

nº 774 / noviembre 2026

tramos

Revista del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible

175 años

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

Grupo Transportes



Sostenibles para ti

GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

Contenido

nº 774 / noviembre 2026



2 175.º aniversario del ministerio

10 Carreteras frente al cambio climático

22 Los efectos de la estrategia de sostenibilidad europea en los puertos



30 SignA: el Sistema de Información Geográfica Nacional



40 Descifrando los océanos

54 ENAIRE y SPATIO: tres años construyendo el futuro U-Space europeo



62 Cerdá, pionero del urbanismo moderno

72 En tramos anteriores... 1960

74 Tramos ejemplares



Créditos

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

Página web: www.transportes.gob.es

Colaboran en este número: Luisa Bernal; Equipo de Comunicación y equipo técnico del CEDEX; Puertos del Estado; Soledad Belmar Lizarán; Celia Sevilla Sánchez; Javier Rodríguez-Ventosa; Alejandro Muñiz Delgado y Concha Aguilera.

Fotografía: IHCantabria; Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible y 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).

Corrección: Marta Míguez. Centro de Publicaciones.
Diseño y maquetación: Jorge Gálvez. Centro de Publicaciones.
Dirección: Nuevos Ministerios. Paseo de la Castellana, 67. 28071 Madrid. Teléfono: 915 977 000.
Suscripciones: Mª Ángeles Baltar Arnaiz: 915 977 260; y Estrella Benedito Culebras: 915 977 814. **e-mail:** 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://hemeroteca.transportes.gob.es/

Dep. Legal: M-666-1958•ISSN 3101-2345•ISSNe: 3101-2353•
NIPO: 196-24-001-2•NIPOe: 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.

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

Las infraestructuras españolas durante casi dos siglos de historia

175.º aniversario del ministerio

En 1851 la reina Isabel II creó el Ministerio de Fomento, hoy llamado Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. A lo largo de su dilatada historia, este organismo ha adoptado muchos nombres, pero ha mantenido siempre su papel protagonista en la transformación económica y social de España.

En los últimos 25 años, la acción ministerial ha impulsado obras públicas y ha conseguido vertebrar el territorio nacional. De ser un país en crecimiento con una red básica que miraba hacia Europa, España ha avanzado con el aumento de sus infraestructuras.

● **Texto: Luisa Bernal. Gabinete de Prensa**



El edificio principal del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, situado en el complejo de Nuevos Ministerios en Madrid.

En 2001, apenas iniciado el nuevo siglo, se conmemoraron los 150 años de historia de este ministerio. En ese momento, las políticas de obras públicas aspiraban a fomentar la cohesión territorial e impulsar el desarrollo económico y la creación de empleo. Al mismo tiempo, buscaban alinear el progreso de España con el de otros países de Europa. Hoy en día, las infraestructuras de transporte españolas son un referente europeo y mundial.

En el transcurso de los últimos 25 años son muchos los hitos que se han alcanzado en esta materia. Si en una primera etapa los planes se centraron en ampliar y aumentar la capacidad de las carreteras, el ferrocarril, los puertos y los aeropuertos, en los últimos años las políticas ministeriales han priorizado la modernización tecnológica, el mantenimiento y la sostenibilidad.

Un aniversario tan señalado invita a repasar la evolución del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible durante este siglo XXI, hasta situarlo en una posición de liderazgo en las conexiones por tierra, mar y aire.

La red ferroviara de Alta Velocidad supera los 4000 kilómetros

Una red de Alta Velocidad ferroviaria

Desde que en 1992 se pusiese en servicio la primera línea de AVE entre Madrid y Sevilla, la red ferroviaria de Alta Velocidad se ha ampliado hasta superar los 4000 kilómetros, situando a España como el país europeo con mayor extensión de este tipo de infraestructura y el segundo del mundo, solo por detrás de China. En el primer cuarto del siglo XXI, se ha conseguido conectar por Alta Velocidad a más de 50 ciudades y a más del 70 % de la población española. Además, España está incorporando en sus líneas el Sistema Europeo de Gestión de Tráfico Ferroviario, ERTMS (European Rail Traffic Management System), un sistema que mejora la seguridad, la capacidad y la interoperabilidad con el resto de Europa.

La transformación de la Alta Velocidad ferroviaria en este siglo es el resultado de una sucesión de planes que convirtieron al ferrocarril en prioridad de la política de infraestructuras del ministerio. El Plan de Infraestructuras de Transporte 2000-2007 (PIT) diseñó una red de Alta Velocidad que conectaba Madrid con el sur, el norte, el levante y el noroeste peninsular. También tuvo como objetivos la mejora de los servicios de Cercanías y la red convencional. Por primera vez se destina una mayor inversión al ferrocarril que a las carreteras.

En 2003 el AVE llega a Lleida, sentando las bases para su posterior expansión hacia Barcelona y la frontera francesa. Ese mismo año, la Ley 39/2003 del Sector Ferroviario rompe con el monopolio de Renfe y exige separar la explotación del transporte ferroviario de la administración de la estructura ferroviaria. De este modo, en 2005, se constituye Adif –encargada de la infraestructura y las vías– y Renfe-Operadora –responsable de la prestación del servicio–.

También en 2005 se aprueba el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005-2020 (PEIT), que supone un aumento inversor a la Alta Velocidad. Este plan marcó como meta que el 90 % de la población tuviera una estación de AVE a menos de 50 kilómetros. Durante esta etapa se inaugura la línea Córdoba-Málaga en 2007; en 2008, el AVE llega a Barcelona y Valladolid; y en 2010 se sumó Valencia.

La crisis económica de 2008 cambia el escenario y, en el año 2011, se aprueba el Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda 2012-2024 (PITVI), cuyo principal objetivo fue optimizar las inversiones y ajustar la oferta ferroviaria a la demanda real. Este plan priorizaba la finalización de líneas que ya estaban en ejecución. En estos años, la Alta Velocidad llega a Alicante, Galicia, León, Palencia y Zamora. Además, en 2013 se inaugura el tramo Barcelona-Figueres, conectando el AVE con la red francesa.

Durante este periodo también se define el mapa de la Red Transeuropea de Transporte (RTE-T/TEN-T), una red de transporte de pasajeros y mercancías multimodal y unificada. Los Reglamentos 1315/2013 y 1316/2013 de la Unión Europea identificaron nueve corredores prioritarios de esta red. Dos de ellos discurren por España: el Corredor Atlántico y el Corredor Mediterráneo, que han experimentado un gran impulso en los últimos años.

La liberalización del transporte ferroviario es otro de los hitos de esta etapa. La Ley 38/2015 del Sector Ferroviario traspasó las directivas de la Unión Europea al marco jurídico español. En diciembre de 2020 se hizo efectiva la apertura del mercado a la competencia y, en mayo de 2021, Ouigo, la marca de Alta Velocidad de bajo coste de los Ferrocarriles Franceses (SNCF),



Variante de Vandellós, en la provincia de Tarragona.



La Variante de Pajares, inaugurada en 2023, es una obra de ingeniería histórica que permitió la llegada del AVE a Asturias atravesando la Cordillera Cantábrica.

comenzó a operar la línea Madrid-Barcelona. En ese mismo año, Renfe puso en marcha su servicio *low cost* AVLO. Al año siguiente llegaría Iryo, el operador de Alta Velocidad participado por los Ferrocarriles Italianos (FS).

En paralelo, en 2022, también se inauguró el nuevo túnel de ancho estándar entre las estaciones madrileñas de Chamartín y Puerta de Atocha, una infraestructura que permitió conectar las líneas de Alta Velocidad del norte y noroeste del país con las del este, levante y sur. En los últimos años, la red ha continuado ampliándose hacia Castellón, Granada, Elche, Orihuela, Galicia, Burgos, Extremadura, Murcia y Asturias.

La Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030 sustituyó al PITVI en el año 2021 y supuso un cambio de paradigma en la planificación ministerial. El foco se desplazó desde la expansión cuantitativa de la red hacia un modelo volcado en la sostenibilidad y la cohesión social.

De una estructura radial a una red de carreteras en malla

En 2001, el país ya contaba con una gran red de carreteras –superaba los 163 000 kilómetros– y con un entramado de vías de alta capacidad bastante desarrollado. El objetivo, entonces, era corregir el modelo radial de la red, ya que gran parte de las carreteras del país tenían Madrid como punto de referencia. Hoy en día, España presume de tener la red de vías de gran capacidad más extensa de Europa y la tercera del mundo, solo por detrás de China y Estados Unidos, con más de 17 000 kilómetros construidos.

Gracias a esta vasta red, se han abierto nuevos itinerarios que mejoran la conexión de los territorios periféricos y consolidan la vertebración del territorio.

La evolución de la infraestructura viaria en los últimos 25 años responde a una sucesión de planes orientados al desarrollo de la red de alta capacidad. El primero de ellos, el PIT (2000-2007) –con horizonte de ejecución en 2010– tuvo como prioridad lograr una estructura más mallada en esta red que facilitara su integración en las redes de carreteras transeuropeas. Gracias a este plan, se dio un impulso a autovías pendientes de completar como la A-66 o Ruta de la Plata, que es el eje vertebrador

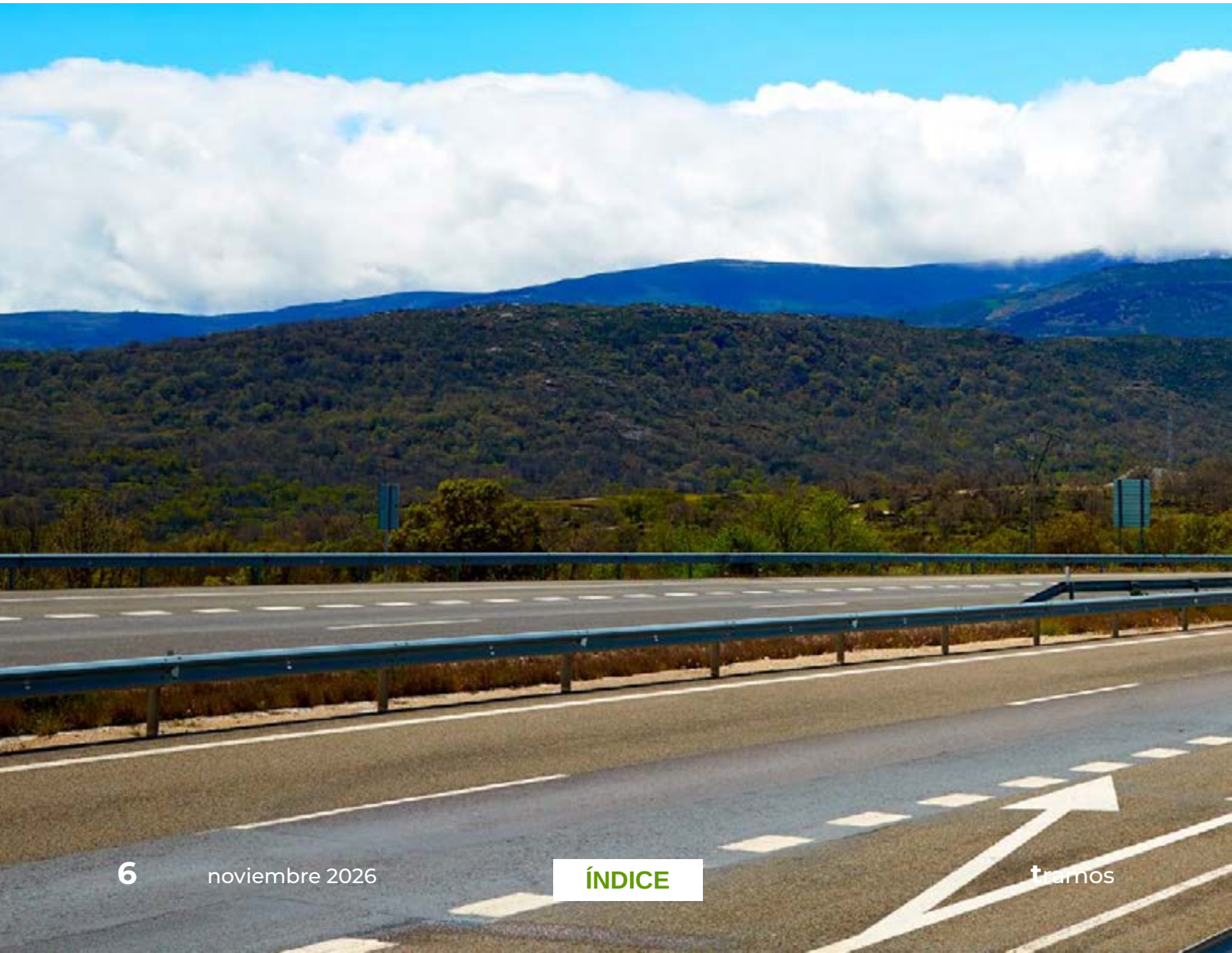
La red de vías de gran capacidad española es la más grande de Europa y la tercera del mundo

del oeste peninsular; la A-43, uno de los ejes que conecta el oeste y el este peninsular sin pasar por Madrid; la A-6 o autovía del Noroeste; y la autovía A-49 Huelva-Ayamonte, que conecta España con Portugal, entre otras. A pesar de haber sido concebido para dos legislaturas, solo estuvo vigente una.

Le siguió el PEIT (2005-2020), aprobado en 2005. Su objetivo era conseguir que todas las capitales de provincia tuvieran acceso a la red de gran capacidad y que más del 90 % de la población estuviera a menos de 30 kilómetros de esta red para el año 2020. Con este fin, se preveía pasar de 9000 a 15 000 kilómetros de vías de gran capacidad y reducir la histórica radialidad de la red. Este plan comprendía no solo medidas sobre la infraestructura sino también sobre el transporte, y adoptó un enfoque más intermodal.

También impulsó mejoras de las condiciones de la red, aumentando la inversión en conservación y mantenimiento. Por ejemplo, dentro de este marco se contempló el Plan de acondicionamiento de autovías de primera generación, cuyo objetivo fue mejorar la calidad y seguridad de las autovías más antiguas, construidas en los años ochenta, equiparándolas a las más modernas. En la primera fase se realizaron

Autovía de la Plata (A-66) a su paso por Salamanca.



actuaciones en las autovías A-1, A-2, A-3 y A-4.

Con la llegada de la crisis económica y la aprobación del PITVI (2012-2014), se da prioridad a la conservación y mantenimiento de la red y a garantizar la conexión con los corredores europeos. El programa incluía actuaciones para la mejora de la seguridad vial, el acondicionamiento de la red convencional y también el impulso de nueva infraestructura, como obras de acceso a puertos y aeropuertos.

Si a principios del siglo XXI los esfuerzos se concentraron en desplegar una gran red de alta capacidad para cohesionar el territorio, en los últimos años el desafío ha

Rehabilitación del puente sobre el embalse de Entrepeñas (Guadalajara).





El Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas.

evolucionado hacia la conservación, la seguridad, la digitalización y la sostenibilidad. Hoy en día, el conjunto de la red viaria alcanza los 165 756 kilómetros, de los cuales el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible gestiona aproximadamente el 16 % (26 564 kilómetros).

La transformación del sector aéreo y el liderazgo aeroportuario

En los últimos 25 años, el transporte aéreo ha experimentado un enorme progreso. Se ha convertido en un sector determinante para la economía del país y para el turismo, dado que más del 80 % de los visitantes que llegan a España acceden por vía aérea. En 2025, los aeropuertos españoles recibieron 321 millones de pasajeros, situando a España como el quinto país por volumen de tráfico aéreo y a Aena en el mayor gestor aeroportuario del mundo.

Uno de los primeros hitos de este siglo fue la creación de la Agencia Europea para la Seguridad Aérea (EASA) en el año 2002. La EASA nació para garantizar la seguridad y la protección del medio ambiente en la aviación. A nivel nacional, la Ley de Seguridad Aérea de 2003 fijó un marco normativo que sentó las bases para la posterior creación de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) en 2008, un organismo independiente del Ministerio.

A principios de siglo también se ampliaron las dos grandes infraestructuras aeroportuarias del país. En 2004 se inauguró la tercera pista del Aeropuerto de Barcelona-El Prat y, en 2009, su terminal T1. Mientras, las pistas y las terminales T4 y T4S de Madrid-Barajas se pusieron en servicio en 2006. De este modo, no solo se consiguió aumentar la capacidad, sino que Madrid se afianzó como el principal puente aéreo entre Europa y Latinoamérica.

En 2010 llega otra transformación importante del sector. La Ley 9/2010 liberalizó la prestación de servicios de tránsito aéreo que se da en las torres de control de los aeropuertos. A finales de este año, el Real Decreto-ley 13/2010 inició la separación entre la gestión aeroportuaria y la navegación aérea: se constituye la sociedad mercantil estatal Aena Aeropuertos S.A. Después, la Ley 18/2014 creaba ENAIRE, entidad pública encargada exclusivamente de la gestión del tráfico aéreo. También en 2014 se autoriza la entrada de capital privado en Aena. La reforma culminó en 2015 cuando Aena salió a bolsa, manteniendo el Estado el 51 % de su capital.

Este nuevo modelo requería también de un nuevo sistema de regulación económica. En 2017, se aprueba el primer Documento de Regulación Aeroportuaria (DORA) para el periodo 2017-2021. Se trata de un plan quinquenal que fija las

Aena es el mayor gestor aeroportuario del mundo



El puerto de Algeciras, el más eficiente de Europa (CPPI 2023).

inversiones, el marco tarifario que Aena debe cumplir, la capacidad y los niveles de calidad del servicio. Posteriormente se han aprobado dos planes más: DORA II (2022–2026) y DORA III (2027-2031).

En los últimos veinticinco años, el sector no solo ha dado respuesta al crecimiento masivo del turismo, sino que ha sabido reconfigurar su marco normativo para hacer frente a los nuevos retos emergentes. La irrupción de los drones, por ejemplo, ha propiciado la creación de regulaciones específicas, mientras que el avance tecnológico ha impulsado una profunda digitalización. Además, la Estrategia de Movilidad 2030 exige acelerar la descarbonización de la aviación y el uso generalizado de combustibles sostenibles (SAF).

Los puertos como motores logísticos y comerciales

A lo largo del siglo XXI, los puertos españoles se han consolidado como grandes nodos logísticos en Europa. Gracias a la posición geográfica estratégica de España, la reforma del marco legal y las inversiones en infraestructura, los puertos son hoy un motor esencial para la economía española y para la creación de empleo. Generan alrededor de 250 000 puestos de trabajo, 84 000 de ellos directos.

Los 46 puertos de interés general, distribuidos a lo largo de 8000 kilómetros de costa, son la principal puerta de entrada y salida del comercio: aproximadamente el 60 % de las exportaciones y el 80 % de las importaciones se dan por vía marítima. El sistema portuario español forma parte de las principales rutas comerciales globales. Es el primer país europeo en cuanto a conectividad marítima y el primero en tráfico de TEUs.

A nivel normativo, desde inicios de siglo se han sucedido distintas leyes que han impulsado la competitividad de los puertos españoles. La Ley 48/2003, modificada posteriormente por la Ley 33/2010, reorganizó el régimen económico del sistema portuario hacia la autosuficiencia financiera y también la prestación de servicios. Finalmente, el Real Decreto Legislativo 2/2011 integró en un mismo marco legal las normativas previas.

Durante este periodo, los puertos también han vivido una gran transformación desde el punto de vista de la infraestructura. A principios de los años 2000 se realizaron importantes obras de ampliación en los puertos que fortalecieron la capacidad operativa del sistema. Por ejemplo, los puertos de Algeciras, Valencia y Barcelona, los más importantes en cuanto a tráfico de contenedores, sufrieron actuaciones de mejora para adaptarse a los cambios del transporte marítimo.

Actualmente, el sistema portuario español afronta una nueva etapa marcada por desafíos cruciales como la intermodalidad en la cadena logística, la descarbonización del sector, el impulso de combustibles alternativos y la electrificación de los muelles (OPS), esenciales para consolidar un modelo de transporte sostenible. ■

Las condiciones climáticas extremas aumentan la presión sobre las carreteras y obligan a reforzar su resiliencia mediante nuevas técnicas de diseño, conservación y gestión

Carreteras frente al cambio climático



Pista de ensayos acelerados del Centro de Estudios del Transporte del CEDEX.

Mientras las temperaturas aumentan y los episodios de lluvia extrema se vuelven cada vez más frecuentes, el CEDEX trabaja para anticipar cómo responderán las carreteras españolas a estas nuevas condiciones. A través de los estudios y ensayos en la pista de ensayos acelerados del Centro de Estudios del Transporte (CET), y también de los estudios del Laboratorio de Geotecnia (LG), del Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas (CETA) y del Centro de Estudios Hidrográficos (CEH), así como de la monitorización de estructuras desarrollada por el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (LCEYM), el CEDEX genera el conocimiento técnico que permitirá diseñar infraestructuras más resilientes, duraderas y sostenibles.

- **Texto: Equipo de Comunicación y equipo técnico del CEDEX**



El CEDEX investiga soluciones para adaptar las carreteras a los nuevos desafíos climáticos y prolongar su vida útil

En la pista de ensayos acelerados de firmes del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), una instalación singular ubicada en el Centro de Estudios del Transporte (CET), una sección de carretera puede soportar en pocos meses el equivalente a años de circulación de vehículos pesados. La pista de ensayos acelerados permite observar cómo evolucionan los firmes bajo condiciones reales de tráfico, monitorizar su comportamiento mediante cientos de sensores y validar nuevos materiales antes de su aplicación en la red viaria.

La instalación constituye uno de los principales instrumentos de investigación con los que el CEDEX aborda algunos de los desafíos más importantes que afrontan actualmente las carreteras frente al cambio climático. El aumento de las temperaturas, la mayor frecuencia de episodios de lluvia intensa y la necesidad de aprovechar mejor los recursos disponibles obligan a revisar materiales, procesos constructivos, criterios de diseño y estrategias de conservación para salvaguardar la seguridad de los usuarios y alargar la vida útil de nuestras infraestructuras.

A través del CET, el Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas (CETA), el Laboratorio de Geotecnia (LG), el Centro de Estudios Hidrográficos (CEH) y el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (LCEYM), el CEDEX investiga el comportamiento de pavimentos, terraplenes, taludes, sistemas de drenaje, estructuras y obras de paso para mejorar la resiliencia de las carreteras frente a fenómenos climáticos cada vez más exigentes que pueden comprometer la

Extendido de la mezcla bituminosa en caliente en uno de los ensayos del CET-CEDEX.



seguridad y funcionalidad de la infraestructura.

El contexto es conocido. Según los registros de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), España ha experimentado un incremento significativo de la temperatura media desde mediados del siglo XX y los años más cálidos de la serie histórica se concentran en las últimas décadas. Paralelamente, aumenta la frecuencia de episodios de precipitación intensa, caracterizados por grandes acumulaciones de lluvia en periodos muy cortos de tiempo. Anticiparse a esos efectos mejorando la capacidad de adaptación al cambio climático de la Red de Carreteras del Estado (RCE) es precisamente uno de los principales objetivos de las investigaciones que desarrolla el CEDEX.

La carretera, mucho más que una capa de asfalto

Uno de los aspectos menos conocidos, fuera del ámbito técnico, es que una carretera moderna está formada por múltiples capas de materiales superpuestos. Los firmes distribuyen las cargas del tráfico a través de distintas capas estructurales apoyadas sobre el terreno natural. Dependiendo de las características del tráfico y del suelo, estas capas pueden estar constituidas por materiales granulares, zahorras, materiales tratados con cemento y mezclas bituminosas.

La mezcla bituminosa, comúnmente denominada asfalto, se obtiene mediante la combinación de áridos de distintas granulometrías con polvo mineral y un ligante bituminoso que se fabrica y extiende a altas temperaturas. Una vez compactado y enfriado, el conjunto constituye una estructura resistente y flexible capaz de soportar millones de cargas de tráfico a lo largo de su vida útil.

Sin embargo, el comportamiento de una carretera no depende únicamente de la capa de rodadura. Taludes, desmontes, terraplenes, drenajes, estructuras y obras de paso forman parte de un sistema complejo cuyo correcto funcionamiento resulta esencial para garantizar la seguridad y durabilidad de la infraestructura y su adaptación a la red de drenaje natural sometida, cada vez con más frecuencia, a caudales extremos.

El calor: un problema conocido desde hace décadas

Uno de los efectos más visibles del incremento de las temperaturas sobre las carreteras afecta a las mezclas bituminosas. Cuando las condiciones térmicas son muy elevadas, determinados materiales pueden deformarse bajo el paso repetido del tráfico pesado, dando lugar a las conocidas roderas.

No obstante, este no es un problema nuevo para la ingeniería española. Durante las décadas de 1960 y 1970, muchas mezclas empleadas en España se diseñaban siguiendo criterios desarrollados para países con climas más templados como Reino Unido o algunas regiones de Estados Unidos.

Julio Vaquero, director del Laboratorio de Infraestructura Viaria del Centro de Estudios del Transporte del CEDEX y Medalla de Honor de la Carretera 2026 de la Asociación Española de la Carretera, explica que «desde entonces se hicieron

Fisuras en el firme de la carretera.





Detalle de la construcción de la capa de rodadura de una sección de firme en la pista de ensayos del CET-CEDEX.

actuaciones técnicas conducentes a resolver este problema, con la creación de un departamento específico en la entonces Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales, que redactó Pliegos e Instrucciones de diseño y control que permitieron adaptar las mezclas a las condiciones climáticas españolas».

Aquella evolución impulsó el desarrollo de nuevos procedimientos de ensayo destinados a evaluar el comportamiento de las mezclas bituminosas frente a las altas temperaturas. Entre ellos, destaca el ensayo de pista de laboratorio, que sigue utilizándose para medir la resistencia de las mezclas frente a las deformaciones permanentes. «Desde entonces se han perfeccionado los métodos de selección de áridos, ligantes y formulaciones, hasta lograr que las deformaciones plásticas graves sean actualmente poco frecuentes en la red viaria española», añade este experto.

En la actualidad, las capas de rodadura de las carreteras con tráfico intenso incorporan habitualmente ligantes modificados con polímeros en las capas de rodadura de las vías con tráfico pesado, que mejoran tanto la resistencia a las altas temperaturas como la durabilidad del pavimento.

Además, el CEDEX participa actualmente en la revisión de la Norma 6.1-IC de Secciones de Firme. Según señala Vaquero, «esta actualización incorpora nuevos mapas climatológicos basados en los registros más recientes, permitiendo ajustar el diseño de las mezclas

Detalle de la instalación de sensores bajo el pavimento durante el ensayo.





Sistema de carga móvil que reproduce el paso de vehículos en el Centro de Estudios del Transporte del CEDEX.

a las temperaturas reales de cada zona del territorio».

