades en el sector.



## IGN y CNIG en el Geospatial World Forum

Bajo el lema “Computación espacial y gemelos digitales en la empresa: Acelerando el futuro del ecosistema geoespacial” se ha celebrado, por primera vez en Madrid, el Geospatial World Forum, entre los días 22 y 25 de abril. Durante el encuentro, a través de un seminario, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y el O. A. Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) han presentado diferentes proyectos de innovación y desarrollo en escenarios tridimensionales, captura de datos LiDAR y ortofotografías aéreas, inteligencia artificial aplicada a la información geográfica de redes de transportes, entre otros.



## “Imágenes al vuelo” nueva exposición del IGN

Hasta el próximo 20 de marzo de 2026 se puede visitar la exposición, comisariada por el área de Productos Geográficos del CNIG, “Imágenes al vuelo” en la sala de exposiciones del Instituto Geográfico Nacional (IGN). A través de un centenar de instantáneas procedentes de los fondos de su archivo, realiza un recorrido por la historia y el desarrollo de la fotografía aérea y de la fotogrametría en España. Completan la muestra una serie de instrumentos y documentación diversa que muestran la evolución de la fotogrametría en nuestro país para la relevancia y el conocimiento del territorio.

La fototeca del IGN y CNIG custodia y conserva cerca de dos millones de imágenes que pone a disposición de la ciudadanía a través de la [Fototeca Digital](#) y de su [servicio de atención al público](#).





## Rehabilitación del Palacio de Cristal del Retiro de Madrid

El Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX, a través del Área de Estructuras y Productos de la Construcción, está llevando a cabo una intervención en la rehabilitación del emblemático Palacio de Cristal del Parque El Retiro de Madrid. Este edificio, construido a finales del siglo XIX como invernadero para plantas exóticas, es una de las primeras realizaciones españolas en prefabricación de estructuras.

En particular, se están evaluando aspectos relacionados con la calidad de los elementos de fundición de la estructura, utilizando técnicas no destructivas como la inspección por ultrasonidos y la radiografía industrial, que permiten identificar posibles fisuras, porosidades y otras imperfecciones de la estructura sin dañar los componentes. Además, se están realizando ensayos de caracterización para obtener información detallada sobre la resistencia y durabilidad de los materiales y la microestructura de la fundición.

La rehabilitación del Palacio de Cristal no solo busca preservar un importante patrimonio histórico y arquitectónico, sino también garantizar la seguridad y funcionalidad del edificio para su uso futuro. Este proyecto es un ejemplo de cómo la tecnología moderna y las técnicas de conservación pueden combinarse para mantener viva la historia y la cultura de una ciudad. 🌍



## Cesión del Fondo de Puentes Históricos de Leonardo Fernández Troyano

El Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) anuncia la firma de un acuerdo de cesión que permitirá incorporar un valioso legado al Centro de Documentación del Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo (CEHOPU) y ampliar uno ya conservado en el Centro. La cesión comprende el Fondo de Puentes Históricos de Leonardo Fernández Troyano, así como documentación adicional que se integrará en el Archivo Carlos Fernández Casado. Estos nuevos ingresos enriquecerán el conjunto de archivos de figuras clave de la obra pública custodiados por el CEHOPU.

Leonardo Fernández Troyano, premio nacional de ingeniería civil 2024 y autor de renombre, ha dedicado su vida a la ingeniería de puentes, siguiendo los pasos de su padre, Carlos Fernández Casado. Con una carrera que abarca décadas, ha sido profesor en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid y ha publicado numerosas obras sobre la historia y la técnica de los puentes.

Desde una perspectiva muy personal, este legado documenta tanto las estructuras físicas de los puentes visitados por Leonardo Fernández Troyano como las huellas de su travesía intelectual y vital a través de su recorrido puente a puente por Europa, y en especial, por nuestra Península. El extenso compendio de fichas manuscritas, imágenes y artículos que conforman el fondo ofrece una visión precisa de las tipologías estructurales, materiales y técnicas constructivas que han caracterizado distintas épocas y enclaves territoriales.

Este archivo se suma a otros que ya se vienen gestionando en el CEDEX, enriqueciendo así el patrimonio documental y facilitando el acceso a valiosa información histórica y técnica sobre infraestructuras. Esta incorporación refuerza el compromiso del CEDEX con la preservación y difusión del conocimiento en el ámbito de la ingeniería civil. 🌍



# CEDEX

CENTRO DE ESTUDIOS  
Y EXPERIMENTACIÓN  
DE OBRAS PÚBLICAS



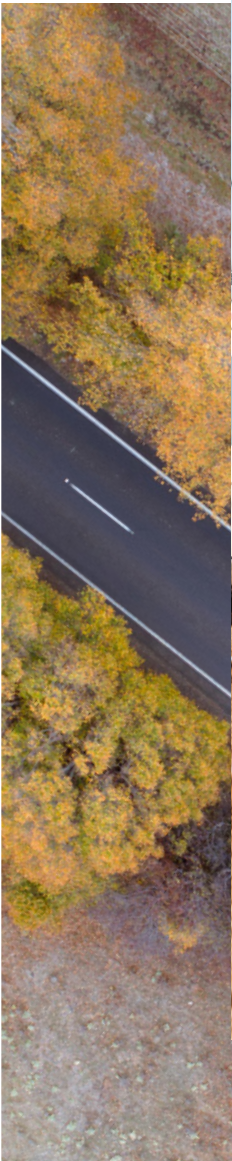
GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRANSPORTES  
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

VICEPRESIDENCIA  
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CEDEX  
CENTRO DE ESTUDIOS  
Y EXPERIMENTACIÓN  
DE OBRAS PÚBLICAS



Acercamos  
personas



Conectamos  
lugares



Respetamos  
el entorno



Encontramos  
soluciones



Sorteamos  
dificultades



Cuidamos del  
medioambiente



Optimizamos  
el uso de  
recursos

# Afrontando los nuevos retos. Nos movemos por ti

[www.cedex.es](http://www.cedex.es)



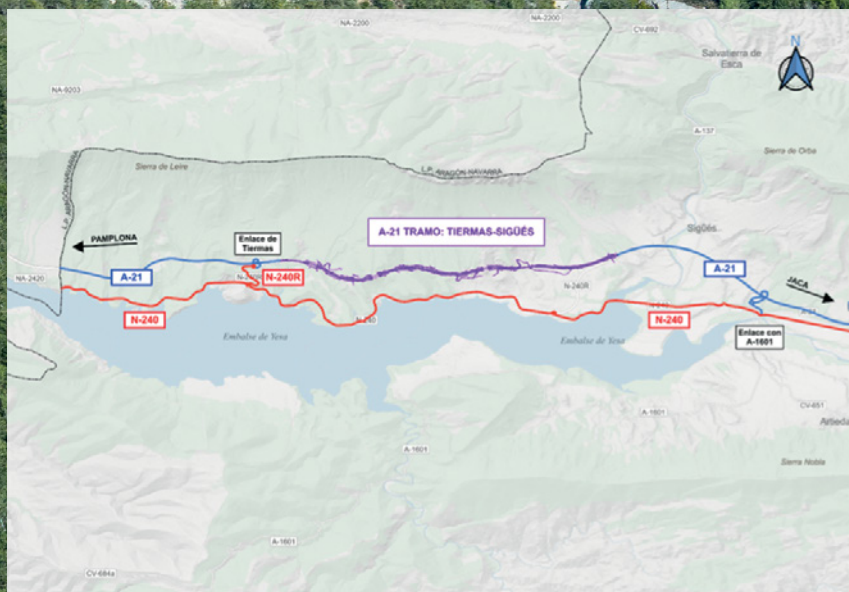
@CEDEX\_es



CEDEX

El tramo Sigüés-Tiermas completa el itinerario de la autovía de los Pirineos (A-21) en la provincia de Zaragoza

# Alternativa junto al embalse





**El pasado mes de abril se dio un nuevo paso en la construcción de la autovía Jaca-Pamplona o de los Pirineos (A-21) con la puesta en servicio del tramo Sigüés-Enlace de Tiermas, que permite a los usuarios circular ininterrumpidamente por 73 de los 105 kilómetros de esta infraestructura de gran capacidad que comunica las provincias de Navarra, Zaragoza y Huesca. El nuevo tramo, que recorta los tiempos de viaje respecto a la carretera N-240 a la cual sirve como alternativa en la ribera norte del embalse de Yesa, forma parte de un corredor estratégico de autovías que promueve el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible para potenciar la conexión entre las fachadas mediterránea y cantábrica.**

Texto: Javier R. Ventosa  
Fotos: DCE en Aragón

## Uno de los

grandes proyectos viarios promovidos por el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible y sus antecesores para mejorar la movilidad interurbana en la zona norte peninsular es la construcción de un eje de gran capacidad entre Lleida y Pamplona como alternativa más corta para conectar las fachadas mediterránea y cantábrica al norte del valle del Ebro. Su objetivo es captar parte del tráfico de largo recorrido que circula por el corredor del Ebro para descongestionarlo. Este gran eje se configura mediante la conexión de las autovías A-21 (Pamplona-Jaca), A-23 (tramo Jaca-Huesca) y A-22 (Huesca-Lleida), todas ellas en fase final de ejecución. El itinerario vertebrará tres comunidades autónomas del noreste peninsular, una de las zonas con mayor actividad económica del país, conecta las ciudades de Lleida, Huesca, Jaca y Pamplona, y ofrece una salida rápida a Europa a través del suroeste de Francia.

La parte más occidental del eje es la A-21 o autovía de los Pirineos, vía de gran capacidad que discurre entre Pamplona y Jaca, cruzando transversalmente las provincias de Navarra, Zaragoza y Huesca al sur de la cordillera pirenaica, y que conecta en sus extremos con la red de gran capacidad: en el este con la autovía A-23 y en el oeste con la autopista AP-15 y la autovía A-12. La A-21 sirve como alternativa de gran capacidad a la carretera N-240 (de Tarragona a San Sebastián y Bilbao), junto a la cual discurre en paralelo en todo del trazado. Esta autovía de cerca de 105 kilómetros de longitud es obra de dos Administraciones públicas: el tramo en territorio navarro entre el nudo de Noain y el límite provincial con Zaragoza (46 kilómetros), ya en servicio, ha

sido construido mediante concesión por el Gobierno Foral de Navarra, mientras que el tramo



Viaducto de Los Baños y boca este del túnel de San Martín.

que discurre por la Comunidad de Aragón (59 kilómetros), parcialmente en servicio, es competencia de la Dirección General de Carreteras, adscrita al Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

El pasado 11 de abril se dio un nuevo paso en el proceso de construcción de la A-21 con la puesta

en servicio del tramo Sigüés-Enlace de Tiermas, con el que se completa el trazado de la autovía en la provincia de Zaragoza. Con la apertura al tráfico de este tramo intermedio, que da continuidad a dos tramos adyacentes en servicio, los usuarios ya pueden circular ininterrumpidamente por la autovía de los Pirineos

a lo largo de 73 kilómetros desde el límite provincial de Zaragoza y Huesca hasta Pamplona, lo que constituye un hito en la construcción de esta infraestructura viaria. Al dar continuidad a dos tramos hasta ahora inconexos de la autovía, también contribuye a mejorar la movilidad de esta zona des poblada de Aragón.



Como principales beneficios para los usuarios, la puesta en servicio de este tramo de más de seis kilómetros de longitud de autovía mejora la comodidad en la conducción y contribuye a reforzar la seguridad vial al evitar no solo que los conductores tengan que circular por la anticuada y sinuosa N-240, sino también que tengan que acceder a la misma a través de las dos conexiones provisionales hasta ahora existentes entre la carretera y la autovía, que son de una gran longitud. Con ello se recortan hasta en seis minutos los tiempos de viaje respecto al mismo trayecto por la N-240, lo que reduce los tiempos de desplazamiento de la población local a servicios públicos como hospitales y mejora también la accesibilidad general a los Pirineos, potenciando con ello la actividad turística y económica de la zona.

La inversión total del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible en la puesta en servicio del nuevo tramo ha ascendido a 70,5 M€ (IVA incluido), cantidad que engloba el presupuesto del contrato de obras (68,5 M€), las asistencias técnicas para la redacción del proyecto y de control y vigilancia de las obras y el importe de las expropiaciones de terrenos. El proyecto de construcción de las obras fue aprobado en abril de 2015 y la adjudicación de las obras se produjo en marzo de 2018. La obra, dirigida por la Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón, ha sido ejecutada por la empresa constructora Vías y Construcciones S.A., la redacción del proyecto de construcción ha corrido a cargo de Ingeniería de Trazados y Explanaciones S.L.U. y el control y vigilancia de la obra ha sido llevado a cabo por la unión temporal de empresas formada por las consultoras de ingeniería



Boca del túnel de Esco, uno de los tres del tramo.



LRA Infraestructuras Consulting S.L. y LCA S.L.

### Características

El nuevo tramo de autovía tiene una longitud total de 6566 metros y se desarrolla en sentido este-oeste por la ribera norte del embalse de Yesa, en paralelo al mismo y a una distancia mayor de un kilómetro al norte de la carretera N-240, vía convencional caracterizada por un trazado sinuoso, sin arcones y con limitaciones de velocidad a 60 km/h en algunas curvas, que discurre en gran parte muy cerca de la lámina de agua del embalse. En un futuro próximo, esta carretera quedará fuera de servicio debido al proyecto de recrecido de la presa de Yesa, actualmente en fase de ejecución, ya que después del recrecimiento quedará situada por debajo de la cota de inundación.

Como características principales, el nuevo tramo de autovía tiene su inicio en la conexión con el tramo Enlace A-1601-Sigués, ya en servicio, y finaliza en el enlace de Tiermas, donde conecta con el tramo Límite provincial Navarra/Aragón-Tiermas, también en servicio, sin incluir enlaces intermedios. La sección de autovía está formada por dos calzadas separadas por una mediana de 5 metros de ancho. Las calzadas están compuestas por dos carriles por sentido de 3,5 metros de anchura, arcones exteriores de 2,5 metros e interiores de 1 metro. Desde el punto de vista geométrico, el trazado presenta un radio de curvatura mínimo de 600 metros y una pendiente máxima del 3,5 aunque en general la rasante oscila entre un mínimo de 0,90 % y el 3 %. El punto más alto se sitúa a una cota de 587 metros y el más bajo se emplaza a la cota 540 metros. La velocidad de proyecto es de 100 km/h.

## Avanza el eje Pamplona-Lleida

La conexión directa por autovía entre las fachadas mediterránea y cantábrica al norte del valle del Ebro, que se articula en torno a las autovías A-21, A-23 y A-22, está cada vez más cerca de ser una realidad a medida que entran en servicio nuevos kilómetros de este corredor alternativo. Con la apertura al tráfico del tramo Sigüés-Enlace de Tiermas de la A-21, ya está en servicio cerca del 81% de los aproximadamente 280 kilómetros que integran el itinerario de gran capacidad entre Pamplona y Lleida. Tan solo restan seis tramos para completar ese recorrido, la mayoría de los cuales ya están lanzados.

En la A-21 se encuentra en servicio el itinerario completo en la provincia de Zaragoza (22 km) y prácticamente la mitad del recorrido en la provincia de Huesca (36 km), con dos tramos que suman casi 20 kilómetros aún sin construir: Puente la Reina de Jaca-Límite Provincial Huesca-Zaragoza (Fago) y la Variante de Jaca (Jaca Oeste-Jaca Este). Recientemente se ha iniciado la actualización del proyecto constructivo del primero de estos tramos, paso previo a la licitación de unas obras cuyo presupuesto estimado es de 87 M€ (IVA incluido). Para optimizar la viabilidad económica del proyecto, se estudia su división en dos subtramos: Puente la Reina de Jaca-Berdún y Berdún-Fago. Respecto al segundo tramo, la previsión actual es licitar las obras en los próximos meses. El presupuesto estimado de esta obra asciende a 153,6 M€.

Por su parte, en la autovía A-23 restan tres tramos para su finalización. Dos de ellos se encuentran ya en fase de obras (Sabiñánigo Este-Sabiñánigo Oeste, con cerca del 85 % ya ejecutado, y Lanave-Sabiñánigo Sur, iniciado el pasado invierno) y el tercero (Jaca Este-Jaca Norte) está pendiente de la licitación de obras. Finalmente, a la autovía A-22 le falta para completar su trazado un único tramo, Huesca-Siétamo, cuya terminación de obras está prevista para el próximo año.

### Estructuras

Dado que el tramo discurre por un terreno accidentado, se han tenido que ejecutar terraplenes y desmontes de hasta 61,5 metros de altura, 17 obras de drenaje transversal en el tronco y otras 9 en caminos, algunas de las cuales sirven además como pasos de fauna. Las principales estructuras son dos viaductos. El de mayor entidad es el viaducto de Los Baños, estructura doble de 300 metros de longitud distribuidos en ocho vanos (dos de 30 metros de luz y seis de 40 metros de luz para ambas calzadas), que se sitúa junto a la boca de un túnel. Es un puente con tableros isostáticos de vigas prefabricadas, formados por dos vigas tipo artesa de 2 metros de canto por calzada, con una losa de compresión de 0,25 metros de espesor mínimo. La cimentación incluye pilotes en las pilas 3 a 5 y en el estribo 2. El segundo viaducto, Las Tejas, es otra estructura doble de 272 metros de longitud, con ocho vanos de 34 metros, que comparte la misma tipología de tablero, aunque en este caso las vigas

Interior del túnel de Menazos.



Viaducto de Las Tejas.