Ensayar hoy las carreteras del futuro

Para comprobar que las soluciones funcionan antes de aplicarlas en la red viaria, el CEDEX dispone de una de sus instalaciones más singulares: la pista de ensayos acelerados de firmes del Centro de Estudios del Transporte. Inaugurada en 1988, permite construir tramos de carretera a escala real y someterlos a años de tráfico pesado en un plazo muy reducido.

La instalación de sensores, clave en el mantenimiento frente al cambio climático.



Antes de iniciar un ensayo se construye una sección completa de carretera utilizando los materiales y espesores que se desea evaluar. Durante esta fase se instrumenta la estructura con hasta 250 sensores capaces de registrar temperatura, humedad, tensiones, deformaciones y respuesta estructural de las distintas capas.

Una vez finalizada la construcción, entra en funcionamiento un sistema de carga móvil que reproduce el paso repetido de vehículos pesados. La carga aplicada equivale a un semieje de 13 toneladas, referencia utilizada para dimensionar la RCE. Dependiendo del objetivo del ensayo pueden emplearse configuraciones de rueda simple o rueda gemela.

La instalación opera normalmente a velocidades próximas a los 35 o 40 kilómetros por hora y puede funcionar de forma prácticamente continua las veinticuatro horas del día. Gracias a ello, es posible observar en pocos meses deterioros



Diferentes muestras de mezclas bituminosas utilizadas en las carreteras y ensayadas en el Laboratorio de Materiales del CET-CEDEX.

que, en condiciones normales de servicio, tardarían años en manifestarse.

La pista dispone además de galerías subterráneas que permiten acceder al interior de la estructura para recoger la información de los sensores mientras el ensayo continúa en funcionamiento, una característica que convierte esta instalación en una herramienta excepcional para comprender cómo nacen y evolucionan los procesos de deterioro.

Ver el deterioro antes de que aparezca

El verdadero valor de la pista no reside únicamente en acelerar años de tráfico, sino en permitir observar qué ocurre dentro de la carretera mientras ese tráfico actúa.

En una infraestructura convencional el deterioro suele detectarse cuando las grietas, deformaciones o pérdidas de regularidad aparecen ya en superficie. En la pista experimental, por el contrario, los investigadores pueden seguir la evolución interna de las tensiones y deformaciones desde sus fases iniciales.

Esto permite estudiar cómo influyen la temperatura, la humedad, las cargas de tráfico o las características de los materiales sobre el comportamiento del firme. Cuando aparecen los primeros síntomas de deterioro se realizan inspecciones detalladas, extracción de testigos y análisis comparativos con los modelos empleados durante el diseño.

Los resultados obtenidos permiten validar nuevas mezclas bituminosas, estudiar materiales reciclados, optimizar secciones de firme y mejorar las metodologías utilizadas posteriormente en proyectos, pliegos y normativas técnicas.

El reto de reutilizar millones de toneladas de asfalto

Aunque la adaptación al cambio climático ocupa una parte importante de la investigación actual en el CEDEX, existe otro problema de enorme relevancia que requiere solución: la gestión del asfalto recuperado procedente de las obras de rehabilitación.

Cada vez que se renueva una carretera se eliminan las capas envejecidas mediante técnicas de fresado. Este material, conocido internacionalmente como Reclaimed Asphalt (RA), contiene áridos de elevada calidad y ligantes asfálticos que conservan parte de sus propiedades originales.

En España se producen anualmente alrededor de 17 millones de toneladas de mezclas bituminosas y se generan entre 4 y 6 millones de toneladas de material fresado (la cantidad de toneladas de material fresado es un dato estimado, debido a que no hay datos oficiales). Julio Vaquero señala que «este volumen convierte la gestión del RA en uno de los principales retos actuales del sector». En muchas ocasiones las cantidades generadas superan la capacidad de reutilización inmediata, mientras que los gestores autorizados y los vertederos disponibles no pueden absorber todo el volumen producido. «Este material –continúa el experto– adquiere legalmente la condición de residuo y debe gestionarse de acuerdo con la normativa ambiental. Cuando vuelve a emplearse en la fabricación de mezclas bituminosas, su

¿Cómo se mide la resistencia al calor de una mezcla bituminosa?

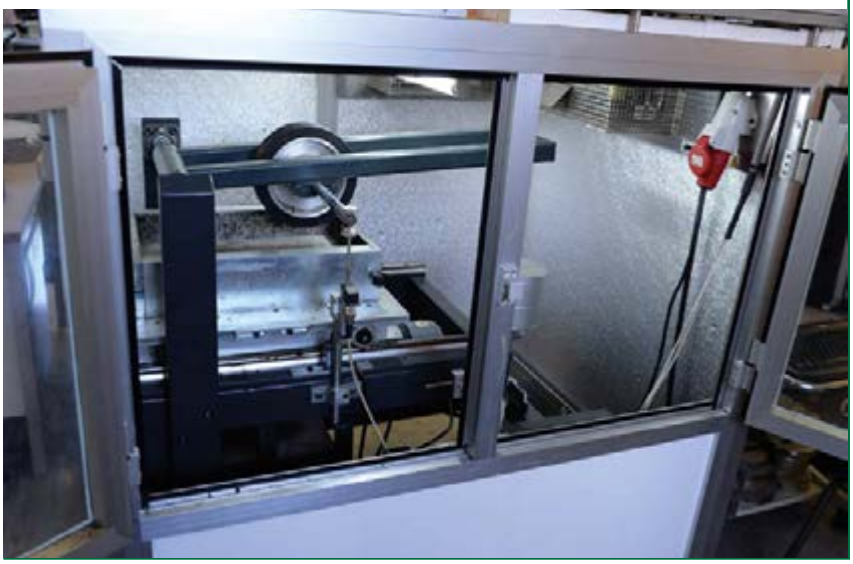
Las mezclas bituminosas no se diseñan únicamente para soportar el tráfico. También deben resistir las temperaturas extremas sin deformarse. Para ello, el Centro de Estudios del Transporte del CEDEX emplea diversos procedimientos de laboratorio, entre los que destaca el ensayo de pista. En este ensayo una rueda cargada circula repetidamente sobre una probeta de mezcla bituminosa sometida a una temperatura de 60 °C.

A medida que se desarrolla el ensayo se mide la profundidad de la huella que deja la rueda sobre la mezcla. Cuanto menor sea esa deformación permanente, mayor será la capacidad del material para soportar las altas temperaturas sin desarrollar roderas.

Para lograr esa resistencia, los investigadores diseñan mezclas con esqueletos minerales muy estables, contenidos de ligante optimizados, betunes de mayor consistencia, ligantes modificados con polímeros y formulaciones específicas para cada zona climática.

Actualmente, se están incorporando nuevos mapas climáticos a la revisión de la Norma 6.1-IC de Secciones de Firme, de forma que el diseño tenga en cuenta las temperaturas medias estivales previstas para cada región.

Dispositivo de ensayo para estudiar la deformabilidad de las mezclas bituminosas a altas temperaturas.



reutilización resulta relativamente sencilla. Sin embargo, cuando se destina a otros usos pasa a considerarse un residuo de construcción y demolición sujeto a requisitos que varían entre comunidades autónomas. La situación puede llegar a dificultar incluso la ejecución de determinadas actuaciones de rehabilitación, pese a ser necesarias desde el punto de vista técnico».

Para contribuir a resolver esta situación, el Centro de Estudios del Transporte (CET) está desarrollando una guía para la caracterización ambiental del fresado y otros residuos de construcción y demolición, apoyándose en los trabajos desarrollados por el Laboratorio de Lixiviación del CEDEX.

Paralelamente, los investigadores trabajan para incrementar la proporción de asfalto recuperado incorporada a nuevas mezclas. El objetivo es pasar de los porcentajes habituales, entre el 10 % y el 15 %, a valores cercanos al 30 % y aproximarse posteriormente al 50 % en determinadas aplicaciones.

El principal desafío es mantener la durabilidad de las mezclas. A medida que aumenta el contenido de material envejecido disminuye su flexibilidad y crece el riesgo de fisuración. Para evitarlo, en el CET se están estudiando aditivos rejuvenecedores, ligantes más blandos, polímeros modificadores y nuevas formulaciones.

La Dirección General de Carreteras ya ha encargado al CEDEX el seguimiento de diversos tramos experimentales construidos con estas tecnologías para validar su comportamiento a largo plazo.

El agua sigue siendo el gran desafío

Si las altas temperaturas afectan principalmente al firme, las precipitaciones extremas condicionan la estabilidad y funcionalidad global de la infraestructura. Cuando la intensidad de lluvia supera la capacidad prevista en el diseño pueden producirse inundaciones de calzada, erosiones, socavaciones y pérdidas de estabilidad en desmontes y terraplenes. Las obras de drenaje transversal y los sistemas de evacuación de agua, así como los elementos que pueden interrumpir el flujo natural del agua, se convierten entonces en elementos sensibles frente a estos fenómenos.

La comprensión y mitigación de estos riesgos requiere un enfoque multidisciplinar en el que los centros y laboratorios del CEDEX desempeñan un papel relevante. Así, el Laboratorio de Geotecnia (LG) estudia el comportamiento de los terrenos frente a cambios bruscos



Las precipitaciones cada vez más intensas están impulsando nuevos diseños para reforzar las infraestructuras viarias.

de humedad, episodios extremos de precipitación y fenómenos de inestabilidad asociados, aportando conocimiento para mejorar la seguridad y la resiliencia de las infraestructuras.

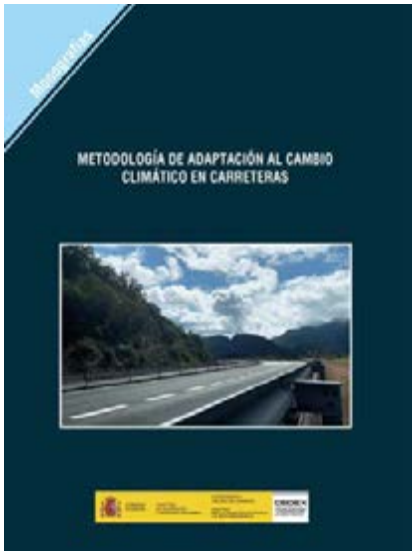
Por su parte, el Centro de Estudios Hidrográficos (CEH) ha analizado el impacto del cambio climático sobre las máximas intensidades de precipitación, ante diferentes escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero y distintos horizontes temporales. Estos trabajos permiten incorporar hipótesis más exigentes en el diseño de las infraestructuras y reforzar su capacidad de respuesta frente a tormentas de gran intensidad.

En paralelo, el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (LCEYM) participa actualmente en el Proyecto Europeo SHIFTING (*Towards resilient, sustainable, and biodiversity-friendly transport infrastructure*) desarrollando un marco de drenaje para carreteras de hormigón armado totalmente sostenible (cementos de baja huella de carbono y áridos reciclados), altamente durable (armaduras de polímeros reforzados con fibra de vidrio) y completamente instrumentado para proporcionar información en tiempo real de su estado en caso de avenidas e inundaciones. El prototipo se instalará en dos experiencias piloto situadas en Italia y Eslovenia.

La resiliencia de las carreteras pasa por soluciones sostenibles capaces de aprovechar millones de toneladas de materiales recuperados

A todo ello se suma la necesidad de interpretar mejor cómo responden los terrenos a los cambios bruscos de humedad. Las sequías prolongadas seguidas de lluvias torrenciales pueden favorecer deslizamientos, desprendimientos y movimientos de ladera capaces de afectar gravemente a la circulación. Comprender estos procesos resulta esencial para diseñar infraestructuras más resilientes y actualizar los criterios técnicos de proyecto.

Con este objetivo, desde el Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas (CETA) se trabaja en mejorar la adaptación al cambio climático de la Red de Carreteras del Estado. Fruto de esta labor, y en colaboración con el Centro de Estudios del Transporte (CET) y la Asociación Técnica de Carreteras (ATC), se publicó la monografía *Metodología de adaptación al cambio climático en carreteras* (CEDEX, 2023). Actualmente, los trabajos se centran en avanzar hacia una respuesta más eficaz frente a fenómenos súbitos de inundación que puedan afectar



Portada de la monografía *Metodología de adaptación al cambio climático en carreteras* (CEDEX, 2023).

tanto a la funcionalidad como a la propia integridad de las infraestructuras, contribuyendo de este modo a la elaboración del futuro Plan de Adaptación al cambio climático de la RCE.

Monitorización de puentes para una gestión más eficiente

Las precipitaciones afectan también de manera importante a las estructuras. Los puentes también están expuestos a riesgos asociados al cambio climático. Las avenidas extraordinarias pueden generar procesos de socavación en el entorno de pilas y estribos, comprometiendo su estabilidad, mientras que caudales superiores a los considerados en el diseño pueden llegar a afectar a la integridad de los tableros. Aunque estas infraestructuras se proyectan con amplios márgenes de seguridad, resulta esencial supervisar su comportamiento a lo largo de toda su vida útil.

Puentes, terraplenes y desmontes: la otra cara del cambio climático



Gran deslizamiento en la A-66, cuya investigación y seguimiento contó con una destacada participación del Laboratorio de Geotecnia (LG-CEDEX).

Aunque el impacto del cambio climático suele asociarse a los pavimentos, muchas de las amenazas más importantes afectan a la infraestructura que los sostiene.

Puentes bajo vigilancia

El Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX participa en la monitorización y evaluación de puentes y viaductos de la Red de Carreteras del Estado (RCE).

Mediante sensores, instrumentación especializada e inspecciones avanzadas es posible detectar movimientos estructurales, deformaciones anómalas, problemas en apoyos y juntas y efectos derivados de fenómenos extremos. La información obtenida permite anticipar problemas antes de que afecten a la seguridad o al servicio de la infraestructura.

Desmontes y terraplenes

Las lluvias torrenciales representan uno de los principales riesgos para taludes y explanaciones. El Laboratorio de Geotecnia del CEDEX estudia cómo influyen los cambios de humedad y los episodios extremos de precipitación en la estabilidad de desmontes, terraplenes, laderas naturales y obras de drenaje. Sus análisis contribuyen a actualizar los criterios de diseño y a mejorar la resiliencia de las carreteras frente a inundaciones, desprendimientos y movimientos de terreno.

El dimensionamiento de los sistemas de drenaje se basa en estudios hidrológicos, que estiman los caudales máximos previsibles en una cuenca, e hidráulicos, que permiten conocer las velocidades y calados del agua en el entorno de la obra.

Una de las herramientas más eficaces para hacer frente de forma integral a los retos que plantea el cambio climático es contar con un Plan de Adaptación al Cambio Climático de la Red de Carreteras del Estado (RCE). Actualmente, se encuentra en elaboración por la Dirección General de Carretera y cuenta con la participación del Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas del CEDEX. Su objetivo es analizar la vulnerabilidad y el riesgo de los activos de la RCE frente a inundaciones, deslizamientos, olas de calor y otros eventos climáticos extremos, priorizando actuaciones de adaptación. Este Plan permitirá integrar de forma plena las infraestructuras de transporte por carretera en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030 en vigor.

En este contexto, el LCEYM participa en programas de monitorización y evaluación estructural que permiten detectar movimientos, deformaciones o anomalías antes de que afecten a la seguridad o a las condiciones de servicio de la infraestructura.

La integración de sensores, sistemas de adquisición de datos y nuevas técnicas de inspección permite disponer de información valiosa para gestionar de forma más eficiente el patrimonio viario y anticipar posibles problemas derivados de fenómenos extremos.

Paralelamente, ingenieros del LCEYM participan en la elaboración del *Technical Report* del Comité Europeo CEN 250 y de su comité espejo español, el CTN 140, a través del grupo de trabajo 07 sobre cambio climático y Sostenibilidad. Los trabajos desarrollados en este marco analizan el impacto del cambio climático sobre las estructuras y estudian la revisión de los parámetros de cálculo frente a eventos climáticos extremos, incluyendo aspectos como las acciones climáticas, los procesos de corrosión o la actualización de los niveles de avenida de proyecto (*design flood level*).



Trabajos de monitorización y evaluación estructural de puentes en los que participa el LCEYM-CEDEX.

Cómo se diseñan los sistemas de drenaje

Si los firmes constituyen la parte visible de una carretera, el drenaje es uno de los elementos más importantes y menos perceptibles para los usuarios.

Su misión consiste en recoger, canalizar y evacuar el agua antes de que pueda afectar a la circulación o comprometer la estabilidad de la infraestructura. Para ello se combinan pendientes transversales, cunetas, drenes, colectores, marcos, tubos de drenaje transversal y obras de paso.

El dimensionamiento de estos elementos se basa en estudios hidrológicos, que estiman los caudales máximos previsibles en una cuenca, e hidráulicos, que permiten conocer las velocidades y calados del agua en el entorno de la obra. Además de los volúmenes de agua, intervienen factores como la pendiente, la velocidad de circulación, el transporte de sedimentos o la acumulación de vegetación y materiales arrastrados por las tormentas.

La aparición de precipitaciones cada vez más intensas está impulsando la revisión de algunos criterios tradicionales de diseño para incorporar escenarios climáticos más exigentes y reforzar la capacidad de respuesta de las infraestructuras frente a eventos extremos.

Particular relevancia tiene la integración, en la planificación, ejecución y gestión de la Red de Carreteras del Estado (RCE), del marco normativo, los planes y las actuaciones vinculados a la gestión del riesgo de inundación. Este ámbito tiene su origen en la Directiva 2007/60/CE del Parlamento

Entre 4 y 6 millones de toneladas de asfalto sin destino

Cuando una carretera se rehabilita, las capas envejecidas del firme se fresan y generan una enorme cantidad de material recuperado conocido como RA (Reclaimed Asphalt). Concretamente, en España se producen cada año aproximadamente 17 millones de toneladas de mezclas bituminosas y se estima que se fresan entre 4 y 6 millones de toneladas.

El problema es que buena parte de ese material fresado sigue teniendo un gran valor técnico y económico, pero la capacidad para reutilizarlo es insuficiente. En muchos casos no existen gestores con capacidad suficiente, los vertederos tampoco pueden absorber esos volúmenes y la regulación sobre el fin de la condición de residuo sigue siendo limitada.

La consecuencia es que una obra de rehabilitación puede llegar a retrasarse porque no existe una solución clara para gestionar los millones de toneladas de material que se van a generar.

Para paliar en parte este problema, el CEDEX investiga cómo incrementar el porcentaje de RA utilizado en la fabricación de nuevas mezclas, pasando de porcentajes habituales del 10-15 % a valores del 30 % e incluso del 50 %, mediante el empleo de rejuvenecedores, polímeros y nuevos ligantes.



Cada año se generan millones de toneladas de material fresado cuya valorización constituye uno de los grandes retos de la ingeniería de carreteras.

Europeo y del Consejo, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación (Directiva de Inundaciones), incorporada al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 903/2010. Los criterios, orientaciones e información generados en el desarrollo de este marco constituyen una referencia esencial para los trabajos de apoyo que el CETA realiza en el ámbito del Plan de Adaptación al Cambio Climático. Asimismo, los responsables de la gestión de la RCE aplican de forma continuada los principios y directrices derivados de estas políticas, contribuyendo además a la mejora y actualización de la información integrada en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.

Del laboratorio a la carretera

La adaptación de las carreteras al cambio climático implica comprender cómo evolucionarán las condiciones climáticas, anticipar riesgos y tomar decisiones apoyadas en evidencias científicas a través del conocimiento obtenido mediante la investigación, la monitorización y la experimentación a escala real.

Desde los proyectos que se realizan en la pista de ensayos acelerados del CET hasta los estudios geotécnicos sobre estabilidad de terrenos del LG, los cálculos de los modelos numéricos del CEH y los programas de monitorización estructural desarrollados por el LCEYM, el CEDEX está generando las herramientas que permitirán adaptar la red viaria a un contexto climático cada vez más exigente.

Porque frente al cambio climático no basta con reparar los daños cuando aparecen. La clave es anticiparse. Y esa anticipación requiere datos, ensayos, conocimiento y capacidad para transformar la investigación en soluciones aplicables sobre el terreno. ■

En los laboratorios del CET-CEDEX se realizan los cálculos necesarios para interpretar los resultados de los ensayos y mejorar el diseño de las infraestructuras.



Puertos del Estado monitoriza el impacto de la normativa europea de descarbonización sobre la competitividad portuaria

Los efectos de la estrategia de sostenibilidad europea en los puertos



Como parte de la estrategia común de lucha contra el cambio climático, la Unión Europea estableció que, a partir de enero de 2024, las navieras con rutas que conectan puertos de la UE tendrían que adquirir derechos sobre las emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero, a través de un sistema *cap and trade*. Para analizar cómo está afectando el coste adicional a las rutas y al tráfico de los puertos, Puertos del Estado lanzó el Observatorio EU-ETS (European Union Emission Trade System), cuyos resultados corroboran los efectos que esta normativa está teniendo sobre la competitividad de los puertos europeos y la soberanía logística europea.

- **Texto: Puertos del Estado**



Puerto de Algeciras.

La UE ha hecho de la lucha contra el cambio climático uno de los ejes centrales de la política común. El objetivo es impulsar la transición energética en los sistemas productivos y las cadenas logísticas de los países miembros para conseguir la neutralidad climática en 2050.

Para el año 2030, los países europeos están obligados a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, como mínimo, un 55 %, según el marco de actuación denominado Fit for 55. Se trata de un paquete de medidas que, en relación con el transporte marítimo, implica la revisión del AFIR (Alternative Fuels Infrastructure Regulation), la aprobación del FUEL-EU y la entrada del marítimo en el mercado de derechos de emisión de la UE (EU-ETS).

Desde el 1 de enero de 2024, el comercio de derechos de emisiones de la UE se extendió, por tanto, a las emisiones procedentes de las actividades de transporte marítimo. Para operar en un puerto comunitario, las navieras deben pagar por los gases de efecto invernadero que reporten de sus viajes, cumpliendo el protocolo definido por el reglamento UE (MRV 2015/757) de seguimiento, notificación y verificación de emisiones.

A día de hoy, un buque portacontenedores de 20 000 TEUs, que navega entre Singapur y Róterdam a través del Cabo de Buena Esperanza, afrontaría un gasto aproximado de 1,6 millones de euros, con un coste adicional de 476 000 €, correspondientes a la aplicación del EU-ETS.

En 2024, los principales puertos europeos gestionaron 100,9 millones de TEUs y España fue el país con mayor volumen de contenedores, un 18,6 % del total de la UE (18,8 millones de TEUs). Se trata del modo de transporte más eficiente en términos de emisiones de gases de efecto invernadero por tonelada-kilómetro, y representa entre el 3 % y el 4 % de las emisiones totales de la UE.

El marítimo, según los datos de Eurostat 2025, fue el principal modo de transporte de mercancías en la UE, por lo que cualquier cambio legislativo tiene efectos sobre la competitividad y las posiciones comerciales frente a terceros países. La aplicación regional de un coste al carbono en un sector de carácter global y transfronterizo, altamente competitivo, supone afrontar desafíos específicos.

Desvío de tráficos

Durante toda la tramitación de esta iniciativa legislativa y desde su entrada en vigor el 1 de enero de 2024, España a través del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, del que depende Puertos del Estado, ha liderado en la UE el análisis y las advertencias sobre los potenciales efectos negativos de esta normativa en cuanto al desvío de rutas y la deslocalización de los centros del tráfico marítimo hacia puertos de terceros países en los que no se aplique esta normativa ambiental. Entre los riesgos sobre la competitividad portuaria cabe destacar la pérdida de tráficos estratégicos para Europa, la deslocalización logística, la disminución de conectividad marítima –lo que conlleva pérdida de soberanía logística– y el aumento de costes operativos, sin olvidar que el efecto buscado de reducir las emisiones de carbono no se logrará si las navieras optan por operar en puertos no europeos, pero vecinos.

Para analizar qué está pasando realmente y poder aportar evidencias a la revisión de la normativa europea



Crucero conectado al sistema OPS en el puerto de Cádiz.

Los resultados del Observatorio EU-ETS revelan una pérdida de cuota en la actividad de los puertos comunitarios frente a países vecinos en el segmento del contenedor de larga distancia

actualmente en marcha, Puertos del Estado impulsó en 2025 el Observatorio EU-ETS (European Union Emission Trade System), que elaborado por el consorcio formado por Shipping Business Consultant (SBC), el Centro de Innovación del Transporte (CENIT) y Nextport, nació con la misión de detectar las posibles fugas de carbono y la alteración del tráfico en los puertos sometidos al EU-ETS.

Para identificar esas posibles fugas de carbono, el Observatorio evalúa el comportamiento de todos los servicios marítimos de portacontenedores que escalan en los puertos de la UE y en los puertos de países vecinos. En una segunda fase examina, caso por caso, los potenciales motivos detrás de los cambios de ruta observados, incluyendo congestión, costes y otros factores.

Para identificar modificaciones en las rutas, los informes elaborados por el Observatorio introducen el concepto TEU milla (la capacidad del barco en TEUs por la distancia recorrida). Además, al seguimiento de los barcos se ha sumado el de los contenedores, para analizar qué ocurre con la carga cuando llega a esos puertos fuera de la UE.

El Observatorio tiene en cuenta un factor que, previamente a la entrada en vigor del ETS para el transporte marítimo, tuvo un fuerte impacto en las cadenas logísticas entre Europa, Asia y Oriente Medio: el desvío de tráfico del Canal de Suez a la ruta por el Cabo de Buena Esperanza, por la inestabilidad en la zona.

Con estos parámetros, los primeros resultados, con datos hasta marzo de 2026, confirman la tendencia de pérdida de conectividad directa en tráfico de contenedores de los puertos europeos respecto a los países vecinos no sujetos a la normativa europea.

En el caso del Reino Unido, se observa un aumento de la actividad portuaria, medida en TEUs milla, que no responde a motivos como un incremento significativo de la actividad económica, una reducción de los costes de operación o problemas de congestión en puertos europeos vecinos. El análisis revela que la mayoría de las navieras están desarrollando estrategias que dan más importancia al Reino Unido en sus rutas de la que tenía hasta ahora. En concreto, el número de escalas de servicios transoceánicos ha crecido un 70 % en 2024-2025.

Barco portacontenedores en el puerto de Valencia.





Suministro de GNL en el puerto de Málaga.

En el caso del Mediterráneo, se observa la misma tendencia en puertos de Egipto, Israel y Turquía si se comparan con puertos europeos: un fuerte aumento tanto de la capacidad de los buques atracados como la distancia recorrida por ellos.

En concreto, en el norte de Europa la caída de la conectividad directa es de 5 puntos, que se amplía a 18 puntos en el Mediterráneo Oriental (del 68 % al 50 %). En el Mediterráneo Occidental, se observa un crecimiento dispar del transbordo en el periodo 2023-2025: los puertos fuera de la UE, 50 %, y los puertos de la UE, 15 %.