## Autovía Pamplona-Jaca (A-21) en Aragón

Tramo	Longitud (km)	Inversión (M€)	Estado
Límite Provincial Navarra/ Aragón-Tiermas	4,3	30,4	En servicio (2013)
Tiermas-Sigüés	6,6	70,5	En servicio (2025)
Sigüés-Enlace A 1601	2,5	48,8	En servicio (2015)
Enlace A 1601-Barranco de las Colladas	2,9	15,4	En servicio (2011)
Barranco de las Colladas- LP Zaragoza/ Huesca (Fago)	5,4	25,0	En servicio (2011)
LP Zaragoza/Huesca (Fago)- Puente la Reina de Jaca	11,6	87,0*	Proyecto pendiente de actualización
Puente la Reina de Jaca-Santa Cilia	7,2	43,0	En servicio (2019)
Santa Cilia-Jaca (Oeste)	9,0	86,5	En servicio (2019)
Jaca (Oeste)-Jaca (Este)	8,0	153,6*	Pendiente licitación de obras

\*Presupuesto estimado de licitación

artesa tienen 1,70 metros de canto por calzada.

En el capítulo de obras subterráneas, se han construido tres túneles. El de mayor longitud es el túnel de Menazos, formado por dos tubos paralelos de 222 metros para la calzada norte (sentido Pamplona) y 233 metros para la calzada sur (sentido Jaca), contando en

cada boquilla con una parte en túnel artificial. Por su parte, el túnel de Esco está formado por dos tubos de 181 metros de longitud en la calzada norte y 179 metros en la calzada sentido, incluidas las boquillas ejecutadas como túnel artificial en los dos extremos. Además, debido al gran valor faunístico de la zona, se ha ejecutado el falso túnel

de San Martín, formado por dos bóvedas prefabricadas de hormigón armado triarticuladas, una para cada calzada, de 6,40 metros de radio interior, con una altura máxima de tierras de relleno sobre clave de 21 metros, que funcionará como ecoducto.

Los tres túneles han sido equipados con iluminación eficiente



Desmonte junto a la boca del túnel de Menazos.



Vista del tramo en sentido este desde el túnel de Esco.

con tecnología led de bajo consumo, así como con instalaciones de seguridad y de emergencia en cumplimiento de la normativa europea. Así, disponen de puestos de emergencia, detectores de CO<sub>2</sub>, opacímetros, sistema de alimentación ininterrumpida (SAI), generadores de emergencia y barreras y semáforos exteriores para el cierre del túnel.

La permeabilidad territorial de la nueva infraestructura ha quedado asegurada con la construcción de caminos transversales que permiten la movilidad de vehículos agrícolas y no motorizados. También se puede utilizar para la

recuperación del Camino de Santiago perdido de la zona. Asimismo, se han construido tres pasos inferiores y un paso superior para dar continuidad a varios caminos rurales.

### Medidas ambientales

El tramo se desarrolla por terrenos de alto valor natural de la comarca pirenaica de la Jacetania que han requerido la puesta en marcha de distintas actuaciones para minimizar el impacto ambiental de las obras. Una de las más relevantes ha sido la realización de un proyecto de integración paisajística que ha permitido restaurar todas las

zonas afectadas por los trabajos. En concreto, en los taludes y en otras superficies afectadas por la obra se han aplicado sendos tratamientos de revegetación mediante la hidrosiembra y la plantación de especies arbustivas y arbóreas. Para ello se han elegido especies de vegetación presente en el entorno de la autovía y las especies que integran las comunidades de vegetación potencial del mismo. Asimismo, se han seleccionado aquellas especies que presentan una alta adaptabilidad a las condiciones edafológicas y climáticas de la zona, de manera que precisen pocos cuidados.



Boca del falso túnel de San Martín.

En los tramos en túnel, para lograr una integración paisajística al entorno, se ha realizado en los emboquilles de los túneles de Esco y Menazos un tratamiento específico consistente en la instalación de una malla volumétrica, la proyección de sustrato proyectado y, finalmente, la aplicación de un tratamiento de hidromanta. Con ello se garantiza la revegetación del talud y, por consiguiente, una adaptación paisajística al entorno satisfactoria en dichos emboquilles.

Por otro lado, se han adoptado también distintas medidas infraestructurales para promover la

protección de la fauna del entorno. En concreto, durante las obras se ha dotado al tramo de 15 pasos de fauna: tres pasos inferiores multifuncionales, siete obras de drenaje adaptadas, dos viaductos y dos túneles, además del falso túnel que desempeña funciones de ecoducto. Estas estructuras garantizan la permeabilidad de la autovía para la fauna y restablecen la continuidad de los hábitats a ambos lados de misma, reduciendo al máximo el efecto *barrera* y las posibilidades de un atropello.

Asimismo, en la coronación de un desmonte situado junto a uno de los túneles del tramo se ha

instalado una pantalla antirruído para minimizar las afecciones en una nave de uso ganadero.

Desde el punto de vista del patrimonio histórico, las prospecciones arqueológicas previas a la construcción del trazado realizadas en cumplimiento de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) produjeron dos hallazgos de interés: el Corral de San Martín, que ha permitido la recuperación de piezas de cerámica de cronología romana, y la necrópolis de san Ginés. A raíz de estos hallazgos hubo que realizar las excavaciones oportunas para documentar los restos encontrados. ■

# Monitorización de estructuras de la Red de Carreteras del Estado en tiempo real

# Siempre conectadas

Autovía A-66 Ruta de la Plata.  
Tramo: Hinojal-Cáceres.  
Viaducto del Almonte. Estructura  
cuya construcción fue objeto  
de la primera monitorización  
transmitida y visualizable vía  
web en tiempo real en la RCE, en  
el año 2003.



**La Dirección General de Carreteras cuenta con algunos puentes y taludes que disponen de un sistema de monitorización en tiempo real. Estos sistemas se integran en una plataforma, que constituye una apuesta por la digitalización de las infraestructuras, que ha de conducir a una mejora de la gestión de su conservación y, en último término, de las condiciones de seguridad de los usuarios.**

- **Texto:** Álvaro Parrilla Alcaide, jefe del Área de Geotecnia y Pilar Crespo Rodríguez, jefe del Área de Estructuras, Dirección General de Carreteras

## Introducción

La Red de Carreteras del Estado (RCE) cuenta con una serie de puentes y obras geotécnicas singulares que disponen de un sistema de monitorización en tiempo real para la vigilancia de su comportamiento.

Estos sistemas están orientados a uno o varios de los objetivos siguientes: herramienta de ayuda a la construcción durante la fase de obras, vigilancia del correcto funcionamiento de la estructura en servicio, control de la evolución de una patología determinada o ayuda a la explotación del tramo de carretera en el que se encuentran. Paralelamente, pueden servir como colectores de datos que puedan explotarse con fines de investigación

y redacción de normativa. El control de parámetros monitorizados ha de redundar en una mejora de la seguridad y de las condiciones de servicio de las carreteras, así como en la detección temprana de eventuales problemas en la infraestructura.

Estas monitorizaciones, que cuentan con multitud de sensores instalados físicamente en las alturas del puente o en el interior del terreno que se pretende auscultar y que disponen de otros equipos auxiliares emplazados en sus inmediaciones, no funcionan únicamente de manera local y aislada, con criterios de organización interna y seguimiento diferentes para cada caso, sino que envían sus datos en remoto a una plataforma unificada para el seguimiento y análisis en tiempo real de las estructuras de la RCE. Se trata de Celosía cuyo portal de acceso web ([www.celosia.es](http://www.celosia.es)) permite la gestión centralizada y homogénea de toda la información generada en dichas estructuras.

Una Red tan amplia, que vertebra el territorio nacional a lo largo de más de 26 500 kilómetros y que cuenta con miles de puentes y taludes, requiere unos criterios de gestión de la información que sean homogéneos y coherentes. Aunque la plataforma como tal data de 2020, la idea no es ni nueva, ni fruto de la casualidad.

En 2003 se llevó a cabo el seguimiento en tiempo real de la construcción del viaducto del Almonte sobre el río homónimo, en el tramo Hinojal-Cáceres de la autovía A-66 conocida como Ruta de la Plata, cuando la tecnología de las comunicaciones vía satélite hizo posible la transmisión instantánea de los datos, tan pronto se iban produciendo. Con los años, el número de obras objeto de este tipo de instrumentaciones se fue incrementando. Los sistemas dispuestos, con

características técnicas heterogéneas y sin requisitos comunes de comunicación, habían funcionado de manera aislada y sin estandarizar, lo que implicó que su gestión no se abordara de forma adecuada por una falta de centralización del conjunto. Durante un buen número de monitorizaciones, la Dirección General de Carreteras (DGC) fue adquiriendo la experiencia necesaria para ir definiendo esta plataforma, no solo en puentes, sino también en taludes y laderas...y vendrán otros elementos.

A lo largo de más de veinte años y de decenas de instalaciones de este tipo, se ha puesto de manifiesto la necesidad de contar con un sistema que permita:

- Automatizar la transmisión de datos en tiempo real.
- Universalizar la presentación de la información con independencia de la tecnología utilizada para la monitorización y de la empresa que la haya implementado.
- Centralizar la administración de las estructuras monitorizadas, controlando los contenidos y gestionando el acceso a la información.
- Custodiar la información mediante un banco de datos único, preservando el contenido más allá de la vida de los sistemas de monitorización.

Por último, hay que señalar que la plataforma es objeto de un contrato administrativo que está siendo financiado con cargo al Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, a través de los fondos Next Generation de la UE.

## ¿Por qué una plataforma? ¿Qué se mide?

Las variables objeto de monitorización son muy distintas y obedecen a necesidades concretas de cada



Los equipos de adquisición de datos se sitúan en los puentes o laderas y no suponen ningún obstáculo para la seguridad vial.



estructura. En cada puente o talud, la monitorización se ha dispuesto por alguna causa concreta y son, precisamente esas causas y no otras, las que deben seguirse a través de los parámetros que hablen de ellas.

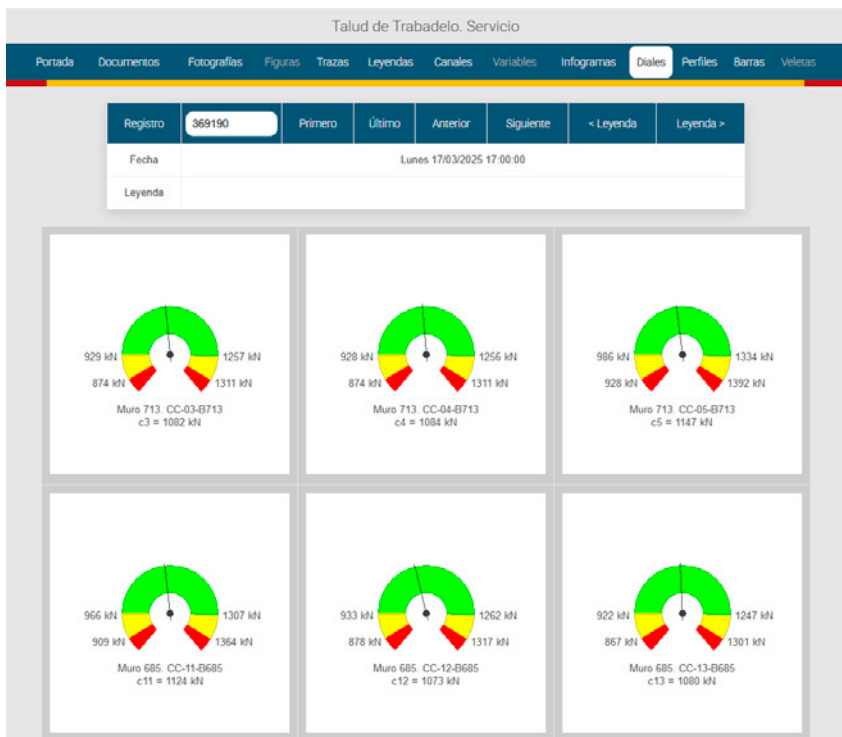
Utilizando un símil médico, una persona que padezca hipertensión arterial debería llevar una vigilancia frecuente de su tensión, pero no es necesario que todo el mundo controle su tensión arterial de la misma manera, ni que esta persona verifique muchos otros parámetros de salud. Pues, algo así sucede con los puentes, taludes y otros elementos de la carretera. Por ejemplo, si una gran ladera natural por la que discurre una carretera experimenta movimientos que dañan la infraestructura al sufrir una recarga de sus niveles de agua subterránea, se debe controlar específicamente la evolución de los niveles de agua en el interior del terreno, los movimientos del terreno tanto en superficie como en profundidad y si acaso, alguna otra variable ingenieril.

Cada una de estas variables a controlar requiere de distintos niveles de precisión y utiliza diferentes sensores y tecnologías. Los datos se adquieren en tiempo real y se envían en remoto a la plataforma.

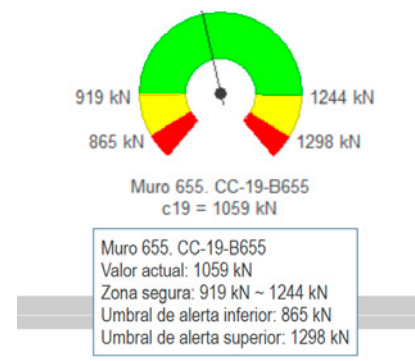
Las posibilidades de medida son tan amplias como la ciencia permite y comprenden, por ejemplo, fuerzas en cables o en anclajes al terreno, tensiones en secciones de hormigón, desplazamientos en juntas de puentes o del terreno en profundidad, niveles de agua en pozos de drenaje, velocidad del viento a cierta altura sobre el tablero de un puente, etc.

### Plataforma única

El objetivo de la plataforma es dotar a los sistemas de instrumentación de las estructuras de la RCE



Mosaico de diales y umbrales de alerta (carga en anclajes al terreno) programados para el caso particular del talud de Trabado (17:00 del 17 de marzo de 2025). A la derecha, detalle del denominado c19.



de un soporte común de comunicación y visualización de datos en tiempo real, centralizando la información y normalizando los formatos a fin de que el contenido sea homogéneo y fácilmente accesible para el conjunto de los técnicos involucrados en la vigilancia estructural: la propia Dirección General de Carreteras, equipos de obra, de conservación, de instrumentación, etc.

La plataforma pretende unificar y universalizar formatos, facilitar un sistema de visualización común, custodiar la información en un banco de datos con permanencia en el tiempo (incluso cuando los sistemas de monitorización hayan sido retirados de las obras) y, en última instancia, constituir un recurso ágil para la vigilancia y seguimiento de operaciones de construcción, mantenimiento y explotación de las infraestructuras. Constituye, por tanto, una herramienta de ayuda a la toma de decisiones relativas a la construcción, mantenimiento y

explotación de las estructuras de la RCE, así como a la redacción de normativa técnica.

Cuanto se ha indicado implica la necesidad de efectuar una selección previa, tanto de las estructuras que se incluyen en el sistema como de los parámetros que se controlan en cada caso, toda vez que lo contrario podría llevar a la acumulación desordenada de una ingente cantidad de datos de difícil aprovechamiento, lo que trata de evitarse a toda costa. Así, puede afirmarse que la obtención de cada parámetro, en cada puente o talud, tiene un objetivo claro y concreto.

Como puede deducirse fácilmente de lo anterior, no se encuentra entre los objetivos de la plataforma promover las instrumentaciones, como un fin en sí mismo, sino ayudar a mejorar la eficiencia de aquéllas que ya existan o que se propongan *ex novo* por razones concretas: vigilancia de patologías, control del comportamiento en servicio, etc.

Hay que destacar que tampoco es objeto de la plataforma establecer condiciones técnicas a los equipos instalados en las estructuras, ni interferir en los procedimientos inherentes a cada sistema, sino marcar unas pautas de adquisición y disponer de la información en tiempo real, respetando las características técnicas y particularidades de cada sistema instrumental. Si se hubiera recurrido únicamente a los equipos, protocolos y sistemas más modernos, excluyendo a otros más antiguos, se podría perder la continuidad de un riquísimo histórico de datos que se reciben instantáneamente provenientes de sistemas instalados (a veces en lugares de difícil acceso) hace más de veinte años.

El principio rector de la plataforma es permitir el acceso a la información en tiempo real. Cualquier dato experimental que se tome en una estructura debe ingresar en el banco de datos y estar disponible a través del portal web en cuestión



Anemómetros en el viaducto de Montabliz (Cantabria).



de segundos. Así pues, el sistema gravita en torno a los siguientes motores: tiempo real, tanto en lo relativo a la recepción de los datos registrados en las estructuras como en lo relativo a la publicación

de los mismos; accesibilidad universal a la información a través del portal web, mediante contraseñas y, compatibilidad con cualquier tecnología de medida y de almacenamiento.

La plataforma integra un banco de datos, un portal web y un conjunto de herramientas de análisis en un espacio único de trabajo. El banco de datos contiene los datos reales que se recogen a lo largo del tiempo de las estructuras alojadas en la plataforma. El portal web es el medio de publicación y visualización gráfica, con utilidades de control para el seguimiento de los procesos monitorizados. Las herramientas de análisis conforman un entorno interactivo de proceso avanzado de datos al servicio de los técnicos de la DGC para el estudio individual o conjunto de las estructuras: puentes y taludes.

El sistema es automático. Los contenidos se generan y presentan a demanda de los usuarios, actualizados siempre a los últimos datos disponibles. El motor central de la plataforma conjuga los datos reales (experimentales) con las variables y algoritmos internos necesarios para producir un contenido de mayor nivel y utilidad, que se alimenta en línea y actualiza los diferentes objetos visuales: infogramas, diagramas, diales, etc. Por ello, la programación de algoritmos permite que se pueda disponer no solo de datos en bruto, sino de magnitudes derivadas.

La elaboración de los datos puede llevar a su vez a la programación de umbrales de alerta que impliquen más de una variable, que supongan una evolución temporal, etc. Así, a modo de ejemplo, la alerta en la vigilancia de un talud, con aviso a los usuarios predeterminados en tiempo real, se puede deber a que la lectura de un piezómetro concreto alcance un determinado valor (variable única obtenida por la lectura de la presión sobre un sensor en un piezómetro); o bien, por una elevación generalizada de



Aspecto general de la página (marzo de 2025): [www.celosia.es](http://www.celosia.es).

niveles de agua en el terreno en una alineación de piezómetros, sin visos de disminución en un periodo determinado de tiempo, tras una lluvia de intensidad conocida previamente y registrada por el sistema, lo que supone la combinación de diferentes variables.

Los datos contenidos en la plataforma tienen múltiples usos que se extienden desde el control de maniobras y vigilancia de medios auxiliares de construcción (corto plazo) al seguimiento de la evolución de patologías (medio plazo) o a la detección de patrones de comportamiento (largo plazo), en una estructura concreta o incluso en una determinada tipología estructural.

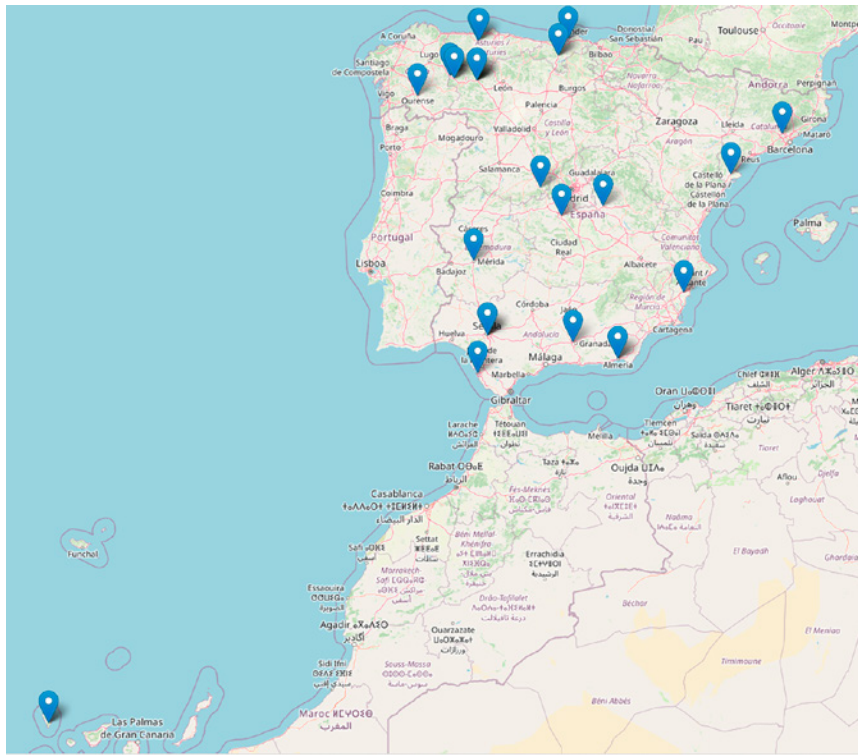
La información almacenada resulta de utilidad para mejorar la comprensión de las estructuras, sus materiales, sustentar avances en el diseño y fortalecer la normativa de proyecto. La continuidad de las series históricas de datos y su tratamiento con visión de conjunto son fundamentales para acometer estos retos.

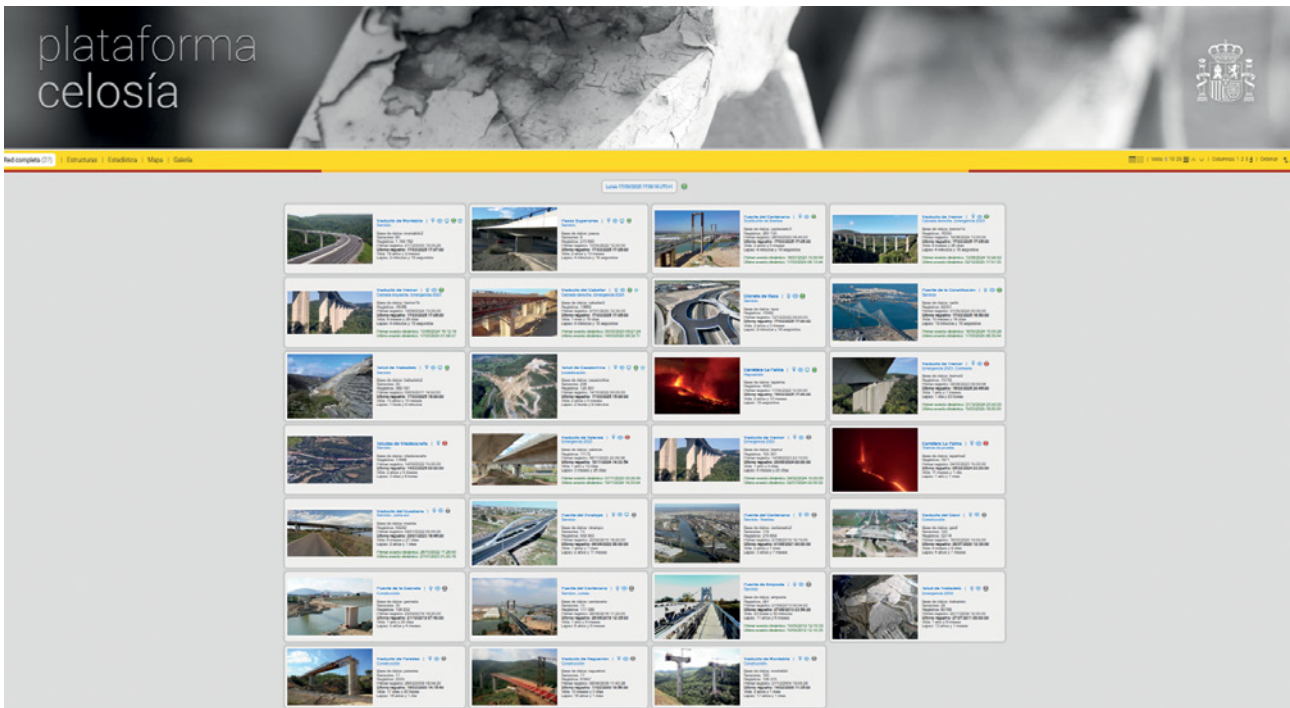
### ¿Cuánto y dónde se mide?

Otra de las cuestiones fundamentales de la plataforma es la frecuencia de las medidas que, con carácter general, es de un registro de datos cada cinco minutos. De

esta forma, se dispone de 288 instantáneas de la situación estructural por día, generando una base de datos histórica que puede alcanzar cientos de miles de registros a lo largo de los años. La toma de datos debe hacerse coincidente con

Celosía: Mapa de estructuras monitorizadas (marzo de 2025).



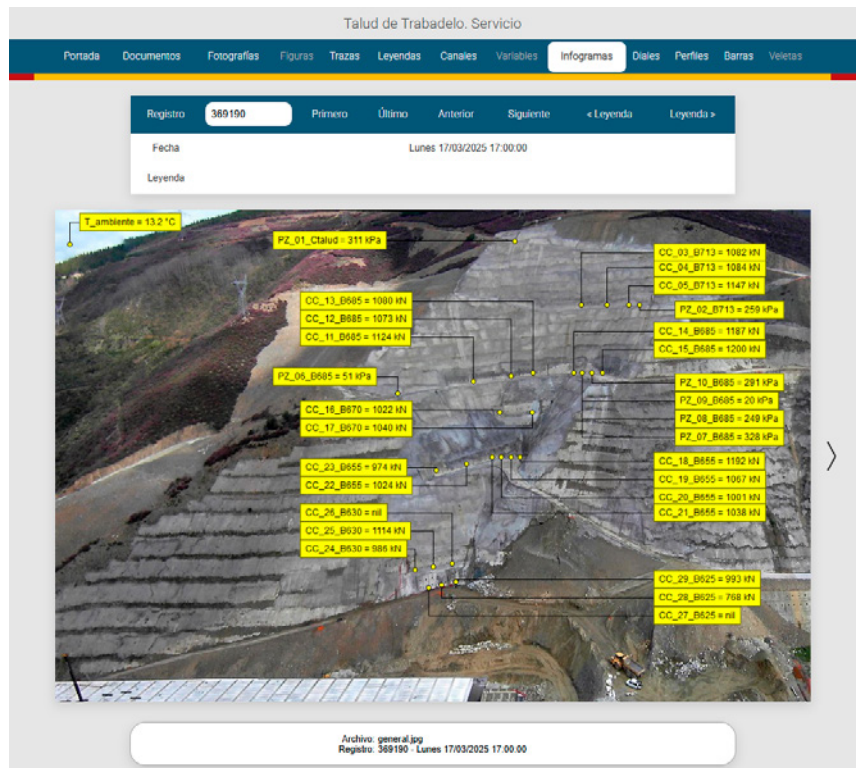


Aspecto general de la galería de imágenes correspondiente a las estructuras monitorizadas (marzo de 2025).

las horas exactas y sus progresivos incrementos de cinco minutos (por ejemplo, a las 12:00, 12:05, 12:10, etc.). Esto tiene por objetivo no solo ordenar adecuadamente los datos en el tiempo, sino también permitir los estudios de correlación de datos entre diferentes subestructuras de una misma obra e, incluso, entre diferentes estructuras.

Además de lo anterior, en ciertos casos en el campo de los puentes, se requieren varias lecturas por minuto en las fases de construcción con empujes o tesados, por ejemplo, mientras que en parámetros dinámicos, como es el caso de las vibraciones en puentes atirantados, se deben registrar cien lecturas por segundo, es decir una frecuencia de cien hercios.

Las estructuras monitorizadas actualmente se encuentran en las ubicaciones indicadas en el mapa y totalizan casi seis mil canales de lectura instalados. A día de hoy, la plataforma cuenta con treinta y una estructuras incluidas y se está preparando un nuevo grupo de taludes y puentes para su integración en la misma.



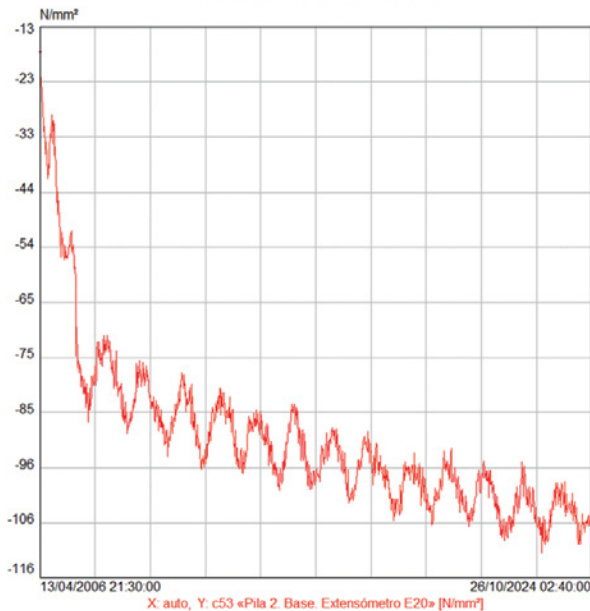
Talud de Trabadelo: Canales y lecturas (ejemplo del 17 de marzo de 2025 a las 17:00).

### Algunos ejemplos

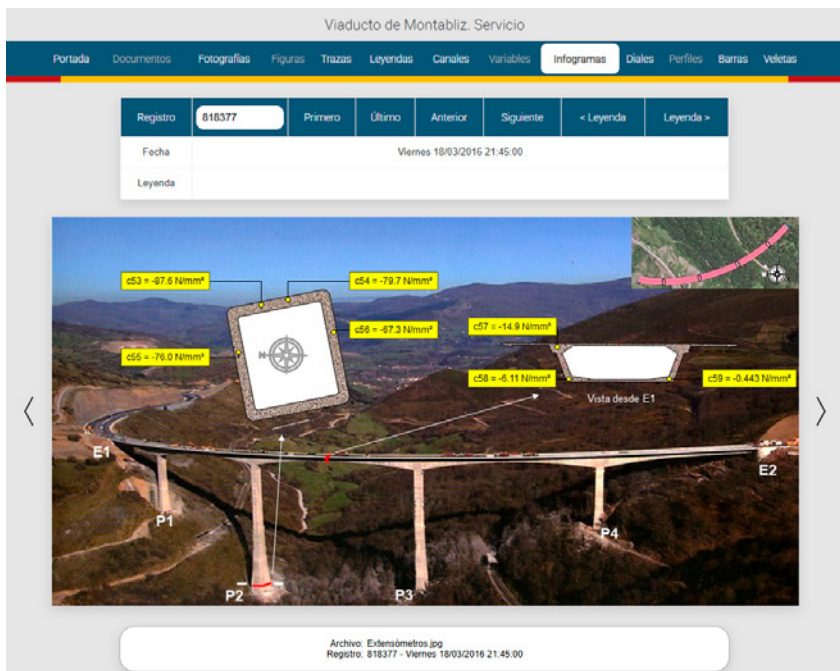
En el talud de Trabadelo (A-6, León), uno de los más altos y complejos de España, cuando se ha observado en los datos recibidos en la plataforma una subida prolongada en el tiempo de niveles de

agua en el terreno sin reflejo en la pluviometría, se ha podido actuar perforando nuevos drenes para aliviar dicha subida. También, se han revisado los anclajes y se han retesado o perforado otros nuevos, cuando se ha visto que la carga de

Viaducto de Montabliz  
Registro histórico en servicio  
Pila 2. Base. Extensómetro E20



Viaducto de Montabliz. Base de pila 2. Histórico de tensiones desde abril de 2006.



Viaducto de Montabliz: Tensiones en el hormigón en determinadas secciones de control (ejemplo del 18 de marzo de 2016 a las 21:45).

algunos o de un grupo de ellos se encontraba fuera de niveles asumidos como admisibles. Después se ha comprobado, por los mismos u otros canales de lectura, la eficacia de dichas medidas, que han podido evitar daños a la infraestructura.

El **Viaducto de Montabliz** (A-67, Cantabria) cuenta con una pila de 128 m de altura. Es la pila de puente más alta de España. Se han cumplido diecisiete años de su puesta en servicio y dentro de unos meses se cumplirán los veinte años del inicio de su construcción. Desde entonces, enero de 2006, se están registrando las tensiones en la base de la pila. Así, se ha podido observar, como nunca antes se había podido hacer, el aumento de la compresión durante los años de la construcción a medida que se iba hormigonando la propia pila y el tablero, de 175 m de luz máxima. También se han podido observar las oscilaciones posteriores debidas a los ciclos térmicos anuales, así como la tendencia al incremento lento de esas compresiones a lo largo de los años a causa del fenómeno conocido como fluencia del hormigón.

No obstante, si bien la plataforma presenta unas potencialidades extraordinarias, nunca se debe perder de vista el componente humano ya que se trata de estructuras y problemas complejos. Siempre debe de haber detrás un equipo de especialistas, que conozca los emplazamientos, vigile cada instrumentación, recorra el talud o el puente, analice los datos y tome las decisiones más adecuadas. ■



# El Servicio de Posicionamiento GNSS en Tiempo Real del IGN

## Aplicaciones actuales y retos de futuro



¿Sabías que el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ayuda diariamente a miles de agricultores en toda España a realizar una gran cantidad de tareas agrícolas? El Servicio de Posicionamiento en Tiempo Real (SPTR) del IGN proporciona cada día a éstos y otros miles de profesionales de diversos sectores el servicio necesario para el funcionamiento de aplicaciones que requieren posicionamiento GNSS de precisión centimétrica en tiempo real.

Además de las áreas de trabajo tradicionales (agricultura de precisión, ingeniería civil, topografía, construcción) cada día surgen nuevas actividades donde este servicio es fundamental, como por ejemplo las relacionadas con el vehículo autónomo, vuelos con dron, robots autónomos, medición de espesores de nieve en pistas de esquí e incluso cortacéspedes autónomos para campos de golf y de fútbol.

- Texto: José Manuel Serna Puente, José Antonio Sánchez Sobrino y Christian Palomar Pozo, Instituto Geográfico Nacional

Estación permanente GNSS en el Puerto de Navacerrada.

**El Servicio** de Posicionamiento en Tiempo Real de España (SPTR) es un servicio público y gratuito, ofrecido por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), que proporciona a sus usuarios la posibilidad de obtener posicionamiento de forma instantánea con una precisión del orden de pocos centímetros por medio de correcciones transmitidas a través de Internet. Se lleva a cabo en colaboración con la mayoría de las comunidades autónomas que poseen una red propia de estaciones permanentes GNSS (Global Navigation Satellite System). Para este fin, y a través de los acuerdos correspondientes, el servicio opera ininterrumpidamente las 24 horas del día aportando una cobertura total en todo el territorio del Estado, incluidas las islas y las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla.

El SPTR resulta ser una herramienta ideal, principalmente en sectores de actividad como la ingeniería civil, la topografía o la agricultura de precisión, que cada vez más recurren a éste, como muestra el progresivo aumento en el número de usuarios registrados. La fuente de datos para este servicio público está constituida por las estaciones permanentes GNSS, que captan las señales de los sistemas por satélite de navegación global, tanto de los europeos GALILEO como de GPS, GLONASS y Beidou.