En definitiva, las escalas extracomunitarias británicas y del Mediterráneo, no sujetas a la normativa ambiental europea (aquí las navieras no pagan por sus emisiones), ganan peso en los servicios de larga distancia, con una sólida tendencia de crecimiento.

Reconfiguración de rutas

La magnitud del coste del EU-ETS ha llevado a las navieras a modificar tanto sus rutas como la operativa de sus servicios de transporte de contenedores para reducir los pagos por emisiones. Estas estrategias de evasión pueden explicar la pérdida de conectividad directa registrada en los puertos europeos, por lo que es necesario hacer un seguimiento del fenómeno.

Una de las opciones detectadas es transformar la ruta haciendo escalas en puertos no pertenecientes a la UE, al entrar o salir en el área marítima europea. En 2023, Róterdam (Países Bajos) era la puerta de entrada principal en el norte de Europa, tanto a la llegada como a la salida, con escalas intermedias en Hamburgo (Alemania) y Felixstowe (Reino Unido). En 2025, se mantienen las escalas en los mismos



Desviar un buque portacontenedores ultragrande procedente de Asia a un puerto del Reino Unido puede suponer un ahorro aproximado de medio millón de euros en costes del ETS por viaje

puertos del norte de Europa, pero ahora se zarpa desde Felixstowe.

La otra alteración en el tráfico identificada consiste en fragmentar la ruta en dos tramos distintos: los buques hacen escala en puertos *hub* de países vecinos y, desde allí, se complementa con servicios de corta o media distancia (*feeder*) con los puertos de la UE.

Cambios estructurales

Paralelamente, los puertos de países vecinos de la UE están ejecutando importantes inversiones para aumentar su capacidad operativa, con la construcción de nuevas terminales y la mejora de sus instalaciones (aumento de calado, ampliación de líneas de atraque y superficies de almacenamiento, modernización de equipos).

Según las inversiones previstas, en países como Israel, Turquía y Egipto el aumento de la capacidad alcanzaría el 43 %. Los puertos de Reino Unido podrían mejorar su capacidad portuaria hasta un 21 %. Puesto que las ampliaciones portuarias se basan en proyecciones a largo plazo, se deduce que las inversiones no responden a motivos coyunturales, sino que los países entienden que los cambios en los tráficos marítimos son estructurales.

Puertos transparentes para limitar la fuga de carbono

Los resultados del Observatorio muestran que el auge de estas 'escalas evasivas' en puertos vecinos de transbordo de contenedores puede influir no solo en la conectividad y la competitividad de los puertos europeos, sino también en el propio mecanismo de cómputo de las emisiones, al propiciar rutas menos eficientes, pero más 'baratas'.

Para tratar de corregir esta situación y evitar el fraude, la Comisión Europea aplica el concepto de 'puertos transparentes' a las escalas de terceros países cercanos a la UE que se realizan con el fin de reducir la parte del itinerario sujeta el régimen de emisiones. Estas paradas intermedias no deberían 'interrumpir' el viaje a la hora de calcular las emisiones permitidas.

Se califican de esta manera los puertos no comunitarios, situados a menos de 300 millas náuticas de un puerto de un Estado miembro y en los que el transbordo supere el 65 % del tráfico total de contenedores del propio puerto. Aunque la lista se revisa periódicamente, en la actualidad, solo tienen la categoría de puertos transparentes dos paradas del Mediterráneo, East Port Said, en Egipto, y Tanger Med, en Marruecos. En caso de utilizar estas escalas del norte de África, las navieras deben pagar por el 50 % de las emisiones de CO_2 del trayecto; sin embargo, los puertos británicos, turcos o puertos de nueva construcción, como el marroquí Nador West Med, situado en la costa mediterránea, tienen un coste ETS cero.

Una inesperada vuelta al asfalto

Durante décadas, la UE ha promovido la iniciativa de las Autopistas del Mar, con el objetivo de disminuir el impacto ambiental del tráfico rodado y la congestión de las carreteras en favor de rutas marítimas de corta distancia, más ecológicas y eficientes.

Sin embargo, en el momento actual, se puede apreciar como la mercancía abandona el barco para volver al asfalto. El nuevo sistema europeo de emisiones (ETS2) para el transporte por carretera y otros sectores no entrará en vigor hasta 2028, por lo que, en determinadas

regiones como el Mediterráneo, donde el transporte marítimo y por carretera compiten directamente, se crea una desventaja competitiva para el tráfico ro-ro.

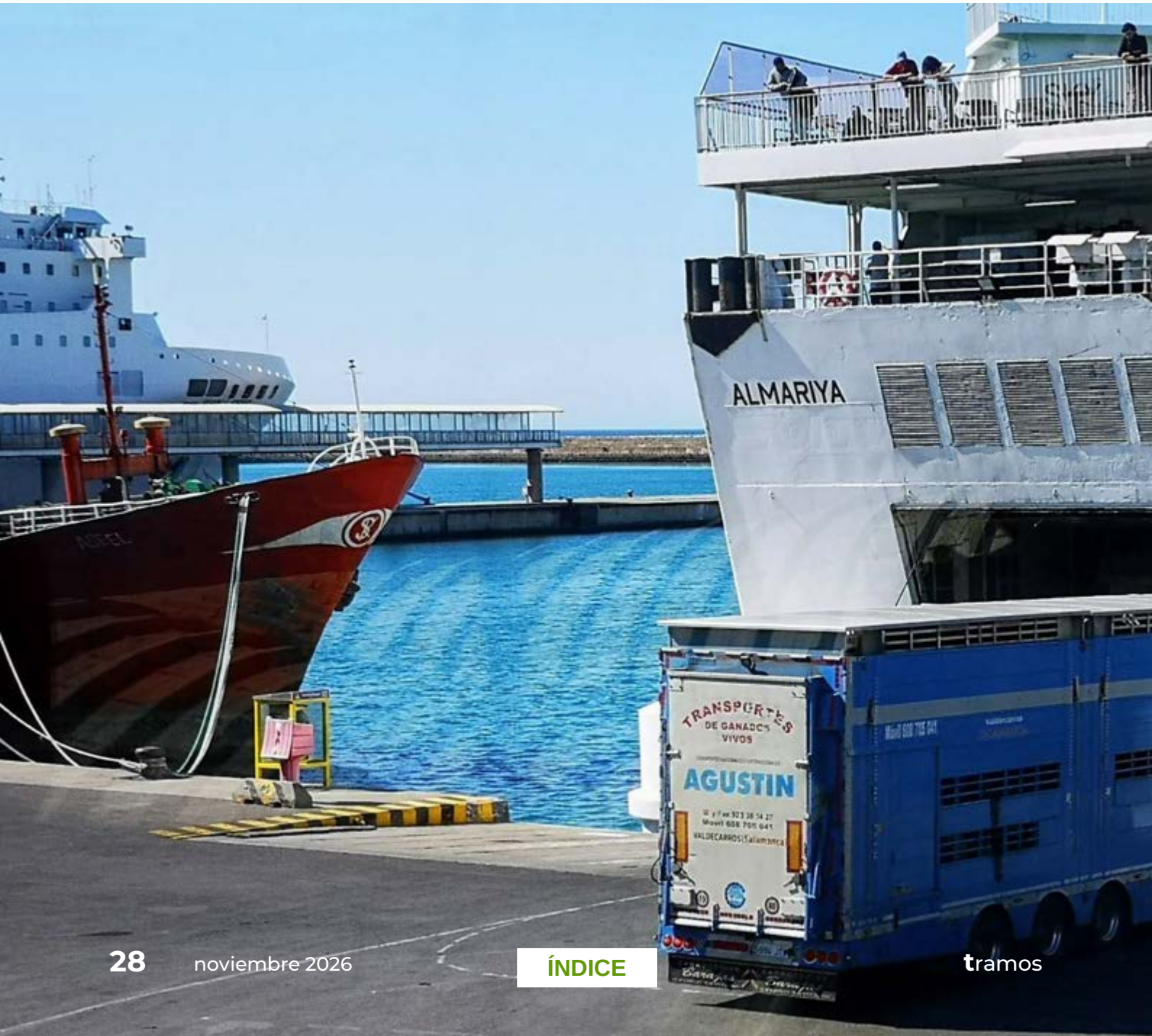
El Observatorio EU-ETS ha detectado un descenso en el tráfico ro-ro entre España e Italia de casi 5 puntos (del 49,4 % al 44,5 %) en el periodo observado. Este fenómeno conocido como Cambio Modal Inverso (Reverse Modal Shift) supone una auténtica paradoja de sostenibilidad, ya que la descarbonización del transporte marítimo podría estar propiciando un incremento de las emisiones de CO_2 en tierra.

Necesaria revisión

La normativa ambiental europea ha demostrado su eficacia como motor para la descarbonización y como impulso a la innovación en los sectores implicados, que han reducido sus emisiones contaminantes por encima del 50 % desde el año 2005. Sin embargo, la propia Comisión Europea admite la necesidad de llegar a acuerdos y ajustar la aplicación de las políticas en territorio europeo para evitar las llamadas fugas de carbono y la distorsión de la competencia en el ámbito del comercio marítimo.

En su propuesta de revisión del pasado mes de julio, la Comisión apunta la necesidad de estrechar la vigilancia sobre los portacontenedores capaces de evadir la legislación,

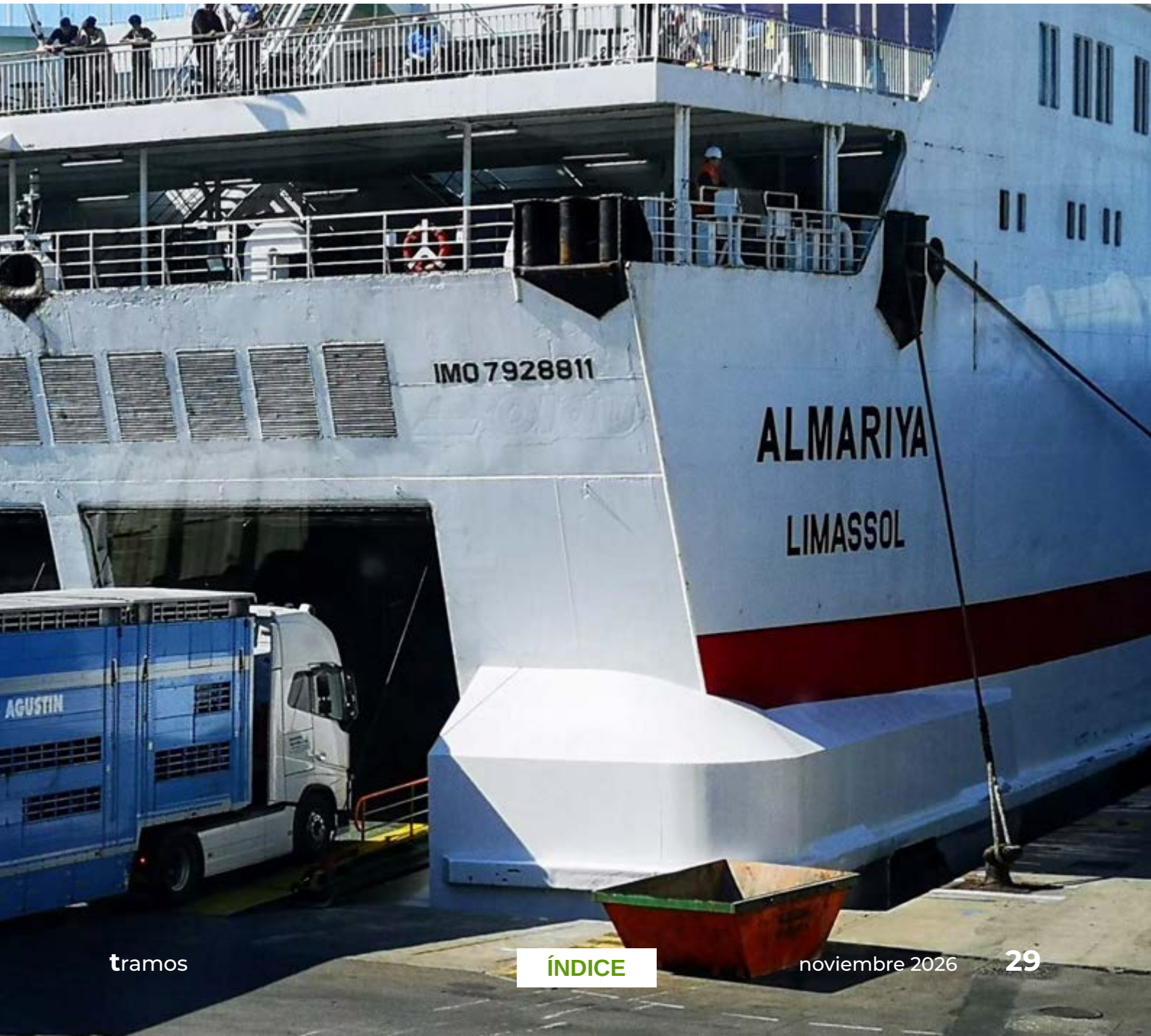
Camiones de ganado en el puerto de Almería.



ampliar la aplicación de la normativa a buques más pequeños (de arqueo bruto inferior a 5000 toneladas hasta 400 GT.) y redactar una cláusula para evitar el doble pago ante el nuevo reglamento que prepara la OMI (Organización Marítima Internacional) para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) procedentes de los buques, sea cual sea su pabellón, que supondrá la puesta en marcha de un mecanismo global de fijación de precios al carbono, destinado a alcanzar las emisiones netas nulas de GEI antes de 2050.

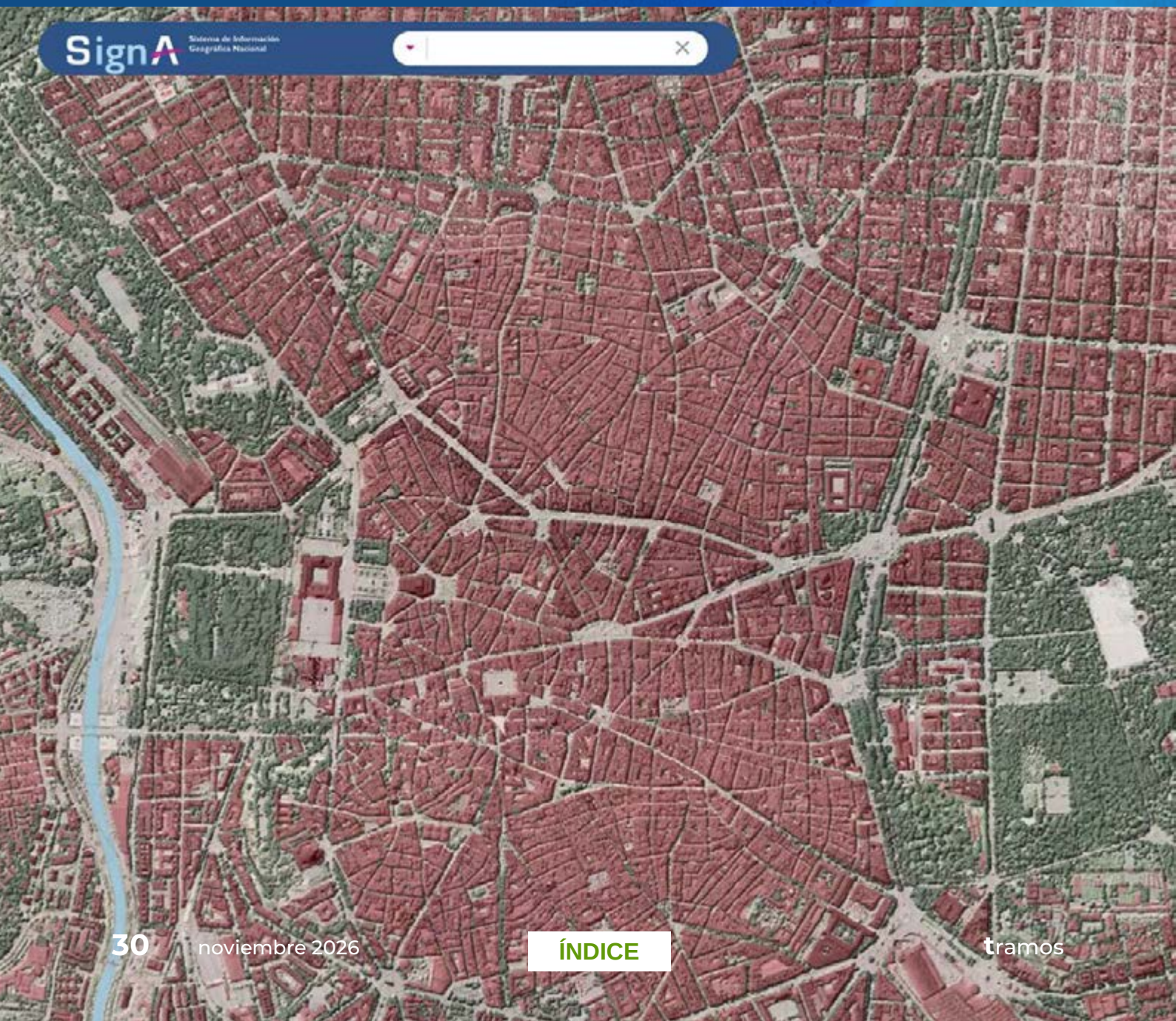
La aplicación de instrumentos de tarificación del carbono en un sector tan globalizado, como es el del transporte marítimo, implica una vigilancia constante para garantizar la efectividad de las medidas medioambientales. El actual escenario es la consecuencia de una incipiente reordenación de la conectividad en favor de países próximos al mercado europeo, pero fuera del alcance de las obligaciones del EU-ETS.

La meta del sistema portuario de interés general es convertirse en la punta de lanza de las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático e incentivar una movilidad ecosostenible, sin olvidar que los puertos españoles son valiosos enclaves para garantizar la conectividad marítima europea con el resto del planeta. ■



El análisis espacial al alcance de todas las personas

SignA: el Sistema de Información Geográfica Nacional



Los sistemas de información geográfica (SIG) han transformado la forma de comprender el territorio al permitir integrar, visualizar, relacionar y analizar información geográfica diversa. En este contexto, el Sistema de Información Geográfica Nacional (SignA), desarrollado por el Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica, acerca estas capacidades mediante una aplicación web sin necesidad de instalar *software* especializado. Un recorrido por la evolución de los SIG y su llegada a Internet permite comprender cómo SignA pone el análisis espacial al servicio de la sociedad.

- Texto: Soledad Belmar Lizarán y Celia Sevilla Sánchez, Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) del IGN.



Visualización del mapa base Relieve en SignA. Madrid.

Los mapas han acompañado a la humanidad durante siglos como una de las principales herramientas para representar y comprender el territorio. Gracias a ellos ha sido posible explorar nuevas tierras, orientarse, planificar infraestructuras, gestionar recursos naturales o delimitar fronteras. Mucho más que una representación gráfica, la cartografía constituye un lenguaje para describir y comunicar con rigor la realidad geográfica.

Hoy seguimos recurriendo a los mapas con total naturalidad. Consultamos el teléfono móvil para encontrar una dirección, elegir la ruta más rápida o descubrir qué hay en nuestro entorno. En todas esas acciones utilizamos información geográfica, es decir, información asociada a una localización. Nunca había sido tan sencillo acceder a ella, compartirla e incorporarla a nuestra vida cotidiana.

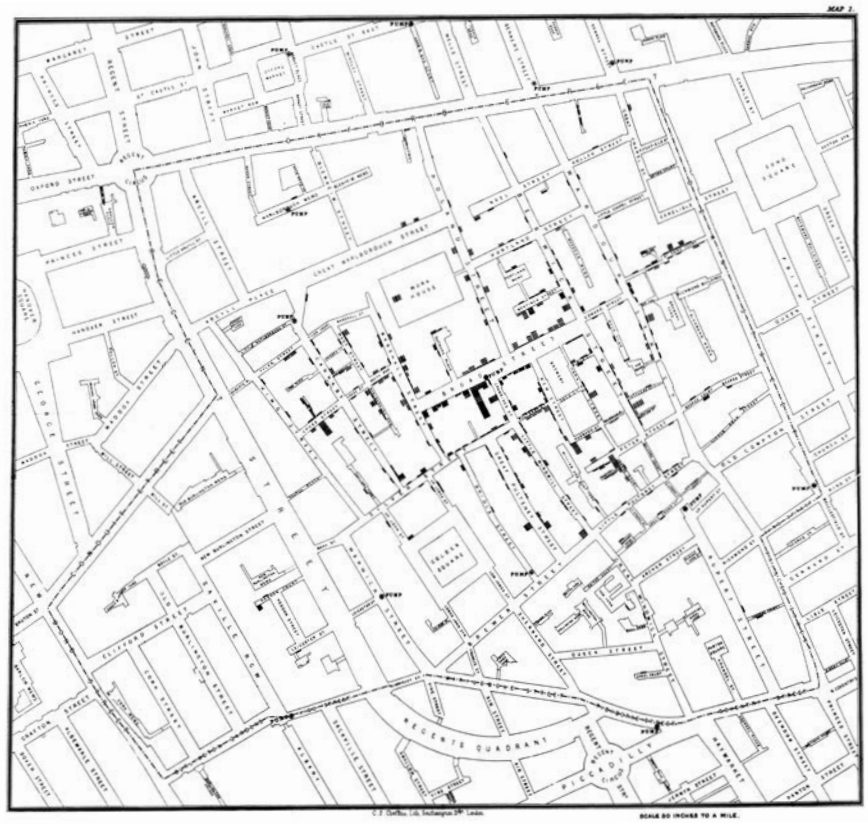
Tradicionalmente, el mapa ha sido el principal medio para representar y comunicar la información geográfica. Tanto en formato impreso como digital, sigue siendo una herramienta fundamental para conocer el territorio. La capacidad de interpretar esa información y establecer relaciones entre distintos fenómenos ha sido siempre esencial para profesionales de la geografía, la ingeniería, la planificación territorial y otras disciplinas vinculadas al conocimiento del territorio.

La revolución digital no sustituyó esa forma de representar el territorio, sino que amplió sus posibilidades. La información geográfica dejó de estar ligada exclusivamente a un documento para

convertirse en un recurso dinámico, susceptible de actualizarse, combinarse con otras fuentes de información y reutilizarse en muy diferentes contextos. Los mapas continuaron siendo la forma más eficaz de comunicar esa información, pero también se convirtieron en la puerta de acceso a un conjunto de datos que podía consultarse y analizarse con mucha mayor facilidad.

El paso del papel a la pantalla cambió la forma de acceder a la información geográfica, mientras que el desarrollo de los sistemas de información geográfica (SIG) facilitó su gestión y análisis. Un mapa permite conocer dónde se encuentran los elementos del territorio, un SIG hace posible, además, explorar las relaciones entre ellos, integrar información de diferentes fuentes y responder automáticamente a preguntas que antes requerían un trabajo mucho más laborioso. Esta evolución ha convertido a los sistemas de información geográfica en herramientas esenciales para el estudio y la gestión del territorio. Durante décadas, estas capacidades estuvieron ligadas a aplicaciones de escritorio utilizadas principalmente por personal especializado. Sin embargo, el desarrollo de las tecnologías web ha permitido acercar buena parte de estas funcionalidades a un público mucho más amplio, haciendo posible realizar análisis geográficos directamente desde un navegador web.

En este contexto surge el Sistema de Información Geográfica Nacional, desarrollado por el Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), con una filosofía que va más allá de la consulta cartográfica. Su objetivo es poner la información geográfica oficial de España al servicio de la sociedad mediante una plataforma web que permita no solo visualizar datos, sino también integrarlos, analizarlos y utilizarlos para comprender mejor el territorio.



Mapa original elaborado por John Snow en 1854. Los casos de cólera aparecen resaltados en negro, mostrando las concentraciones de casos (indicadas mediante rectángulos apilados) durante la epidemia de Londres de 1854.

Consultando el territorio

Durante siglos, los mapas han permitido responder a una pregunta esencial: dónde se encuentran los elementos que conforman el territorio. Sin embargo, comprender la realidad geográfica exige formular cuestiones mucho más complejas. ¿Por qué determinadas actividades se concentran en unos lugares y no en otros? ¿Qué zonas pueden verse afectadas por una inundación? ¿Cómo influye el relieve en el trazado de una infraestructura? ¿Qué espacios reúnen unas condiciones determinadas para albergar una especie? Responder a estas preguntas requiere algo más que una representación cartográfica, exige analizar la información geográfica.

Uno de los ejemplos más conocidos de esta forma de razonar se remonta a 1854, cuando el médico británico John Snow representó sobre un plano la localización de las personas fallecidas durante un brote de cólera en el barrio londinense de Soho y la comparó con la posición de las fuentes públicas de agua. La concentración de casos alrededor de la bomba de Broad Street proporcionó una evidencia decisiva para identificar el origen del brote. Aunque todavía no existían los SIG, este episodio ilustra cómo la localización permite descubrir relaciones entre conjuntos

de información aparentemente independientes.

La posibilidad de realizar este tipo de análisis de forma sistemática llegó con el desarrollo de la informática. A comienzos de la década de 1960, el geógrafo británico-canadiense Roger Tomlinson impulsó el Canadian Geographic Information System (CGIS), considerado el primer sistema de información geográfica moderno. Concebido para gestionar la información territorial relacionada con los recursos naturales de Canadá, el CGIS marcó un cambio de paradigma. Su mayor aportación no fue digitalizar los mapas, sino convertir la localización geográfica en el elemento que permitía organizar y relacionar información de naturaleza muy diversa.

Desde entonces, los sistemas de información geográfica han evolucionado de forma extraordinaria. El aumento de la capacidad de procesamiento de los ordenadores, el desarrollo de las bases de datos espaciales, la incorporación de imágenes de satélite, los sistemas globales de navegación por satélite (GNSS) y la creciente disponibilidad de información geográfica digital ampliaron progresivamente sus posibilidades. Los mapas siguieron siendo un elemento fundamental, pero dejaron de ser el objetivo final para convertirse en una forma de explorar y comunicar el conocimiento obtenido del análisis.