## Introducción

En los últimos años, la técnica del geoposicionamiento se ha convertido en una necesidad básica. El desarrollo de los sistemas de navegación por satélite GNSS, liderado inicialmente por el sistema GPS, ha irrumpido en la vida cotidiana y ha supuesto una revolución en los métodos de trabajo en diferentes

sectores profesionales cuya actividad depende del conocimiento de la posición de una forma precisa.

Además de GPS, operan otros sistemas GNSS, entre los que destaca GALILEO, que es operado por la Unión Europea (UE), teniendo nuestro país un papel muy relevante tanto desde el sector público como el del privado. Otros son el sistema ruso GLONASS y el chino BEIDOU.

La señal transmitida de forma directa por los satélites de los sistemas GNSS, permite alcanzar una precisión en el posicionamiento de varios metros de forma instantánea, la misma que se logra por defecto cuando se usa el receptor GNSS del teléfono móvil o del automóvil al hacer uso del navegador.

Ésta es una precisión suficiente para navegación, pero no para actividades que exigen una centimétrica como la requerida por los topógrafos, o el guiado de maquinaria agrícola de forma autónoma en campos de cultivo o el guiado de una motoniveladora en una obra. Por este motivo se desarrollaron los sistemas de cálculo y transmisión de correcciones diferenciales que operan corrigiendo esa posición inicial para obtener una de mayor precisión, del orden de un par de centímetros.

Estos sistemas se basan en la utilización de los datos que proveen las estaciones permanentes GNSS distribuidas por el territorio y cuyas coordenadas es imprescindible conocer con la máxima precisión posible. Para ello se utiliza un software de cálculo científico muy riguroso, obteniendo así precisiones del orden del milímetro en las coordenadas de todas las estaciones. A partir de dichas coordenadas y, mediante un procesamiento adecuado, es posible calcular en tiempo real -en cada instante- el error de



## Servicio de Posicionamiento en Tiempo Real



### Servicio de Posicionamiento en Tiempo Real de España.

la señal transmitida por los satélites GNSS, y transmitir esta información en forma de correcciones diferenciales para que puedan ser utilizadas por usuarios con equipos de observación adecuados.

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) desarrolla y mantiene un servicio de correcciones diferenciales con cobertura en toda España conocido como Servicio de Posicionamiento GNSS en Tiempo Real (SPTR), el cual opera de forma continua permitiendo alcanzar una precisión en el posicionamiento del orden de unos pocos centímetros. Este servicio público y gratuito se ha convertido en un referente esencial para miles de profesionales que trabajan en muy diversas áreas de actividad.

### Arquitectura básica del SPTR

Para su correcto funcionamiento, el SPTR de España requiere de la combinación de diferentes elementos que se pueden sintetizar en los siguientes:

- Los datos registrados en tiempo real por la red de estaciones permanentes GNSS desplegada por el IGN en todo el territorio nacional.
- El cálculo de las coordenadas precisas de dichas estaciones, crítico para un correcto cálculo a posteriori de las correcciones.
- El cálculo de las correcciones diferenciales.
- La interfaz del servicio para la diseminación en tiempo real de las correcciones que son necesarias para que los

usuarios obtengan su posición de forma muy precisa.

### Redes de estaciones permanentes

La Red de Infraestructuras Geodésicas de la Subdirección General de Astronomía y Geodesia del IGN viene desplegando desde 1998 la Red Geodésica Nacional de Estaciones de Referencia GNSS (ERGNSS) en todo el territorio nacional. Una red que opera de forma continua y cuyos productos se utilizan en multitud de aplicaciones en el ámbito de la geodesia, topografía, cartografía, ingeniería civil, agricultura de precisión, meteorología, medio ambiente e investigación en ciencias de la Tierra, entre otras.

Una estación permanente GNSS consiste, básicamente, en un sistema que consta de un receptor y antena GNSS capaz de registrar observaciones de forma continua. Los datos emitidos por estas estaciones son enviados a través de internet en tiempo real al centro de cálculo GNSS del IGN en Madrid para su correcto procesamiento.

La red ERGNSS está formada por unas 125 estaciones uniformemente distribuidas por todo el territorio nacional. Algunas de éstas también pertenecen, a su vez, a redes europeas o mundiales que trabajan de forma coordinada para, entre otros objetivos, mantener un sistema homogéneo y preciso de referencia de coordenadas en los ámbitos europeo y mundial.

Algunas de las estaciones de la ERGNSS son compartidas entre



Distribución de estaciones permanentes ERGNSS que proveen datos al SPTR.

el IGN y otras instituciones como Puertos del Estado y la mayoría de las comunidades autónomas, en el marco de la obligada y necesaria colaboración y coordinación entre instituciones públicas para la optimización de los recursos públicos.

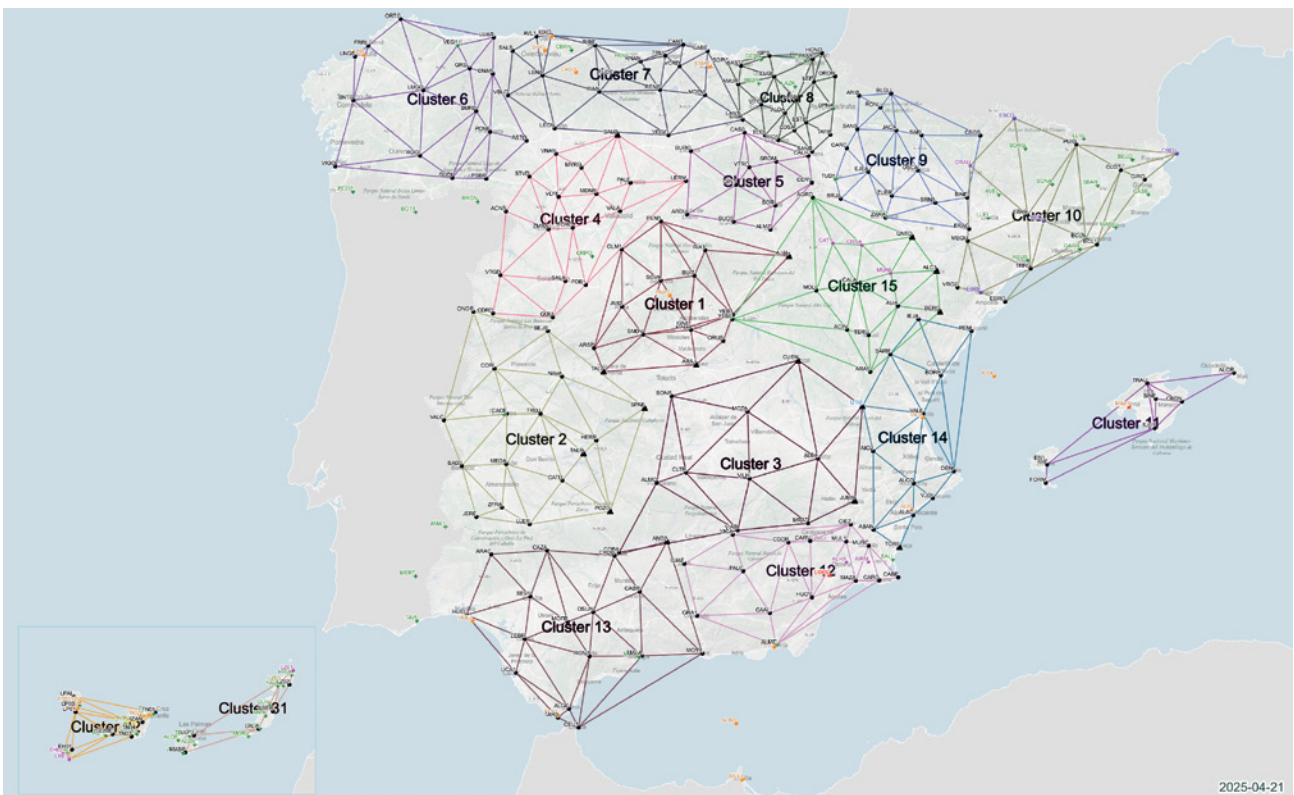
El IGN se encarga tanto de mantener las estaciones permanentes GNSS, asegurando su operatividad continua, como de generar y diseminar los datos registrados para que los usuarios finales puedan beneficiarse de ellos.

Además de los datos de la red ERGNSS, y gracias a los convenios y acuerdos de colaboración firmados por el IGN con instituciones autonómicas, el SPTR utiliza también datos registrados por redes permanentes GNSS de las comunidades autónomas y de algunas estaciones de Puertos del Estado. De esta forma, se asegura una mayor integridad del servicio ante la fortuita caída de comunicaciones con alguna estación del IGN.

En resumen, a las estaciones del IGN se suman otras tantas de estos organismos y redes autonómicas, disponiendo el SPTR de los datos de aproximadamente 275 estaciones permanentes GNSS, cuyas observaciones son utilizadas en tiempo real y de forma continua como datos de entrada en el servicio.

Los datos GNSS recibidos por las estaciones se envían cada segundo al Centro de Proceso de Datos en el IGN con una latencia

Distribución de las distintas subredes que conforman el conjunto de la red SPTR.



o retardo entre la generación del dato y la llegada del mismo que no ha de exceder un par de segundos, asegurando así la calidad de las correcciones generadas y enviadas al usuario.

### Centro de procesamiento de datos en tiempo real

La infraestructura de procesamiento para el SPTR está alojada en el Centro de Procesamiento de Datos del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), el cual dispone de personal que garantiza el mantenimiento del servicio de forma continua.

El procesamiento de datos se realiza de forma distribuida en distintos servidores virtuales, para lo cual se ha dividido el territorio en 17 subredes (clústeres), de modo que cada servidor procesa los datos correspondientes a 3-4 subredes. Esta arquitectura del *hardware* se debe al elevado número de estaciones y la complejidad de los cálculos que se han de realizar de forma simultánea.

De manera simplificada, el procesamiento consiste en una modelización de todos los errores que afectan a la señal GNSS en cada instante y en cada posición, especialmente de los errores derivados del estado de las principales capas atmosféricas que degradan la señal, como la troposfera y la ionosfera.

### Interfaz con los usuarios

El uso de las correcciones diferenciales GNSS proporcionadas por el servicio exige un registro previo en el mismo, gratuito, que se hace a través de un portal de usuario al que se accede a través de la página web <http://ergnss.ign.es/gnuserportal/>.

El registro de usuario permite, por ejemplo, conocer su área de

actividad profesional, generar estadísticas de uso del servicio, para mejorar y reforzar este último en aquellas zonas en las que sea necesario, así como para poder informar vía correo electrónico de actualizaciones o incidencias en el servicio.

La transmisión de correcciones al dispositivo GNSS del usuario se hace a través de un cliente con un protocolo de transmisión específico a través de Internet que todos los receptores GNSS del mercado de uso profesional tienen implementado. El servicio ofrece dos tipos de soluciones:

- **Solución de red.** Se transmiten correcciones diferenciales calculadas a partir de los datos de las estaciones permanentes más próximas al usuario, mediante los cuales se elabora un modelo de errores GNSS en dicha red de estaciones. En esta modalidad, el usuario comunica su posición al sistema enviando previamente un mensaje automático con sus coordenadas al Centro de Proceso de Datos y el sistema calcula y envía las correcciones para su ubicación específica. Esta es la modalidad más recomendada para los usuarios y además se ofrece mediante diferentes algoritmos y procedimientos de cálculo, que da lugar a diferentes soluciones/formatos posibles.
- **Solución de estaciones individuales.** El usuario elige de forma manual la estación de referencia de la que requiere obtener los datos. En esta modalidad, el usuario deberá tener en cuenta cuál es la estación más cercana a su posición, ya que la distancia entre ésta y su ubicación es un factor que degrada la precisión de las correcciones. Dependiendo de la tecnología del receptor usuario, se obtienen

resultados óptimos hasta una distancia de 30-40 kilómetros. Para más información acerca del uso y las características del servicio se recomienda consultar la página web del IGN, donde podrán encontrar información detallada, así como un mapa en tiempo real del estado de todas las estaciones GNSS.

<https://www.ign.es/web/ign/portal/gds-gnss-tiempo-real>

También hay a disposición de los usuarios un folleto explicativo y un buzón de correo ([buzon-geodesia@transportes.gob.es](mailto:buzon-geodesia@transportes.gob.es)) en el que se ofrece soporte para la utilización del servicio, reporte de incidencias y experiencias o comunicación directa con los responsables de la administración del sistema.

### Ejemplos de aplicaciones prácticas del servicio

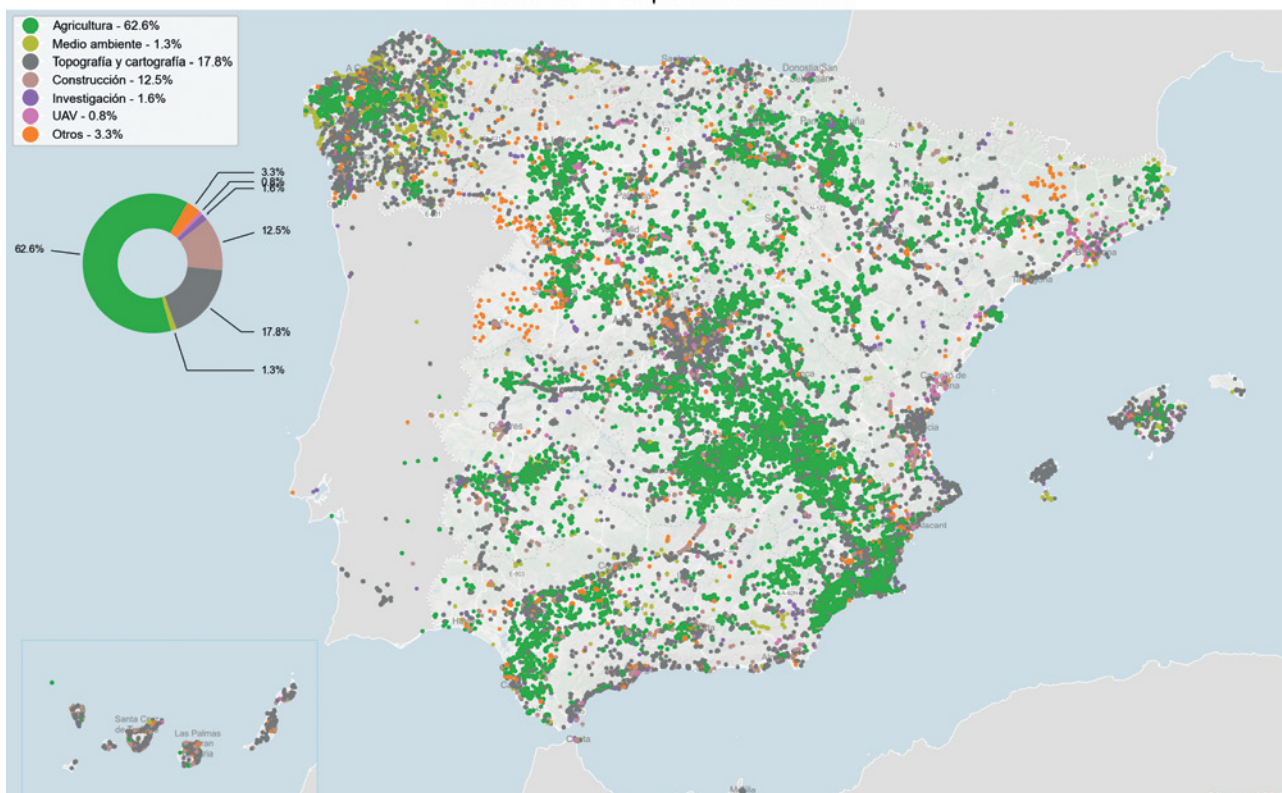
Los usuarios registrados en el Servicio de Posicionamiento en Tiempo Real se pueden englobar básicamente en los siguientes sectores de actividad: topografía y cartografía, ingeniería civil, agricultura de precisión, medio ambiente, investigación, vehículo autónomo empresas que prestan su propio servicio de correcciones GNSS.

Actualmente hay más de 15 000 usuarios registrados, existiendo un crecimiento continuo y lineal en los nuevos registros, principalmente por parte de usuarios pertenecientes al sector agrícola, que representan en torno al 60 % de los usuarios.

### Agricultura de precisión

El SPTR es una herramienta fundamental para la automatización y tecnificación de algunos procesos agrícolas. Los sistemas GNSS permiten crear mapas detallados con información georreferenciada

### Conexiones al SPTR por área de actividad



Conexiones al SPTR por área de actividad en el mes de noviembre de 2024.

sobre variabilidad del suelo, rendimiento y otros parámetros. Se pueden aplicar fertilizantes, pesticidas o riego de manera precisa, minimizando el desperdicio y el impacto ambiental.

Gracias al autoguiado y dirección asistida de tractores y maquinaria se pueden seguir trayectorias exactas, reduciendo el solapamiento y maximizando la eficiencia en la aplicación de fitosanitarios y

abonos. La ubicación exacta de cada semilla mejora el rendimiento y facilita operaciones futuras como el riego o la fertilización.

También una precisión de posicionamiento centimétrica es ideal para actividades como la nivelación del terreno o siembra de cultivos de alta densidad.

Cada vez es más frecuente emplear drones, volando de forma autónoma, conectados

a servicios de posicionamiento GNSS en tiempo real, para efectuar gran parte de estas tareas. Los drones permiten realizar tratamientos aéreos de manera más precisa y eficiente, reduciendo el uso de agua y productos, y minimizando el impacto ambiental.

El IGN efectúa tareas de difusión del servicio y participación en congresos y ferias para darlo a conocer a todos aquellos potenciales usuarios. El objetivo fundamental es resolver dudas sobre cuestiones técnicas que puedan plantearse (especialmente en el

El SPTR, servicio fundamental en la agricultura de precisión.

© John Deere

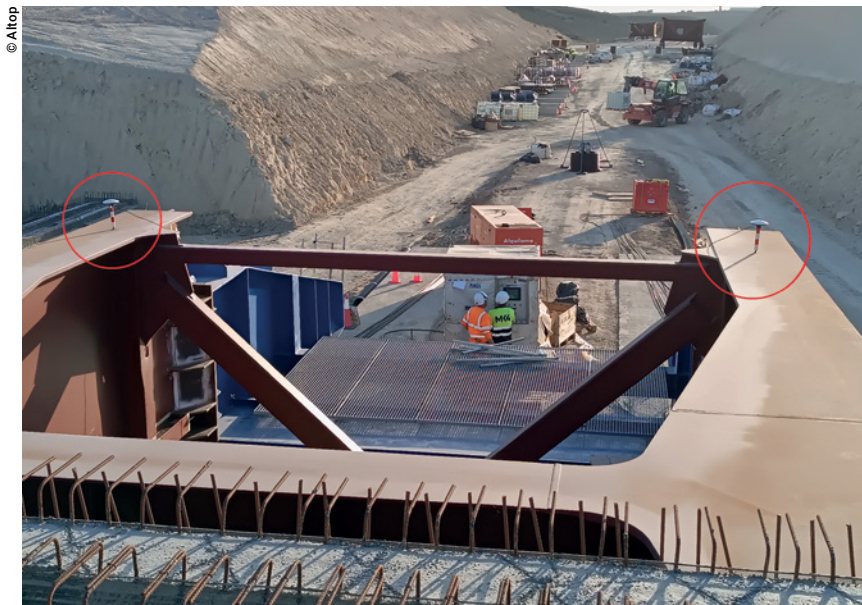


Sistemas de autoguiado de maquinaria agrícola.





Trabajos de topografía convencional.



Lanzamiento de puente con GNSS.



Asfaltado con sensores GNSS.

área de la agricultura), donde los usuarios no suelen disponer de amplios conocimientos técnicos.

### Topografía e ingeniería civil

Los trabajos topográficos de obra, que básicamente consisten en levantamientos y replanteos, han evolucionado notoriamente con el uso del GNSS en general y, sobre todo, con los servicios de correcciones en tiempo real GNSS como el SPTR. Hasta hace pocos años, estos trabajos eran realizados con estaciones totales de medida de ángulos y distancias, pero actualmente estos instrumentos han sido sustituidos, en una gran parte, por el uso de sistemas como el SPTR. La única limitación importante en este campo para el uso del GNSS se da en entornos con un horizonte no despejado o en obras subterráneas. El poder conocer la posición global de un punto del terreno con precisión de algunos centímetros en unos pocos segundos ha simplificado este tipo de trabajos enormemente y el uso de GNSS, y particularmente del SPTR en trabajos de topografía, está ampliamente extendido, mejorando la precisión global, la compatibilidad entre los diferentes actores y la eficacia y rendimiento en todas las tareas.

En el caso del guiado de maquinaria de ingeniería civil, la conexión de los equipos GNSS de las máquinas al SPTR proporciona en pocos segundos una precisión centimétrica para efectuar todo tipo de trabajos con motoniveladoras, retroexcavadoras, buldócer, máquinas de fresado o extendedoras de aglomerado de asfalto. La automatización de las labores en una motoniveladora, por ejemplo, proporciona una comodidad, precisión y rendimiento que son incomparables a las de una máquina que no utilice sistemas GNSS.



Maquinaria de construcción y sistemas GNSS en tiempo real.

Algunos ejemplos de casos prácticos en ingeniería civil se pueden encontrar en la correcta ubicación de los cajones flotantes en obras de ampliación de diques, el guiado durante el proceso de lanzamiento de viaductos, permitiendo controlar la posición y los movimientos en tiempo real durante la fase de lanzamiento o la ubicación de bloques en la remodelación, reconstrucción o nueva construcción de diques o espigones, ubicando dichos bloques en la escollera en la posición adecuada.

### Vehículo autónomo

La navegación autónoma de vehículos se convertirá en los próximos años en algo cotidiano en la tecnología automovilística, y el

Prototipo de vehículo autónomo.

SPTR puede ser una opción fundamental para el desarrollo de este modo de navegación en España. El uso del SPTR, junto con el resto de los sistemas de control del vehículo, permitirán que el guiado sea mucho más preciso y seguro.

El Centro de Automática y Robótica (CAR), centro mixto del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), lleva desde 2009 desarrollando sistemas de conducción autónoma mediante diferentes proyectos y programas de la Comisión Europea (H2020 y FP7) así como del Plan Nacional de Investigación, al mismo tiempo que colabora con diferentes empresas interesadas en la implementación de estos sistemas.

Para sus desarrollos, el CAR utiliza, además de otras técnicas de posicionamiento, el SPTR, de tal forma que los técnicos del CAR han mantenido numerosos contactos y consultas profesionales con el IGN.

Existen otras empresas privadas trabajando intensamente en el desarrollo de sistemas de guiado autónomo de vehículos y que hacen uso del SPTR, por lo que desde la Red de Infraestructuras Geodésicas se intenta intensificar estos contactos de cara a promover el uso del servicio en el sector.

Desde hace tiempo también se están realizando pruebas de empleo de vehículos autónomos para efectuar el transporte y entrega de mercancías y paquetes.

### Robótica: automatización en la industria

Los robots móviles autónomos están diseñados para realizar tareas específicas de manera autónoma sin la necesidad de intervención humana constante. A diferencia de los robots tradicionales estáticos, anclados a un lugar fijo, los robots móviles pueden desplazarse por





El SPTR aplicado en robótica.

diversos entornos, incluidos los dinámicos y desestructurados, lo que les permite operar en distintas localizaciones según las necesidades y la demanda de la empresa.

Los robots móviles autónomos representan una herramienta tecnológica sólida y robusta que transforma la manera de automatizar sectores como la logística, la manufactura, inspección, la agricultura o el comercio, que no solo mejoran la eficiencia operativa, sino que también abren nuevas oportunidades para optimizar procesos y aumentar la productividad.

### Detección de tsunamis

El IGN y el Centro Común para la Investigación de la Comisión Europea (JRC) han firmado un acuerdo de entendimiento para la colaboración en la mejora de los sistemas de alerta temprana de maremotos. Más concretamente, el JRC va a ceder al IGN una boya equipada con un receptor GNSS y transmisión de datos en tiempo real para su instalación en el Mediterráneo, al sur de la Isla de Cabrera.

La boya se instalará con la colaboración del Sistema de Observación y Predicción Costero de las Islas Baleares (SOCIB), lo

que potencialmente podrá permitir medir el nivel del mar a partir del desplazamiento vertical obtenido por técnicas GNSS y, por tanto, confirmar el paso de un tsunami por la boya antes de que éste llegue a la costa.

### Otras aplicaciones

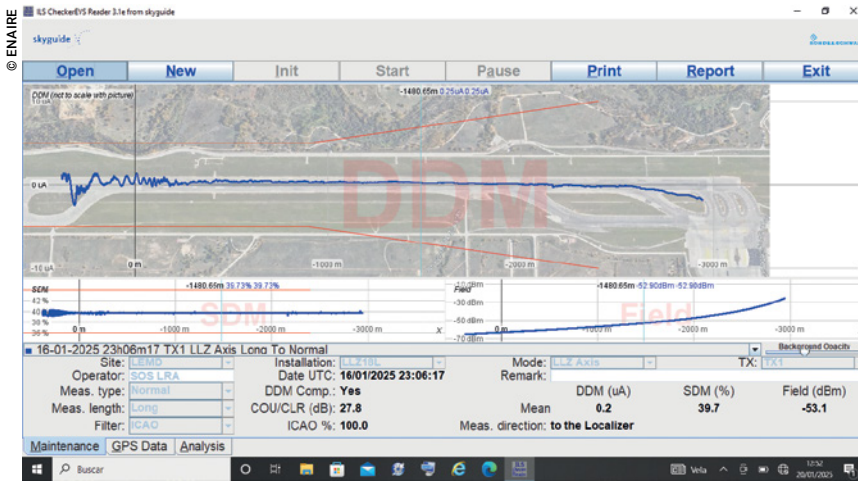
- **Sistemas de aproximación y aterrizaje en aeropuertos.** Se realizan conexiones al SPTR, por ejemplo, para efectuar la calibración en tierra de radioayudas para la navegación aérea (ILS y VOR) y verificar que se encuentran dentro de los límites de tolerancia permitidos.



Calibración de sistema de ayuda en el aterrizaje ILS de aeronaves.

Calibración de sistema de radionavegación aérea VOR.





Verificación de sistema ILS en pista de aterrizaje.



Cortacésped equipado con receptor GNSS.

● **Cortacésped.** Los cortadores de césped robóticos están transformando el mantenimiento de los campos de golf y de

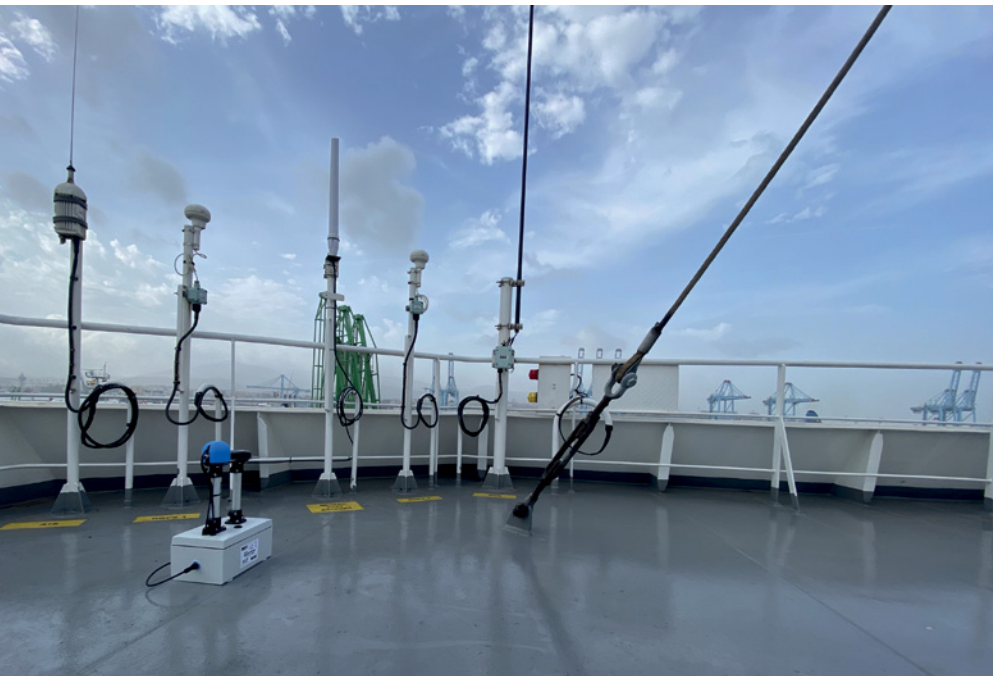
fútbol al reducir costes, minimizar los niveles de ruido y mitigar el impacto ambiental, optimizando las pasadas que

Medición de espesor de pistas de esquí.



realiza mediante guiado automático con GNSS. Actualmente, muchos de estas máquinas están conectadas al SPTR en toda la geografía española.

- **Medición espesor de nieve en pistas de esquí.** La máquina pisanieve efectúa un levantamiento del terreno en los meses de verano, en ausencia de nieve. Repitiendo la operación cuando hay nieve, se determina el espesor del manto de nieve de forma rutinaria en la temporada invernal a medida que va preparando las pistas cada día, determinando este espesor de forma muy precisa en todos los trazados.
- **Monitorización de buques en maniobras en puerto.** La gestión del riesgo operativo en entornos portuarios y offshore se fundamenta en el conocimiento del entorno y sus variaciones. La monitorización marítima se enfrenta a la tarea de obtener la información requerida (altura de ola, períodos, corrientes, agitación local, parámetros ambientales, parámetros inerciales...) en uno de los entornos más desafiantes, como es el entorno marítimo. Gracias a la instalación de sistemas inerciales y de receptores GNSS a bordo de buques o estructuras flotantes se pueden obtener los desplazamientos, con precisión centimétrica, que tienen los buques cuando están atracados en los puertos.
- **Smartphones y la nube.** La tecnología actual de los receptores GNSS incluidos en los teléfonos inteligentes no permite, de momento, que éstos puedan recibir y procesar correcciones precisas provenientes de sistemas de posicionamiento en tiempo real, aunque existen empresas que están investigando estrategias para mejorar la



© DEEP INSIGHT-UPM

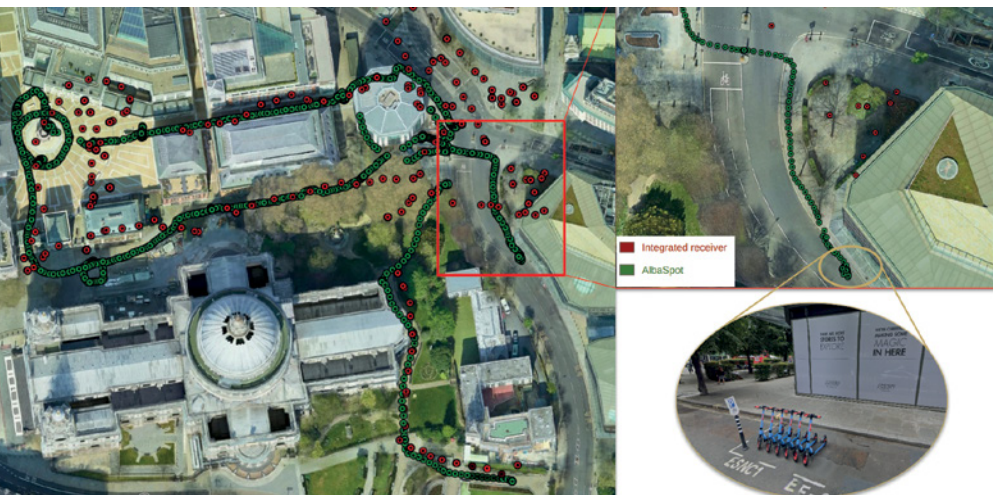
Sistema de monitorización de buques en puertos.

precisión actual de posicionamiento de los teléfonos móviles (posicionamiento absoluto, que se sitúa en unos 5-10 metros). Existirían opciones de futuro, como trabajar con señales del sistema de aumentación por satélite EGNOS o el servicio HAS de la constelación GALILEO, pero también existe la posibilidad de emplear información generada por sistemas como el SPTR para, de alguna forma, hacer disponibles esos datos a las compañías telefónicas para que puedan incorporarla a sus sistemas, y

que cada terminal haga uso de ella en función de sus necesidades. Para ello, el dispositivo envía información sobre su posición a la nube, se hace el procesado de posicionamiento en la nube y se usarían API de acceso a las correcciones a través de la operadora de comunicaciones.

Algunas de las ventajas de esta estrategia son: la posibilidad de uso masivo de dispositivos, la reducción del consumo de batería del dispositivo móvil, la alta eficiencia debido al procesado en la nube o la baja latencia de datos.

Patinete eléctrico con *smartphone*. Comparativa de posicionamiento procesado en la nube y posicionamiento absoluto.



© Alhora Technologies

### ● Conclusiones

El SPTR se ha convertido en un servicio fundamental y estratégico del IGN y, por tanto, del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible como servicio público. Se trata de una herramienta esencial para un gran número de profesionales que obtienen, gracias a este servicio, un incremento de la producción y un ahorro de costes en sus trabajos cotidianos, favoreciendo a la vez el desarrollo tecnológico e industrial de las empresas.

En cuanto al desarrollo del sistema en los años venideros, es previsible el aumento de su importancia, dado el incremento de posibles aplicaciones que se pueden añadir a las anteriormente citadas, algunas difícilmente imaginables en la actualidad, sobre todo las aplicaciones relacionadas con sistemas autónomos de navegación.

Se sabe con certeza que la progresiva mejora tecnológica de los sistemas GNSS en general, y de GALILEO en particular, dará como resultado que las prestaciones de este tipo de servicios sean cada vez más precisas, más eficientes, más simples y seguras, a la vez que mejorarán su integridad, aspecto este último fundamental en las aplicaciones de navegación autónoma. Estas circunstancias conllevarán la extensión del uso de servicios como el SPTR a un número cada vez mayor de usuarios, y de perfiles más heterogéneos que los observados en la actualidad.

En conclusión, es previsible que el SPTR se convierta en un servicio estratégico para el correcto funcionamiento de gran variedad de aplicaciones que precisan posicionamiento GNSS preciso en tiempo real. ■

# Instituto Geográfico Nacional

O. A. Centro Nacional de Información Geográfica

www.ign.es

## cartografía digital



Toda la Información Geográfica que  
producimos disponible en  
nuestro Centro de Descargas.