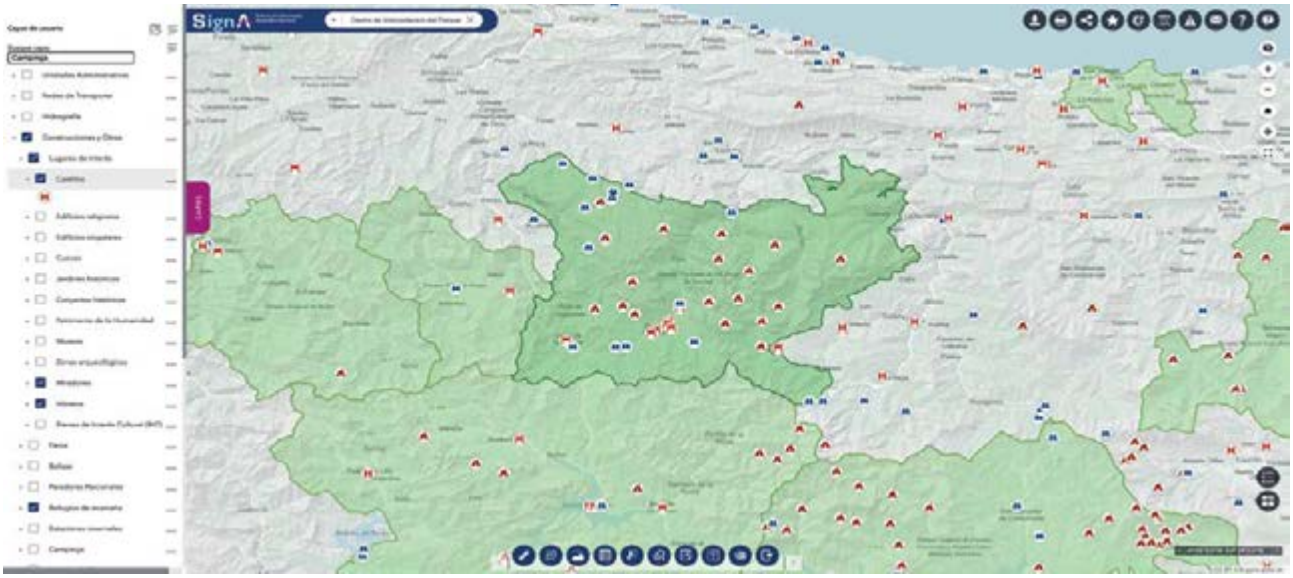
Aquí reside una de las características esenciales de un SIG. Como cualquier base de datos, organiza información mediante registros y atributos, pero incorpora un elemento diferenciador: la localización geográfica de cada entidad. Esa componente espacial permite relacionar información de distinta naturaleza a través de su posición sobre el territorio, convirtiendo las coordenadas en el vínculo que hace posible el análisis espacial.

La capacidad de integrar información geográfica procedente de múltiples fuentes abrió la puerta a una nueva forma de comprender el territorio. Carreteras, ríos, municipios, usos del suelo, fotografías aéreas, modelos digitales del terreno o datos climáticos podían combinarse para responder preguntas cada vez más complejas. En ese momento, el valor de un SIG dejó de medirse por la cantidad de información que era capaz de almacenar y pasó a residir, sobre todo, en las preguntas que permitía responder.

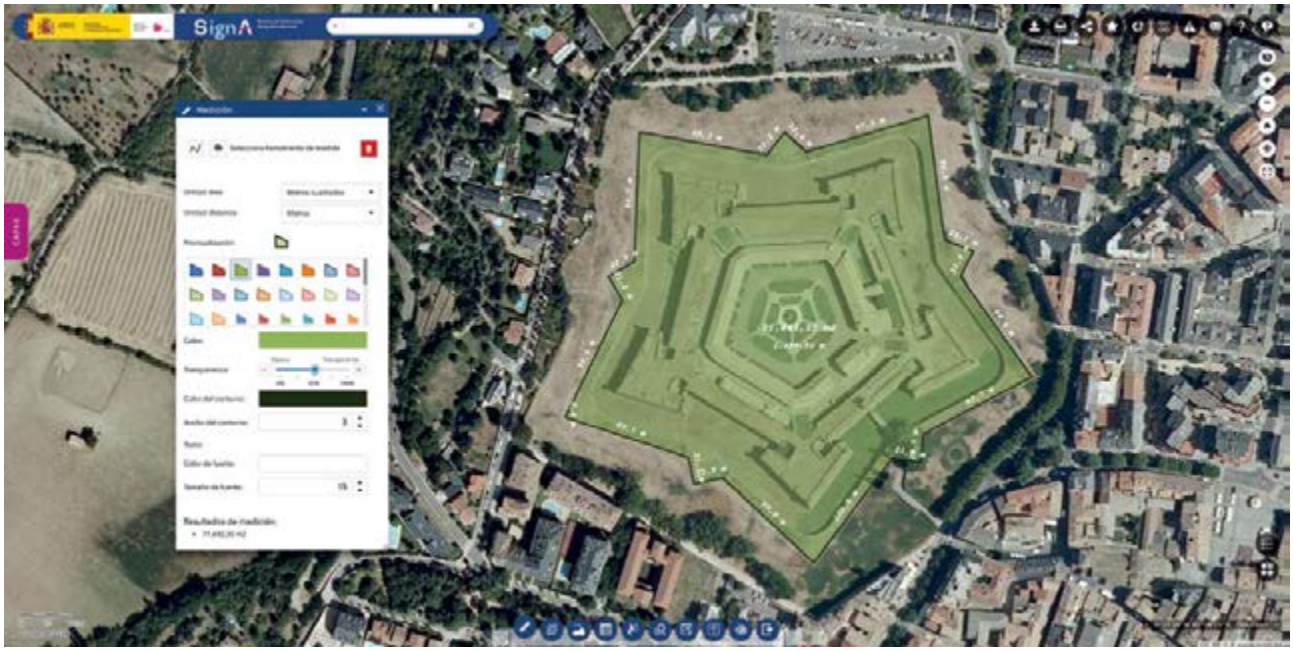
Esta idea continúa plenamente vigente en la actualidad. Aunque las tecnologías han cambiado radicalmente desde aquellos primeros sistemas, la esencia de un SIG sigue siendo la misma: integrar información geográfica para comprender mejor el territorio y facilitar la toma de decisiones basada en el análisis espacial. Sobre estos principios se desarrolló la evolución posterior de los SIG, cuya llegada a Internet supuso un nuevo salto cualitativo al acercar estas capacidades a un número cada vez mayor de personas.

El acceso a la información geográfica: el salto a Internet

La expansión de Internet supuso un nuevo impulso para los sistemas de información geográfica. Si durante sus primeras décadas los SIG estuvieron ligados a equipos



Visualización de capas en SignA en el entorno del Parque Nacional de los Picos de Europa. Se muestran las capas de límites de parques nacionales, parques naturales, miradores, refugios de montaña, castillos y hórreos.



Medición de superficies en SignA. Ciudadela de Jaca.

y aplicaciones concretas, la web abrió la posibilidad de acceder a la información geográfica desde cualquier lugar y compartirla entre personas e instituciones de una forma mucho más sencilla.

Sin embargo, esta nueva forma de trabajar planteaba un reto importante. La información geográfica era producida por numerosos organismos, cada uno con sus propios modelos, formatos y tecnologías. Para que pudiera compartirse y reutilizarse de forma eficiente era necesario que todos «hablaran el mismo idioma».

Con este objetivo se desarrollaron estándares abiertos, impulsados por organismos internacionales como el Open Geospatial Consortium (OGC), que permitieron publicar, localizar y utilizar información geográfica de manera interoperable. Sobre estos principios se consolidaron las infraestructuras de datos espaciales (IDE), concebidas para facilitar el descubrimiento, acceso y reutilización de la información geográfica, independientemente de quién la hubiera producido o de la tecnología empleada.

En España, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) ha desempeñado un papel esencial en este proceso, impulsando la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) y promoviendo el acceso abierto a la información geográfica oficial mediante servicios interoperables. Esta estrategia continúa evolucionando con la incorporación de nuevos estándares, como las OGC API, que permiten una integración más sencilla con las tecnologías web actuales.

Este ecosistema ha hecho posible una nueva generación de aplicaciones web que no solo permiten consultar mapas, sino también utilizar información procedente de diferentes servicios y combinarla con datos propios. Sobre esta idea se desarrolla SignA: una plataforma que toma como punto de partida la información geográfica oficial del Instituto Geográfico Nacional —complementada, cuando resulta de interés, con información de otras fuentes— y permite incorporar capas y servicios propios para ampliar las posibilidades de análisis. La interoperabilidad hace posible que la información geográfica deje de estar limitada a una única aplicación o institución y pueda combinarse con otros datos para responder nuevas preguntas sobre el territorio.

SignA: un SIG en Internet

Cuando el CNIG comenzó el desarrollo de SignA en 2009, el objetivo no era crear un nuevo visualizador cartográfico en Internet. La finalidad era más ambiciosa: integrar la información geográfica del Instituto Geográfico Nacional en un sistema de información geográfica para su visualización, consulta y análisis a través de Internet, poniendo esa capacidad al alcance de cualquier persona mediante una aplicación web.

Esta filosofía ha acompañado a SignA desde la publicación de su primera versión en 2010 y continúa vigente. A lo largo de estos años, las mejoras funcionales y los cambios tecnológicos han ampliado sus capacidades, manteniendo inalterado su propósito.

El trabajo con un SIG suele implicar una serie de fases: captura de datos, modelado, integración, edición, carga de la información en una base de datos y, finalmente, consulta y análisis. En SignA, todas estas fases, desde la captura hasta la carga de los datos, que concentran gran parte del trabajo, ya se han realizado. De este modo, es posible comenzar a trabajar desde el primer momento, sin necesidad de



Cálculo de perfiles topográficos en SignA. Ruta en formato KML del Camino Schmid hasta el Puerto de la Fuenfría. Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama, provincia de Segovia.

crear y mantener una base de datos propia, y centrarse directamente en la consulta, el análisis y la interpretación de la información.

Sobre esta base, SignA permite incorporar información geográfica propia almacenada localmente en distintos formatos y consumir servicios web interoperables publicados por otras organizaciones. De este modo, es posible integrar y analizar conjuntamente datos de diferentes orígenes en el contexto que proporciona la información geográfica del IGN, ampliando las posibilidades de estudio del territorio.

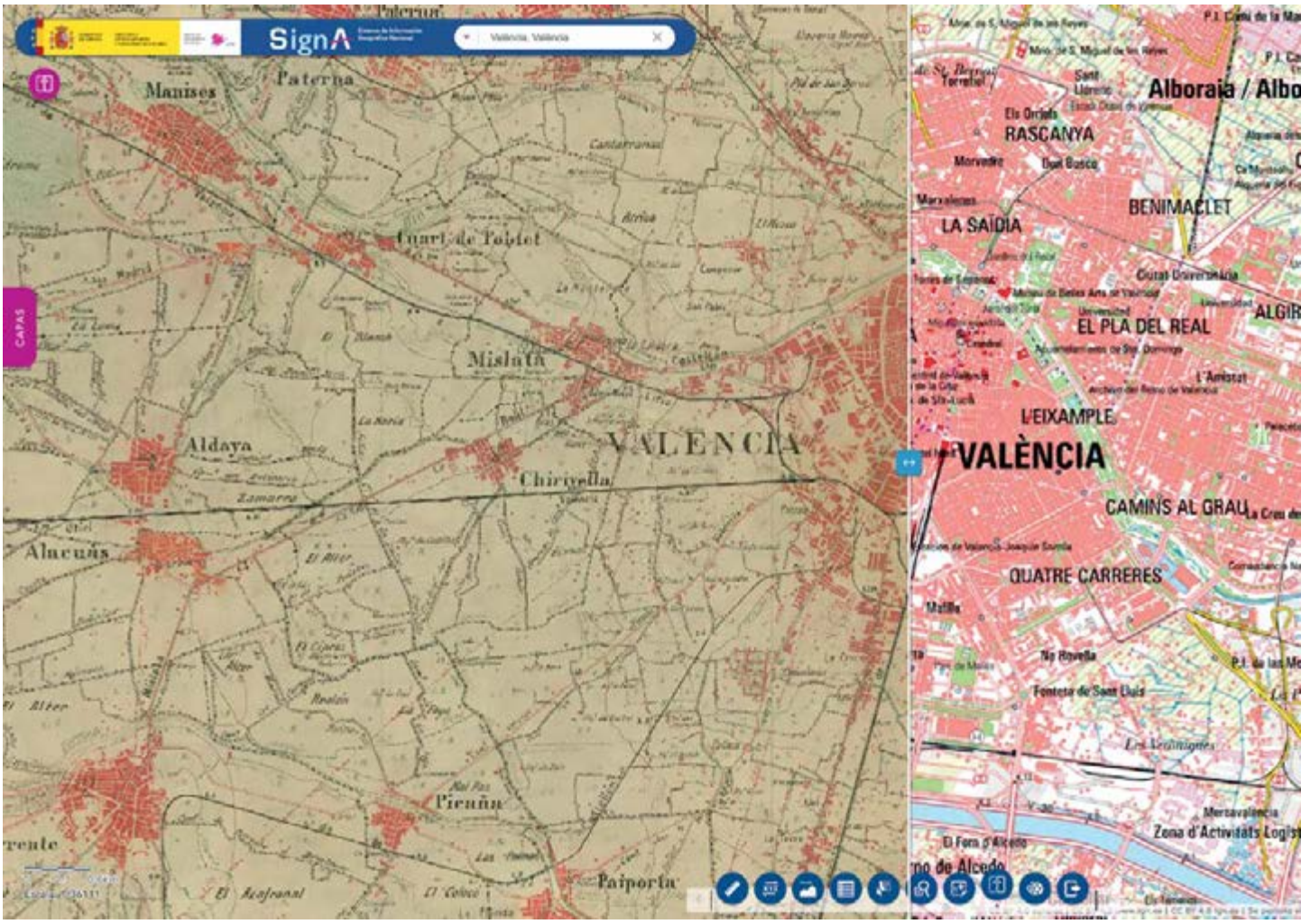
Gracias a este planteamiento, SignA encuentra aplicación en ámbitos muy diversos. Puede servir de apoyo a la gestión y planificación del territorio, proporcionar una primera aproximación al análisis espacial en situaciones de emergencia y protección civil, convertirse en un recurso didáctico para la enseñanza y el aprendizaje de los SIG o ayudar a cualquier persona a integrar, contextualizar y analizar su propia información geográfica sin necesidad de instalar *software* especializado. Estos son solo algunos ejemplos de las múltiples posibilidades que ofrece esta herramienta concebida para adaptarse a muy distintas necesidades.

SignA no pretende sustituir a los SIG de escritorio, cuya capacidad de edición, modelización, procesamiento y análisis avanzado continúa siendo imprescindible en numerosos proyectos. Su objetivo es acercar las capacidades fundamentales de un sistema de información geográfica a cualquier persona desde un navegador web, accesible a través de la dirección web https://signa.ign.es.

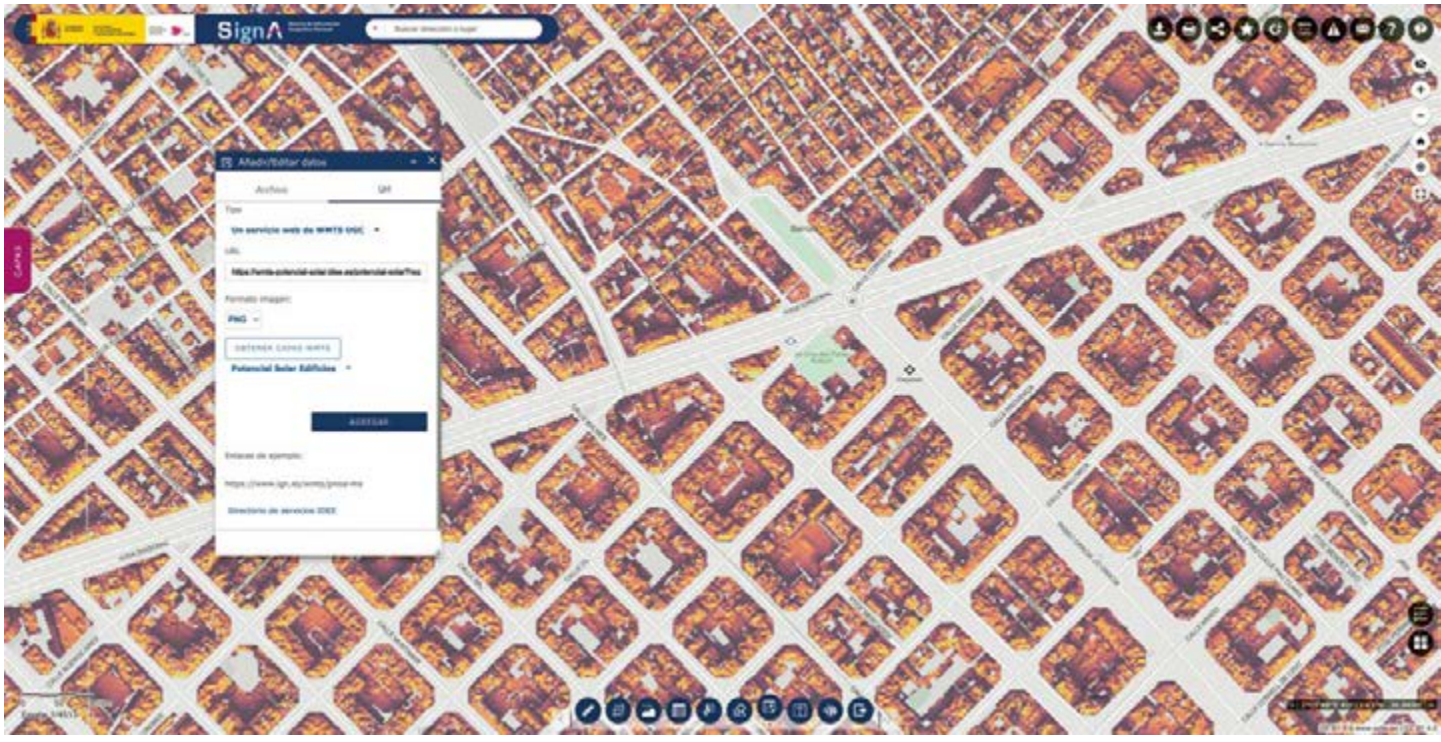
Las funcionalidades de SignA

El verdadero potencial de SignA reside en la explotación de la información geográfica mediante herramientas que permiten responder preguntas, descubrir relaciones espaciales y apoyar la toma de decisiones.

Actualmente integra más de 170 capas de información organizadas temáticamente, que abarcan las unidades administrativas, las redes de transporte, la hidrografía, la orografía, las construcciones, los servicios e industria, los espacios protegidos, las redes geodésicas y muchos otros elementos del territorio. Cada una de estas capas reúne un conjunto homogéneo de entidades geográficas, como municipios, ríos, autovías, instalaciones sanitarias o refugios de montaña, junto con la información descriptiva asociada a cada una de ellas. Esta información procede, en su mayoría, de la Base Topográfica Nacional (BTN) y de la Información Geográfica de Referencia del IGN, y puede visualizarse sobre diferentes mapas base, entre los que destacan la imagen aérea más actualizada, las series cartográficas nacionales —como el Mapa Topográfico Nacional a escalas 1:25 000 y 1:50 000—, la cobertura del suelo y otros productos cartográficos de referencia. Además, SignA ofrece acceso a fondos cartográficos e imágenes históricas, como las minutas cartográficas o las ortofotografías históricas —entre ellas el Vuelo Americano de 1956-1957 y las distintas coberturas disponibles del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA)—, lo que permite analizar la evolución del territorio a lo largo del tiempo. La aplicación incorpora también las capas del Atlas Didáctico del IGN, reforzando su utilidad como herramienta de



Comparación de mapas en SignA. A la izquierda, la primera edición del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50 000; a la derecha, su edición actual. Valencia.



Carga de datos externos en SignA. Servicio WMTS del potencial solar de edificios (IDEE). Barcelona.



apoyo a la enseñanza y a la divulgación de la información geográfica.

La exploración de esta información se apoya en un conjunto de herramientas de uso general que facilitan el trabajo sobre el territorio. El buscador permite localizar entidades de población, nombres geográficos, direcciones postales, puntos kilométricos y referencias catastrales. A ello se suman la medición de distancias y superficies, la localización y transformación de coordenadas entre distintos sistemas de referencia, la impresión de mapas en diferentes formatos, escalas y sistemas de referencia, el dibujo de geometrías y anotaciones sobre el mapa, la comunicación de incidencias para contribuir a la mejora continua de la información geográfica del IGN y la obtención de perfiles topográficos, especialmente útiles para planificar recorridos excursionistas o analizar el relieve antes de emprender una ruta.

Una de las funcionalidades más versátiles es el comparador, que permite analizar simultáneamente diferentes fuentes de información geográfica. Es posible comparar cartografía oficial con ortofotografías actuales o históricas, superponer capas de SignA y contrastarlas con información incorporada por la persona usuaria, ya sea mediante datos propios o servicios web. De este modo resulta sencillo apreciar la evolución de un territorio, identificar cambios en el paisaje o comparar distintas representaciones de una misma realidad geográfica.

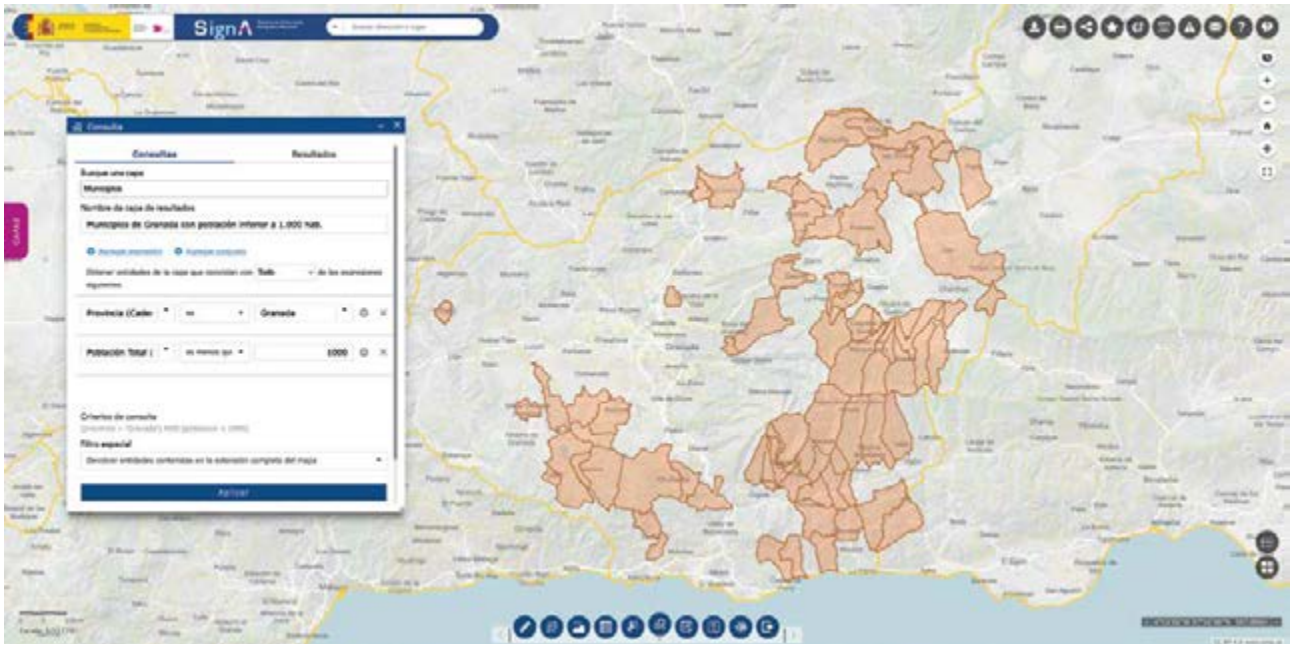
Sin embargo, donde SignA muestra plenamente su naturaleza como sistema de información geográfica es en las herramientas de consulta y análisis. Las consultas pueden ser alfanuméricas, lo que permite seleccionar entidades en función del valor de sus atributos y responder preguntas como qué municipios tienen menos de un determinado número de habitantes, qué carreteras pertenecen a una determinada Administración o qué embalses superan una determinada superficie.

Las consultas también pueden ser espaciales. Al incorporar la dimensión geográfica al análisis, permiten descubrir relaciones entre distintos elementos del territorio. Gracias a ellas, es posible identificar, por ejemplo, los embalses que podrían verse afectados por un vertido tóxico en un río, los municipios por los que discurre un cauce en situación de riesgo de desbordamiento o qué municipios costeros de una determinada zona participarían en un simulacro de tsunami y estimar, a partir de la información asociada a esas entidades, la población potencialmente implicada.

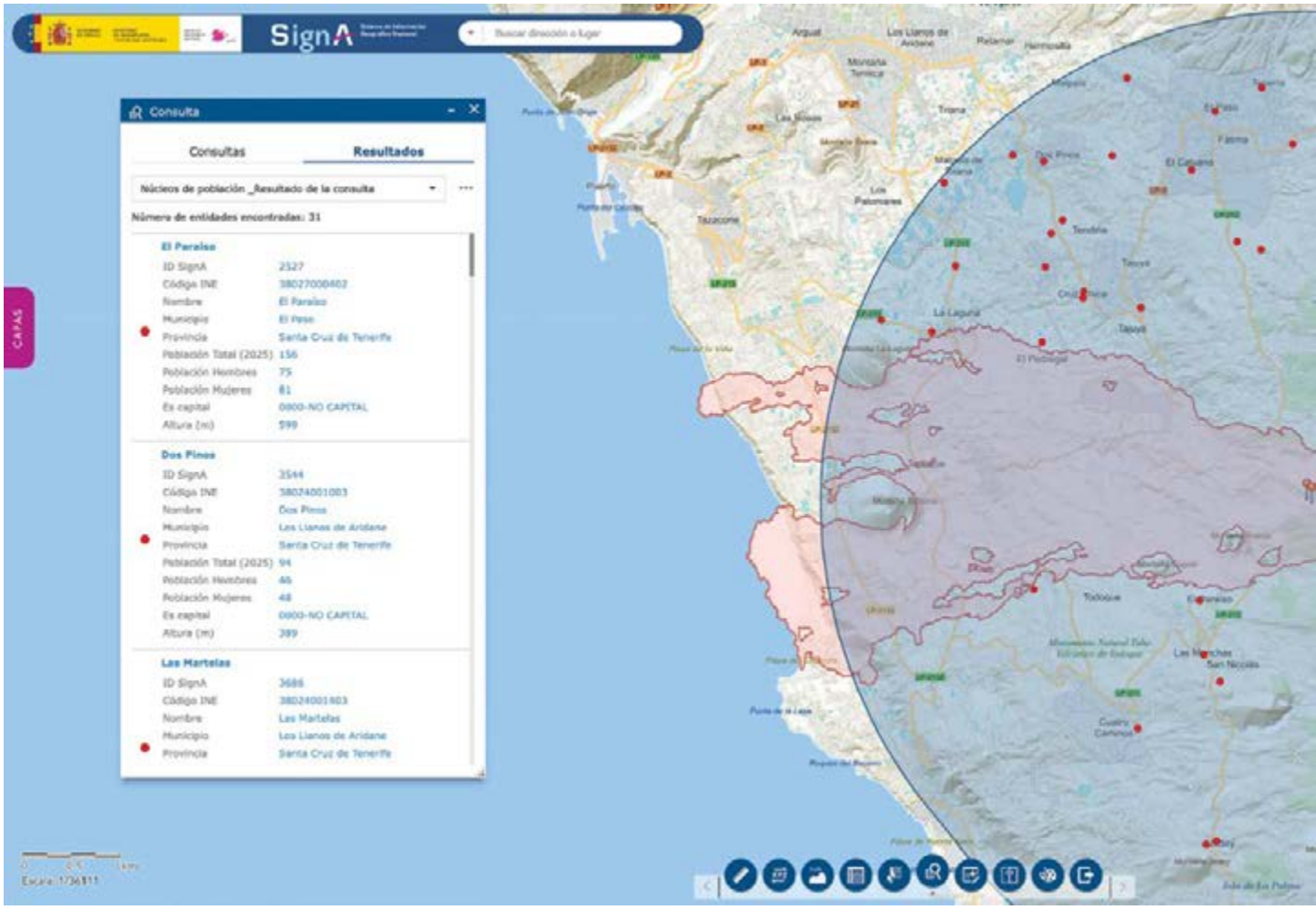
Asimismo, facilitan el análisis conjunto de la información oficial del IGN con capas incorporadas por la persona usuaria, como la delimitación de una colada volcánica, para identificar las carreteras u otras infraestructuras que podrían verse afectadas. Este tipo de análisis puede proporcionar una primera aproximación en situaciones de emergencia y protección civil, donde conocer rápidamente las relaciones espaciales entre distintos elementos del territorio resulta esencial para apoyar la toma de decisiones.