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

General Ibáñez de Ibero 3. Madrid, 28003  
91 597 95 14 - consulta@cniq.es - www.ign.es



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRANSPORTES  
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
NACIONAL



# La educación azul



# como génesis de una Administración Marítima estable

Las oportunidades educativas y de empleo en la economía azul son clave para el mantenimiento y desarrollo de la sociedad y la génesis para asegurar la continuidad del servicio público que ofrece la Dirección General de la Marina Mercante (DGMM). Las costas tienen el potencial de seguir generando crecimiento sostenible y empleo en las próximas décadas y contribuir al mismo tiempo a los objetivos del Pacto Verde Europeo. Esto solo será posible si se invierte en capacidades azules. Por este motivo, la DGMM, ha participado, por primera vez, en Aula, el salón internacional del estudiante y de la oferta educativa, para reforzar su presencia y compromiso con la educación azul.



- Texto: Francisco Javier Benítez Martínez, jefe de Área de Formación Marítima; Dirección General de la Marina Mercante

## Para muchos ciudadanos

la costa es sinónimo de descanso, de actividades culturales, de saborear una gastronomía costera, hacer turismo con bonitas vistas y paseos con el rumor de las olas. Pero las costas, además, también desempeñan una función estratégica y vital para los países, por sus recursos vivos y minerales, por su energía y otros valores de ámbito fronterizo o militar de los que no se tiene consciencia.

El enfoque en el uso creativo de los recursos disponibles en la costa, inspirado en la naturaleza misma, genera innovaciones que benefician tanto la creación de empleos como riqueza. Este concepto fue

definido como economía azul por primera vez en el año 1994, por el economista de origen belga Gunter Pauli. Actualmente, este concepto se utiliza para hacer referencia a los sectores económicos y medidas políticas que establecen la utilización de los recursos marinos de forma sostenible.

No obstante, la economía azul también tiene sus grandes desafíos, a pesar de los beneficios y oportunidades que ofrece.

En las últimas décadas, a nivel global, esta filosofía económica ha captado la atención de los Gobiernos y se están haciendo grandes avances para superar con éxito los retos que son comunes en los diferentes países costeros: la ineficacia o falta de capacidad para recopilar

datos e investigar lo que dificulta la toma de decisiones en favor de un crecimiento óptimo; las políticas públicas inadecuadas, el uso ineficiente de los recursos públicos y la falta de participación de las partes interesadas que conducen a un crecimiento insostenible, daños a los sistemas naturales y costosos conflictos intersectoriales; y la escasez de conocimientos y la gestión deficiente que crean incertidumbre y desalientan la inversión privada en los sectores marítimos.

El Grupo del Banco Mundial diseñó el Marco para el Desarrollo de la economía azul (Blue Economy Development Framework -BEDF-), con una serie de iniciativas para lograr superar los retos globales descritos anteriormente



que se resumen en los tres puntos siguientes:

- **Datos, análisis y difusión**
  - Diseñar métodos eficaces en función de los costes para la recopilación y el análisis de datos a fin de orientar las políticas y respaldar la planificación integrada de los sectores marítimos
  - Catalogar, controlar y gestionar el patrimonio natural costero y apoyar su desarrollo.
  - Una planificación holística, es decir considerando la interconexión y el conjunto completo, evitando el enfoque en partes aisladas, aprovechando la tecnología más avanzada que resulte pertinente.
- **Reformas normativas, institucionales y fiscales**
  - Analizar las instituciones gubernamentales clave y ofrecer recomendaciones sobre reformas normativas, administrativas y fiscales.
  - Ayudar a los países o regiones a aplicar herramientas de apoyo a la toma de decisiones sobre planificación integrada e inclusiva en favor del crecimiento azul.
  - Colaboración y cooperación entre las diferentes administraciones e instituciones.
  - Ayudar a identificar inversiones públicas en infraestructura azul y gris (aquella construida por el hombre para transportar, canalizar, almacenar y tratar el agua).
- **Promoción de la inversión**
  - Financiamiento innovador del crecimiento azul (bonos azules que son instrumentos financieros destinados a financiar proyectos que apoyan la sostenibilidad de los océanos y recursos hídricos, seguros, etc.).

- Ofrecer asistencia técnica y apoyo del sector financiero para adoptar proyectos de inversión azul.
- Diseñar incentivos para que las inversiones en el sector marítimo sean resilientes frente al clima.

## ¿Qué aporta la economía azul?

Son innumerables los beneficios que aporta la economía azul, muchos de ellos explotados por el hombre desde siempre, como la pesca sostenible, y otros en pleno desarrollo como la energía eólica marina.

Solo en España hay 46 puertos de interés general que conectan el sistema portuario estatal español con más de 200 puertos en todo el mundo. Esto se traduce en que la actividad del sector portuario estatal aporta cerca del 20 % del PIB del sector del transporte, lo que representa el 1,1 % del PIB español. Asimismo, genera un empleo directo de más de 35 000 puestos de trabajo y de unos 110 000 de forma indirecta.

Para que una economía azul sea competitiva, resiliente y socialmente justa es esencial contar con profesionales altamente cualificados. A este respecto, en la actualidad, muchos sectores de la economía azul enfrentan dificultades para encontrar el personal adecuado, lo que frena su desarrollo. Son muchas las instituciones públicas y privadas que aúnan fuerzas para buscar soluciones y aplicar medidas que ayuden a reducir el impacto de la falta de personal.

En 2021, la Comisión Europea introdujo un nuevo enfoque para una economía azul sostenible adaptando las actividades marinas a los objetivos del Pacto Verde Europeo y promoviendo la coherencia

entre los sectores de la economía azul, como la acuicultura, la pesca, las energías limpias, el transporte marítimo, el transporte marítimo ecológico, la construcción naval, el turismo costero, recalcando la importancia de la investigación, las capacidades, la innovación y la cooperación entre los países y los usuarios marítimos.

Se podría decir que los ámbitos más relevantes y mejor definidos que conforman la economía azul son los siguientes: transporte y seguridad marítima; puertos y logística; pesca; construcción y reparación naval; energías marinas; náutica de recreo; biotecnología azul y formación marítima.

Según datos de Cuadernos de finanzas sostenibles y economía circular, presentado en junio de 2023 por la Fundación ICO, la economía azul en España está en auge, con protagonismo en la generación de empleo, el crecimiento económico y la apertura de oportunidades sostenibles para el futuro. Con más de 905 000 personas empleadas y un Valor Añadido Bruto (VAB) que se acerca a los 32 800 millones de euros, el sector marítimo demuestra su impacto positivo en la economía nacional. De entre los ámbitos enmarcados en la economía azul, el turismo costero, con visitantes nacionales e internacionales, lidera los resultados económicos en España.

También, en el año 2023, la UE puso en marcha el programa Año Europeo de las Competencias para ayudar a las personas a adquirir las capacidades adecuadas para obtener empleos de calidad y ayudar a las empresas a hacer frente a la escasez de capacidades en la UE. Este programa europeo aborda varios desafíos clave, entre los que destaca, en primer lugar, **reducir la brecha de capacidades entre la oferta educativa y las**

### necesidades del mercado laboral.

Esto implica adaptar los programas educativos para que respondan a las demandas actuales y futuras de la industria.

A este respecto, España cuenta con el Observatorio Profesional Incual (Instituto Nacional de las Cualificaciones), además de otros muchos observatorios en las comunidades autónomas. Estos observatorios proporcionan información valiosa sobre cómo evoluciona la demanda y la oferta de profesiones, ocupaciones y perfiles en el mercado laboral. También consideran, entre otros aspectos, los sistemas de clasificación profesional que surgen de la negociación colectiva.

En segundo lugar, el programa señala **mejorar la comunicación y la cooperación** entre el sector educativo y la industria. Una colaboración más estrecha entre ambos

permitirá alinear mejor las competencias de los graduados con las expectativas del mercado laboral, facilitando así una transición más fluida hacia el empleo. Esto conlleva eliminar contenidos obsoletos, actualizar las infraestructuras y dotar de personal cualificado al sector educativo, lo que exigirá cambios normativos que incluyan nuevas formas de incorporar a profesionales con experiencia en plazas de profesor.

En tercer lugar, **fomentar una cultura de alfabetización oceánica** desde las edades tempranas. Esto no solo implica educar a las nuevas generaciones sobre la importancia de los océanos y sus recursos, sino también inspirar un compromiso con la sostenibilidad y la protección del medio ambiente marino.

Por último, **aumentar el atractivo y el conocimiento sobre las**

### oportunidades profesionales en la economía azul.

Promover estas carreras y resaltar sus beneficios puede inspirar a más personas a unirse a este sector, ayudando a cubrir la demanda de profesionales cualificados. Como ejemplo, una charla de solo 10 minutos en una clase de bachillerato puede despertar vocaciones o interés en futuros profesionales para la economía azul. Además, es importante destacar que no promocionar la economía azul en las provincias del interior es una oportunidad perdida para el sector, ya que muchas veces esto se debe simplemente a la falta de información.

Otro aspecto clave sería crear centros de formación profesional (FP) en puertos de interés general para facilitar el acceso a la capacitación y potenciar el talento en estas áreas. En este sentido,



la Dirección General de la Marina Mercante está participando y promoviendo iniciativas para dar visibilidad a algunas de las profesiones relacionadas con el transporte y la seguridad marítima. También, otras instituciones privadas como los Clúster marítimos, los Propeller club, las fundaciones, asociaciones y los colegios profesionales hacen lo propio para aunar fuerzas y dar a conocer los diferentes puestos de trabajo que hay en los ámbitos citados; todo con el fin de contrarrestar la escasez de no solo marinos, sino también de otros perfiles necesarios para el sector productivo.

## Empleo público en la economía azul como salida profesional

El sector público relacionado con el mar también es una fuente de oferta de empleo en España donde tienen cabida toda clase de titulados académicos de las diferentes ramas universitarias y familias de la formación profesional.

Son muchas las instituciones públicas que son parte de la economía azul, diferenciando entre la Administración General del Estado, la administración autonómica y la administración local, sin olvidar el ámbito internacional donde existen ofertas de empleo en distintas instituciones europeas e internacionales como: EMSA (European Maritime Safety Agency), la Comisión Europea, la OIT (Organización Internacional del Trabajo) o la OMI (Organización Marítima Internacional).

Sin que la lista sea exhaustiva, en la tabla que aparece en esta página se mencionan algunas de ellas ordenadas por ámbitos.

La Administración Marítima también sufre la escasez de funcionarios como en el resto de las

Administración General del Estado
Inspección en el Cuerpo Especial Facultativo de Marina Civil
Inspección en el Cuerpo de Ingenieros Navales
Escala de Técnicos Facultativos Superiores de Organismos Autónomos
Salvamento Marítimo (flota, torres de control y servicios centrales)
Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos
Puertos estatales
Investigación y asistencia técnica en la unidad de simulación de maniobra y buques del Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC) del CEDEX
Prácticos de puerto
Docencia en centros universitarios y de formación profesional
Armada y el Instituto Hidrográfico de la Marina
Vigilancia aduanera
Servicio Marítimo de la Guardia Civil
Policía Nacional
Investigación en buques oceanográficos del Instituto Español de Oceanografía
Instituto Social de la Marina y en sus buques hospitales.
Observación científica en pesqueros.
Inspección de Pesca.
Administración autonómica
Fuerzas y Cuerpos de Seguridad autonómicos como la Ertzaintza y Mossos d'Esquadra.
Puertos autonómicos.
Servicio de Guardacostas de Galicia

administraciones. Para contrarrestar ese impacto, la Dirección General de la Marina Mercante está participando en diferentes foros, redes sociales y medios de comunicación para dar a conocer el itinerario que han de seguir aquellos ciudadanos que quieran formar parte de la Administración Marítima. En este sentido, cabe señalar como un hito importante, la participación de la DGMM en el Salón Internacional del Estudiante y de la Oferta Educativa (Aula), celebrado del 26 al 30 de marzo, en el que compartió stand con Salvamento Marítimo.

Aula es la feria de educación, que se celebra anualmente en

Madrid, en la que se encuentran entidades educativas y miles de estudiantes en edad de estudiar un grado universitarios o FP. Es un espacio para la orientación educativa en el que profesionales del sector ayudan a estudiantes a elegir el mejor itinerario educativo posible. Varios funcionarios de la DGMM, junto con personal de Salvamento Marítimo, dieron a conocer las distintas profesiones de la marina mercante existentes y expusieron todo lo necesarios para llegar a convertirse en marino o ingeniero naval.

Los títulos que se ofrecen en este sector son: Grado en Náutica

y Transporte Marítimo; Grado en Ingeniería Marina; Grado en Tecnologías Marinas; Grado en Ingeniería Radioelectrónica Naval o licenciaturas equivalentes; o bien Capitán, Jefe de Máquinas u Oficial Radioelectrónico de Primera Clase de la Marina Mercante española.

Desde estas titulaciones se puede acceder a inspector de buques, una vez superado el proceso selectivo mediante oposición. Esta es la vía para entrar a trabajar en el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, como parte del Cuerpo Especial Facultativo de Marina

Civil. Por su parte, los ingenieros navales pueden entrar en el Cuerpo de Ingenieros Navales.

También, los técnicos de la DGMM pudieron ofrecer a los estudiantes su experiencia y mostrar lo que hacen en las capitanías marítimas y en los servicios centrales de



la DGMM. “Esto es solo el principio, un mar de oportunidades se abre con cada singladura finalizada y quien sabe, si dentro de unos años es director general uno de estos jóvenes”.

Hacer publicidad de los distintos oficios y de la labor que lleva

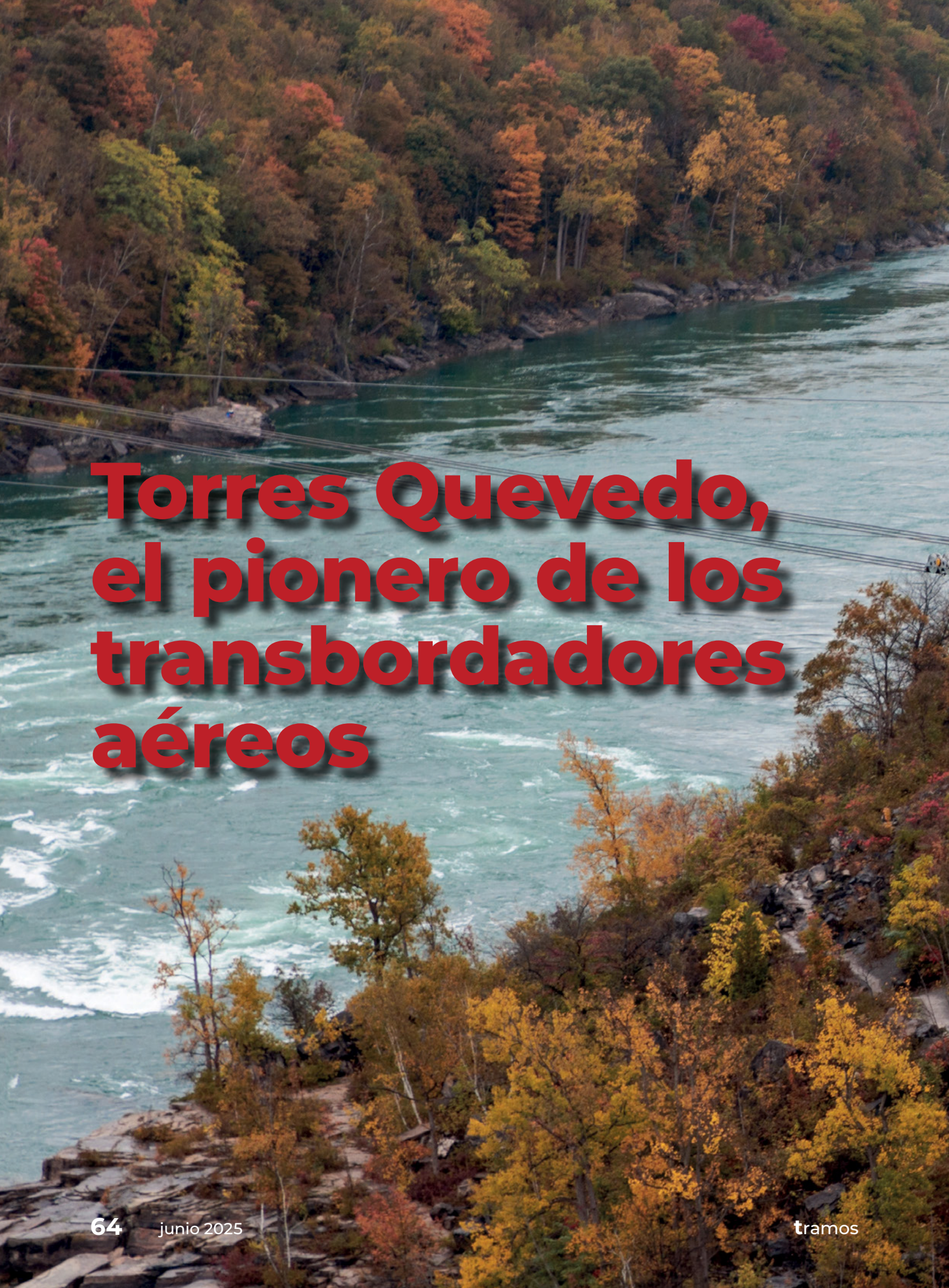
a cabo la marina mercante es una buena manera de contrarrestar la falta de inspectores, pero hay otros problemas, ajenos a la función pública, que influyen de manera directa o indirectamente y cuyas consecuencias son, por ejemplo, que las ofertas de empleo público

no llegan a completarse quedando plazas sin cubrir.


En este sentido, la DGMM, a través de su área de Formación Marítima, está abordando los diferentes problemas con la colaboración de inspectores del Cuerpo Especial Facultativo de Marina Civil con experiencia en el transporte marítimo y expertos nacionales en materia de STCW (Formación, titulación y guardia para la gente de mar).

Entre los diferentes proyectos en curso para alcanzar una regulación estable adaptada a las necesidades del sector y en línea con la normativa internacional, cabe destacar el desarrollo del “proyecto de orden sobre formación, titulación y documentos de la gente de mar” que presumiblemente contendrá 19 capítulos, con 155 artículos, 6 disposiciones adicionales, 3 disposiciones transitorias y 2 finales, y 21 anexos. Es una orden extensa que eliminará la dispersión normativa, codificando en una sola orden las disposiciones que regulan los certificados y determinados títulos que deben poseer los miembros de las dotaciones de los buques civiles españoles que ejerzan funciones profesionales a bordo de estos, también el contenido y configuración de los correspondientes programas de formación de los cursos. Así mismo incluye capítulos que tratan sobre los diferentes procedimientos administrativos y sus requisitos relacionados con los títulos profesionales y los centros de formación y sus formadores, incluyendo novedades como la teleformación o cursos itinerantes. La calidad y sus procedimientos es otro de los aspectos que se regulan en esta orden, así como los documentos del marino, como la libreta de navegación marítima o el documento de identidad del marino. ■





# Torres Quevedo, el pionero de los transbordadores aéreos



Cada año más de 250 000 visitantes suben al *Spanish Aerocar* para contemplar unas vistas espectaculares de las cataratas del Niágara. Su diseño y construcción fueron obra del ingeniero español Leonardo Torres Quevedo (1852-1936). Este visionario anticipó con sus creaciones muchos de los aparatos que empleamos hoy habitualmente como el telekino, antecedente del mando a distancia, o el aritmómetro electromecánico, un precursor de los ordenadores personales. Torres Quevedo fue pionero, también, en los transbordadores aéreos para pasajeros. En los valles de Portolín e Iguña, su tierra natal, dio forma a su primera gran patente: el primer transbordador aéreo de funicular aéreo suspendido de cables.

Texto: M. Carmen Moreno Herrero, Centro de Publicaciones

## Desde hace miles

de años, el ser humano ha utilizado cables, inicialmente elaborados a partir de cuerdas u otras fibras vegetales o tiras de cuero, para transportar mercancías y personas superando dificultades orográficas. Estos primeros sistemas muy rudimentarios presentaban mecanismos similares a las actuales tirolinas donde la persona o artículo se deslizaba suspendido de una argolla a través de una cuerda inclinada. Al tratarse de descensos unidireccionales estos primitivos dispositivos no podían considerarse propiamente como transbordadores ya que carecían de capacidad de retorno y de sistemas de tracción regulares. Un primer avance apareció con las cestas suspendidas mediante argollas sobre una cuerda principal que se complementaban con cuerdas laterales. Este sistema, documentado en los Andes durante el periodo prehispánico, era todavía limitado ya que dependía totalmente de la fuerza humana.

En Europa, el desarrollo de los teleféricos estuvo unido a las necesidades militares y de construcción durante la Edad Media, cuando se utilizaron para alzar fortalezas y castillos en terrenos escarpados. El primer testimonio escrito se encuentra en un manuscrito del alemán Johann Hartlieb, que describe un funicular para materiales, en 1411. Dos siglos más tarde, en 1617, Fausto Verancio plantearía la cuerda sinfín, un cable continuo impulsado por poleas en los extremos que facilitaban el desplazamiento en ambos sentidos de las plataformas. También se conoce la existencia del primer sistema monocable continuo para transportar piedra ideado por Jacob Leopold en 1714.

Sería la invención del cable el punto de partida para el desarrollo de los sistemas de transbordo aéreos. Tras largos años de estudio, Wilhem Albert empleó, en 1834, en las minas de Clausthal (Oberharz), cables de 20 a 40 metros de longitud en lugar de cadenas. Robinson registró en 1856 una patente sobre teleféricos unicables que desarrollaría posteriormente Hodgson en 1867. Precisamente, la era moderna de los funiculares nace en 1861 cuando Fran Fritz Von Dücker construye en Bad Oeynhausen una vía de ensayo para el transporte de carbón en el que las vagonetas se desplazaban colgadas con cables metálicos. El interés por la riqueza del subsuelo y la necesidad de transportar los minerales desde zonas de difícil acceso terminaría por impulsar los nuevos sistemas de transbordadores en la segunda mitad del siglo XIX. Para ello, se adaptarían elementos ya existentes a poleas y contrapesos. Así, en América Cípher impulsó la construcción del primer teleférico bicable sobre un pilar de madera para una mina en el estado de Colorado. Y en Alemania los ingenieros Bleicher y Otto montaron en Teutschental un teleférico con una longitud de 750 metros para transportar hulla.

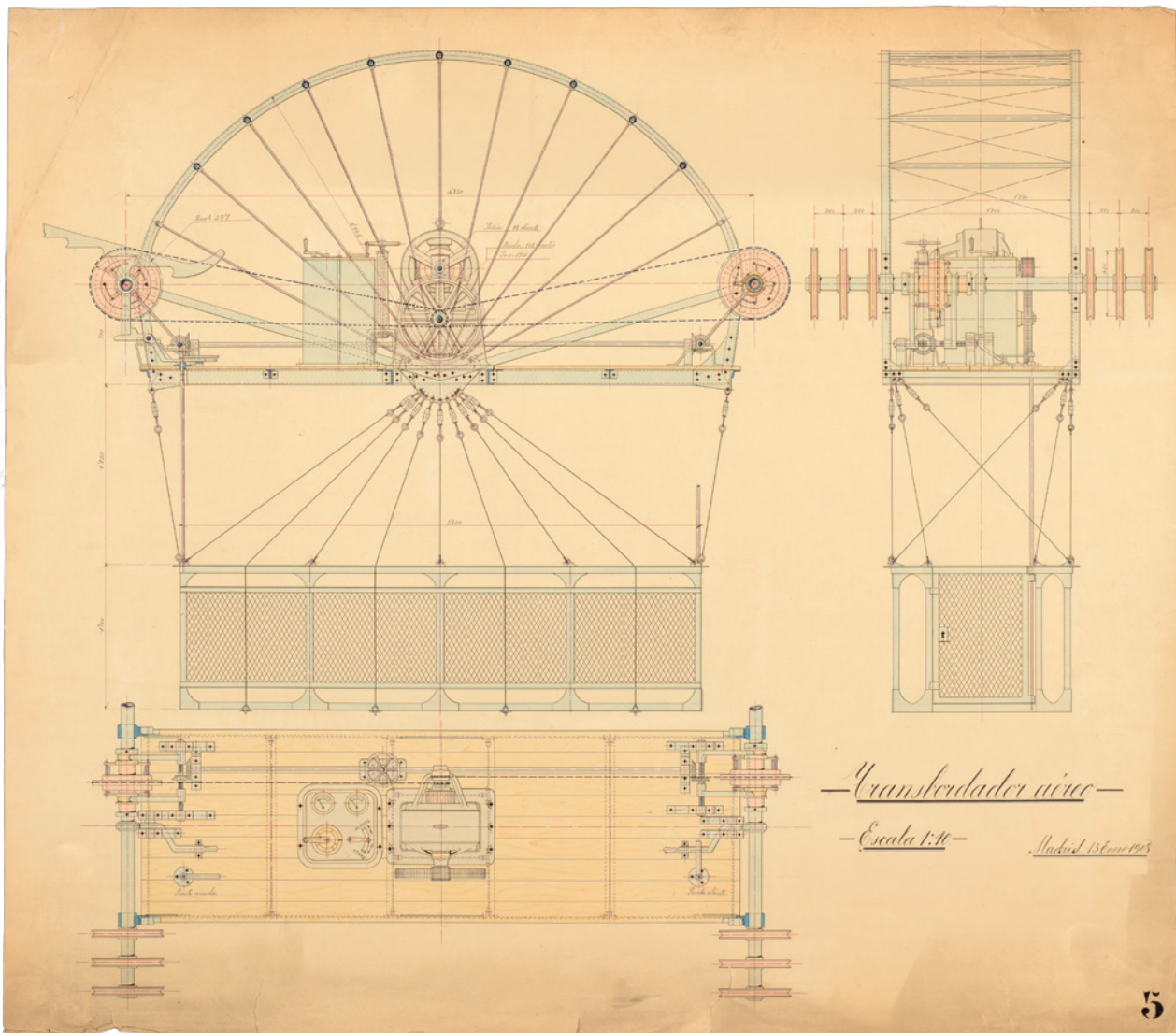
El primer funicular destinado únicamente al transporte de personas fue ideado por Ritter en 1866 en Schaffhausen (Alemania) para que los técnicos pudieran controlar las turbinas instaladas en el Rin. En servicio hasta 1899, constaba de una canasta que permitía llevar hasta dos personas y disponía de 4 cables portadores. El arrastre se lograba gracias a un torno manual y a un cable tractor. En 1885 entraron en servicio más teleféricos de viajeros, en Nueva Zelanda y en Knoxville sobre el río Tennessee y en 1894 en Lviv.

## La primera patente en 1887

En su viaje de bodas por Francia, Suiza e Italia, Leonardo Torres Quevedo tuvo la oportunidad de conocer los funiculares aéreos mediante cabinas soportadas sobre cables-carriles y arrastradas mediante otro cable motor. Posiblemente es donde tomaría conciencia de la necesidad de resolver como transportar personas por cable garantizando su seguridad. Hasta Torres Quevedo los dos extremos del cable permanecían fijos, por lo que la tensión variaba dependiendo de la carga y de su posición durante el recorrido y, por tanto, el riesgo de rotura era muy grande. Torres Quevedo encontró la solución para el transbordador al idear un nuevo sistema de funicular en el que la carga a transportar estaba sostenida por varios alambres cuya tensión, independiente del peso, podía regularse. Así, se lograba que la tensión de los cables fuera constante. En el caso de una hipotética rotura, que no consta que haya sucedido en ninguno de sus transbordadores, solo aumentaría la flecha de la trayectoria, pero los restantes cables sostendrían y seguirían sometidos a la misma tensión.

La primera vez que ensayó este sistema fue en el transbordador de Portolín, este primer dispositivo sobrevolaba su vivienda, la Casa de Doña Jimena, desde el Prado de los Venerales hasta otro prado situado enfrente. Sobre un trayecto de 200 metros y una diferencia de altura de 40 metros surcaba sobre el camino vecinal de Molledo a Silió utilizando como motor la tracción animal de dos vacas. La barquilla era una silla que utilizaron en estos primeros viajes su mujer y su cuñada.

Más completo fue el segundo modelo de transbordador



Plano del Transbordador Aire. Museo Leonardo Torres Quevedo, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid.

construido entre el Cueto del Pando y los Picones. Con 2032 metros de luz y 283 metros de desnivel transcurría por encima del río León, afluente del Besaya. Para lograr los permisos planteó que trataba de solucionar los problemas de transporte de cargas y materiales para la construcción del embalse de Alsá. Tras estos primeros ensayos, Torres Quevedo solicitó la primera patente internacional para Austria y Alemania, en los días 6 y 9 de septiembre de 1887. Quince días más tarde presentaría, ante la Dirección General de Agricultura, Industria y Turismo, solicitud de patente por un nuevo sistema de camino funicular aéreo de alambres múltiples que se le concedería el 12 de octubre de

1887. También solicitaría patente de su transbordador para Francia, Estados Unidos, Italia y Reino Unido. No consta, sin embargo, que se llegara a construir transbordador alguno en estos países.

Finalmente, en 1888, presentó un proyecto para erigir el que podría haberse convertido en el primer teleférico abierto al público del mundo, en las cercanías del lago Lucerna. Esta iniciativa pretendía unir los hoteles ubicados en la cima del Monte Pilatus con un nuevo establecimiento construido junto a la capilla del Klimeshorn, situado en una colina 300 metros más abajo y al que solo podía accederse a través de un sendero tras varias horas de trayecto. Obtuvo la patente en 1889 y con el

permiso de obras ya concedido se orquestó una campaña de tal magnitud en contra por las autoridades locales y un grupo de ingenieros, con caricaturas y artículos despectivos en prensa, por lo que el proyecto nunca llegó a prosperar.

### El primer teleférico de pasajeros

La Sociedad del Ferrocarril del monte Ulía apostó por la instalación de un transbordador aéreo en el parque de atracciones del mismo monte. Fue ejecutado y promovido por la Sociedad de Estudios y Obras de Ingeniería de la que formaba parte el propio Torres Quevedo. A tal fin, Torres Quevedo preparó una nueva patente,



El funicular del Monte Ulía en San Sebastián transportó durante sus siete primeros años de funcionamiento a más de 60 000 personas.

actualizando su propio sistema de cables de soporte múltiples de 1887 y, solicitando “privilegio de invención”, para un nuevo modelo de barquilla en abanico. El teleférico tenía un trayecto de 280 metros, con un desnivel de 28 metros, entre la estación inferior cercana a los andenes del tren eléctrico y la superior en las cercanías del campo del Tiro al Pichón. La barquilla en la que podían embarcar hasta 18 personas en cada viaje se desplazaba sobre seis cables soporte, tres a cada lado, con las poleas y los respectivos contrapesos ubicados en la estación superior mientras el cable tractor era accionado gracias a un motor eléctrico ubicado en la estación inferior. Fue inaugurado el 30 de septiembre de 1907 bajo una intensa lluvia. El transbordador, único en su género, incrementó el número de visitas al parque ante la nueva atracción. Los que subían

experimentaban algo parecido a viajar a bordo de un globo aerostático con la oportunidad de contemplar un bello panorama.

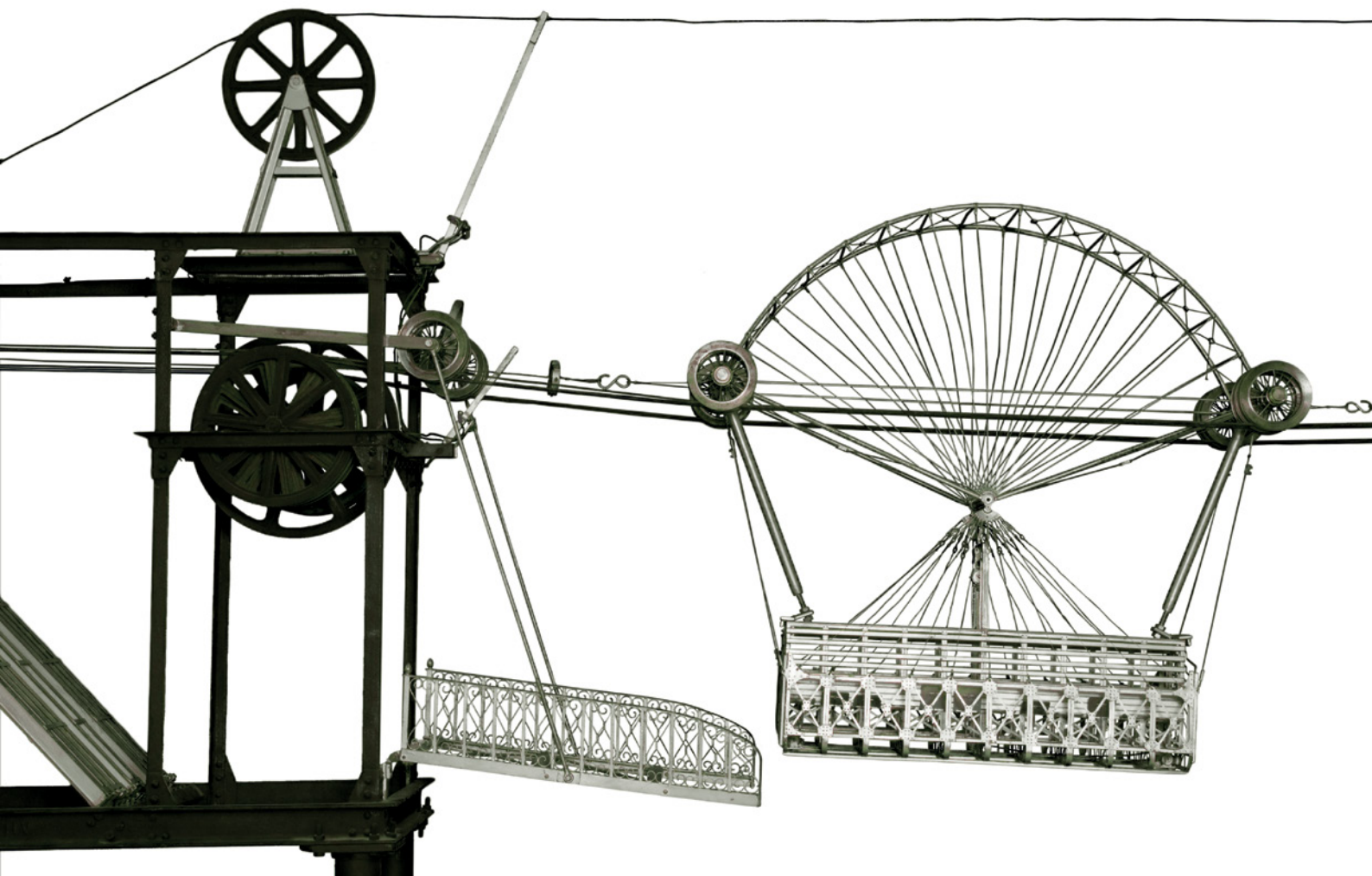
El precio del viaje, que se prolongaba durante algo más de tres minutos, se estableció en una peseta. Hasta la construcción del funicular del Monte Igueldo, nuevo punto de ocio de San Sebastián, tuvo un gran éxito de público. Tan solo durante los primeros siete años de funcionamiento accedieron a través de este primer teleférico del mundo más de 60 000 personas.