Otro tipo de consulta que puede realizarse con SignA es el cálculo de áreas de influencia o *buffers*, que permiten delimitar un entorno alrededor de cualquier entidad e identificar las entidades que están dentro de él. Así, pueden localizarse los núcleos de población que sería necesario evacuar en un determinado radio alrededor de una central nuclear, identificar los embalses situados en las proximidades de un incendio forestal, localizar los servicios disponibles alrededor de una infraestructura o evaluar el área potencialmente afectada por una emergencia.

Los resultados obtenidos mediante estas herramientas pueden visualizarse inmediatamente sobre el mapa y exportarse en diferentes formatos de información geográfica, como GeoJSON, Shapefile, GeoPackage, KML, GPX o CSV, lo que facilita su reutilización en otros proyectos. De este modo, una selección realizada en SignA puede incorporarse posteriormente a un SIG de escritorio para continuar con un análisis más avanzado o compartirse con otras personas y organizaciones, integrándose con facilidad en distintos flujos de trabajo. Asimismo, la calculadora de campos permite



Consultas alfanuméricas en SignA. Municipios de la provincia de Granada con una población inferior a 1000 habitantes.



Consultas espaciales y áreas de influencia en SignA. Núcleos de población situados en un entorno de 5 km de las bocas eruptivas de la erupción de La Palma de 2021. La colada volcánica y las bocas eruptivas son ficheros obtenidos de la activación EMSR546 del Servicio de Gestión de Emergencias de Copernicus (CEMS).

generar nuevos atributos a partir de la información existente en las tablas, enriqueciendo los resultados obtenidos y ampliando las posibilidades de análisis.

El análisis no termina con la información incorporada por la aplicación. SignA permite añadir datos propios en varios formatos geográficos, así como consumir servicios de información geográfica publicados en Internet, entre ellos WMS, WMTS y servicios de teselas ráster XYZ. De esta forma, la información geográfica oficial del IGN puede combinarse con datos generados por otras Administraciones, proyectos de investigación o cualquier otra fuente de información.



La aplicación incorpora además herramientas orientadas a facilitar la continuidad del trabajo. Es posible guardar una sesión para recuperarla posteriormente, exportar imágenes georreferenciadas, editar datos propios y acceder directamente a otros recursos del IGN. Así, el enlace con el Centro de Descargas del CNIG muestra automáticamente los productos disponibles para la extensión geográfica visualizada en ese momento, mientras que el acceso a «Mapa a la carta» mantiene esa misma zona de trabajo para generar cartografía personalizada sin necesidad de volver a localizar el área de interés. SignA dispone también de una ayuda contextual integrada en la propia aplicación, que describe brevemente cada funcionalidad, y de una ayuda ampliada, accesible desde la aplicación, con explicaciones y vídeos. Además, cuenta con un buzón de atención para resolver dudas o realizar consultas a través del correo signa@transportes.gob.es.

Todo ello puede realizarse directamente desde un navegador web, sin necesidad de instalar *software* ni crear una cuenta de usuario. De este modo, SignA acerca las capacidades fundamentales de un sistema de información geográfica a un público muy amplio, ofreciendo una forma sencilla, intuitiva y accesible de explorar, integrar y analizar la información geográfica.

Un proyecto en continua evolución

Desde su puesta en marcha, SignA ha evolucionado de forma constante para adaptarse a los avances tecnológicos, a la creciente disponibilidad de información geográfica y a las necesidades de las personas usuarias. Esta evolución se ha reflejado tanto en la incorporación de nuevos datos y funcionalidades como en la tecnología sobre la que se sustenta la aplicación. Tras una primera etapa basada en GeoMedia, SignA adoptó posteriormente tecnologías de Esri para aprovechar la evolución de las aplicaciones web y mejorar el rendimiento, la usabilidad y la experiencia de usuario, y acaba de consolidarse con la versión 7.

La evolución de SignA continúa abierta. La incorporación de nuevos datos, funcionalidades y tecnologías permitirá seguir ampliando sus capacidades y responder a nuevas necesidades. Del mismo modo, avances como la inteligencia artificial abrirán nuevas posibilidades que permitirán facilitar la interacción con la aplicación, formular consultas sobre el territorio mediante lenguaje natural y acceder de forma más intuitiva a la información geográfica.

La historia de SignA demuestra que un Sistema de Información Geográfica no es una aplicación terminada, sino un proyecto vivo que evoluciona al mismo ritmo que la información geográfica, las tecnologías y las necesidades de quienes la utilizan. Esa capacidad de adaptación ha permitido que, más de quince años después del inicio del proyecto, SignA continúe siendo una referencia en el acceso, la consulta y el análisis de la información geográfica oficial. Más allá de las tecnologías concretas que puedan incorporarse en el futuro, su objetivo seguirá siendo el mismo: acercar la información geográfica oficial y las capacidades de análisis espacial al mayor número posible de personas. ■



Íñigo Losada,
Premio Nacional de Ingeniería Civil 2026

Descifrando los océanos



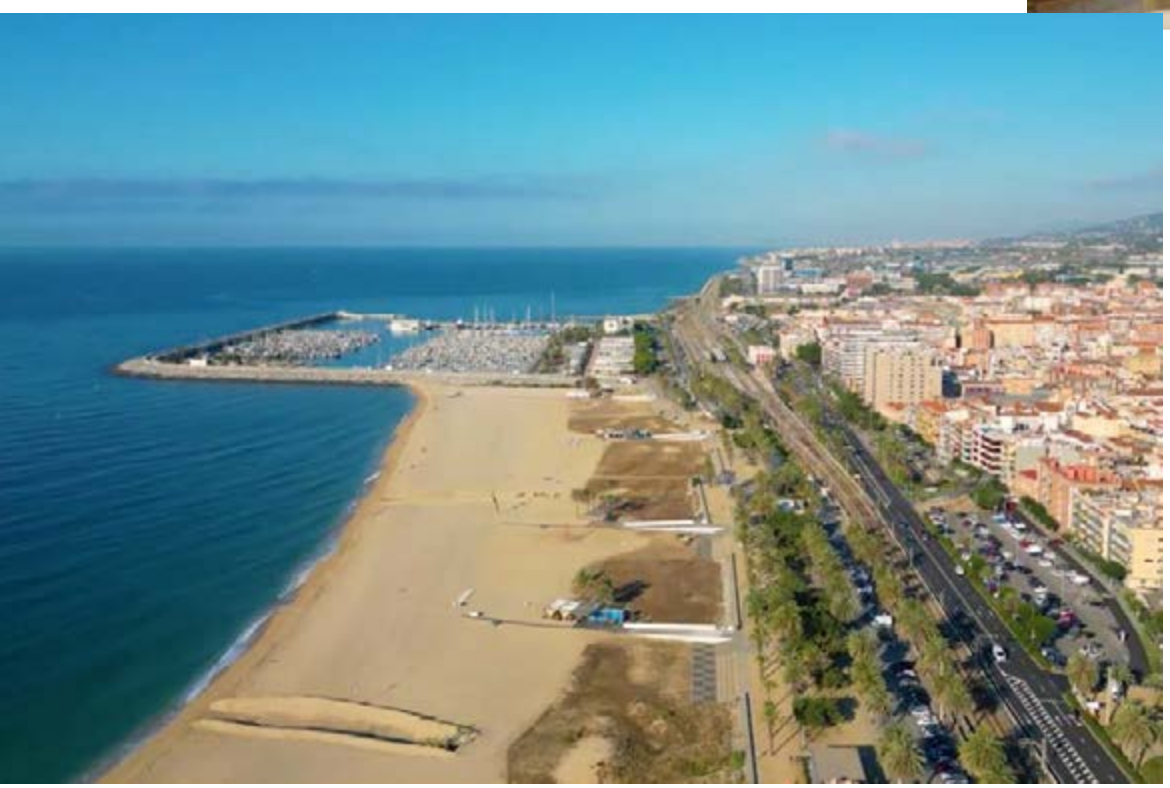
El Premio Nacional de Ingeniería Civil del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible reconoce en su edición de 2026 la singular trayectoria profesional de Íñigo Losada, referente internacional en ingeniería marítima, ingeniería de costas y adaptación al cambio climático, que ha contribuido a situar la ingeniería civil española en la vanguardia mundial. Su figura es un ejemplo de excelencia científica, liderazgo institucional, transferencia de conocimiento e impacto en las políticas públicas.

- Texto: Javier R. Ventosa
- Fotos: IHCantabria

Los contextos familiares son origen frecuente de vocaciones profesionales. Es el caso de Íñigo Losada Rodríguez (Bilbao, 1962), que lleva la carrera académica en los genes: nieto y sobrino de maestros y profesores de instituto, el menor de seis hijos de un catedrático de Análisis Matemático –de quien seguramente heredó su gusto por las matemáticas y la física– y hermano de tres profesores universitarios e investigadores, cuyo camino terminó emulando. Fue precisamente su hermano y mentor Miguel Ángel, catedrático de Ingeniería Hidráulica y referente nacional en ingeniería marítima y portuaria, quien, en el momento crítico de elegir carrera, le enfiló hacia la ingeniería de caminos, canales y puertos como la mejor opción para enseñar, investigar y trasladar sus conocimientos a la sociedad. Por otro lado, el mar, ámbito de sus investigaciones, le ha acompañado desde niño y como joven, en Luarca y Bilbao, y, ya como adulto, en Santander, desde donde ha dedicado su carrera a descifrar el comportamiento de los océanos y su impacto en el litoral. En esta simbiosis entre la enseñanza, la ingeniería y el mar se encuentra la esencia de una trayectoria profesional muy singular.

En 2026, el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible le ha otorgado el Premio Nacional de Ingeniería Civil por su reconocida trayectoria nacional e internacional en el sector de la ingeniería de costas y marítima y la adaptación al cambio climático, «caracterizada por la excelencia científica, el liderazgo institucional en I+D+i y la transferencia efectiva de conocimiento al sector productivo y a las Administraciones Públicas». El jurado del premio ha reconocido la «determinante contribución» de Losada «en el desarrollo de nuevas metodologías, modelos y herramientas para el análisis de procesos costeros y su interacción con infraestructuras, así como en la incorporación del enfoque de riesgo climático en la planificación y gestión de infraestructuras». Este reconocimiento, el máximo para un ingeniero de caminos en España, recompensa a quien ha abierto nuevos caminos y ha contribuido a situar a España en una posición de liderazgo internacional en ingeniería oceánica. Es la primera vez en la historia del premio, iniciada en 2001, en que éste recae en dos miembros de la misma familia, ya que su hermano Miguel Ángel fue reconocido con el mismo galardón en la edición de 2018.





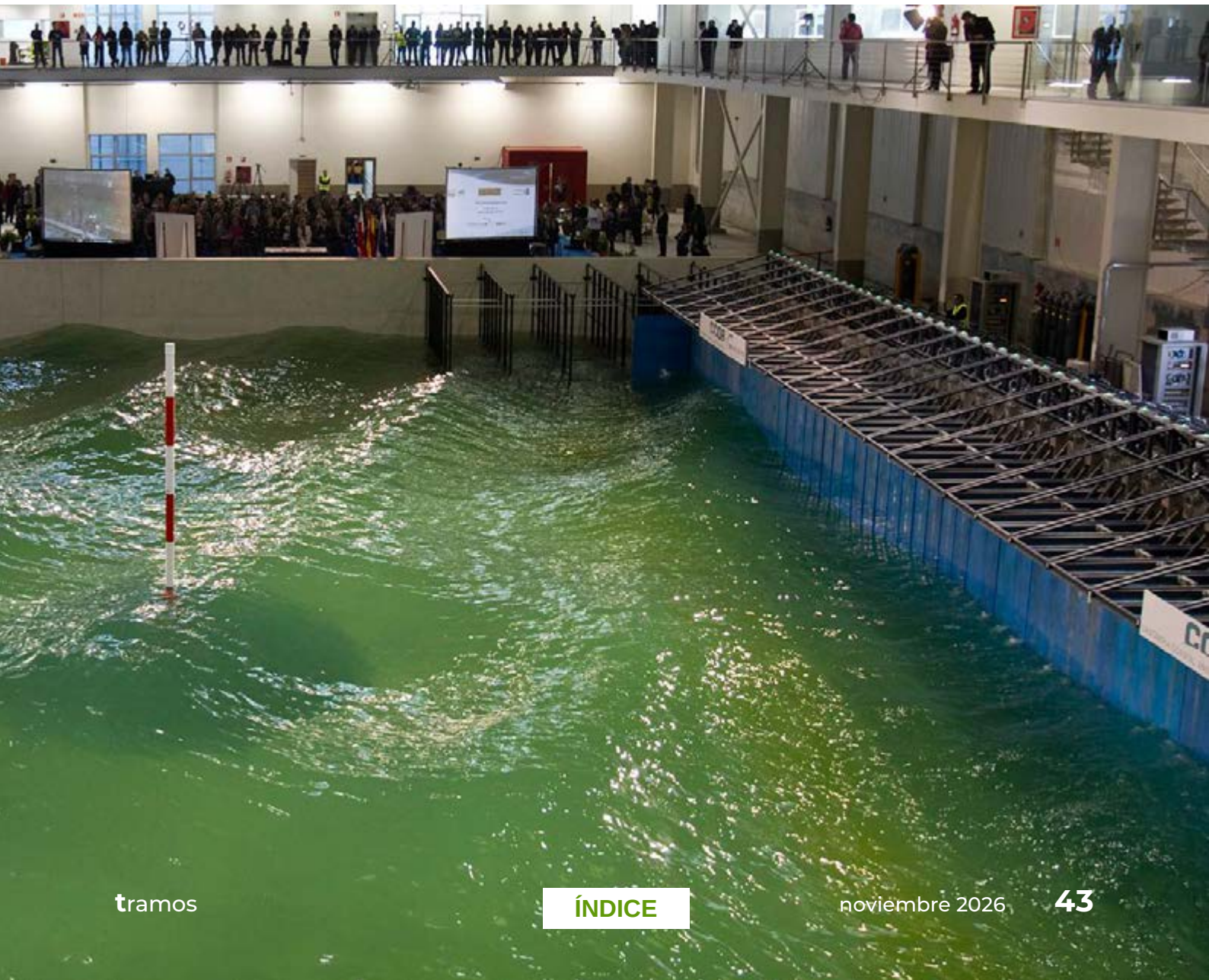
La costa, donde interaccionan los procesos oceánicos y terrestres, es el ámbito de investigación preferente de Losada.

Trayectoria

Estudió la carrera en la Universidad de Cantabria, doctorándose en 1991. Un primer punto de inflexión en su trayectoria fue la realización de un segundo doctorado (PhD) en Ingeniería Civil por la Universidad de Delaware y el desarrollo de su actividad investigadora, entre 1989 y 1992, en el Centro de Investigación Costera Aplicada de la Escuela de Ingeniería Civil y Ambiental de dicha universidad, uno de los centros de ingeniería costera y oceánica más avanzados de Estados Unidos. Allí, de la mano de una generación de profesores que marcaron la historia reciente en este campo, investigó y aprendió el estado del arte del conocimiento sobre oceanografía costera, doctorándose en 1996 en Ingeniería Civil. De regreso a España, desarrolló su actividad como profesor e investigador en la Universidad de Cantabria, realizando proyectos de ingeniería portuaria y costera. En 2001 tuvo su primer contacto con el mundo del cambio climático a raíz de una solicitud de apoyo de la Dirección General de Costas a la Universidad de Cantabria para caracterizar el impacto de este fenómeno en la costa española. «Fue una oportunidad –ha dicho– para poner en práctica nuestro conocimiento para mejorar el bienestar y el futuro de las personas, algo que considero intrínseco a la ingeniería».

En 2007 inició su actividad el Instituto de Ingeniería Hidráulica de Cantabria (IHCantabria), centro de innovación promovido por la Universidad de Cantabria y el Gobierno autónomo, dedicado al ciclo integral del agua, del cual Losada fue cofundador y primer director hasta 2011, así como director de Investigación desde ese año hasta julio pasado. Este centro incluye una Infraestructura Científico Técnica Singular

Generación de oleaje en el Gran Tanque de Ingeniería Marítima de IHCantabria.



(ICTS) con varios laboratorios, una instalación de experimentación de vanguardia como el Cantabria Coastal and Ocean Basin (CCOB) –uno de los mayores tanques de pruebas de Europa, dedicado a la ingeniería de puertos y costas y al desarrollo de tecnologías de energía *offshore*, del que Losada es director científico– y un equipo multidisciplinar formado hoy por 220 investigadores y tecnólogos que realiza más de 100 proyectos al año.

El instituto, toda una referencia mundial en ingeniería marítima y oceánica, genera conocimiento científico-técnico de vanguardia que se materializa en bases de datos, servicios vinculados al clima, modelos de simulación avanzados para la costa y los puertos, análisis de riesgo, herramientas de ayuda a la toma de decisiones o tecnologías para la implementación de actuaciones en el litoral, a los cuales se ha integrado también la componente del cambio climático para desarrollar marcos y herramientas específicos**.** Para Losada, ver crecer el instituto desde su fundación hasta convertirse en una referencia española en el mundo es, probablemente, «la satisfacción profesional más grande» de su carrera. Desde este centro ha realizado sus investigaciones y la dirección y participación en proyectos tanto nacionales como europeos.

Tres dimensiones

En su trayectoria, Losada ha conjugado las tres actividades que desarrolla IHCantabria: la formación, la investigación y la transferencia de conocimiento. En el ámbito de la docencia, como profesor y como catedrático de Ingeniería Hidráulica desde 1999 hasta su excedencia el pasado julio, ha contribuido a la formación de generaciones de ingenieros de caminos de la



Edificios de IHCantabria, en Santander.

Escuela de Santander, a los que ha transmitido los conocimientos más avanzados del momento. Fundador y director de varios programas de máster y doctorado y de programas internacionales de intercambio, ha impartido también cursos de especialización en universidades internacionales y dirigido 30 tesis doctorales a jóvenes investigadores, algo de lo que se siente especialmente orgulloso. Su labor se ha extendido asimismo a la formación de profesionales



Intervención de Losada en el Curso Iberoamericano de Tecnología, Operaciones y Gestión Ambiental de Puertos.



para Administraciones Públicas y empresas a nivel internacional, destacando la codirección durante 15 años del Curso Iberoamericano de Tecnología, Operaciones y Gestión Ambiental en Puertos, además de otros cursos en Latinoamérica, Egipto o Filipinas.

En el ámbito de la investigación –algo que, apunta, requiere «curiosidad, tesón y pasión»–, su actividad principal se caracteriza por observar, entender y modelar la variabilidad, a diferentes escalas temporales y espaciales, de las dinámicas marinas (oleaje, corrientes y niveles del mar), integrándolas con el componente del cambio climático para predecir su impacto en el litoral y encontrar soluciones para alcanzar la sostenibilidad de los sistemas naturales y socioeconómicos de la costa. Esta investigación se basa en un enfoque multidisciplinar. Sus contribuciones abarcan desde avances decisivos en la comprensión de la dinámica costera –incluyendo la primera evidencia de la relación entre el calentamiento global y la energía del oleaje a escala global– hasta el desarrollo de modelos numéricos avanzados para la interacción entre procesos costeros e infraestructura, pasando por la demostración y evaluación de la capacidad de los ecosistemas costeros para proteger la costa, la creación de metodologías probabilísticas para el análisis de riesgos climáticos y el desarrollo de herramientas para la toma de decisiones de adaptación al cambio climático en la costa. Desde IHCantabria también ha desarrollado metodologías, herramientas y tecnologías para la ingeniería portuaria, el diseño y construcción de infraestructuras costeras y los sistemas de energía *offshore*, principalmente undimotriz y eólica.

Su producción científica sobresale tanto por su volumen como por su calidad e impacto global. Con más de 200 artículos indexados que llevan su firma, ha sido reconocido como Clarivate Highly Cited Researcher, situándose entre el 1 % de autores más citados del mundo –único ingeniero de caminos español que ha alcanzado ese reconocimiento– y aparece en posiciones de liderazgo en varias clasificaciones internacionales, entre ellas como primer investigador más citado del mundo en

Reconocimientos

El Premio Nacional de Ingeniería Civil 2026, que se entregará próximamente, es el último de una larga lista que reconoce la trayectoria de Losada. En esa lista destacan, a nivel internacional, el Premio John G. Moffat-Frank & E. Nichol Harbor de la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE) en 2017 –primera vez en 40 años que se concede a un investigador que trabaja fuera de Estados Unidos–; y los máximos premios de las dos principales asociaciones mundiales de su disciplina: el M. Selim Yalin Award de la Asociación Internacional de Investigación e Ingeniería Hidroambiental (IAHR, por sus siglas en inglés), en 2021, y el International Coastal Engineering Award de la ASCE, en 2024, siendo el único ingeniero del mundo que ha obtenido ambos.

A nivel nacional ha recibido, entre otros, el Premio Jaume I de Protección del Medio Ambiente (2018), el Premio Nacional de Investigación Leonardo Torres Quevedo (2022) y el Premio Nacional de Medioambiente Lucas Mallada, otorgado por Miteco en 2024.



Puerto exterior de A Coruña, en Punta Langosteira. Asociación de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.



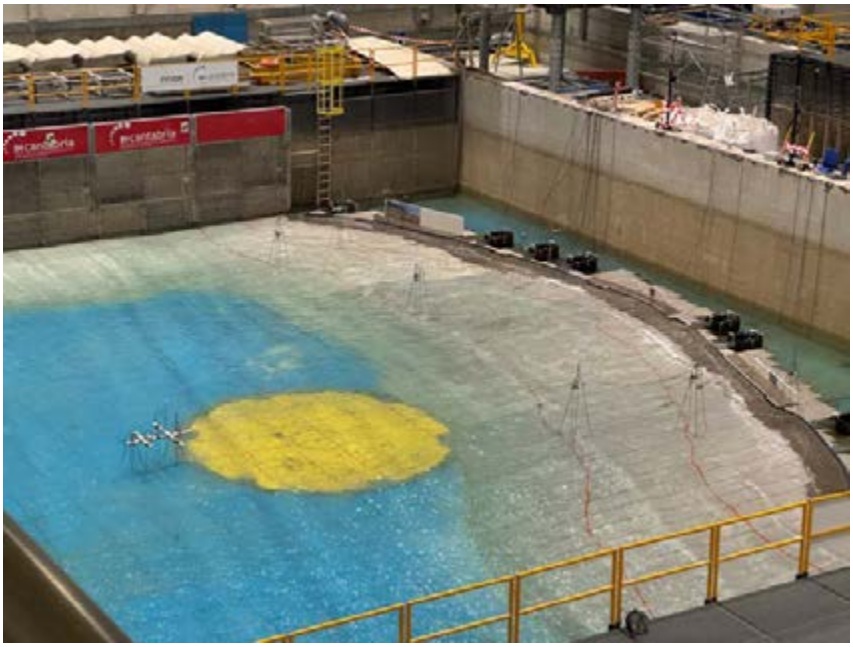
Losada ha sido un gran impulsor de la tecnología de la energía *offshore*.

ingeniería de costas y segundo en ingeniería oceánica, como el investigador con mayor impacto científico histórico en la ingeniería de costas, según Scholar GPS, o como el investigador español en ingeniería civil con mayor impacto científico absoluto, según la Universidad de Stanford. Ha dirigido más de 20 proyectos de investigación europeos y 16 proyectos nacionales competitivos, además de participar como investigador en varios proyectos adicionales. A ello hay que sumar una abundante actividad divulgadora de los avances en ingeniería marítima en conferencias, comisiones y congresos, así como una destacada labor editorial en este campo.

La investigación en Losada no puede entenderse sin la transferencia de los conocimientos obtenidos para su aplicación práctica, en línea con uno de los cometidos de IHCantabria, que ejerce como puente entre la investigación y la gestión real a través de la generación de conocimientos y tecnologías que pone al servicio de Administraciones públicas y empresas para que, siempre sobre la base científica y la innovación, adopten las decisiones más idóneas o que sean más competitivas y eficientes. En este ámbito, ha dirigido más de 80 proyectos de transferencia e innovación en una treintena de países, en colaboración con el sector privado y el público.

En el campo empresarial, ha contribuido al desarrollo de sistemas innovadores para la construcción de obras marítimas, técnicas avanzadas para la operación y mantenimiento de parques *offshore* y modelos numéricos pioneros de interacción oleaje-estructura,

colaborando con empresas líderes del sector. Cabe destacar su aportación a proyectos en los principales puertos españoles (A Coruña, Bahía de Algeciras, Barcelona, Bilbao y Gijón) y otros en el exterior, incluyendo la aplicación de un novedoso sistema operacional para la construcción en el puerto exterior de Langosteira que, combinando datos de dinámicas marinas, modelos de interacción flujo-estructura de última generación y procesos constructivos, permitió a la constructora optimizar su eficiencia y evitar accidentes. Este sistema ha sido luego aplicado en otros proyectos de construcción portuaria y de puentes en bahías, y ha dado lugar a aplicaciones en el ámbito de la defensa. Otra iniciativa pionera con su participación ha sido el desarrollo de la metodología del primer seguro paramétrico para arrecifes frente a huracanes en México. En I+D, además, es coautor de ocho patentes en energía *offshore* flotante, tecnología a cuyo despliegue ha contribuido de forma temprana a nivel internacional.



Ensayo en IHCantabria del proyecto para evitar inundaciones en el malecón de La Habana.

Políticas públicas

En el ámbito público e institucional, Losada ha realizado varios proyectos de transferencia de conocimientos para la Comisión Europea y para gobiernos y organismos multilaterales (Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, agencias de la ONU) y, a escala nacional, para el Ministerio de Medio Ambiente, Puertos del Estado, autoridades portuarias, comunidades autónomas y ayuntamientos. Su mayor hito profesional en este ámbito fue la coordinación, entre 2011 y 2015, del capítulo sobre impactos y adaptación en zonas costeras del *V Informe del Panel Intergubernamental de expertos en Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC)*, que presentó a los tomadores de decisiones mundiales la evidencia científica del cambio climático en las costas y que ha servido de base para las políticas de adaptación. La participación en este evento global



Visor del proyecto CRE sobre empleo de manglares como protección de la costa frente al cambio climático.



Predecir el impacto del cambio climático en la costa es una línea de investigación prioritaria para Losada.

fue un punto de inflexión en su trayectoria, cada vez más orientada a la investigación sobre el cambio climático. «Supuso un salto cualitativo en conocimiento y calidad del trabajo sobre el que se ha construido la última parte de mi carrera», asegura.

Otras actividades de transferencia relevantes han sido los primeros estudios de riesgos asociados al cambio climático en las costas de la UE, encargado por la Comisión Europea, y de América Latina y el Caribe, auspiciado por la CEPAL, englobados dentro del proyecto Adaptación al Cambio Climático en la Costa, o la elaboración para el Banco Mundial de la metodología y las herramientas para evaluar los riesgos económicos y financieros, debidos al cambio climático, sobre las inversiones de este organismo en puertos, aeropuertos, ferrocarriles y carreteras en todo el mundo. También cabe resaltar su coautoría en la elaboración de guías de referencia en materia de riesgos climáticos para dos de las mayores

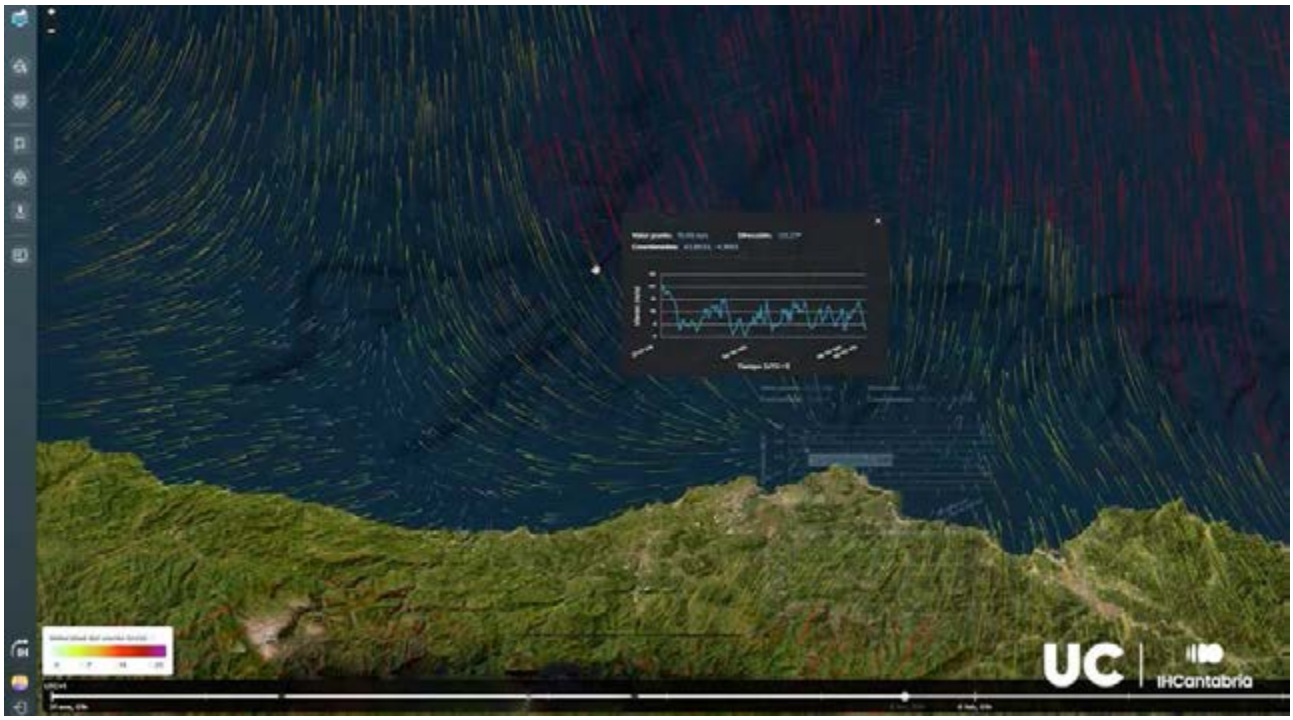


Slimmars 13 / Pexels.

organizaciones mundiales del sector portuario y la ingeniería hidráulica, así como la coordinación, para la Agencia Española para la Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), de la primera guía sobre riesgos y adaptación al cambio climático en la costa, que ha sido adoptada por 17 países latinoamericanos.

Cambio climático en España

A escala nacional, Losada e IHCantabria colaboran desde hace años con los ministerios responsables de la política medioambiental en materia de cambio climático, contribuyendo a las políticas públicas de adaptación y mitigación, que son el principal instrumento para hacer frente al que está considerado como el mayor desafío de la humanidad. En este campo han desarrollado nuevas metodologías, aplicables desde la escala global a la local, para determinar cómo los cambios en el clima, a diferentes escalas temporales que van desde los eventos meteorológicos extremos hasta los cambios a



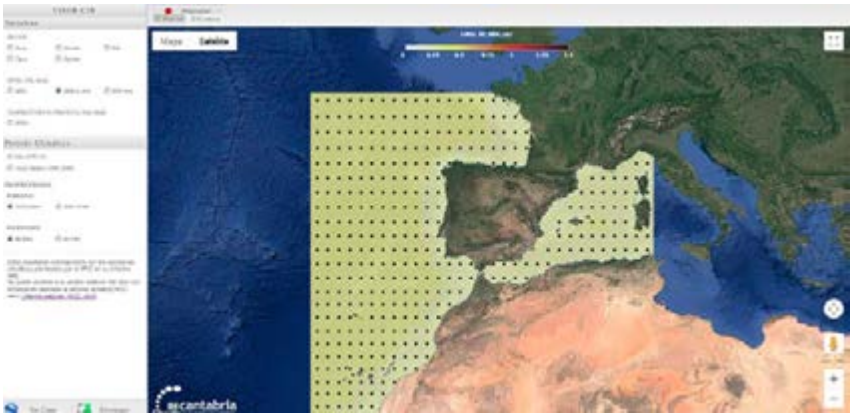
Aplicación web DSS SEMAR, herramienta de apoyo para operaciones de vigilancia marítima de la Guardia Civil.

largo plazo, desencadenan impactos como erosión, inundaciones o cambios en la temperatura del mar que afectan directamente a los ecosistemas, a la población y a la actividad económica en la costa. Asimismo, han creado herramientas predictivas para apoyar la toma de decisiones de los organismos oficiales, entre ellas el visor C3E, surgido del proyecto Cambio Climático en la Costa Española, que realiza proyecciones futuras de clima marítimo en distintos escenarios y pronostica su impacto en la costa. Otra línea de colaboración es el desarrollo de soluciones de adaptación basadas en la naturaleza para su implementación en zonas costeras y portuarias.

En este proceso de colaboración institucional, cabe destacar también su participación como experto en el proceso legislativo español sobre cambio climático y la autoría de la *Estrategia de adaptación al cambio climático en la costa española* (2017). Más recientemente ha coordinado la primera Evaluación de Riesgos e Impactos del Cambio Climático en España (ERICC), elemento nuclear del Plan de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), que identifica, caracteriza, evalúa y prioriza los riesgos asociados al cambio climático y orienta sobre las políticas de adaptación.

Un hito especial en la colaboración con los ministerios medioambientales ha sido el programa estatal PIMA Adapta Costas para la protección del litoral de la erosión y la subida del nivel del mar, al que IHCantabria contribuyó con un proyecto piloto en Asturias que permitió desarrollar la metodología y las bases de datos necesarios para un análisis de los riesgos derivados del cambio climático en la costa de esa comunidad. Esa metodología ha sido transferida a otras comunidades autónomas para elaborar análisis de riesgos de sus costas y establecer políticas de adaptación. Según Losada, este proyecto, que ha sido integrado en el PNACC, «fue el primer análisis de riesgo de alta resolución de la costa del mundo con cobertura nacional».

Entre los proyectos con organismos públicos españoles más recientes en los que participa Losada, destacan dos. El primero, en colaboración con la Dirección General de la Costa y el Mar del



Visor web del proyecto C3E para la costa española.



IHCantabria promueve las soluciones basadas en la naturaleza para proteger la costa frente al cambio climático.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, es el desarrollo de un gemelo digital del litoral español, instrumento orientado a la adaptación de la costa al cambio climático, único en el mundo, que presentará los diferentes escenarios de riesgo, la elección de soluciones y la aplicación de modelos para conocer la respuesta de la costa. El segundo, para Puertos del Estado, es la evaluación de los riesgos del cambio climático de los 46 puertos de interés general españoles, que permitirá a las autoridades portuarias diseñar sus planes de adaptación, así como el futuro desarrollo del Observatorio Portuario de Cambio Climático.

Cambio de paradigma

Íñigo Losada considera que la ingeniería civil debe jugar un papel central en la lucha contra el cambio climático, pero se debe cambiar el paradigma clásico para afrontar este desafío con la adopción urgente de medidas de adaptación y mitigación si se quiere garantizar la sostenibilidad, la coexistencia de los sistemas naturales costeros y la resiliencia de las infraestructuras. Para ello, la ingeniería «debe traspasar sus fronteras tradicionales, trabajar conjuntamente con otras disciplinas y crear nuevos conceptos, teorías, metodologías e innovación que crucen los límites de esas disciplinas», según afirmó en su discurso de ingreso en la Real Academia de Ingeniería, en 2019.

Este enfoque, que promueve una ingeniería para y con la costa, con aportaciones de la economía azul, debe apoyarse en cuatro principios generales: la mejora del conocimiento de los procesos físicos que producen los cambios en el litoral, ya sea mediante la adopción de escalas espaciales mayores o de horizontes temporales más largos, la búsqueda de soluciones con una visión multipropósito, y la implementación de soluciones basadas en la naturaleza o híbridas para la protección de los elementos expuestos en la costa. IHCantabria y Losada trabajan desde hace años en esta línea.

«Hoy se demanda un ingeniero civil más renacentista que nunca»

Íñigo Losada reflexiona sobre la ingeniería civil, los avances en la comprensión de las dinámicas marinas y el desafío del cambio climático

¿Cómo valora la concesión del Premio Nacional de Ingeniería Civil?
Lo recibo, ante todo, como un reconocimiento a una carrera profesional que se ha sustentado sobre años de colaboración con muchas personas e instituciones. También lo entiendo como una responsabilidad añadida, pues se reconoce también la labor en temas muy concretos de la ingeniería civil como son el litoral, el cambio climático o la resiliencia de las infraestructuras, que necesitan mantenerse en la agenda pública mucho más allá de un premio puntual. En definitiva, lo entiendo como un estímulo para seguir trasladando el conocimiento científico a decisiones concretas en las políticas de infraestructuras y en el desarrollo de la actividad privada en nuestro sector.

¿Están preparados los ingenieros civiles españoles para afrontar las necesidades actuales de la sociedad?
Su formación técnica sigue siendo muy sólida, y así lo demuestra el reconocimiento internacional que tienen. El reto actual no es tanto de base técnica como de capacidad de adaptación: hoy se exige a un ingeniero civil que entienda de inteligencia artificial, riesgo climático, ciencia de datos, de sostenibilidad, de internacionalización y de comunicación con la sociedad, además de los contenidos clásicos como el cálculo estructural o la hidráulica. Pero es que, además, la ingeniería civil está en la base de las nuevas infraestructuras energéticas, digitales o de defensa. Por tanto, se demanda un ingeniero civil más renacentista que nunca. Las escuelas están incorporando estas competencias, pero el ritmo de los cambios que estamos experimentando obliga a acelerar esa transformación curricular. Desgraciadamente, la lentitud con la que se modifican nuestros planes de estudio y su rigidez impiden la flexibilidad necesaria para cubrir las necesidades presentes y futuras.

¿Qué supone para España el disponer de un centro como IHCantabria?
IHCantabria nació con la vocación de situar a España entre los referentes internacionales en ingeniería y ciencia marítima, y hoy puedo decir que ese objetivo se ha cumplido con creces. Disponer de un centro de estas características significa que las decisiones sobre nuestras costas y puertos se apoyan en modelización avanzada, laboratorios físicos de primer nivel y capacidad de I+D propia, sin depender de conocimiento importado. Y que ese conocimiento revierta, además, en proyectos internacionales en todo el mundo multiplica el retorno científico y económico para el país.

Ha destinado su carrera a comprender la variabilidad de las dinámicas oceánicas (nivel del mar, corrientes, oleaje, temperatura del agua…): ¿Las entendemos suficientemente o nos falta mucho por conocer?
Hemos avanzado enormemente en las últimas tres décadas, sobre todo gracias a la combinación de observación satelital, redes de boyas y modelización numérica de alta resolución. Pero seguimos teniendo incertidumbres relevantes, particularmente en la proyección regional del nivel del mar, en la interacción entre procesos de distinta escala temporal —desde el oleaje en temporales hasta la tendencia climática de décadas— y en cómo esas dinámicas afectan a tramos costeros muy concretos, que es donde realmente se toman las decisiones. Para cerrar esa brecha hacen falta tres cosas: mantener y ampliar las series de observación a largo plazo; invertir en capacidad de cálculo para modelos de mayor resolución integrando todos los avances que nos permite la ciencia de datos y la inteligencia artificial, y, sobre todo, mejorar la conexión entre esa ciencia y quienes tienen que tomar decisiones con ella, porque el conocimiento que no llega a la toma de decisiones pierde buena parte de su valor.



Íñigo Losada, Premio Nacional de Ingeniería Civil 2026, en las instalaciones de IHCantabria.

¿Qué consecuencias más extremas puede tener el cambio climático en las costas? ¿Se deben redimensionar las infraestructuras existentes?

Los escenarios más exigentes combinan la subida del nivel medio del mar con el incremento de la intensidad de los temporales, lo que se traduce en inundaciones costeras más frecuentes, mayor erosión de playas y frentes urbanos, y sobrecostes de mantenimiento y reparación en infraestructuras portuarias y viarias diseñadas para un clima que ya no es el actual. La respuesta no puede ser uniforme: en muchos casos no hace falta un redimensionamiento estructural masivo, sino incorporar criterios de adaptación progresiva –diseño flexible, capacidad de refuerzo por fases, sistemas de alerta temprana– a la gestión del ciclo de vida de la infraestructura existente. Para la infraestructura futura, en cambio, sí es imprescindible proyectar ya con los escenarios climáticos a mitad y final de siglo, y no con las series históricas que hemos usado tradicionalmente.

¿Hay conciencia social suficiente en España sobre el impacto del cambio climático?

Ha mejorado mucho en la última década, pero sigue siendo insuficiente, y de forma desigual. La sociedad percibe con claridad los episodios extremos –una dana, un temporal costero–, pero le cuesta más conectar esos episodios puntuales con una tendencia de fondo que exige decisiones de planificación a largo plazo, muchas veces menos visibles y más costosas políticamente. El reto de la comunidad científica es precisamente ese: traducir la incertidumbre técnica en mensajes claros sobre el riesgo, sin caer ni en el alarmismo ni en la complacencia.

¿Qué papel debe jugar la ingeniería civil en la lucha contra el cambio climático?

Un papel central: es la disciplina que convierte el diagnóstico climático en soluciones construibles, financiables y mantenibles. Muchos me habrán oído decir que el ingeniero de caminos, canales y puertos es el ingeniero de la adaptación al cambio climático por excelencia. Nuestro conocimiento del medio natural, de la planificación y gestión del riesgo y de la implementación de soluciones, ya sean físicas o no y de su mantenimiento, nos hace estar especialmente cualificados para esta labor. Integrar en todo el ciclo de vida de las infraestructuras el efecto del clima con el mismo rigor con que se calcula una carga estructural es esencial y, por formación, solo está a nuestro alcance. ■



ENAIRE y SPATIO: tres años construyendo el futuro U-Space europeo



Imagen aérea del puerto exterior de A Coruña durante las pruebas de SPATIO.

Durante tres años, el proyecto europeo SPATIO ha investigado cómo garantizar operaciones masivas de drones de forma segura dentro del futuro entorno U-Space europeo. Liderado por ENAIRE y coordinado técnicamente por CRIDA, el proyecto ha integrado servicios avanzados de gestión de separación, resolución de conflictos, gestión dinámica de capacidad y mitigación del impacto acústico y del riesgo en tierra. Sus soluciones han sido validadas mediante vuelos reales en España, Irlanda y Rumanía, incluyendo campañas en A Coruña y Madrid. Los resultados demuestran que Europa dispone ya de tecnologías capaces de gestionar operaciones de drones de alta densidad y avanzar hacia el Cielo Digital Europeo.

- **Texto: Alejandro Muñiz Delgado, periodista de ENAIRE**

Cuando tres, cinco o diez drones comparten un mismo volumen de espacio aéreo, mantener la separación entre ellos es una tarea relativamente sencilla. Pero ¿qué ocurrirá cuando muchas más aeronaves tripuladas por control remoto realicen simultáneamente operaciones logísticas, inspecciones industriales, transporte sanitario o movilidad aérea avanzada sobre una misma ciudad? Esa pregunta está en el origen de SPATIO, el proyecto europeo liderado por ENAIRE, con la participación de su filial CRIDA de I+D+i que durante los últimos tres años ha investigado cómo gestionar de forma segura operaciones masivas de drones dentro del futuro entorno U-Space europeo.

Responder a esta cuestión es precisamente el objetivo del proyecto europeo SPATIO (*u-Space sePAraTIOn management*), una de las iniciativas más ambiciosas desarrolladas en el marco del programa SESAR para impulsar el Cielo Digital Europeo. Liderado por ENAIRE y con una destacada participación de CRIDA como coordinador técnico, SPATIO está desarrollando y validando los servicios avanzados que permitirán que los drones convivan de forma segura, eficiente y sostenible en los cielos europeos.

Con una duración comprendida entre septiembre de 2023 y diciembre de 2026, una financiación europea cercana a los siete millones de euros y un presupuesto total superior a los diez millones, SPATIO se encuadra dentro de la iniciativa 'Fast Track' de SESAR y forma parte del área estratégica de U-Space y movilidad aérea urbana. 'Fast Track' es una categoría de proyectos de I+D diseñada para acelerar la maduración y validación de soluciones ATM/U-Space que ya parten de una base tecnológica avanzada, de modo que puedan llegar antes a su despliegue operacional.



Participantes en el Open Day celebrado en A Coruña.

El desafío de la separación entre drones

Mantener una separación segura entre aeronaves constituye una de las funciones esenciales de la gestión del tránsito aéreo. En la aviación tripulada, esta tarea se apoya en procedimientos, sistemas de vigilancia y servicios de control altamente desarrollados. Sin embargo, el escenario cambia radicalmente cuando se habla de miles de drones operando a baja altitud sobre zonas urbanas, corredores logísticos o áreas industriales.

Según explica Pablo Sánchez-Escalonilla, responsable técnico de CRIDA y uno de los coordinadores del proyecto: «Antes de que podamos disponer de un elevado volumen de tráfico de drones transportando mercancías e incluso personas, necesitamos soluciones de gestión de separación que eviten colisiones en vuelo».

La preparación de la separación constituye uno de los pilares fundamentales de U-Space, el marco europeo diseñado para permitir operaciones seguras y automatizadas de aeronaves no tripuladas. Este ecosistema se basa en múltiples capas de seguridad, entre ellas la gestión de demanda y capacidad, la detección y resolución de conflictos y las capacidades de detección y evitación.

Esta gestión de la separación comienza antes del despegue, cuando los planes de vuelo se evalúan en función de la capacidad del espacio aéreo para identificar

Pablo Sánchez-Escalonilla, gerente técnico de CRIDA, expone en A Coruña.





Raquel Moldes, jefa del Departamento de Proyectos de U-Space.

y mitigar los riesgos con antelación. Durante el vuelo, SPATIO puede supervisar la actividad de los drones, predecir conflictos y apoyar medidas de resolución, incluidas maniobras de evitación de colisiones.

«Cuando se prevé un conflicto, la solución trabaja con el piloto del dron para aplicar reglas comunes de resolución y maniobras de evitación de colisiones (una evolución de las tradicionales 'reglas del aire'), guiando de forma segura a la aeronave y permitiendo recuperar el plan de vuelo original con la mínima interferencia posible», señala Sánchez-Escalonilla.

Sin embargo, muchas de estas tecnologías habían evolucionado históricamente de forma independiente. «Muchas de estas capacidades ya existen, pero todavía no habían sido integradas y utilizadas como una solución coordinada de gestión de separación», señala Sánchez-Escalonilla. SPATIO nació precisamente para cerrar esa brecha tecnológica e integrar todas estas funcionalidades en un servicio único y coherente capaz de gestionar entornos de alta densidad de operaciones.

Construyendo una solución integrada

El proyecto ha reunido a algunos de los principales actores europeos del sector aeronáutico y tecnológico. Junto a ENAIRE han participado las empresas, Ineco, AirNav Ireland, Boeing, Collins Aerospace, Deep Blue, D-Flight, EUROCONTROL, EUROUSC, INCAS, Indra, Unifly, ROMATSA, Sopra Steria, Unisphere y VTT.

En España, además de ENAIRE con CRIDA, han desempeñado un papel relevante Ineco, la Universidad Politécnica de Madrid, la Universitat Politècnica de València y el centro tecnológico ITG. Esta combinación de proveedores de navegación aérea, industria, universidades, organismos de investigación y proveedores de servicios U-Space refleja uno de los principios fundamentales del proyecto.

«Al reunir a la industria, los proveedores de navegación aérea, las instituciones y las universidades, pretendemos superar los silos de investigación que tradicionalmente han separado estas innovaciones y avanzar hacia una solución integral», explica Sánchez-Escalonilla. El objetivo no es desarrollar herramientas aisladas, sino construir un ecosistema completo capaz de gestionar operaciones complejas en tiempo real.

CRIDA, puente entre investigación y operación

Dentro del proyecto, CRIDA ha desarrollado una función especialmente relevante como coordinador técnico y facilitador de la integración entre investigación y operación. La experiencia acumulada por el centro en áreas como automatización ATM, inteligencia artificial, vigilancia, gestión de trayectorias y digitalización del espacio aéreo ha resultado fundamental para transformar conceptos de investigación

en soluciones aplicables a entornos reales.

Además, SPATIO se apoya directamente en el legado de proyectos anteriores desarrollados en SESAR, entre ellos DACUS, BUBBLES y TindAIR. La reutilización y evolución de tecnologías previamente validadas ha permitido acelerar el desarrollo y concentrar esfuerzos en la integración de capacidades, uno de los principales desafíos identificados por el consorcio.

Las soluciones tecnológicas de SPATIO

El núcleo tecnológico del proyecto se articula sobre varias capacidades avanzadas que actúan de manera coordinada:

- La primera es la gestión dinámica de capacidad. Este servicio permite analizar continuamente la demanda prevista de operaciones y compararla con la capacidad real disponible en cada zona del espacio aéreo. Cuando se detectan riesgos de saturación, el sistema puede introducir restricciones temporales para mantener niveles adecuados de seguridad.
- La segunda capacidad esencial es la resolución estratégica de conflictos. Antes incluso de que el dron despegue, el sistema evalúa el plan de vuelo previsto, identifica posibles incompatibilidades y propone alternativas para evitar situaciones de riesgo.

A ello se suma la resolución táctica de conflictos durante la operación. Una vez que las aeronaves están en vuelo, los sistemas desarrollados por SPATIO monitorizan continuamente su evolución, anticipan posibles convergencias peligrosas y activan mecanismos para evitar incidentes.

«Cuando se predice un conflicto, la solución trabaja con el piloto del dron para aplicar reglas comunes de resolución y maniobras de evitación de colisiones que permitan recuperar posteriormente la trayectoria original con la mínima interferencia posible», explica Sánchez-Escalonilla.

Estas funcionalidades representan una evolución de los tradicionales principios de separación utilizados en la aviación convencional, adaptados ahora a un entorno altamente automatizado y con una intensidad operativa muy superior.

De la investigación a las demostraciones reales

Uno de los aspectos más destacados del proyecto ha sido la validación práctica de las soluciones



Pilotos de dron en A Coruña.