### **El transbordador del Niágara**

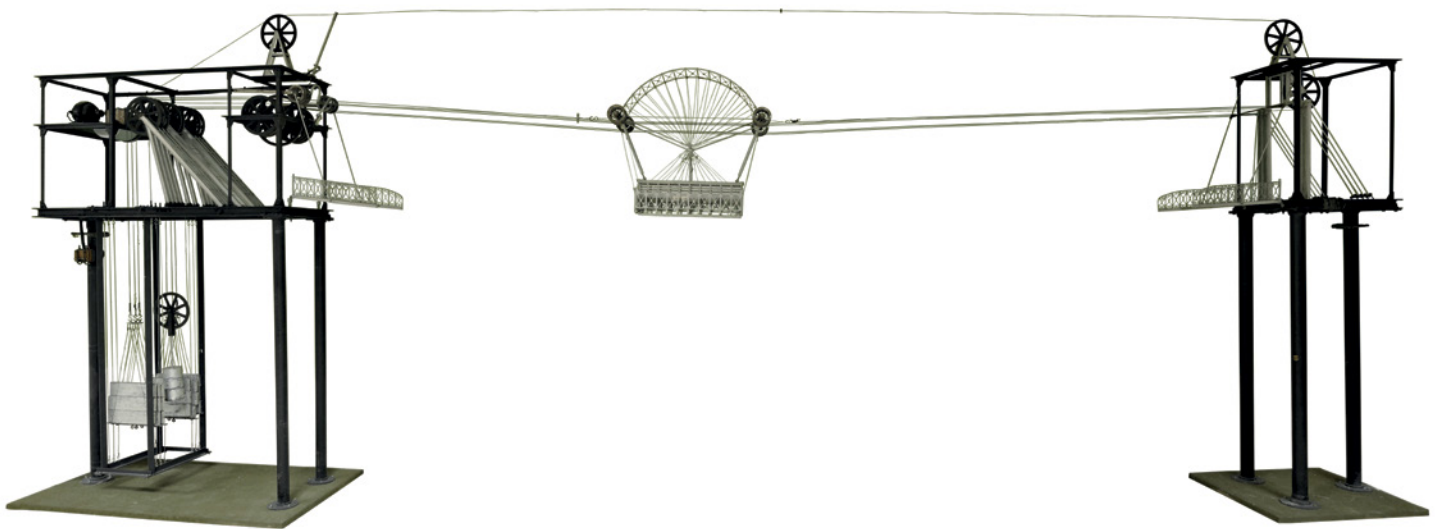
El transbordador más popular creado por Torres Quevedo fue el transbordador sobre las cataratas del Niágara, que además, era el primer teleférico para viajeros en Norteamérica. Animado por el éxito del transbordador del Monte

Ulía, viajó a Canadá junto a Valentín Gorbeña para estudiar la posibilidad de elevar un segundo transbordador, en esta ocasión sobre el río Niágara. En 1913 se concedieron los permisos y en 1914 se registraba en Canadá la empresa The Niagara Spanish Aerocar Company Limited, con capital 100 % español, impulsada prácticamente por los mismos industriales e integrantes que los del transbordador de San Sebastián. Se construyó entre 1914 y 1916 siendo un proyecto español de principio a fin. Las obras y el montaje fueron dirigidos por su hijo Gonzalo Torres Polanco.

Como condición para su explotación se impuso que las infraestructuras que soportaban los motores que movían la barquilla estuviesen disimuladas para respetar el entorno natural. El transbordador, situado cuatro kilómetros río abajo de las cataratas, unía dos puntos de



Maquetas del Transbordador del Niágara. Museo Leonardo Torres Quevedo, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid.



## Biografía



Leonardo Torres Quevedo nació el 28 de diciembre de 1852 en Santa Cruz de Iguña, Molledo (Cantabria). Sus padres fueron Luis Torres de Vildósola y Urquijo, ingeniero de caminos, y Valentina Quevedo de la Maza. Cuando nació Leonardo, su padre trabajaba en la línea del Ferrocarril de Isabel II que uniría Santander y Alar del Rey, y que pasaba precisamente por Molledo. Estudió el bachillerato en el Instituto de Enseñanzas Medias de Bilbao donde residía en casa de las hermanas Concepción y Pilar Barrenechea. Precisamente, Pilar nombró a Leonardo heredero

único y universal, lo que le permitiría dedicarse a inventar sin preocupaciones económicas. En 1868 marchó durante dos cursos a París a completar estudios. Allí coincidió con Valentín Gorgebeña con quien estudiaría también Ingeniería de Caminos en Madrid y, juntos, trabajarían en muchos otros proyectos empresariales. Por traslado de su padre, en 1870, su familia se instaló en Madrid, mientras Leonardo prosiguió un año más en Bilbao.

Leonardo ingresó en 1871 en la Escuela Oficial del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, donde su padre era ya profesor, pero interrumpió sus estudios temporalmente para participar en la defensa de Bilbao asediada por las tropas carlistas. De vuelta a Madrid finalizó sus estudios en 1876 siendo el cuarto de su promoción. Inició su trayectoria en la misma empresa de ferrocarriles en la que trabajaba su padre, pero pronto emprendió un largo viaje por Europa para conocer de cerca diferentes avances científicos y técnicos, especialmente del campo de la electricidad.

De regreso a España se estableció en Santander donde él mismo sufragó sus trabajos e inició una actividad de estudio e investigación que nunca abandonó. En 1885, se casó con Luz Polanco y Navarro con quien tendrá ocho hijos. Fue en la casa familiar de Portolín donde creó su primera patente, el primer transbordador aéreo de funicular aéreo suspendido de cables.

En 1899 regresó a Madrid participando de su vida cultural, literaria y científica. A partir de su vinculación en el Ateneo se creó en 1901 el Laboratorio de Mecánica Aplicada, más tarde de Automática, del que fue nombrado director. También en 1901 ingresó en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, entidad de la que fue presidente en 1910.

En 1902 presentó una memoria con anteproyecto de globo dirigible a las Academias de Ciencias de Madrid y París, y en 1903, la patente del [telekino](#). Sus diseños patentados de dirigibles fueron usados por ingleses y franceses contra los zepelines durante la I Guerra Mundial. En 1912, creó su primer autómata ajedrecista y en 1914, publicó los *Ensayos sobre automática*. En 1916 se inauguró su transbordador sobre el Niágara y el rey Alfonso XIII le impuso la Medalla Echeagaray. En 1918 rechazó el cargo de ministro de Fomento que le ofreció el marqués de Alhucemas. En 1920 ingresó en la Real Academia Española, en el sillón que había ocupado Pérez Galdós, y pasó a ser miembro de la sección de Mecánica de la Academia de Ciencias de París. Fue, entre 1920 y 1924, presidente de la Sociedad Matemática Española. En 1922 fue nombrado por la Sorbona Doctor Honoris Causa. También fue elegido en junio de 1927 como uno de los 12 miembros asociados extranjeros por la Academia de Ciencias de París. Leonardo Torres Quevedo murió en Madrid el 18 de diciembre de 1936, le faltaban 10 días para cumplir 84 años.



la orilla canadiense y permitía sobrevolar el Whirlpool, lugar donde se origina un gran remolino natural, pasando únicamente por una pequeña área estadounidense. A una altura sobre el agua de 76 metros presenta una trayectoria casi en horizontal de 550 metros. La flecha de la catenaria es de 21 metros sin carga y alcanza los 30 metros cuando la barquilla está llena con hasta 45 pasajeros. Torres Quevedo apostó por multiplicar los cables para asegurar que la rotura de uno no provocase la caída de la barquilla. Así, actualmente, The Spanish Aerocar está suspendido en seis cables de acero entrelazados, cada uno de ellos de 25 milímetros de diámetro. Los cables de vía están anclados a un extremo y pasando por dos poleas se fijan a unos contrapesos, que son los que proporcionan al dispositivo la tensión. El transbordador está propulsado con un motor eléctrico de 50 caballos



Uno de los viajes del Whirlpool Aerocar, como se conoce actualmente al transbordador del Niágara diseñado por Torres Quevedo.

de fuerza (37 kW) y se desplaza a unos 7 kilómetros por hora. En el caso de un corte de energía, un generador diésel trae el coche de vuelta con total seguridad. También dispone de un vehículo de rescate con capacidad para cuatro viajeros y un operador, que solo ha sido empleado con finalidades formativas y de mantenimiento.

Tras un período de pruebas, The Spanish Aerocar fue inaugurado oficialmente el 8 de agosto de 1916. En plena I Guerra Mundial y con la posterior crisis del 29 no tuvo una explotación comercial fácil. Como consecuencia de los efectos de la II Guerra Mundial, la sociedad española subcontrató la atracción turística a varias empresas canadienses hasta que en 1961 fue vendida al empresario A. Blake Richardson. Desde 1968, el transbordador es propiedad de The Niagara Parks Commission, la entidad pública que explota la atracción. Al finalizar la

temporada de 1984 se sustituyó la tienda por equipamiento nuevo en la que se pueden adquirir billetes y recuerdos. También las estaciones y la maquinaria fueron completamente renovadas y se programaron revisiones periódicas. Se adaptó la barquilla a las nuevas normas de seguridad añadiéndose un techo y pintándola con los colores rojo y amarillo de la bandera española que sigue luciendo hoy más de un siglo después de su inauguración. En invierno de 2023, el Whirlpool Aerocar, como se conoce actualmente, fue retirado de sus rieles para ser sometido a una completa renovación. La sección inferior del transbordador fue restaurada con piezas mecánicas nuevas y se añadió suelo autodeslizante y techo, además de pintarlo nuevamente. El icónico arco amarillo, diseñado por Torres Quevedo, fue reemplazado por un arco idéntico con la idea de prolongar la vida de la atracción.

A lo largo del siglo XX los teleféricos se extendieron a nivel mundial como uno de los sistemas más seguros para el transporte de personas. Por sus condiciones geográficas, son uno de los medios más empleados en Austria y Suiza. Por lo general, presentan cabinas cerradas y reducen a uno solo el número de cables soporte, aunque últimamente sobresalen los sistemas “cabrio” con barquillas terrazas abiertas como las que diseñó Torres Quevedo para los transbordadores de Ulía y Niágara. Para dar más estabilidad los cable soporte aparecen duplicados lo que permite que puedan ser usados más días al año.

En España, además de las tele-sillas implantadas en las estaciones de esquí y telecabinas de los parques de Benalmádena, Sierra Nevada, Montjuic o Cabarceno se pueden encontrar teleféricos en el Monasterio de Montserrat, Fuente-dé o El Teide. ■



Autor: Sergio Mejía  
Edita: Ministerio de Defensa

## Cartografía e Ingeniería en la Era de las Revoluciones. Mapas y obras de Vicente Talledo y Rivera en España y el Nuevo Reino de Granada (1758-1820)

Vicente Talledo y Rivera (Valencia, 1758 – Madrid, 1820) fue un destacado ingeniero militar, matemático y cartógrafo español. Estuvo destinado en el Virreinato de Santafé, y fue autor del mayor y mejor cartapacio de mapas sobre esta área geográfica. En esta obra, Sergio Mejía, doctor en Historia de la Universidad de Warwick, y experto en cartografía, realiza una investigación histórica centrada en los 35 mapas, planos y vistas de escuadra realizados por Talledo. Además, hace un relato de su vida, al mismo tiempo que analiza el período histórico en el que vivió. El autor colombiano observa tanto a la España del Antiguo Régimen tardío (1760-1820) como a los últimos años coloniales en el Nuevo Reino de Granada (1800-1810) y al proceso revolucionario que condujo al nacimiento de la República de Colombia (1810-1821). Sigue al ingeniero en sus estudios y comisiones en Valencia, Orán, Barcelona, Navarra, Andalucía y Cantabria, así como en el Nuevo Reino de Granada y Panamá, lugares en que levantó mapas y planos.

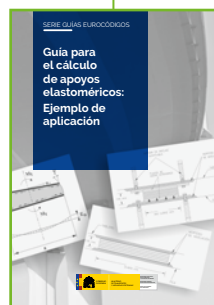
Hay una especial atención al comentario cartográfico y a la descripción de las piezas que se reproducen reducidas y en versión digital acompañadas de fichas descriptivas. También Mejía se aproxima a temas de interés histórico como las fundaciones de nueva planta, la enseñanza de las matemáticas en el Antiguo Régimen o el Real Cuerpo de Ingenieros Militares en la Península.

## Guía para el cálculo de apoyos elastoméricos y Guía para el cálculo de apoyos elastoméricos. Ejemplo de aplicación

Durante varias décadas en España, para realizar el dimensionamiento de los apoyos elastoméricos en proyectos de puentes de carretera se seguían las recomendaciones del año 1982. Con la entrada en vigor de la Orden Circular 1/2019, las estructuras de la Red de Carreteras del Estado deben proyectarse de acuerdo con los Eurocódigos y normas asociadas, pasando a ser la normativa de referencia para el dimensionamiento de los apoyos estructurales la norma UNE-EN 1337-3. En esta Guía se explican en detalle las verificaciones a cumplir para el dimensionamiento de los apoyos elastoméricos de acuerdo con la última normativa y se incluye, también, una breve comparativa con las verificaciones de las antiguas Recomendaciones de 1982.

Por otra parte, tan importante como el cumplimiento de los límites de cálculo definidos por la norma, es la garantía de que los apoyos y materiales cumplan con los requisitos de aptitud que garantizan. Además, es necesario su correcto funcionamiento, así como que sus propiedades sean equivalentes a las consideradas en el cálculo estructural. En esta obra se especifican estos requisitos de aptitud exigidos para los apoyos, así como para sus materiales constituyentes.

Para facilitar su aplicación se ha editado una segunda guía de carácter práctico: *Guía para el cálculo de apoyos elastoméricos. Ejemplo de aplicación*, en la que se puede encontrar cómo poner en práctica el cálculo de apoyos elastoméricos de acuerdo con la misma norma, tomado de un proyecto real y sin tener en consideración la acción sísmica.



Autor: Dirección General de Carreteras  
Edita: Centro de Publicaciones del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible



# Más cerca de ti

**Nueva librería del Ministerio de  
Transportes y Movilidad Sostenible  
en el interior del recinto de  
Nuevos Ministerios en frente  
del obelisco.**

**Te atendemos presencialmente  
en horario de 9:00 a 14:00 h.**

**Centro de Publicaciones (librería)**

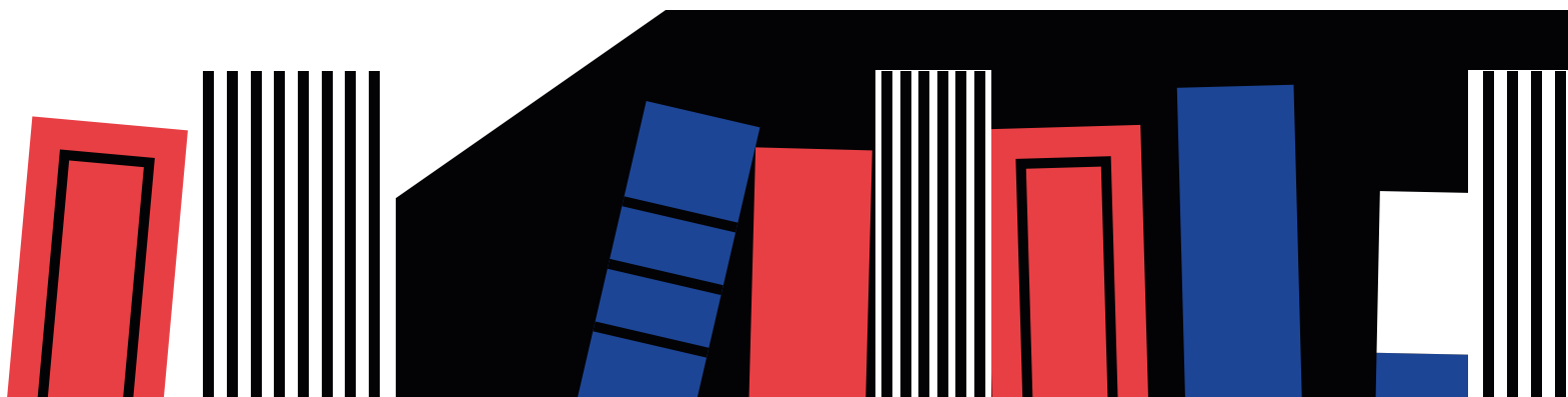
Paseo de la Castellana, 67

28046 MADRID

Tel: 915 975 396

[cpublic@transportes.gob.es](mailto:cpublic@transportes.gob.es)

<https://publicaciones.transportes.gob.es/>





84 Feria del Libro  
de Madrid



CENTRO  
DE  
PUBLICACIONES

Visítanos  
en la Feria del Libro de Madrid

LIBRERÍA  
Centro de Publicaciones



CENTRO  
DE  
PUBLICACIONES

INSTITUTO  
GEOGRÁFICO  
NACIONAL



Casetas nº 2 a 4 · Parque de El Retiro

del 30 de mayo al 15 de junio

L-J 10:30-14:00 h. / 17:00-21:00 h. y V 10:30-14:00 h. / 17:00-22:00 h.

S-D 10:30-15:00 h. / 17:00-21:00 h.



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRANSPORTES  
Y MOVILIDAD SOSTENIBLE