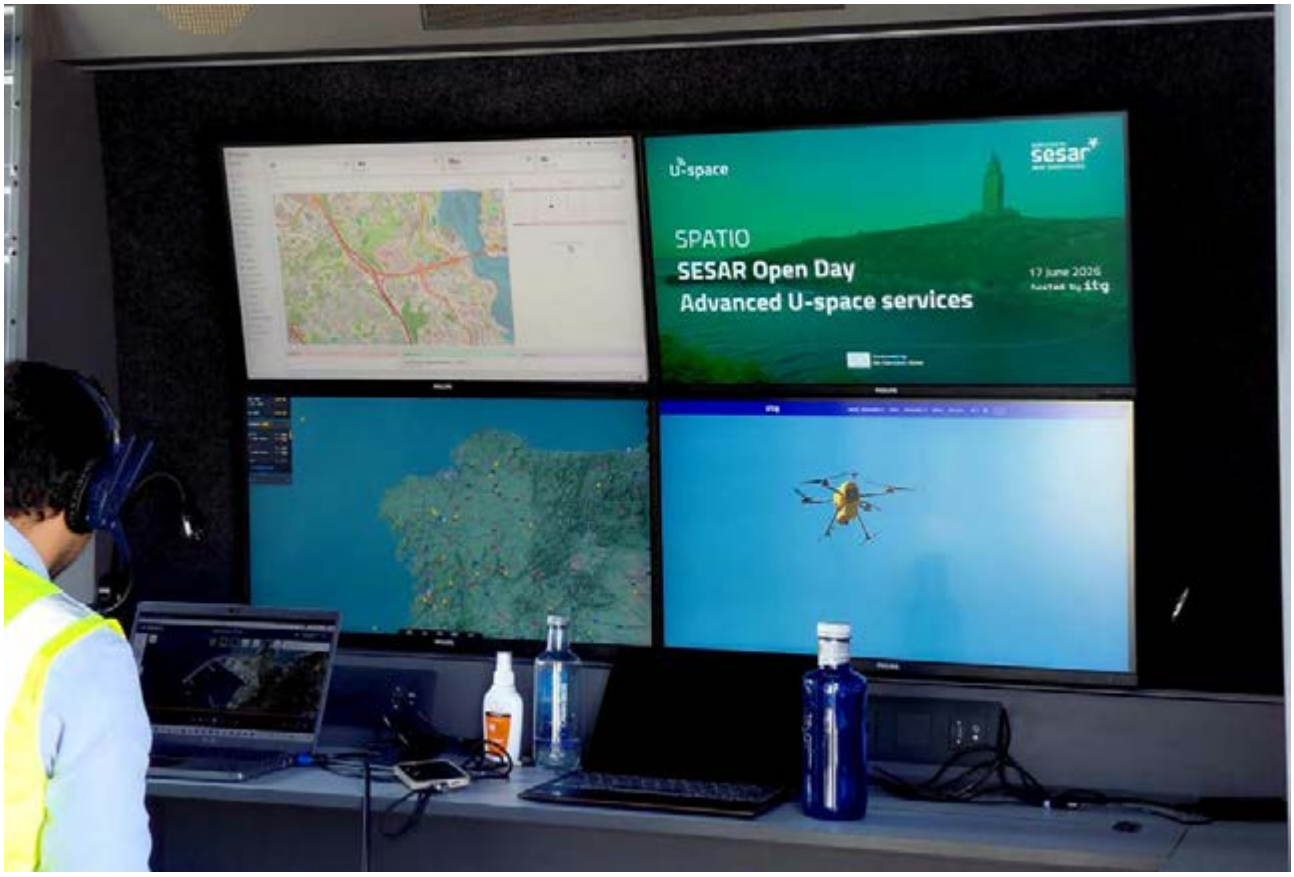
desarrolladas. Durante el proyecto se realizaron múltiples vuelos de demostración en cuatro emplazamientos europeos diferentes: Irlanda, Rumanía y dos escenarios en España, Galicia y la Comunidad de Madrid. Estas demostraciones permitieron analizar el comportamiento de los servicios U-Space en condiciones operativas reales y validar su madurez tecnológica.

Los ensayos reprodujeron escenarios complejos de tráfico con múltiples aeronaves no tripuladas compartiendo espacio aéreo, sometiendo a prueba los mecanismos de predicción, resolución de conflictos y gestión dinámica de capacidad desarrollados durante el proyecto. El objetivo final era alcanzar niveles avanzados de madurez tecnológica y demostrar la viabilidad de estas soluciones para su futura industrialización.

Vuelos en Madrid y A Coruña

La validación final de la solución de gestión de separación del proyecto europeo SPATIO se llevó a cabo en el aeródromo de Loring, en un entorno operativo real. Los ensayos recrearon escenarios complejos con varios drones gestionados por distintos proveedores de servicios U-Space (USSP), evaluando la capacidad del sistema para predecir conflictos potenciales y aplicar medidas de resolución táctica de forma coordinada. Durante las pruebas, el sistema detectó posibles pérdidas de separación entre aeronaves, emitió alertas a los operadores y propuso instrucciones de vuelo actualizadas, como cambios de rumbo o velocidad, para evitar conflictos de manera segura. Asimismo, se comprobó la capacidad de los drones para regresar posteriormente a su trayectoria original una vez resuelta la situación, demostrando la viabilidad de una gestión avanzada de la separación que permitirá incrementar la seguridad, la capacidad y la eficiencia de las futuras operaciones U-Space.

A Coruña se convirtió en uno de los principales laboratorios europeos para comprobar cómo los nuevos servicios U-Space pueden gestionar operaciones complejas de drones en entornos reales. Entre el 16 y el 18 de diciembre de 2025, el proyecto completó en A Coruña la validación final del servicio de gestión dinámica de la capacidad, una técnica diseñada para evaluar el impacto que cada nueva operación puede tener sobre el ruido, el riesgo en tierra y la capacidad disponible del espacio aéreo.



Control de vuelos de demostración en A Coruña.



Pruebas en el aeródromo de Loring, Madrid.

El Open Day de SPATIO: demostrando el U-Space del futuro

Un hito destacado del proyecto fue la celebración del Open Day de SPATIO en A Coruña, en junio de 2026. Celebrado en las instalaciones de ITG y con demostraciones operativas en el puerto exterior portuario de la ciudad, el evento permitió mostrar al sector los resultados alcanzados tras casi tres años de investigación en servicios avanzados U-Space.

Los asistentes pudieron presenciar demostraciones en vivo de herramientas de gestión dinámica de capacidad, mitigación del impacto acústico y predicción y resolución de conflictos entre drones. También se validó la interoperabilidad entre distintos proveedores de servicios U-Space, uno de los elementos clave para el despliegue de operaciones de alta densidad en Europa.

Más allá de la demostración tecnológica, el Open Day evidenció la madurez alcanzada por las soluciones desarrolladas en SPATIO y su potencial para convertirse en futuros servicios operativos dentro del ecosistema U-Space europeo. «Gracias a la cooperación de nuestros socios, SPATIO será determinante para incrementar de forma segura el número de drones que pueden operar simultáneamente en nuestros cielos y facilitar el desarrollo de un ecosistema dinámico de drones en Europa», afirma Sánchez-Escalonilla.

Más allá de la seguridad aérea

Uno de los elementos diferenciales de SPATIO es que no se limita exclusivamente a la prevención de colisiones. El proyecto ha incorporado también nuevos mecanismos orientados a mejorar la aceptación social de las operaciones con drones, uno de los aspectos considerados más críticos para el desarrollo futuro del sector.

Entre ellos destacan los servicios destinados a gestionar el impacto acústico de las operaciones. La tecnología desarrollada permite identificar áreas sensibles, analizar los niveles sonoros generados por los drones y aplicar medidas que eviten superar umbrales potencialmente molestos para la población.

Participantes en el aeródromo de Loring, en Madrid.



La iniciativa también aborda la seguridad terrestre mediante algoritmos capaces de identificar zonas particularmente vulnerables debido a la concentración de personas o infraestructuras críticas. Sobre estas áreas pueden establecerse límites dinámicos de densidad de tráfico, reduciendo el número simultáneo de aeronaves autorizadas a operar cuando se considere necesario. Este enfoque convierte a SPATIO en una plataforma que integra simultáneamente seguridad operacional, protección de terceros y sostenibilidad social.

El papel estratégico de ENAIRE

La coordinación de SPATIO se enmarca en la apuesta de ENAIRE por liderar la transformación tecnológica de la gestión del tránsito aéreo europeo. Como proveedor nacional de servicios de navegación aérea, ENAIRE desempeña un papel especialmente relevante en la construcción del futuro ecosistema U-Space, donde convivirán operaciones tripuladas y no tripuladas en un entorno plenamente digitalizado. La participación de la organización en SPATIO no constituye un proyecto aislado, sino que forma parte de una estrategia más amplia orientada a impulsar la innovación aeronáutica europea.

De hecho, ENAIRE participa actualmente en 15 proyectos de investigación industrial –de los que lidera dos– concedidos dentro del marco SESAR 3 JU y la última convocatoria de 2025, consolidándose como uno de los actores más activos en el desarrollo del futuro Cielo Digital Europeo.

La celebración del evento final del proyecto SPATIO, en las oficinas de ENAIRE el pasado 22 de septiembre, consolidan el compromiso de la entidad con la innovación



Mariluz de Mateo, directora de Estrategia e Innovación de ENAIRE, en el evento final de SPATIO.

y su papel como actor de referencia en el desarrollo del Cielo Digital Europeo. Más de 60 representantes de unas 30 entidades públicas y privadas se dieron cita, junto con representantes del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, AESA y la Dirección General de Aviación Civil, y analizaron los siguientes pasos necesarios para convertir estas capacidades en servicios operacionales desplegables a escala europea.

Con SPATIO se ha contribuido a sentar las bases de futuros espacios aéreos U-Space de alto rendimiento, facilitando operaciones como logística, inspección o movilidad aérea urbana, al tiempo que favorece la aceptación social mediante el control de factores como el ruido o el impacto visual. La clausura del proyecto marca el final de una intensa etapa de investigación, pero también el comienzo de una nueva fase orientada a la industrialización de sus resultados.

El legado de SPATIO

El legado de SPATIO va más allá de la tecnología desarrollada. El proyecto ha contribuido a consolidar una comunidad europea de innovación capaz de colaborar de manera coordinada en la construcción del futuro espacio aéreo digital.

Gracias al liderazgo de ENAIRE y al trabajo técnico de CRIDA, Europa dispone hoy de una base mucho más sólida para afrontar uno de los grandes retos de la aviación del siglo XXI: conseguir que miles de drones operen simultáneamente de forma segura, eficiente y socialmente aceptada. Ese futuro ya no pertenece al terreno de la investigación. Con proyectos como SPATIO, comienza a convertirse en una realidad tangible. ■

Pilotos en el puerto de A Coruña.



150.º aniversario del fallecimiento del padre del Ensanche



Foto: Anthony Quintano.

ÍNDICE

Cerdá, pionero del urbanismo moderno

Este 2026 se conmemora el 150.° aniversario de la muerte de Ildefonso Cerdá, ingeniero visionario y luchador que hizo posible el sueño de un urbanismo moderno para las personas. Para su estudio y disfrute solo hay que pasear por el Ensanche de Barcelona y apreciar el sol y el aire que circula entre sus manzanas.

- Texto: Concha Aguilera

ÍNDICE



Ildefonso Cerdá, retrato pintado por Ramon Martí Alsina en 1878. Store Norske Leksikon.

Ildefonso Cerdá nació en 1815, el día anterior a Nochebuena, año del Congreso de Viena que puso fin al sueño napoleónico. Fue el cuarto de seis hermanos, y su familia no consiguió que fuera sacerdote, no tenía vocación, pero sí mucho interés por la Filosofía. Estudió tres cursos de Arquitectura en Barcelona y con tan solo 20 años se trasladó a Madrid e ingresó en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, recién reabierta por la reina María Cristina después de que Fernando VII la cerrara por innecesaria.

Pronto ingresó en el Cuerpo de Ingenieros y desde la Administración ocupó diversos cargos en la construcción de obras a lo largo de ocho años, lo que fue irrelevante para sus intereses personales, pero le proporcionó una experiencia decisiva para su trayectoria posterior. Después de la muerte de su padre y sus dos hermanos mayores, heredó la fortuna familiar y un pequeño negocio de pieles para sombreros, ya en franca decadencia. Este fue el momento en el que decidió cesar en el Cuerpo de Ingenieros «muy a su pesar», como él mismo dejó escrito, y centrar su atención en el estudio en profundidad del urbanismo, centro entonces de sus preocupaciones. El contexto fue el causante de esta curiosa decisión.

En el ámbito personal, cuando acabó la carrera estaba recién casado con Clotilde Bosch con la que tuvo tres hijas legítimas y una cuarta ilegítima, fruto de un amorío de su mujer, pero a la que él dio su apellido. Cerdá era liberal, y participó activamente en política ocupando diversos cargos: diputado a Cortes en 1850, síndico del Ayuntamiento en 1854 y presidente de la Comisión Provincial de la Diputación de Barcelona en 1873. Además, formó parte de la Milicia Nacional, un grupo creado durante el Trienio Liberal para preservar los valores de la Constitución de 1812.

La nueva ciudad industrial

En 1849, año de su cese en el Cuerpo de Ingenieros, ya eran patentes en las ciudades las consecuencias de la conocida como Revolución Industrial. Se pasó de una ciudad pequeña, en general muy acotada y con un número de habitantes razonable para sus dimensiones, a una nueva situación motivada por el nacimiento de la industria y los nuevos medios de transporte, sobre todo el ferrocarril. Los trabajos en el campo dejaron de ser rentables y hubo una emigración masiva a una ciudad, en la que se ubicaron las principales industrias, pero que no estaba preparada para la nueva situación. Los trabajadores llegaron en masa, pero no tenían donde vivir, por lo que se hacinaron en las periferias, en lo que se convirtió en un nuevo modelo de ciudad



Plano de la ciudad de Barcelona con las murallas previo al desarrollo urbanístico del Ensanche de Ildefonso Cerdá. Biblioteca Nacional de España.

paralela donde las condiciones higiénicas y los servicios brillaban por su ausencia. En las viviendas se juntaban familias enteras más preocupadas por llegar pronto a las fábricas que por cualquier otra cosa. Y esta situación repercutió en la salud de todos ellos.

Las condiciones sanitarias eran deplorables y los habitantes de esta nueva ciudad sufrieron las consecuencias. Las conducciones estaban a la vista y convivían con las nuevas líneas de ferrocarril, que pasaban por en medio de la ciudad con consecuencias evidentes: el hollín de las locomotoras a vapor, el ruido y, sobre todo, el «efecto barrera», de tal manera que los trabajadores industriales vivían hacinados, mientras que la burguesía tradicional seguía residiendo en sus palacetes en el centro de la ciudad.

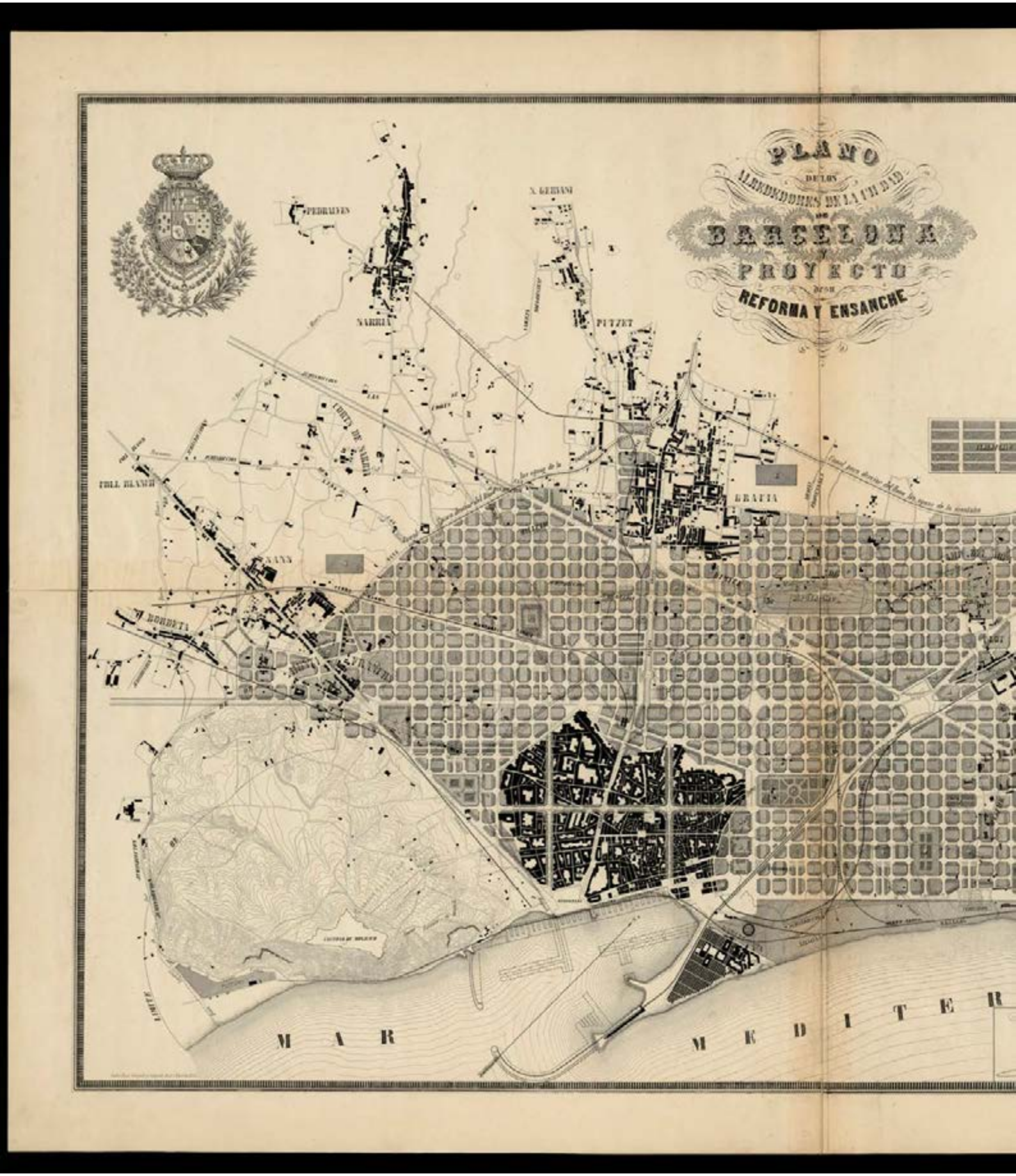
Ante esta situación, y ya pasado el tiempo, avanzaron los estudios sobre higiene y se demostró que, en unas condiciones favorables en esta materia, las cifras de mortalidad podían disminuir de forma considerable. Si en las viviendas y en la ciudad se observaban unas ciertas reglas relacionadas con los servicios higiénicos fundamentales, unido al valor añadido del sol y la circulación del aire, la vida de sus habitantes sin duda sería mejor. Y todo esto converge en los pensamientos de Cerdá.

Barcelona

La ciudad, como muchas otras del territorio español, tenía un diseño medieval amurallado que, con la presencia de las nuevas industrias y la presión demográfica, necesitaba con premura una ampliación, solo posible con el derribo de las murallas, lo que tuvo lugar entre 1854 y 1856, año este último en que el Gobierno de O'Donnell dejó sin efecto su condición de plaza militar.

Para la construcción del llamado Ensanche (Eixample), el Ayuntamiento encargó a Cerdá el levantamiento de un plano topográfico del territorio que rodeaba la ciudad con el fin de que sirviera de base para el concurso que pensaban convocar. En 1859 se constituyó la Comisión Consultiva del Ensanche para calificar los planos de los concursantes.

Después de importantes controversias entre la Administración central y el Ayuntamiento, Cerdá presentó su proyecto por imposición del Gobierno central, representado por el Ministerio de Fomento, acompañado de una voluminosa memoria llamada *Teoría general de la urbanización*, donde expresa de manera muy descriptiva no solo sus pensamientos, sino también sus sentimientos. En la citada memoria Cerdá hace una descripción basada en la observación: «Lo que aquí me sorprendió, a pesar de que mi mente se lo había imaginado muchas veces, fue contemplar aquellos largos trenes en que, a vuelta de una gran cantidad de



Copia del plano original del proyecto de Ensanche de Ildefonso Cerdà, aprobado por Real Orden de 7 de junio de 1859. Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña.



mercancías, iban y venían multitud de viajeros de todos los sexos, edades y condiciones, semejando poblaciones enteras ambulantes, cambiando precipitadamente de domicilio. Este espectáculo, siempre grandioso, nuevo a la sazón para mí […] elevó mi espíritu a las más altas consideraciones en el orden social, sobre todo al observar como aquel tropel de inesperados huéspedes entraba en las estrechas puertas, se desparramaba por las angostas calles y buscaba su albergue en las mezquinas casas de las antiguas poblaciones».

Es importante reseñar que el tomo III contiene la «Monografía estadística de la clase obrera de Barcelona», una reflexión muy singular a mediados del siglo XIX, ya que relaciona la vivienda, el desarrollo industrial y los niveles salariales, además de hablar de temas como la higiene y la nutrición.

Todo esto cristalizó en 1859 en un proyecto clave para el nacimiento del urbanismo moderno: el Plan de Reforma y Ensanche de Barcelona, que vio la luz un año después.

El Ensanche

El proyecto fue una propuesta de urbanización más allá de las murallas y se articuló, en general, sobre la base de la manzana cuadriculada y la abundancia de zonas verdes.

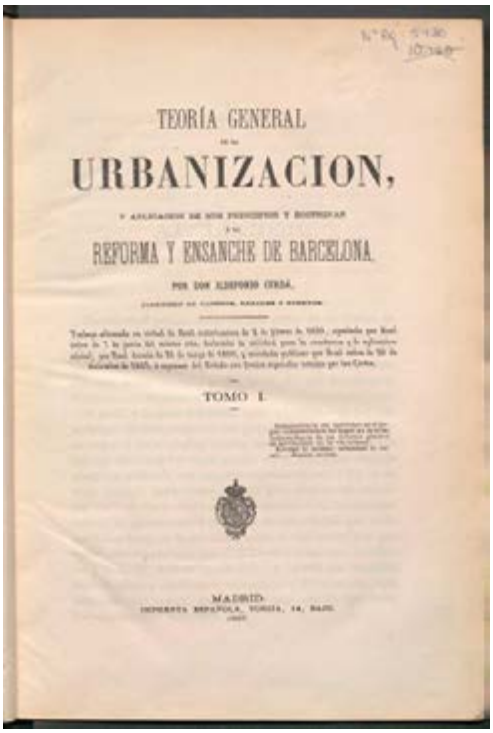
El terreno correspondiente al Ensanche iba desde Montjuïc hasta el río Besós, y desde los límites de la ciudad medieval hasta las poblaciones vecinas. Consistió en una cuadrícula regular cuyas calles eran los ejes longitudinales, separados por 133 metros de distancia, distribución que proporcionaba la comodidad del tránsito de vehículos y personas, tanto si se circulaba por una determinada vía o por sus transversales. Estas vías se ubicaban paralelas

o perpendiculares al mar, de modo que los vértices cuadrados coincidirían con los puntos cardinales favoreciendo el alcance de la luz solar.

Cerdá partía de la base de que las ciudades están hechas para las personas y que debe contemplarse la cuestión de su salud, física y mental. Por esto, los edificios debían estar separados y no superar en altura el ancho de las calles que los rodean, 20 metros para las calles y 16 para los edificios, para que no oculten el sol. Asimismo, las casas debían tener vista a la fachada anterior y posterior, favoreciendo con ello la ventilación y la iluminación natural. En los cruces los edificios serían achaflanados, dando lugar a plazas octogonales de 20 metros de lado.

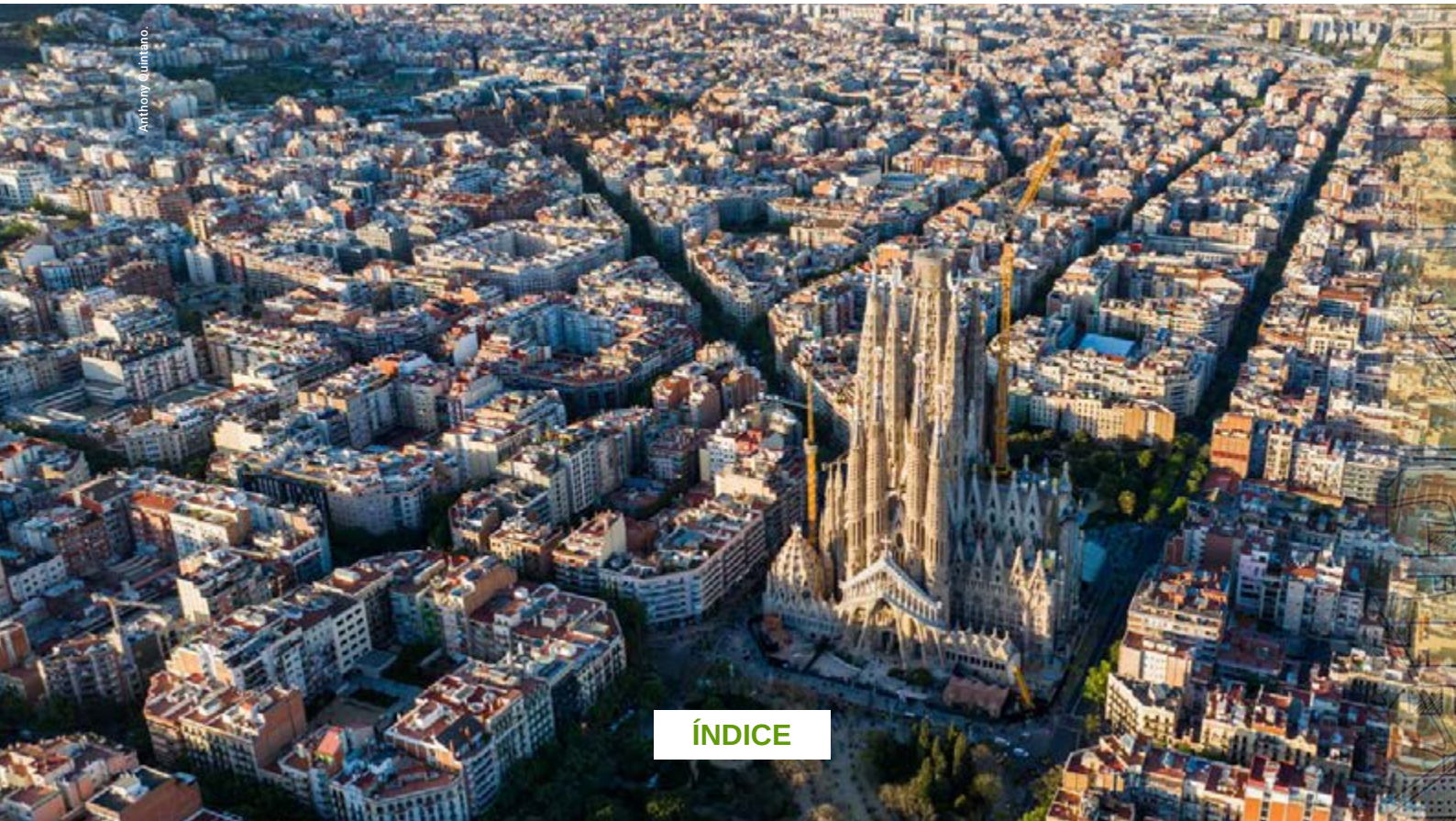
El proyecto incluía siete parques y un hipódromo, más el gran bosque del río Besós, con tres kilómetros y medio de longitud y medio de anchura. Y en algunas calles proyectó ensanchamientos para el aparcamiento de vehículos, una novedad para la época. En sus propias palabras: «no han de tardar vehículos más veloces que los actuales y que para doblar una manzana necesitarán el alivio que supone un chaflán». En general, la amplitud de las vías y su ortogonalidad, junto con una vía que atravesara en diagonal el tejido urbano, son una característica esencial de su proyecto. Cerdá incluyó también una propuesta de demoliciones en el casco antiguo para ampliar las calles, lo que suponía, a su vez, la demolición de algunos edificios.

En cuanto a la financiación, proponía que estuviera a cargo de los propietarios de los terrenos, ya que obtendrían muchos beneficios una vez terminados las obras. El cálculo de la población adecuada a las condiciones de salubridad fue también una constante en el proyecto, aunque no contara al principio con un sistema de alcantarillado, ya que en aquel momento no existía una normativa al respecto. En cuanto al desvío de cauces, previó dos amplios canales cuyos desagües irían al río Besós y Riera Blanca.


TEORÍA GENERAL
DE LA
URBANIZACION,
Y APLICACION DE SUS PRINCIPIOS Y DOCTRINAS
Á LA
REFORMA Y ENSANCHE DE BARCELONA.
POR DON ILDEFONSO CERDÁ.
TOMO I.
MADRID.

Portada de la memoria del proyecto *Teoría General de la Urbanización*. Biblioteca digital del Museo del Prado.

La Sagrada Familia de Antonio Gaudí, uno de los edificios construidos dentro del Ensanche de Barcelona.


Anthony Quintano.

ÍNDICE

El proyecto fue una propuesta de urbanización más allá de las murallas y se articuló, en general, sobre la base de la manzana cuadriculada y la abundancia de zonas verdes

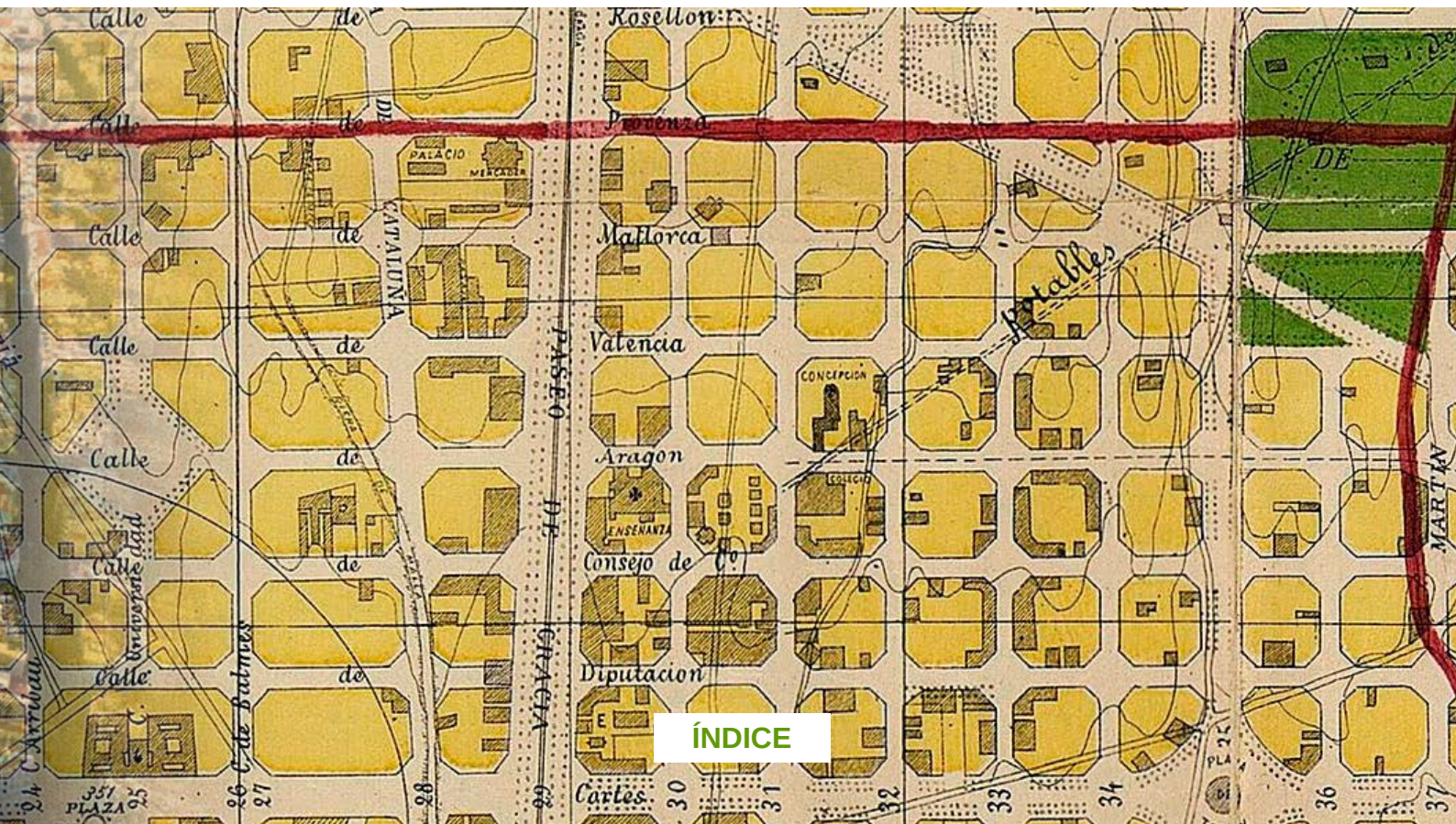
En definitiva, se trataba de crear poblados satélites rodeados de zonas verdes, con todos los servicios, para evitar los desplazamientos al centro. Esto suponía trasladar también las zonas industriales, que se ubicarían cerca de las viviendas y los servicios esenciales.

Pero este plan perfecto para el bienestar de los ciudadanos topó con varios contratiempos. Uno fue la presencia del estamento militar, cuyos terrenos, en concreto la Ciudadela, desaparecerían. Por otro lado, el plan de Cerdá no tenía límites territoriales, por lo que sería posible rebasar los límites de la ciudad, afectando a otros municipios y, por último, implicaba multitud de expropiaciones. En lo referente a la financiación, los propietarios pensaban que era el Ayuntamiento el que iba a expropiar y, por tanto, pagar, pero el consistorio consideraba que eran los propietarios los beneficiarios de las mejoras y que, por tanto, eran ellos los que debían costear el proceso de urbanización. Cerdá, de hecho, proponía la creación de una corporación privada formada por los propietarios, encargada de gestionar el proceso de urbanización y construcción. La reforma del casco antiguo constituía un punto importante del plan, ya que contemplaba tres grandes avenidas, dos perpendiculares y una transversal, que debían construirse a través del tejido irregular de la ciudad antigua. Finalmente, el 4 de septiembre de 1860 la reina Isabel II puso la primera piedra del Ensanche en la plaza Catalunya.

El conflicto

El Ensanche pasó por numerosas vicisitudes, sobre todo provocadas por el enfrentamiento entre el Ayuntamiento de Barcelona y la Administración central, encabezada por la Unión Liberal y cuyo gobierno entonces lo presidía O'Donnell. En un principio, el Ministerio de Fomento impuso el proyecto de Cerdá, frente a la alternativa del Ayuntamiento, que apostó por el del arquitecto Rovira i Trías, con un proyecto radial y centralizado que contemplaba barrios aristocráticos y la clara segregación de la clase trabajadora. Este proyecto contaba con el apoyo de las clases pudientes de la ciudad y, lo que era muy importante, con el de la prensa, ya que consideraban que era una intromisión del centralismo sobre su independencia para decidir y reclamaban su derecho a optar por

El ensanche urbanístico proyectado para Barcelona incluye las que hoy son algunas de las principales vías comerciales de la ciudad.



ÍNDICE



Detalle geométrico de las manzanas en el Ensanche, con las esquinas achaflanadas de los edificios.

> **Cerdá partía de la base de que las ciudades están hechas para las personas y que debe contemplarse la cuestión de su salud, física y mental**

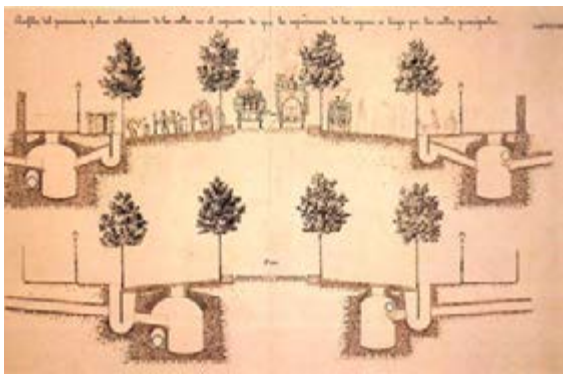
el proyecto que consideraran más oportuno.

El ministerio, por su parte, optó por imponer el plan de Cerdá, basándose en el hecho de que sentaba las bases de una novedosa concepción de la urbanización, de carácter universal. La hostilidad de las clases acomodadas y de la burguesía catalana no se hizo esperar, ya que aspiraban a un modelo de ensanche monumental, al modo de las grandes capitales europeas. Los promotores inmobiliarios también estaban en contra, porque consideraban que el hecho de que hubiera tantos espacios ajardinados mermaba el suelo edificable, además de que la concepción de calles tan anchas obligaba a expropiar grandes cantidades de suelo privado. Los arquitectos del momento, seguidores del modernismo, por su lado, criticaban la parte estética, ya que consideraban el plan monótono y aburrido.

Lo cierto es que Cerdá concibió un proyecto sin distinción de clases, con un diseño de cuadrícula homogénea que no diferenciaba el estatus de ricos y pobres y esto, a ojos de las clases pudientes, era inaceptable. Todas estas circunstancias tuvieron un alto coste personal para Cerdá, que había invertido grandes cantidades de su fortuna familiar en el proyecto y que nunca recuperó, a lo que hay que añadir una implacable campaña de la prensa contra su proyecto que resultó muy efectiva.

Las consecuencias

El hecho de que no hubiera en aquel momento recursos legales suficientes para hacer frente a la oposición hizo que la Administración no pudiera actuar con la contundencia requerida. Además, hay que sumar que la escasa densidad de población implícita en la propuesta, 500 habitantes por hectárea, no fuera en sintonía con la economía de la época, que necesitaba una mayor densidad para que fueran rentables los gastos de urbanización.



Detalle de la sección de una calle.

Con estas circunstancias, tanto las clases acomodadas como los constructores utilizaron su influencia política para desmontar el plan a través de la modificación de las ordenanzas originales. El tiempo puso de manifiesto que aquel sueño de Cerdá se topó con una realidad aplastante: se cerraron los cuatro lados de las manzanas, se eliminó la mayor parte de los jardines planteados en el proyecto original, que fueron sustituidos por naves, aparcamientos y construcciones secundarias, y se elevó la altura de los edificios para rentabilizar el suelo.

La amplitud de las vías y su ortogonalidad, junto con una vía que atravesara en diagonal el tejido urbano, son una característica esencial de su proyecto

No obstante, sí se conservaron algunos de los elementos originales, como la disposición en cuadrícula y el ancho de las vías principales, lo que permite la circulación del aire y la claridad. También se respetaron los chaflanes y la profundidad base de los edificios.

Cerdá murió en 1876 en brazos de una de sus hijas, completamente olvidado y arruinado por los impagos del Ayuntamiento y los promotores locales. Con el paso de los años, su figura se fue, poco a poco, reivindicando como uno de los ingenieros precursores del urbanismo moderno. Los actuales habitantes de Barcelona, seguramente, le están agradecidos.

Plano de 1866 del proyecto del Ensanche en el que se incluyen los hoy desaparecidos jardines de los Campos Elíseos. Ramón Tarragó. Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña.



Y después

Pasado el tiempo, el 22 de diciembre de 1864, se publicó la Ley de Ensanche de Poblaciones, que declaró las obras de ampliación urbana como de utilidad pública, permitiendo a los ayuntamientos expropiar terrenos para calles y plazas y ofreciendo incentivos fiscales a los constructores. Tres años después se promulgó el reglamento de la citada ley, en el que se especificaba la técnica para ejecutar el plan de Ensanche, que debía contener una memoria, planos y un plan económico para su viabilidad.

Los ensanches se caracterizaron, desde el punto de vista visual y en general, por seguir una cuadrícula de calles regular rodeada de parques, lo que proporcionaba un aspecto homogéneo. La aplicación práctica se concretó en 1892 con una nueva ley que regulaba los ensanches de Madrid y Barcelona y facultaba al Gobierno para extenderla a otras poblaciones. Al final Cerdá iba a tener razón y por eso agradecemos su contribución al desarrollo del urbanismo moderno. ■

En tramos anteriores

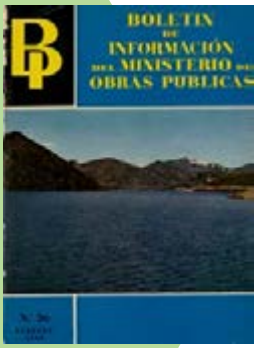
25



Un año de labor del Ministerio de Obras Públicas

No puede pretenderse recoger en el estrecho marco de un artículo la labor realizada durante el año por los diversos servicios que componen las cuatro Direcciones Generales del Ministerio de Obras Públicas. Aparte de la extensión que requeriría, nunca podría reflejar de un modo auténtico la labor de un año, ya que ésta, en una gran parte, consiste en la continuación de obras anteriormente comenzadas y que prosiguen, constituyendo eslabones de una larga cadena, sin metas parciales definidas a que hacer referencia.

26



Las carreteras de Álava forman una red de carreteras de 1.100 kilómetros

Todas las nacionales y comarcales están asfaltadas. Los planes de mejora intensificados durante los últimos veinte años, se han venido desarrollando con arreglo a distintos programas técnicos de financiación adecuada, bien con cargo a las consignaciones ordinarias de la Diputación, a presupuestos extraordinarios votados al efecto, o recurriendo a empréstitos de carácter público.

27



En las carreteras de Pontevedra se ejecutan obras con un coste de más de 37 millones de pesetas

La Jefatura de Obras Públicas de Pontevedra viene realizando desde hace varios años una labor intensa en orden a la ejecución de obras nuevas y reparación de las existentes. Buena prueba de ello es su destacada participación en la I Exposición Provincial de 'Veinte años de paz bajo el mando de Franco: 1939-1959', inaugurada en Pontevedra el 23 de enero próximo pasado.

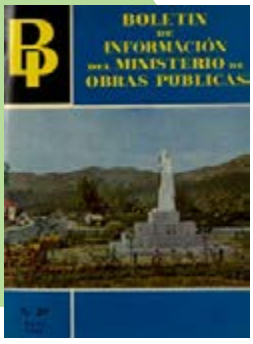
28



1.606 kilómetros de carreteras a cargo de la Jefatura de Obras Públicas de Murcia

En noviembre de 1959 la Jefatura de Obras Públicas de Murcia ha enviado a la Junta Provincial de Ordenación Económico-Social un informe sobre la situación y las necesidades de las carreteras de la provincia. De este informe, firmado por el Ingeniero Jefe, señor Manzaneque, publicamos a continuación un resumen, por considerarlo muy expresivo del estado actual y de los problemas de la red de carreteras de Murcia.

29



Plan para mejorar las comunicaciones por carretera entre Madrid y la sierra de Guadarrama

Al no ser recogido en la ley de Intensificación de Comunicaciones del año 1954, fue realizado solo parcialmente. Texto de la propuesta del plan: "En este estado de la cuestión resulta completamente obligatorio, para alcanzar todo el rendimiento que merecen los ya grandes esfuerzos y sacrificios realizados, o en realización, por los Poderes públicos, ordenar y emprender la labor de mejoras y acondicionamiento de las carreteras de tráfico secundario y afluente de aquellas dos nacionales y radiales, pero no por ello menos exigente y atendible".

30



Carreteras de Córdoba. La radial de Madrid a Cádiz canaliza el tráfico más importante de la provincia

A provincia de Córdoba, con dos zonas muy diferenciadas: la Norte, minera, forestal y ganadera, y la Sur, agrícola por excelencia, dispone para sus comunicaciones ordinarias de algo menos de 2.000 kilómetros de carreteras y algo más de 1.500 de caminos vecinales. Los primeros se distribuyen en 178 del Plan de Modernización, 304 de nacionales, 696 de comarcales y 763 de locales.

Extractos de los artículos de portada del año:

Accede al catálogo completo de la revista en https://hemeroteca.transportes.gob.es/

1960

31



La carretera de Andalucía a su entrada en Madrid

El acondicionamiento y paso superior sobre el ferrocarril km. 9,900 al 11,200, pieza fundamental en un importante conjunto de obras ya realizadas. Ejecutado este proyecto, se enlazará con la calzada de cuatro circulaciones, que llega hasta el km. 36, origen de la cuesta de la Reina. El llamado trozo primero de la carretera de Madrid a Cádiz comprende el tramo limitado por los puentes de Praga y de la Princesa.

32



Vigilancia y seguridad de los grandes embalses

"Es necesario conocer el comportamiento de las presas en todo instante, incluyendo el periodo de construcción". Entrevista con don Cristóbal Machín, Comisario Central de Aguas. La construcción de los grandes embalses, para regular y aprovechar los caudales de los ríos, responde a una necesidad imperativa de nuestro siglo, en el que el fenómeno del progresivo crecimiento demográfico obliga a los técnicos y a los gobernantes a intensificar sus esfuerzos con el fin de extraer de la naturaleza los bienes de consumo que las masas de población exigen.

33



El Canal Imperial de Aragón

Una institución que ha madurado su eficacia a través de varios siglos de historia. Biografía de esta importante obra pública, situación actual y posibilidades futuras. Comenzó a hablarse de la acequia del Ebro en 1496, cuando los zaragozanos comprendieron que el río Jalón no podía dar más de lo que daba. Los continuos altercados entre los regantes motivaron que el Concejo de Zaragoza, alarmado, enviase un ciudadano al campamento sobre Granada del Rey Católico, en 1492, quien ordenó una más justa distribución de, las aguas procedentes de la fuente de Muel, único alimento entonces, años de tremenda sequía, del río Huerva.

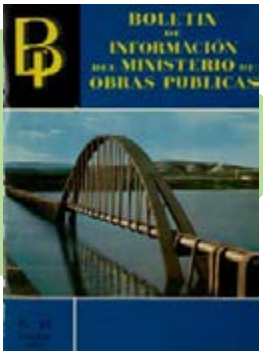
34



Carreteras de Cáceres: Constante aumento del volumen de tráfico

Labor a realizar: mejorar los firmes y suprimir los puntos negros. Para 19.960 kilómetros cuadrados, la provincia de Cáceres, la segunda en superficie de España, dispone de 1.800 kilómetros de carreteras. Alivian la situación los 1.500 kilómetros de caminos vecinales a cargo de la Diputación. Si a esto añadimos que en la actualidad, y hasta que se ponga en servicio el ferrocarril de Talavera de la Reina a Villanueva de la Serena, hoy en construcción, sólo se dispone de 325 kilómetros de ferrocarril, resulta que la característica fundamental de la red de carreteras en la provincia es su falta de extensión, y dentro de ella quedan aún mallas con centenares de kilómetros cuadrados.

35



Ingenieros de Caminos españoles visitan el Sáhara francés

Importancia económica y social de las regiones saháricas. Necesidad de ejecutar obras públicas para su puesta en valor. Comenzamos a publicar en este número un documentado informe del viaje realizado al Sahara francés por el siguiente grupo de Ingenieros de Caminos: D. Gonzalo Navacerrada Farias y D. Jorge Fanlo Nicolás, Dirección General de Carreteras. D. Emilio Gómez de la Torre y D. Federico Macáu Villar, Dirección General de Obras Hidráulicas. D. Félix Amorena Vilella, D. Francisco González Quijano y D. Ricardo Allúe Chico, Dirección General de Ferrocarril. D. Emilio Sicilia Ródenas, Secretaria General Técnica.

36



Informe técnico sobre las obras públicas en el Sáhara francés

Transportes: En el desierto, los costes de construcción de las carreteras y ferrocarriles son aproximadamente iguales. Oleoductos, gaseoductos y tuberías para la conducción del petróleo y el gas. La dificultad del transporte en el terreno tan difícil como el desierto hace que se subviertan los valores tradicionales en los que los supuestos económicos pesan de manera bien distinta.

tramos ejemplares

Todos los libros reseñados están catalogados y disponibles para consulta en el Centro de Documentación del Transporte del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible



Autor: Fundación de los Ferrocarriles Españoles
Edita: Revista *Vía Libre* de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles

Anuario del Ferrocarril 2026 Spanish Railway Yearbook

El *Anuario del Ferrocarril 2026* se consolida, tras más de tres décadas de trayectoria ininterrumpida, como la herramienta de trabajo y referencia bilingüe (español e inglés) esencial para los profesionales del transporte ferroviario. Editada por la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, esta 31.ª edición reúne un análisis integral del sector. Entre sus contenidos destaca la información generada por el Observatorio del Ferrocarril 2024, que aporta datos económicos, operativos y de sostenibilidad sobre infraestructuras, mercancías y viajeros. Además, incluye la sección de productos, proyectos y servicios «Estrella», así como un exhaustivo directorio que detalla la actividad, certificaciones e innovaciones de más de 120 empresas privadas y organismos públicos. La obra se completa con el apartado «Protagonistas», dedicado a los perfiles directivos de la industria, y con un capítulo denominado «Estaciones con Arte», en el que se reproducen las láminas artísticas de las estaciones más emblemáticas de Adif. Disponible tanto en versión impresa como en una renovada plataforma digital interactiva con búsquedas avanzadas, la publicación es un referente indispensable para trabajo y consulta de todos aquellos actores vinculados al sector ferroviario.

La economía de los aeropuertos

La obra ofrece una radiografía clara y accesible sobre cómo las grandes infraestructuras aeroportuarias impulsan el tejido productivo global. Más allá de conectar personas y mercancías, el libro analiza la transformación de su propiedad y gestión, mostrando cómo las decisiones operativas influyen directamente en la economía local e internacional. El autor examina los pilares clave que determinan el rendimiento aeroportuario: la gestión eficiente de la capacidad frente a la demanda, los sistemas de regulación y tarificación, y el rigor necesario para planificar nuevas inversiones. Asimismo, destaca el uso del *benchmarking* para medir el verdadero impacto social y el potente efecto multiplicador que estas instalaciones generan en el empleo, el comercio transfronterizo y el bienestar general. Se trata de una lectura divulgativa en la que Martín-Cejas pone especial atención al sector de la carga aérea y al entorno socioeconómico que condiciona su éxito. En definitiva, una guía imprescindible para comprender la logística moderna y el papel estratégico que juegan las terminales aéreas en la economía del siglo XXI.



Autor: Roberto Rendeiro Martín-Cejas
Edita: Dykinson

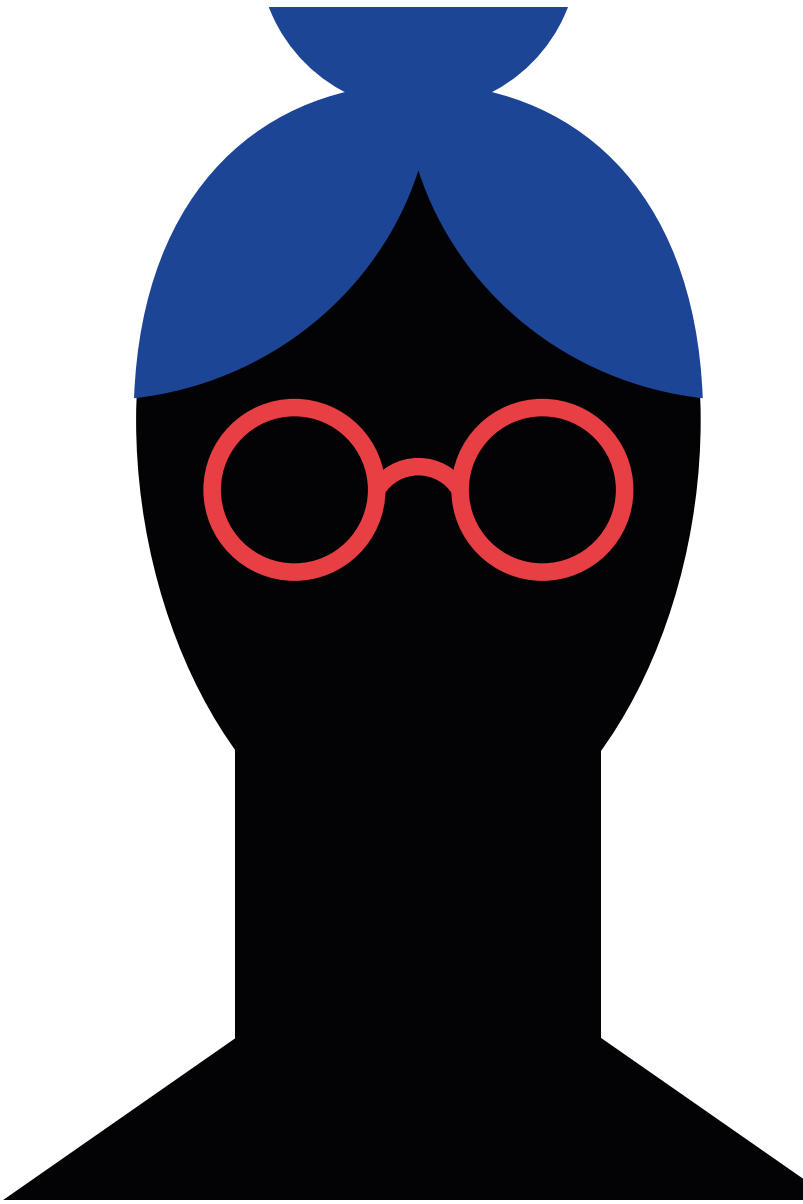


Autor: José Miguel Blas Orbán
Edita: Punto Didot

El practicaje en puertos de interés general

A lo largo del texto, Blas Orbán examina desde una perspectiva multidisciplinar la evolución histórica y el papel estratégico de los puertos de interés general. Lo hace delimitando las competencias de las distintas administraciones y diferenciando estas grandes infraestructuras comerciales de los recintos de ámbito local. Además, analiza el marco normativo público y privado que regula el practicaje, combinando el enfoque técnico con el ámbito laboral de los profesionales que lo ejecutan. Así, esta obra aborda cuestiones clave como la responsabilidad legal del armador, las normativas internacionales aplicables y la interacción con otros servicios portuarios, concluyendo con propuestas de mejora para actualizar la legislación vigente. Profesionales del derecho marítimo, gestores portuarios y apasionados del sector náutico encontrarán en esta publicación la necesaria información para comprender a fondo los engranajes operativos de la navegación comercial.

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
Telf: 915 975 396
cpublic@transportes.gob.es
https://publicaciones.transportes.gob.es/

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE

CENTRO DE PUBLICACIONES

2026

Mapa Oficial de Carreteras©

ESPAÑA



Incluye PLANOS DE CIUDADES Y SUS ACCESOS, mapas de FRANCIA, MARRUECOS Y PORTUGAL, ÍNDICE de POBLACIONES, PLAYAS de España, los CAMINOS DE SANTIAGO, ALOJAMIENTOS RURALES, ESPACIOS PROTEGIDOS, RUTAS TURÍSTICAS Y VÍAS VERDES, además de información complementaria de interés.

Diseño conmemorativo del centenario del fallecimiento de Antoni Gaudí.

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE